

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara

Diplomová práce

Symbióza

BcA. Daniel Skoták

Plzeň 2022

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara

Katedra designu
Studijní program Design a užitá tvorba
Specializace Produktový design

Diplomová práce

Symbióza

BcA. Daniel Skoták

Vedoucí práce: Mgr. art. Jana Potiron, ArtD.
Katedra designu
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara
Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň 2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. Daniel SKOTÁK**
Osobní číslo: **D20N0044P**
Studijní program: **N0212A310010 Design a užitá tvorba**
Specializace: **DU – specializace Produktový design / MgA.**
Téma práce: **Symbióza**
Zadávací katedra: **Katedra designu**

Zásady pro vypracování

a) Tvůrčí záměr: Navržení produktu nebo nábytku, který by v materiálových, tvarových, nebo významových aspektech fungoval v symbiotickém vztahu. Výsledný produkt bude umožňovat sériovou výrobu.

b) Způsob realizace: Technika zpracování vyplyne z finálních návrhů.

Postup: rešerše, brainstorming, metodologie designu, konzultace návrhů, skici, vizualizace a výroba modelu. Výsledek bude prezentován formou modelu nebo prototypu v měřítku, který vyplyne z finálního návrhu, 2D plakát o rozměrech 100x70cm, doplněn odpovídající obrazovou a písemnou dokumentací.

c) Cíle, jichž má být dosaženo: Návrh produktu nebo nábytku, který využije nových technologií.

Zaměření se na materiálové, tvarové, nebo významové spojení v produktu nebo nábytku.

Navržení originálního tvarového řešení, které bude úzce spjato s tématem.

Produkt každodenní potřeby sloužící mladým lidem.

d) Předpokládaný charakter výstupu: Charakter i počet kusů vyplyne v průběhu navrhování.

Minimální rozměr výrobku je stanoven na 40x40x20cm. Dokumentace bude obsahovat produktové fotografie, popis, technické a výrobní výkresy.

e) Stanovení rozsahu průvodní zprávy: Rozsah průvodní zprávy je stanoven vedoucím práce na minimálně 20 normostran textu. Maximální rozsah (včetně příloh a obrazové dokumentace) je stanoven na 80 stran.

Rozsah teoretické části: **min. 20 normostran**
Rozsah praktické části: **vyplyne ze zpracování DP**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

BROOKER, G., STONE, S.: *What is Interior Design?* Mies: Rotovison, 2010. ISBN 978888930174.
Fairs, M.: *Design 21. století – nové ikony designu, od masového trhu k avangardě.* Praha : Slovart, 2007. ISBN 978-80-7209-970-2.
FAIRS, M.: *Green Design.* Berkley: North Atlantic Books, 2009. ISBN 9781556438363.
KOLEŠÁR, Z.: *Kapitoly z dějin designu.* Praha : Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2004. ISBN 978-80-86863-28-3.
WEINSCHENK, Susan.: *100 věcí, které by měl každý designér vědět o lidech.* Brno : Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3649-2.
YUDINA, A.: *Furniture.* Londýn : Thames and Hudson Ltd, 2015 ISBN 9780500517765.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. art. Jana Potiron, ArtD.**
Katedra designu

Oponent diplomové práce: **Mgr. art. Pavol Capík, ArtD.**
Děkanát

Datum zadání diplomové práce: **31. května 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **29. dubna 2022**



L.S.

Doc. akademický malíř Josef Mištera v.r.
děkan

Doc. akademický malíř František Steker v.r.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. září 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem umělecké dílo vypracoval samostatně a nejedná se o plagiát.

Plzeň, duben 2022

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce paní Mgr. art. Janě Potiron, ArtD. za vedení mé diplomové práce. Naše společné konzultace pro mě byly nesmírně obohacující a hrály zásadní roli při tvorbě díla. Poděkování patří také panu Doc. Ing. Tomáši Křenkovi Ph.D. za odbornou pomoc v rámci výzkumu a technologických řešení. Velké díky patří také rodině, která mě maximálně podporovala po celou dobu studia.

OBSAH

1. MÉ DOSAĎADNÍ DÍLO V KONTEXTU SPECIALIZACE	1
2. TÉMA A DŮVOD JEHO VOLBY	3
3. CÍL PRÁCE	4
4. PROCES PŘÍPRAVY	5
5. PROCES TVORBY	19
6. TECHNOLOGICKÁ SPECIFIKA	46
7. POPIS DÍLA	47
8. PŘÍNOS PRÁCE PRO DANÝ OBOR	49
9. SILNÉ STRÁNKY	50
10. SLABÉ STRÁNKY	51
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	52
a) KNIŽNÍ A PERIODICKÁ LITERATURA	52
b) INTERNETOVÉ ZDROJE	53
12. RESUMÉ	54
13. SEZNAM PŘÍLOH	55

1. MÉ DOSAVADNÍ DÍLO V KONTEXTU SPECIALIZACE

Během mého studia na vysoké škole jsem měl možnost projít si velice širokým spektrem projektů. Od prvního ročníku jsem se učil hledat formu produktů a postupně nahlížel do hlubších vrstev designu. Díky rozmanitosti zadání jsem se setkal s projekty, které kladly vysoký důraz na estetiku a měly spíše vizuální hodnotu a také na opačné straně s technickými zadáními s vysokými požadavky na užitnost a údržbu.

Typickým příkladem pro první zmíněný typ zadání by mohl být například šachový set, který jsem navrhoval na konci prvního ročníku studia. Šachy pro profesionální hráče mají jasně stanovená kritéria, nicméně mít možnost je tvořit v podstatě jako umělecké objekty a mít volné ruce v jejich tvarosloví dává velký prostor pro hru s formou a estetikou produktu. Ve své podstatě jediným kritériem bylo dodržení určité ergonomie, která je podstatná pro dobrý a příjemný úchop figurek. Zbytek je následně v režii autora.

Z druhé strany jako velice striktní zadání lze uvést návrh mobiliáře pro městské hromadné dopravy pro město Plzeň. Tento projekt jsem řešil v prvním ročníku magisterského studia, tudíž mi zkušenosti z mnoha jiných zadání velmi pomohly. Na rozdíl od předchozího zmíněného projektu je tento typickým příkladem pro velice přesné zadání s konkrétními požadavky, které je nutné dodržet. S takovým zadáním pak není mnoho prostoru pro přehnanou tvarovou formu a vlastně je častokrát v návrhu navíc. Naopak, je nutné se naprosto podřídit smyslu a použití jednotlivých prvků celého mobiliáře a snažit se je navrhnout nejen tak, aby vyhovovaly rozměrovým požadavkům, ale také aby v ideálním případě byly vzhledem k množství co nejlevnější na výrobu, jednoduché na sestavení či obměnu poškozených dílů a zároveň aby se co nejjednodušeji udržovaly. Všechny tyto nároky dělají z takového zadání velice náročný projekt, u kterého musí designér obzvláště dbát na veškeré náležitosti. Výsledek se kolikrát může zdát strohý a jednoduchý. Přesně takový je ale někdy zapotřebí k docílení všech požadavků.

Kromě studia na Fakultě designu a umění Ladislava Sutnara mě ve velké míře ovlivnilo v tvorbě a uvažování o designu studium na zahraničních univerzitách. V bakalářském stupni jsem měl možnost vyzkoušet si studium na Kunstuniversität Linz v Rakousku, ve stupni magisterském jsem studoval na univerzitě Konstfack ve Stockholmu. Konkrétně tato univerzita si podle QS World University Rankings drží celosvětově 21. umístění v rámci umění a designu a v evropském měřítku je v top 10.¹ Z tohoto hlediska byla pro mě velká výzva studovat na takto renomované univerzitě. Z mého pohledu je mimořádně důležité získat si širší obraz o oboru, kterému se věnuji a právě studium v zahraničí je nejlepším způsobem, jak tyto zkušenosti získat a rozšířit si kulturní a oborové znalosti mimo jiných nezpochybnitelných benefitů, které zahraniční studium nabízí. Právě tyto zahraniční zkušenosti mi pomohly nahlížet na věci v širších souvislostech a vidět design a umění obecně v obsáhlejší měřítku. Zároveň práce pod různými pedagogy je pro mě osobně velice důležitá.

¹ University Ranking Worldwide, Scholarship, Study Guides, Courses & Events | Top Universities [online]. 2021 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/art-design>

Jejich názory a přístupy mě formují a ovlivňují v mé tvorbě a práci pod vedením několika českých i zahraničních pedagogů mi velice pomohla v osobnostním i oborovém růstu. Ačkoliv ne s každým jsem se názorově či v pohledu na projekt shodoval, naučilo mě to mnohem lépe nahlížet na věci z jiné perspektivy na rozdíl od těch, se kterými jsem sdílel stejný úsudek.

V neposlední řadě mi během studia přinesly ohromné množství zkušeností účasti na výstavách jak na domácí, tak zahraniční scéně. Měl jsem možnost mít vlastní expozici například na Milan Design Week, Czech Design Week apod. Právě účasti na těchto výstavách mi přinesly mnoho poznatků v oblasti designu a také nemálo kontaktů, které mi otevřely dveře k účasti na dalších akcích v oblasti designu. Díky nim jsem získal i nové klienty.

2. TÉMA A DŮVOD JEHO VOLBY

Téma symbióza jsem si zvolil s cílem zkoumání vztahů mezi druhy. V diplomové práci jsem si chtěl zvolit abstraktní pojem, který lze ztvárnit nejrůznějšími způsoby. Symbióza je také jedním ze základních elementů fungování života na zemi. Již z definice jde o úzké soužití dvou nebo více druhů. Toto soužití však může mít několik možných variant, díky kterým je vztah pro každý symbiont výhodný, nevýhodný nebo nemá faktický vliv. Lze zde tedy vybírat z pestré škály nejrůznějších směrů jak toto téma uchopit. Je možné s ním pracovat čistě designérsky například na bázi použití inovativních materiálů, případně navržení konzumních předmětů. Z druhé strany jej lze uchopit z uměleckého hlediska a vytvořit objekt či instalaci a vložit do ní autorův názor nebo poselství. Právě pestrost tohoto tématu mě zaujala a byla pro mě velkou výzvou. Je totiž mnohdy složité z takových rozmanitých abstraktních zadání vybrat si konkrétní směr a vymyslet produkt nebo objekt. V množství ideí přicházejících postupem času se lze jednoduše ztratit.

Samotný pojem symbióza vychází z řeckého symbiōsis a lze jej přeložit jako "žití spolu".² Jeho původní význam je biologické soužití, kde jsou organismy závislé jeden na druhém často i kvůli svému vlastnímu přežití. Celý svět je propojený a tyto struktury se vzájemně ovlivňují a mají vliv také na vše ostatní. Díky masivnímu zneužívání zdrojů ze strany člověka dochází k řetězení a nárůstu ekologických katastrof. V mém tématu jsem chtěl upozornit na uzurpování člověka veškerého živého i neživého na Zemi, které lze nazvat ve své podstatě parazitováním.

Velké téma a také trochu klišé je v dnešní době udržitelnost. Lze ji krátce charakterizovat jako "koncept, který definuje rozvoj jako aktivitu pokrývající současné ekologické, sociální a ekonomické potřeby bez ústupků v rámci pokrytí potřeb budoucích generací"³. S ní jsem se velice blízce setkal ve své bakalářské práci, pro kterou jsem si toto téma zvolil. Začal jsem se postupně cyklit v úvahách nad posláním designéra a svádět vnitřní boj u vytváření nových produktů a hledání jejich reálného smyslu a přínosu. Od té doby osciluji mezi těmito otázkami a navrhováním produktů. Vedu neustálou vnitřní polemiku o smyslu mé tvorby a zda je vůbec přínosem nebo naopak zátěží. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl ve své diplomové práci věnovat navržení několika artefaktů balancujícími na pomezí umění a designu, které mají mít své opodstatnění zejména v myšlence. Tu by měla evokovat jejich forma.

² Symbiosis Definition & Meaning - Merriam-Webster [online]. Dostupné z: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/symbiosis>

³ Jaký je rozdíl mezi udržitelností a ekologií [online]. [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.nooother.cz/blog/udrzitelnost-vs-ekologie/>

3. CÍL PRÁCE

Mým cílem je navržení světelných objektů na bázi bioluminiscence, které budou svojí estetikou evokovat v divákovi parazitické chování člověka k přírodě. Mělo by jít o set funkčních produktů na pomezí designu a umění, které bude možné využívat i mimo expozici diplomové práce například ve formě interaktivní instalace. Dalším cílem je prohloubení mých vlastních znalostí a poznání tématu co nejkomplexněji takovým způsobem, abych byl schopen navrhnout objekty, které budou výstižně reagovat na problematiku a předají divákovi zamýšlené sdělení. Poukázat na přehlížení reálných problémů a explicitně je reflektovat.

Podstatnou součástí mé diplomové práce je sběr dat a informací, které mě obohatí a budu díky nim moci v budoucnu dále nakládat u dalších projektů. Například pěstování, péče o ostatní organismy a udržování jejich kvalit v rámci symbiotického vztahu, ideálně mutualismu⁴.

Hlavním záměrem mé práce je vytvoření objektů, které svým vizuálním dojmem budou vyvolávat pocit parazitování člověka na přírodě a ukazovat přírodní elementy ve vícero rovinách. Divák by měl být reflektován v temných podmínkách s krásami přírody a obdivovat její pestrost, kdy temné prostředí zde mimo jiné symbolizuje zaslepenost lidí. Naopak v denním světle, kdy přírodní prvky díky svému biologickému nastavení bioluminiscenci neprodukují, se krása vytrácí a objevuje se realita aktuálního světa. Tu zde reprezentují industriální a konzumní prvky, které vězní a zaplavují přírodu. Cílem těchto objektů je direktivně zrcadlit divákovi realitu dnešní doby a donutit jej zvažovat své kroky při jejich použití.

⁴ Mutualism - Definition and Examples - Biology Online Dictionary [online]. Dostupné z: <https://www.biologyonline.com/dictionary/mutualism>

4. PROCES PŘÍPRAVY

Při studiu na stockholmské univerzitě Konstfack jsem v rámci jednoho workshopu měl za úkol na svůj projekt nahlížet z perspektivy jiného oboru. Náhodně jsem losováním obdržel práci biologa, díky které jsem se dostal v rámci svého zkoumání k bioluminiscenci. Vzhledem k tomu, že jsem se rozhodl v diplomové práci ubírat se tvorbou světelného objektu, byl tento okamžik naprosto klíčový. Spojení světla, kde hraje primární roli živý druh závislý na okolních podmínkách v rámci svého přežití s vnesením otázky nad lidským parazitováním na přírodě nakonec jasně utvořilo směr, kterým jsem se dále ubíral.

Nejdříve jsem začal se sběrem informací ohledně pojmu symbióza a jevu bioluminiscence. Stránky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity velmi srozumitelně popisují právě první z uvedených výrazů. "Pojem symbióza (das Symbiotismus) poprvé použil Frank v roce 1877 pro označení koexistence různých organismů. Obdobně jej definoval de Bary v roce 1879 jako "...des Zusammenlebes ungleichnamiger Organismen...", tedy "soužití nestejnojmenných organismů" (viz Smith a Douglas 1987, Smith a Read 1997). V de Baryho pojetí termínu symbióza byly zahrnuty jak mutualistické, tak parazitické vztahy, včetně všech myslitelných přechodů mezi těmito dvěma krajními možnostmi.

Postupem doby však docházelo ke změně v chápání termínu symbióza, který byl stále častěji používán a v některých učebních textech (i českých) dosud je používán pouze ve smyslu mutualistické symbiózy. Zhruba od konce 60. let 20. století je však v řadě publikací užíván termín symbióza v původním, širším slova smyslu. V tomto pojetí je symbióza chápána i v klíčových monografiích o (mykorhizních) symbiózách, využitých při přípravě a často citovaných v těchto e-skriptech; těmi jsou Smith & Douglas (1987), Rasmussen (1995) Gryndlet et al. (2004) a zejména Smith & Read (2008). Rovněž v těchto e-skriptech je termín symbióza chápán v širokém pojetí, tedy jako označení stavu, kdy spolu dlouhodobě koexistují dva různé organismy. Hlavním důvodem návratu k původnímu chápání termínu symbióza je fakt, že v mnoha případech je velmi obtížné definovat užitek či prospěch (angl. benefit) jednotlivých asociovaných organismů, a zejména fakt, že asociace těchto organismů se může s různými ontogenetickými stádii jednotlivých organismů či se změnou ekologických podmínek měnit, a to v plné škále možností, které rozpětí mutualistická až parazitická symbióza umožňuje."⁵

Je důležité si říci, že termín symbióza je stále v obecném chápání často spojován právě pouze s kategorií mutualistickou, neboli vzájemně prospěšnou formou koexistence. Je tedy vhodné uvést veškeré podkategorie a osvětlit tak tento pojem v širším kontextu. Jak už bylo řečeno výše, pro určení konkrétního vztahu se používá několik termínů. Ty se definují na základě výhodnosti pro oba symbionty. Symbiotický svazek může být výhodný (+), nevýhodný (-) nebo nemusí mít na daný druh faktický vliv (0). Dělit symbiotické vztahy je však možné z několika hledisek: Například podle výhodnosti, vzájemné pozice, závislosti apod.

⁵ Definice symbióz. Přírodovědecká fakulta MUNI [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: https://www.sci.muni.cz/~mykorh/html/definice_symbiozy.htm

Pokud je budeme klasifikovat podle výhodnosti pro symbionty, pak jsou jednotlivé vztahy následující:

- Mutualismus (+/+) je symbióza výhodná pro oba partnerské druhy. Příkladem je vztah mezi rostlinou a jejím opylovačem.
- Komenzálismus (+/0) je symbióza mezi dvěma druhy, z nichž pro jednoho je vztah výhodou a druhý není ovlivněn. Příkladem jsou někteří zástupci střevní mikroflóry, kteří se živí na zbytcích potravy a hostiteli neškodí.
- Amenzálismus – alelopatie (0/-) je symbióza dvou druhů, z nichž pro jednoho je vztah nevýhodou a druhý není ovlivněn. Příkladem je trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), který produkuje fytoncidy, jedy hubící podrost, ale sám není tímto symbiotickým svazkem dotčen.
- Parazitismus (+/-) je symbióza dvou druhů, z nichž pro jednoho je vztah nevýhodou a pro druhého výhodou. Klasickým příkladem je tasemnice bezbranná (*Taenia saginata*), která parazituje ve střevech člověka a škodí mu.
- Neutralistická symbióza (0/0) je teoretický vztah, při němž na sebe dva druhy nepůsobí vůbec. Tento typ symbiózy se však prokazuje jen těžko kvůli složitosti ekologických vztahů.
- Kompetiční symbióza (-/-) je vztah mezi dvěma druhy, které vynakládají úsilí, aby proti sobě konkurenčně uspěly. Příkladem může být nekonečný „závod ve zbrojení“ mezi rostlinami a býložravci. Tento souboj vysvětluje tzv. efekt červené královny.⁶

V mém případě jsem se rozhodl zabývat se podkategorií parazitismu a pracovat s ní v rámci projektu v nadsázce. V mém případě je člověk benefitujícím symbiontem. Pro jiné druhy v mém projektu je symbiotický vztah nevýhodný. Potenciálně by se mohlo jednat ve výjimečných případech také o komenzálistický symbiotický vztah, nicméně objekty jsou koncipované takovým způsobem, že tento vztah je krajně nepravděpodobný.

Jev nazývaný bioluminiscence je světlo produkované chemickou reakcí v živém organismu. Je to druh chemiluminiscence, což je zjednodušeně termín pro chemickou reakci, při které vzniká světlo. Jde o tzv. „studené světlo“. Studené světlo proto, že méně než 20 % světla generuje tepelné záření nebo teplo. Většina bioluminiscenčních organismů se nachází v oceánu. Tyto mořské druhy zahrnují ryby, bakterie, medúzy atd. Některé bioluminiscenční organismy včetně světlušek a hub se nacházejí na souši.

Chemická reakce, která vede k bioluminiscenci, vyžaduje dvě jedinečné chemikálie: luciferin⁷ a luciferasu⁸, nebo fotoprotein. Luciferin je sloučenina, která skutečně produkuje světlo. Při chemické reakci se luciferin nazývá substrát. Bioluminiscenční barva (modrá, žlutá, nazelenalá apod.) je výsledkem uspořádání molekul luciferinu. Interakcí luciferasy s oxidovaným luciferinem (a přidaným kyslíkem) vzniká vedlejší produkt, nazývaný oxyluciferin. Podstatné je, že se při této chemické reakci tvoří světlo.

⁶ Symbióza – Wikipedie. Wikipedie [online].
Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Symbi%C3%B3za>

⁷ název pro látky (nejčastěji alkoholy), které mohou být substrátem enzymu luciferasy

⁸ souhrnný název pro enzymy umožňující vznik bioluminiscence

Většina bioluminiscenčních reakcí zahrnuje právě luciferin a luciferasu. Některé reakce však nezahrnují enzym (luciferasu). Tyto reakce zahrnují výše zmíněnou chemickou látku zvanou fotoprotein. Fotoproteiny se kombinují s luciferiny a kyslíkem. K produkci světla však potřebují další činidlo⁹, často iont prvku vápníku.¹⁰

V přírodě je bioluminiscence využívána rozdílnými způsoby. Živočišné a rostlinné druhy ji používají například k přilákání kořisti, jako součást obrany, formu varování, typ komunikace, mimikry, osvětlení nebo kamufláž.

Z dostupných druhů emitujících světlo se mi jevila jako nejvhodnější varianta pro můj projekt použití bioluminiscenční řasy. Zatímco bioluminiscence existuje v širokém spektru živých organismů v přírodě (např. houby a bakterie), bioluminiscenční obrněnky, čeled' mikrořas nebo fytoplankton (plankton podobný rostlinám)¹¹, jsou jedinými fotosyntetickými organismy, které jsou schopny vyzařovat světlo přímo pomocí sluneční energie¹². Kromě této jedinečné kvality jsou bioluminiscenční obrněnky schopny emitovat světlo v reakci na mechanické podněty¹³, což mě inspirovalo k dalšímu zkoumání jejich potenciálu v interaktivních artefaktech. Pokud jsou však mechanické podněty příliš silné, může to obrněnky poškodit až zabít. Abych mohl s obrněnkami pracovat co nejlépe a zároveň jim nijak neublížoval, hledal jsem výzkum, kde bych získal potřebná data, jak s nimi pracovat v rámci možností šetrně a efektivně. V rámci mé rešerše jsem objevil skvělou práci studentů z nizozemské univerzity TU Delft, kteří dohromady s odborníky vytvořili studii LIVING LIGHT INTERFACES - AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS. Díky ní jsem měl možnost pochopit chování řasy v různých podmínkách a simulacích. Sám jsem musel provést určité testy k ověření chování řas k nalezení vhodného systému pro moje objekty, nicméně tato studie pro mě sloužila jako skvělý základ, ze kterého jsem mohl čerpat.

Ve zmíněné studii pracovali s kulturou řas *pyrocystis fusiformis*. Během experimentů udržovaly řasy ve speciálním chladiči s teplotou mezi 14 -16 °C. V těchto podmínkách je osvětlovali panelem s LED diodami, který poskytoval řasám po dobu 14 hodin denně přibližně 800 lumenů. Všechny experimenty následně prováděli hodinu po začátku 10hodinového cyklu tmy. K tomu, aby mohli provádět různé typy kinetických podnětů sestrojili orbitální třepačku. Zkoumali 3 hlavní typy kinetických stimulů: rotaci, vibraci a pulz. V rámci rotace vyvolávali pomocí 360stupňového otáčení základny v kapalině vířivý pohyb. Pulzní stimuly byly generovány omezením stupně rotace, ke které v intervalech přidali pohyby dopředu a dozadu. U vibračního stimulu měnili intenzitu při kontinuálním cyklu.

⁹ pomocná chemická látka, která vyvolává specifickou chemickou reakci

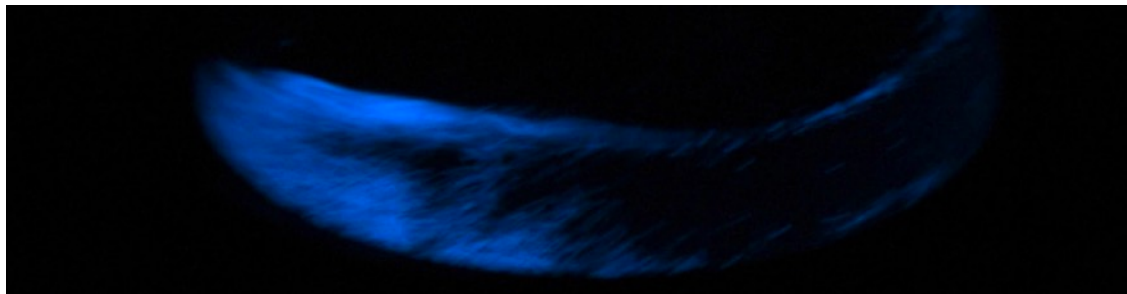
¹⁰ Bioluminescence | National Geographic Society. Home - National Geographic Society [online]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/bioluminescence/>

¹¹ SPECTOR, David L. Dinoflagellates. Academic Press, 2012. ISBN 978-0123959089.

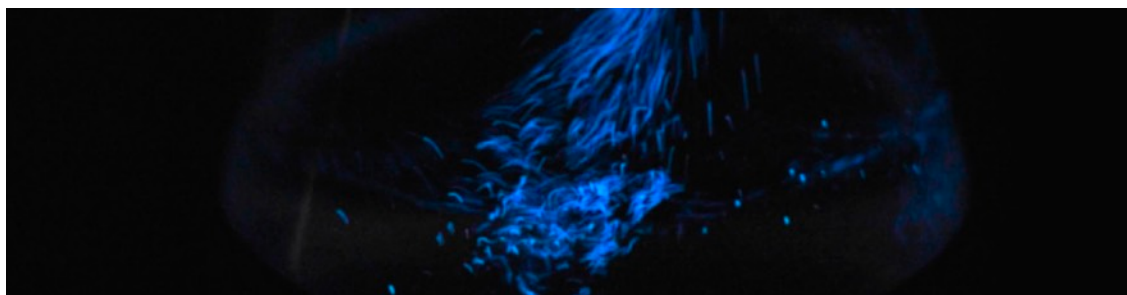
¹² SOLI, Giorgio. Bioluminescent cycle of photosynthetic dinoflagellates. *Limnology and Oceanography*. 1966, (11), 355-363. Dostupné z: doi:10.4319/lo.1966.11.3.0335

¹³ SELIGER, H.H. a W.D. MCELROY. Studies at Oyster Bay, Jamaica, West Indies: I. Intensity patterns of bioluminescence in a natural environment. *Journal of Marine Research*. Baltimore, Maryland, 1968, (26), 244-255. Dostupné také z: <https://images.peabody.yale.edu/publications/jmr/jmr26-03-05.pdf>

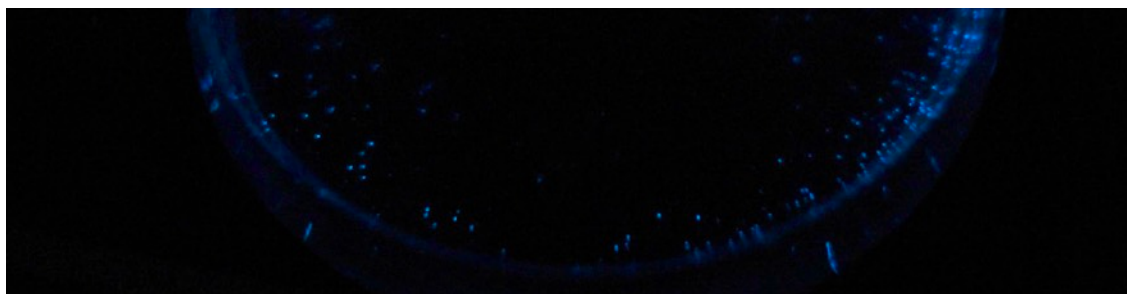
Jako základ pro analýzu videa byl použit programovací skript MATLAB. Díky čtení videosouborů bylo možné extrahovat různé typy informací, jako například střední či maximální hodnoty. Pro každý jednotlivý snímek byla vypočítána střední hodnota na základě jasu všech pixelů v rámci snímku. Ze simulací měly různé typy kinetických podnětů rozdílný vliv na prodlevu, vzestup či pokles světla.



Rotační stimul¹⁴



Pulzní stimul¹⁵



Vibrační stimul¹⁶

Na jednotlivých snímcích je možné vidět rozdíly v intenzitě záření při rozdílných kinetických podnětech. Výsledky mimo jiné ukazují, že vyšší rychlost otáčení vede ke zvýšení množství produkovaného světla v průběhu času.

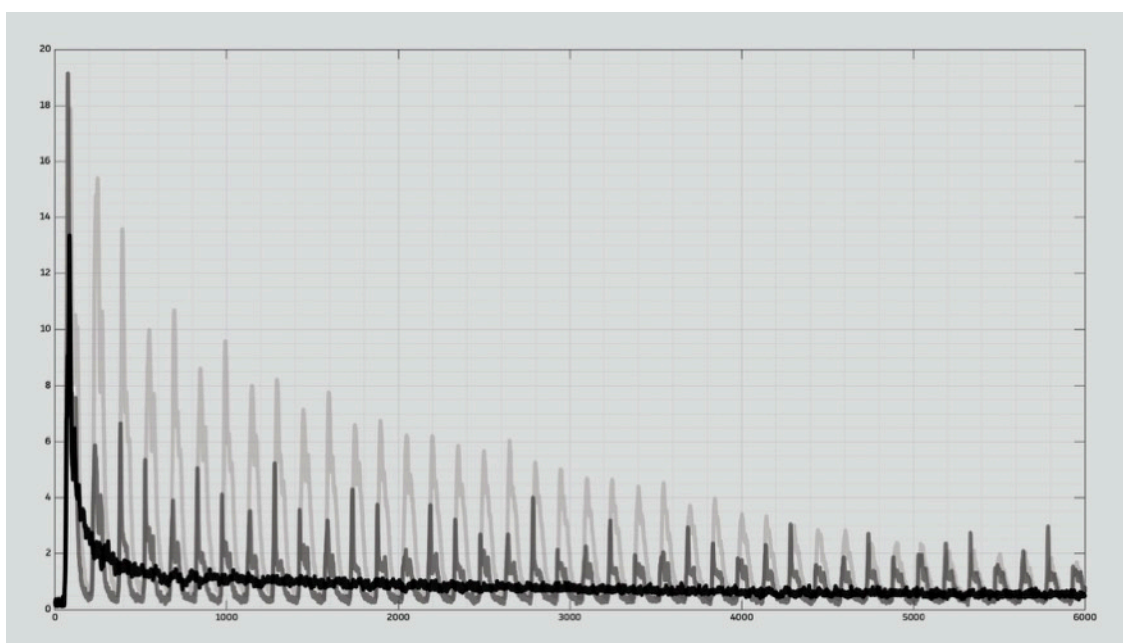
¹⁴ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

¹⁵ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

¹⁶ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

Vyšší rychlost ovšem vede k rychlejšímu a vizuálně patrnému poklesu intenzity emitace světla v průběhu času. Při pulzaci ve srovnání s rotací intenzivní blikání odeznělo rychleji. Také pulzace v sekvenci s 10minutovým intervalem vykazuje výrazně nižší intenzitu světla. Nižší intenzitu při vibraci lze vysvětlit nízkým počtem světélkujících buněk, které jsou v tu chvíli stimulovány. Kultura je totiž schopna se zotavit z vibrací a zachovat si stejnou úroveň jasu pokud je vystavena velké smykové síle, například vysokorychlostní rotaci. Obrněnky se také časem stávají méně citlivé na specifické podněty. Jakmile je kultura vystavena velké smykové síle, jako je např. vysokorychlostní rotační pohyb, ztrácí část své citlivosti a vykazuje velmi nízkou, nebo téměř žádnou bioluminiscenční odezvu. Ztráta citlivosti je následně zodpovědná za znatelný pokles vnímaného jasu a za kratší periody viditelného světla při rotačním pohybu.

Výsledky také ukázaly, že doba, kterou je schopna kultura při plné rotační rychlosti vyzařovat světlo je asi 30 sekund. Časový rozptyl je však ve velké míře závislý na typu podnětů. Při střídavém otáčení byli schopni docílit vyzařování světla na víc než 300 sekund.

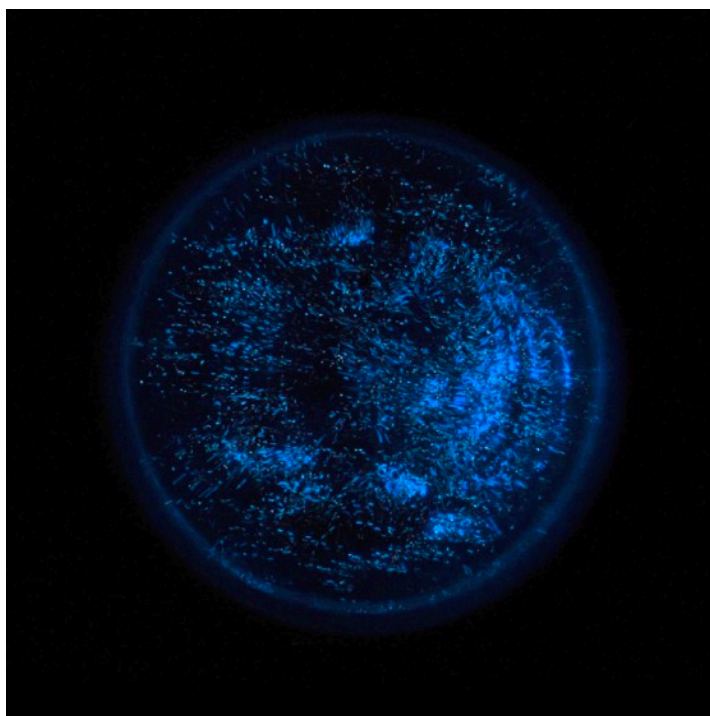


Doba vyzařování světla u všech kinetických stimulů¹⁷

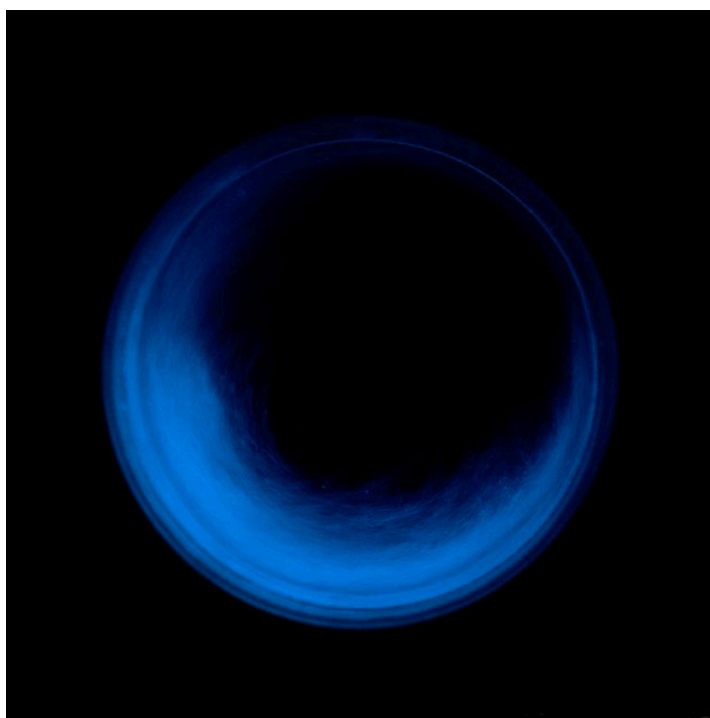
Také rozptyl světla se u jednotlivých typů podnětů lišil. V závislosti na tvaru nádoby, jejím objemu a také hustotě kultury (hustota buněk v médiu) je možné docílit naprosto rozdílných výsledků. Tyto zmíněné proměnné totiž mají vliv kromě typu podnětu na výsledný časový a prostorový tvar vyzařovaného světla.

¹⁷ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

Na následujících snímcích pořízených s dlouhou časovou expozicí je možné pozorovat z pohledu shora rozdílné výsledky distribuce světla.



Pulzní stimul¹⁸



Rotační stimul¹⁹

¹⁸ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

¹⁹ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

Ve studii se zabývali také texturní kvalitou. U rotačního stimulu tlačí odstředivá síla většinu buněk v těsném shluku poblíž okraji skla, kde se dále vzájemně prolínají. Z tohoto důvodu je u rotačního podnětu vidět v podstatě jednotná záře se sotva viditelnou texturou. Navíc vyšší rychlost rotace vede k ještě jemnější a rovnoměrnější linii. Pulzace a vibrace mají naopak tendenci vytvářet vysoce texturované světelné vzorce. Je to z toho důvodu, že buňky v kapalině jsou stimulovány rozptýleně a nejsou tolik k sobě, což často vede k velmi rozptýlenému světlu. Hustota kultury a počet buněk v kapalném médiu také ovlivňuje vnímanou texturu. S vyšší hustotou jsou jednotlivé světelné body více u sebe, což má za příčinu zdánlivé prolínání světla. Také se předpokládá, že refrakční vlastnosti buněk mají vliv na texturní kvalitu. V hustší kultuře musí světlo projít větším množstvím buněčné hmoty. To má za následek více rozptýlené světlo.²⁰

Pro mojí práci jsem objednal řasy rodu *Pyrocystis lunula*, které se mírně liší od řas rodu *Pyrocystis fusiformis*. Vzhledem k nízké nabídce jsem byl nucen pořídit tento druh. Objednával jsem je od firmy BioGlow Bioluminescence (bioglow.eu) sídlící v Nizozemsku. Nejznámější a také pravděpodobně největší firma na trhu PyroFarms (pyrofarms.com) sídlící v Kalifornii má ve své nabídce právě řasy rodu *fusiformis*. Překážkou koupi tohoto druhu je cesta, kterou musí tyto jednobuněčné organismy urazit. Kalifornie je totiž několikanásobně dál od České republiky, než Nizozemsko. Tím by se dramaticky prodloužil časový úsek přepravy a s ním i spojené riziko. Řasy jsou poměrně choulostivé na vnější podmínky co se týká teploty a nemusely by cestu přežít. Navíc jsem je objednával v zimních měsících. Řasy je nutné uchovávat v podmínkách mezi 17 až 24 °C. S venkovní teplotou pohybující se pod bodem mrazu je už tak vysoké riziko s přepravou z bližšího Nizozemska.

Lidským okem však v podstatě nelze rozeznat rozdíly mezi těmito dvěma typy řas. Z bližšího pohledu pod mikroskopem už jsou však určité diference patrné. *Pyrocystis fusiformis* má celý životní cyklus přibližně 5–7 dní a rozmnožuje se nepohlavně²¹, což je primární forma rozmnožování pro jednobuněčné organismy. Fáze rozmnožování vytváří 1 nebo 2 zoospory, které rostou uvnitř buněčné stěny rodiče, dokud se nestanou novými buňkami.²² Pozorováno v laboratoři pod kultivací, asexuální reprodukce začíná, když se protoplazma smršťuje od rodičovské buněčné stěny. U *Pyrocystis fusiformis* se protoplazma stahuje v blízkosti středu buňky a tvoří dva laloky, na rozdíl od *Pyrocystis lunula*, která při dělení vytváří tvary srpku měsíce. Jakmile se protoplazma rozdělí, diferencuje se na reprodukční buňky. Tyto buňky pak velmi rychle nabobtnají a vznikají tak nové rodičovské buňky.²³ Tvarový rozdíl u obou jednobuněčných organismů z pohledu pod mikroskopem bude vidět na následující stránce.

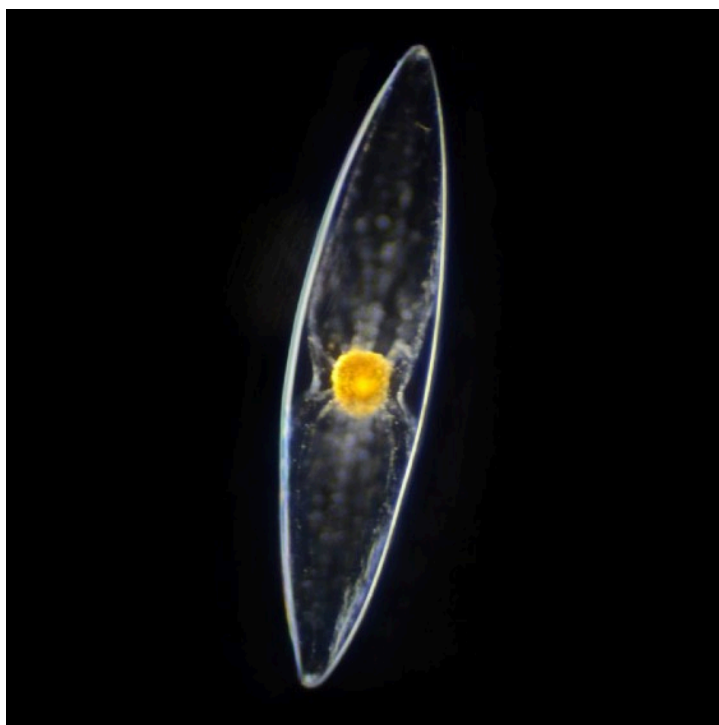
²⁰ BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [doi:https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038)

²¹ MCDUGALL, Steven H.D. HADDOCK a C.M. CASE. Growing dinoflagellates at home. The Bioluminescence Web Page [online]. University of California at Santa, 2011. Dostupné z: <https://biolum.eemb.ucsb.edu/organism/dinohome.html>

²² FOFLONKER, Fatima a John COWAN. *Pyrocystis fusiformis*. MicrobeWiki [online]. Kenyon College. Dostupné z: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Pyrocystis_fusiformis

²³ SWIFT, Elijah a Durbin EDWARD G. Similarities in the asexual reproduction of the oceanic dinoflagellates *Pyrocystis fusiformis*, *Pyrocystis lunula*, and *Pyrocystis noctiluca*. *Journal of Phycology*. June 1971, 1971(7), 89–96. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1971.tb01486.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1971.tb01486.x)

Na následujících snímcích je možné vidět buňky řas rodu *Pyrocystis*, konkrétně druhy *fusiformis* a *lunula*.



*Pyrocystis fusiformis*²⁴



*Pyrocystis lunula*²⁵

²⁴ SZCZERBIAK, Aleksandra. *Pyrocystis fusiformis* [online]. 29 June 2016 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrocystis_fusiformis

²⁵ DOLAN, John. The bioluminescent dinoflagellate *Pyrocystis lunula* [online]. April 2nd, 2019 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://fineartamerica.com/featured/the-bioluminescent-dinoflagellate-pyrocystis-lunula-john-dolan.html>

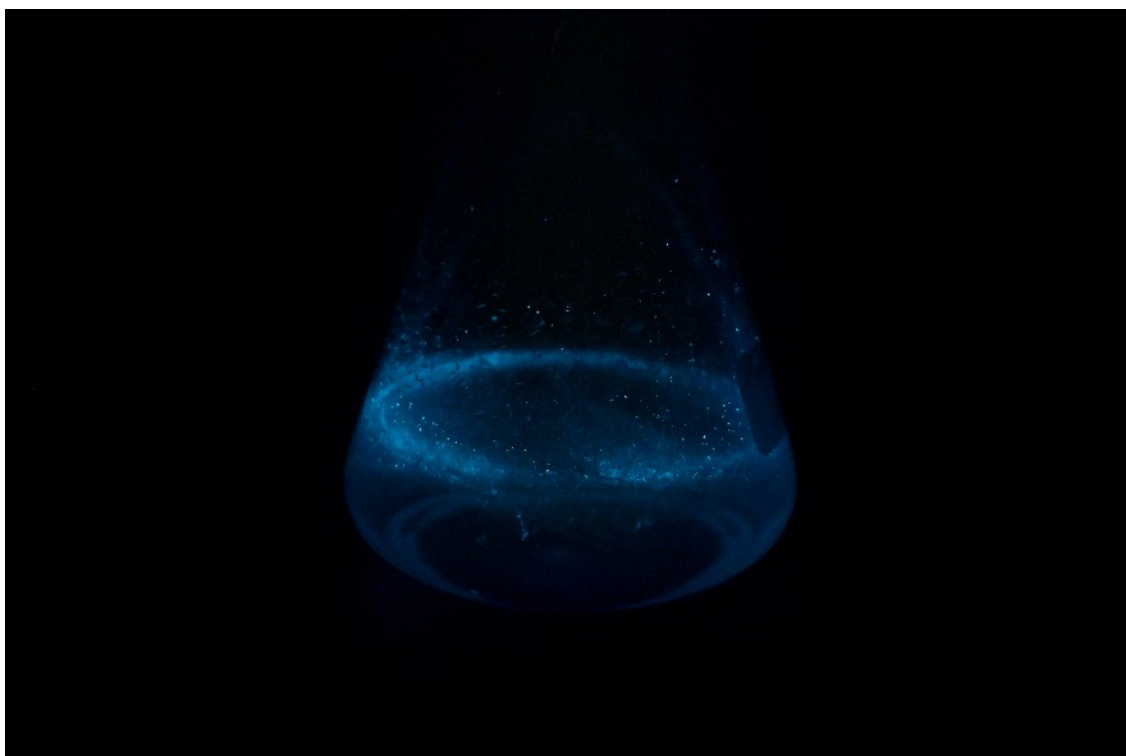
Pro účely bioluminiscenčního světelného objektu tyto tvarové diference však nemají vliv. Vliv na účinnost a zdraví řas však mají zásadním způsobem nutrienty, které se musí jako aditivum přimíchávat v časových intervalech do kultury. Tyto nutrienty také nabízí ve svém sortimentu firma BioGlow Bioluminescence. Firma bohužel nikde nspecifikuje přesné složení aditiva a pravděpodobně si jej střeží jako výrobní tajemství. Pouze uvádí, že mimo jiné tekutina obsahuje mimo jiné sterilní mořskou vodu, dusičnany a fosforečnany. Její dávkování však uvádí s ohledem na zdravý růst řas velice přesně. Ačkoliv jsou řasy schopny přežít až několik měsíců bez dodatečných živin, firma doporučuje přidávat do kultury alespoň 10 % z celkového objemu každé dva týdny. Je tedy možné mít stále množství tekutiny, ze které pravidelně odebíráte a přidáváte stejné množství, nebo s každou další dávkou přidávat poměrově více nutrientů vzhledem k navýšení celkového objemu. Je také možnost přidat více živin do kultury, což by mělo mít za výsledek lepší růst řas. Nicméně přidáním většího množství se kultura více naředí, což má na určitou dobu za následek slabší bioluminiscenci.²⁶

Řasy kromě nutrientů potřebují také přístup ke vzduchu. Stejně jako rostliny přeměňují řasy oxid uhličitý na kyslík. Je tedy nutné jim zajistit v nádobě alespoň minimální proudění vzduchu a výměnu plynů. K docílení toho bez kompletního otevření nádoby se hodí vata. Tu je vhodné využít místo uzávěru nádoby. Pro mé vlastní testy a výsledné světelné objekty jsem si ještě pořídil laboratorní sklo, které se hodí pro skladování, testování i finální objekt. Z dostupných druhů laboratorního skla jsem se rozhodl pracovat zejména s Erlenmeyerovými baňkami různých velikostí. Svým tvarem mi evokují určitou symboliku laboratoří a zároveň jsou vhodné se svým relativně úzkým hrdlem k uzavření vatou či silikonovým uzávěrem. K tomu mají poměrově široké dno, kde může optimálně vířit a světélkovat kultura s řasami.

Kromě již výše zmíněných výsledků studie vyplývajících z testování v různých podmínkách od studentů z Nizozemské univerzity Delft jsem udělal také vlastní pokus zaměřený na chování řasy. V mém testování jsem používal vzduchovací zařízení používané v oblasti akvaristiky, které přivádí vzduch pomocí hadičky do vody a tím ji okysličuje. Pracoval jsem se vzduchovacím motorkem od firmy Schego s výkonem 150 - 250 l/h. Díky možné regulaci toku vzduchu jsem byl schopen vyzkoušet svítivost a chování řas s různým množstvím vzduchu a také rastrem s různým množstvím otvorů pro výstup ze vzduchové hadičky. Na následující stránce je možné vidět snímky výsledků testu v Erlenmeyerově baňce. Fotografie byly pořízeny ve tmě s následujícím nastavením fotoaparátu: čas 25", clona 4, ISO 2000. Výsledný poměr světla emitujícího z řas s vizuálním efektem připomínající bublající látky zkoumané v laboratořích vyšel se slibnými předpoklady pro tvorbu jednoho z chystaných objektů. Kromě výsledného efektu je dobré zmínit dobré výsledky v rámci výdrže vyzařování světla. V takovém režimu jsou řasy schopné produkovat bioluminiscenci v řádu minimálně jednotek minut. V rámci pokusu jsem však neměřil maximální dobu imitace světla, abych řasy nevyčerpal či nezahubil.

²⁶ BioGlow Bioluminescence: Webstore for bioluminescent algae [online]. Dostupné z: <https://bioglow.eu/shop/en/content/11-faq>

Na následujících snímcích je možné vidět průběh testování řas v Erlenmeyerových baňkách stimulované tlakem vzduchu.



Test s nižším proudem vzduchu (cca 150 l/h)



Test s vyšším proudem vzduchu (cca 250 l/h)

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Kromě bioluminiscenčních řas jsem se rozhodl pracovat také s jiným druhem organismů produkující bioluminiscenci, konkrétně s houbami. Také ty dokáží kromě bakterií, mikroskopických řas, různých skupin bezobratlovců a obratlovců (zejména mořských) produkovat světlo. Emitovat světlo mohou jak plodnice, tak také podhoubí, které prorůstá substrát (zpravidla se jedná o tlející dřevo nebo listí).

“V současnosti známe 81 taxonů²⁷ hub, u nichž byla bioluminiscence víceméně spolehlivě doložena; všechny patří do oddělení stopkovýtrusných (Basidiomycota) a ve všech případech jde o hniložijné (saprotrofní) houby s bílým výtrusným prachem. Ze zmíněných 81 taxonů bylo 14 nově popsáno a u tří byla bioluminiscence zjištěna teprve v posledních pěti letech. Je tedy téměř jisté, že seznam se bude dále rychle rozšiřovat, zejména o tropické zástupce. Všechny nově popsané taxony totiž pocházejí z tropů – nejvíce z Malajsie (9), další z Brazílie, Portorika, Indie a Tchaj-wanu.”²⁸

“Na základě fylogenetických analýz byly odlišeny čtyři linie, v nichž se bioluminiscence vyvinula. Zdaleka nejpočetnější je linie mycenoidní, zahrnující druhy rodů helmovka (*Mycena*), *Roridomyces* (česky rovněž helmovka), *Filoboletus*, *Poromycena*, *Favolaschia* a pařezník (*Panellus*). Do druhé linie – *Omphalotus*, patří rody hlívovník (*Omphalotus*) a *Neonothopanus*. Třetí linii tvoří rod václavka (*Armillaria*), pro niž je typická bioluminiscence mycelia²⁹; zatím byla potvrzena u pěti druhů, předpokládá se však, že se vyskytuje u většiny, ne-li u všech zástupců tohoto rodu. Do čtvrté linie – *Lucentipes*, se zatím řadí pouze dva druhy, a sice *Gerronema viridilucens* a *Mycena lucentipes*.³⁰³¹

Houby schopné produkovat luminiscenci se obecně vyskytují zejména v tropických oblastech. Několik druhů lze nalézt také v mírném pásmu severní polokoule. Na základě rešerše dostupných druhů jsem zvolil typ *Panellus stipticus* (Pařezník obecný). Tato houba je rozšířená poměrně hojně také v České republice. Ovšem na rozdíl od identického druhu rostoucího v Severní Americe (u něhož světélkují plodnice) nebyl u toho evropského pozorován fenomén bioluminiscence. Příčiny geografických rozdílů v rámci druhu ovšem nejsou doposud známy. I to je jeden z důvodů, proč jsem se rozhodl pro tuto houbu. Zajímalo mě, zda budu schopen v odlišných podmínkách při pěstování schopen pozorovat bioluminiscenci, případně v jaké intenzitě. Kromě toho se tento druh celoročně nejčastěji vyskytuje na mrtvém dřevu listnatých stromů, a to zejména tvrdších dřevin jako dubů, buků a habrů, vzácně jehličnanů. Ve větší míře se vyskytuje na řezné ploše dřeva, avšak je schopna růst také po obvodu. Díky růstu na dřevě by se mi mělo s houbou snáze pracovat. Také to usnadňuje aplikaci na zamýšlený objekt a umožňuje přizbůsobení výškové úrovně jeho umístění do zorného pole pozorovatele. Na následující stránce je možné vidět snímek tohoto druhu během noci.

²⁷ skupina konkrétních (žijících nebo vymřelých) organismů

²⁸ SOCHOR, Michal a Zuzana EGERTOVÁ. Bioluminiscence hub – odvěký a stále záhadný fenomén. *Časopis ŽIVA*. Nakladatelství Academia, 2015(6), 282–284. ISSN 0044-4812. [cit. 2022-03-04].

²⁹ shluk vzájemně propletených vláken

³⁰ DESJARDIN, D. E., A. G. OLIVEIRA a C. V. STEVANI. Fungi bioluminescence revisited. *Photochemical & Photobiological sciences*. 2008, 2008(2), 170–182. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1039/B713328F>

³¹ SOCHOR, Michal a Zuzana EGERTOVÁ. Bioluminiscence hub – odvěký a stále záhadný fenomén. *Časopis ŽIVA*. Nakladatelství Academia, 2015(6), 282–284. ISSN 0044-4812. [cit. 2022-03-04].

Na následujících snímcích je možné vidět Pařezník obecný (*Panellus stipticus*) během denního světla v kontrastu s pořízenou fotografií z noci při produkující bioluminiscenci.



Pařezník obecný za denního světla³²



Pařezník obecný produkující bioluminiscenci během noci³³

³² (Pics) *Panellus stipticus* fruiting on alder chip substrate. Shroomery - Magic Mushrooms (Shrooms) Demystified [online]. 2016, 3/11/16 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.shroomery.org/forums/showflat.php/Number/22996305#22996305>

³³ (Pics) *Panellus stipticus* fruiting on alder chip substrate. Shroomery - Magic Mushrooms (Shrooms) Demystified [online]. 2016, 3/11/16 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.shroomery.org/forums/showflat.php/Number/22996305#22996305>

Výběr tohoto druhu je mimo jiné podmíněn oproti ostatním poměrně vyšší schopností vyzařování intenzivního světla. Zároveň je to houba, která se v našich geografických podmínkách běžně vyskytuje a tudíž se vylučuje případná "kontaminace" prostředí.

Kompletní mechanismus produkce bioluminiscence u hub se ovšem liší od ostatních organismů a stále není objasněno (viz níže), jak přesně tento fenomén funguje. Kromě toho různé houby vyzařují zelené světlo v porovnání s řasami, například v mém případě používaného typu *Pyrocystis lunula*. V maximálních intenzitách takto emitovaného světla se pohybuje v oblasti vlnových délek mezi 520–530 nm.

"Ani po desítkách let studia neexistuje shoda v názorech na molekulární ani buněčnou organizaci mechanismu bioluminiscence hub. V současnosti jsou uznávány dva koncepty: první předpokládá existenci substrátu (obecně nazývaného „luciferin“, nemusí však být totožný s luciferinem jiných bioluminiscenčních systémů), který je oxidován za přítomnosti enzymů (luciferáz); podle druhého konceptu představuje luminiscence hub taktéž výsledek oxidace organického substrátu, ale bez přítomnosti specializovaného enzymu. V obou modelech figurují molekuly jako ústřední substrát neznámé struktury („luciferin“ nebo např. nambin), který je oxidován za současné emise světla, a zřejmě ne jeden, ale hned několik enzymů. Podle prvního modelu dochází v prvním (temnostním) kroku k redukci luciferinu NAD(P)H-dependentní reduktázou a v druhém (světelném) kroku k oxidaci kyslíkem pomocí luciferázy.³⁴ Podle druhého modelu substrát oxidují reaktivní formy kyslíku za přítomnosti jednoho či více enzymů jiných metabolických drah. Celý proces je pak podle autorů modelu úzce spjat s ligninolytickým enzymatickým komplexem, cytochromem P450 a enzymy dýchacího řetězce.³⁵³⁶

Stále také není úplně jasné, z jakého důvodu houby bioluminiscenci produkují. "Podle jedné z hypotéz má emitované světlo přitahovat hmyz, který následně zprostředkovává šíření výtrusů. Tato hypotéza vysvětluje častý výskyt svítících hub v prostředí hustých tropických lesů, kde se větrem mohou spory šířit pouze omezeně. Podporuje ji také fakt, že nejintenzivněji obvykle svítí lupeny, potažmo výtrusy³⁷, u některých druhů zejména v době zralosti. Skutečně bylo různými experimenty prokázáno (a dá se pozorovat také in natura), že svítící plodnice nebo mycelium jsou pro hmyz atraktivnější než ty nesyvící.³⁸ Hypotéza však nevysvětluje luminiscenci podhoubí, které spory neprodukuje.

³⁴ STEVANI, C. V., A. G. OLIVEIRA, L. F. MENDES, F. F. VENTURA, H. E. WALDENMAIER, R. P. CARVALHO a T. A. PEREIRA. Current status of research on fungal bioluminescence: Biochemistry and prospects for ecotoxicological application. *Photochemistry and Photobiology*. 2013, 2013(89), 1318–1326. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1111/php.12135](https://doi.org/10.1111/php.12135)

³⁵ BONDAR, V. S., O. SHIMOMURA a J. I. GITELSON. Luminiscence of higher mushrooms. *Journal of Siberian University: Biology*. 2012, 2012(4), 331–351. Dostupné z: [doi:10.17516/1997-1389-0127](https://doi.org/10.17516/1997-1389-0127)

³⁶ SOCHOR, Michal a Zuzana EGERTOVÁ. Bioluminiscence hub – odvěký a stále záhadný fenomén. *Časopis ŽIVA. Nakladatelství Academia*, 2015(6), 282–284. ISSN 0044-4812. [cit. 2022-03-04].

³⁷ DESJARDIN, D. E., A. G. OLIVEIRA a C. V. STEVANI. Fungi bioluminescence revisited. *Photochemical & Photobiological sciences*. 2008, 2008(2), 170–182. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1039/B713328F](https://doi.org/10.1039/B713328F)

³⁸ SVINSKI, J. M. Arthropods attracted to luminous fungi. *Psyche: A JOURNAL OF ENTOMOLOGY*. 1981, 1981(88), 383–390. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1155/1981/79890](https://doi.org/10.1155/1981/79890)

Další pravděpodobná teorie se zakládá na odpuzování fotofobních³⁹ či negativně fototropních⁴⁰ fungivorů⁴¹, patogenů a konkurentů. Část mycelia totiž roste skryta hluboko v substrátu, tedy v prostředí, kam světlo za normálních okolností neproniká. Podobně může luminiscence sloužit jako varovný signál upozorňující na toxicitu nebo nepoživatelnost, tedy vlastnosti, které opravdu byly u mnoha světélkujících hub prokázány. Z dalších stojí za pozornost hypotéza o přitahování predátorů. Pokud počet predátorů efektivně přesáhne počet fungivorů, získá houba ochranu, a tím i selekční výhodu.⁴² Tato úvaha se podobá teorii „poplašného systému“ vysvětlující světélkování obrněnek (Dinoflagellata) a podporuje ji experimentální zjištění, že narušení mycelia vede k intenzivnější luminiscenci u některých václavek.“⁴³

Z dostupných zdrojů je zřejmé, že doposud ani mezi vědci nepanuje shoda ve vzniku a účelu bioluminiscence u hub. Lze však říci, že některé z hypotéz se podobají ve funkci jako u jiných bioluminiscenčních organismů (například u obrněnek). Je tedy možné, že používají bioluminiscenci ke stejnému účelu, tedy jako obranný mechanismus před predátory ve formě „světelného výstražného znamení“ laicky řečeno.

Pro přípravu na pěstování jsem zvolil dva typy mycelia ve dvou různých formách od dvou dodavatelů. Vzhledem k nízké nabídce jsem byl nucen hledat pouze v zahraničí. První vzorek jsem objednal z webu Etsy od polského dodavatele v Eppendorfově zkumavce. Druhý vzorek jsem objednal z USA od firmy Everything Mushrooms (everythingmushrooms.com) sídlící v Tennessee. V této firmě jsem objednal injektované dřevěné kolíky, které se aplikují do dřeva. Tyto kolíčky se v Evropě většinou nevyrábí a pokud ano, tento typ houby není k dostání. Ovšem výhodou je bezpochyby fakt, že takto injektované kolíčky pochází z části světa, kde Pařezník obecný produkuje bioluminiscenci.

³⁹ organismy nesnášející silnější osvětlení

⁴⁰ ohyb organismu nebo jeho části směrem ke zdroji světla (pozitivní) či od zdroje (negativní)

⁴¹ organismy živící se houbami

⁴² SVINSKI, J. M. Arthropods attracted to luminous fungi. *Psyche: A JOURNAL OF ENTOMOLOGY*. 1981, 1981(88), 383–390. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1155/1981/79890](https://doi.org/10.1155/1981/79890)

⁴³ SOCHOR, Michal a Zuzana EGERTOVÁ. Bioluminiscence hub – odvěký a stále záhadný fenomén. *Časopis ŽIVA*. Nakladatelství Academia, 2015(6), 282–284. ISSN 0044–4812. [cit. 2022–03–04].

5. PROCES TVORBY

V této části budu postupně popisovat proces tvorby jednotlivých objektů či artefaktů dopodrobna. Objekt č.1 má svojí vizuální podobou připomínat lustr. Při jeho tvorbě hrál zásadní roli princip, jakým rozpohybovat řasy v Erlenmeyerově baňce, kterou jsem chtěl na tento artefakt použít jako klíčový prvek. Symbolika pokusů jako v laboratořích, takový vjem by měl budít v divákovi tento artefakt.

Úvodní myšlenka vycházela ze síly gravitace a recyklace odpařované vody. Baňka měla mít na svém hrdle umístěný dostatečně vodivý studený předmět (v mé představě šlo o korozivzdornou ocelovou kouli), který bude umístěný po určitou dobu v mrazícím boxu. Po vytažení koule a umístění na hrdlo baňky na ní měla voda začít kondenzovat a stékat po stěně na nejnižší místo, kde měla vždy při nahromadění vody zachycené ze vzduchu zkapávat do baňky a tím rozpohybovat řasy, které v tu chvíli měly začít svítit. V teoretické rovině se to zdálo jako realizovatelné, nicméně již první pokusy ukázaly, že kapky nedokáží vyprodukovat takovou energii, aby rozpohybovaly dostatečně hladinu a donutily řasy svítit.

Byl jsem nucen přehodnotit způsob, jakým uvést vodu do pohybu. Rozhodl jsem se použít vzduchových motorek Schego, který se hojně využívá v akvaristice. Pro své účely jsem si zakoupil motorek regulovatelný s výkonem od 150 - 250 l/h, abych s ním mohl provést testování, viz strana 13. Jeho funkčnost jsem si ověřil. Právě strojek při následném navrhování konstrukce lustru hrál významnou roli. Cílem bylo schovat jej do konstrukce a zároveň zajistit spojení mezi ním a řasami pomocí jedné vzduchové hadičky v interiéru konstrukce. Vznikl nakonec návrh viz příloha č. 3. Návrh lze rozdělit na tři hlavní díly, které jsou v konečném výsledku vzájemně spojené v jeden celek.

Prvním z nich je ocelový baldachýn, ve kterém je uschovaný vzduchovací strojek. Mimo jiné také drží celý objekt pevně u stropu. Na jeho výrobu jsem potřeboval ocelový plech tloušťky 1,5 mm. Z něj jsem vyřízl obdélník o výšce 83 mm a délce 550 mm. Tento kus měl sloužit jako obvodová stěna baldachýnu. Po jeho ploše jsem do něj navrtal rastr děr Ø 5, 9 a 12 mm. Ty mají zajistit dostatečné proudění vzduchu, bez něž se vzduchovací strojek neobejde a nebyl by schopen plnit svoji funkci. Následně jsem na ruční zakružovačce vytvaroval plech do potřebného tvaru válce s vnitřním průměrem 175 mm. Přesahující kusy jsem překryl přes sebe a svařil bodovou svařovací pistolí. Přebytečný ocelový plech jsem zbrousil na pásové brusce, aby byl povrch válce z vnější strany hladký.

Následně jsem ze stejného plechu vyřízl tři stejné konvexní měsíčky s vnější hranou kopírující tvar válce. Do nich jsem vyvrtal otvory Ø 12 mm. Dále jsem pomocí pilníků na kov vybrousil drážky ubíhající až do průměru 3 mm. Ty jsem dále v trojúhelníkovém rozložení přivařil z vnitřní strany válce. Tyto díly slouží k upevnění objektu na strop, kde se při nasazení na tři připravené vruty otočením zaaretují. Následně jsem z plechu vyřízl hrubý tvar kruhu, který jsem přivařil z druhé strany válce. Provedl jsem začištění tvaru na pásové brusce a do středu vyvrtal díru Ø 20 mm. Tím jsem dokončil první část konstrukce. Celý rozměr baldachýnu vysloveně podléhá potřebě umístit do něj motorek s rozměry 130 x 70 x 50 mm a zajistit bezproblémovou manipulaci a dostatečné množství prostoru pro vzduchovou hadičku.



Ohýbání připraveného ocelového plátu



Svařování dílu

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



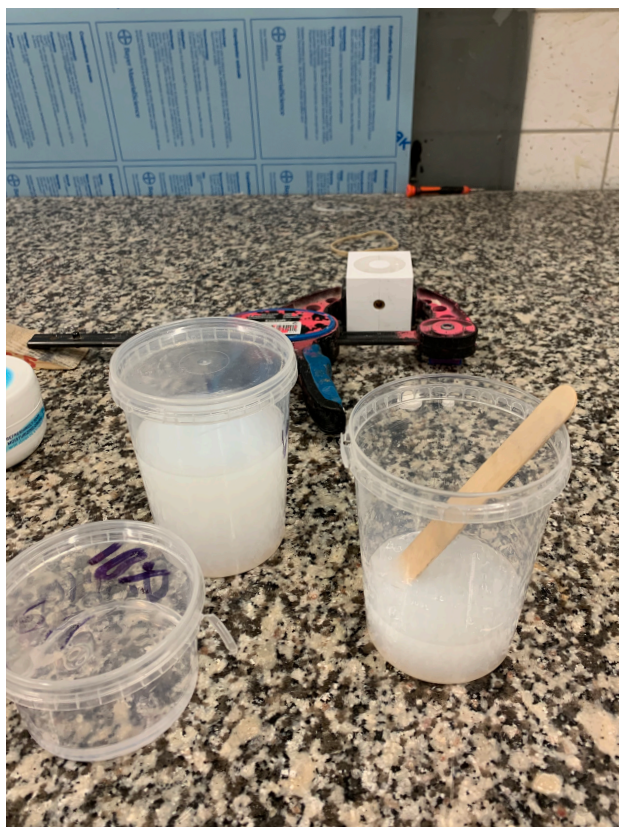
Broušení a začišťování baldachýnu

Na zbylou část konstrukce jsem použil ocelovou trubku $\varnothing 18$ mm. Použil jsem dutou kulatinu záměrně, abych mohl skrz ni protáhnout vzduchovou hadičku. Zkrátil jsem ji na požadovaný rozměr 650 mm a na její konec vyvrtal díru $\varnothing 10$ mm se středem vzdáleným 25 mm od konce. Ta slouží v dalším postupu k uchycení silikonového špuntu a Erlenmeyerovy baňky s řasami. Hotový přípravek jsem zaaretoval do svěráku a převratným otvorem protáhl trubku, kterou jsem z vnitřní strany přivařil k baldachýnu. Celou konstrukci jsem poté opískoval, abych docílil stejné povrchové úpravy.

Následovala výroba silikonového špuntu. Ten je nezbytnou součástí celého objektu a zastává několik funkcí. Z podstaty věci je primárním účelem špuntu uzavírat otvor. Tím se zabraňuje vylití média a také nadměrnému odpařování vody. Mimo jiné jsem navrhl špunt tak, že kromě již zmíněných funkcí fixuje baňku na konstrukci a díky přidanému $\varnothing 2$ mm otvoru může bez potíží odcházet pryč z baňky veškerý vzduch vháněný vzduchovým motorkem dovnitř.

Formu na odlití silikonu jsem vymodeloval ve 3D programu Rhinoceros. Skládá se ze tří dílů, aby bylo možné špunt snadno odlít. Nejvhodnější metoda na výrobu takové formy je jednoznačně technologie 3D tisku. Je to velice rychlý a přesný způsob, jak docílit požadovaného výsledku. Po vytištění formy jsem ji přebrousil jemným brusným papírem, aby zmizely viditelné vrstvy tisku. Před odléváním silikonu jsem formu ošetřil separátorem, aby šel špunt z formy co nejjednodušeji vyjmout. Na jeho výrobu jsem použil bíle zabarvený dvousložkový silikon, který jsem ředil v poměru 1:10. První odlitek neseděl dostatečně na kulatinu, tudíž jsem celý proces zopakoval s mírnými úpravami v rozměrech. Druhý špunt už odpovídal všem potřebným rozměrům.

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Příprava silikonu do formy z 3D tisku



Vzorky silikonu s prototypy špuntů v různých velikostech

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Posledním úkonem ke zhotovení celé sestavy bylo vyvrtání protilehlých otvorů do baňky. Těmi se následně prostrčí pojistka, která drží baňku se špuntem pevně na konstrukci. Pro vyvrtání děr do baňky jsem použil korunkový vykrúžovací vrták. S běžným vrtákem má sklo tendenci praskat a je v podstatě nereálné díry vyvrtat. Během vrtání dochází k velkému zahřívání materiálu, proto je nutné zejména vrtané místo po celou dobu neustále ochlazovat proudem vody. Následně jsem testoval také možnost pískování baňky. Nicméně čistá bez povrchové úpravy působí lépe. Produkce bioluminiscence řas je výraznější a detaily jako například odměrka umocňují záměr působení objektu na diváka.

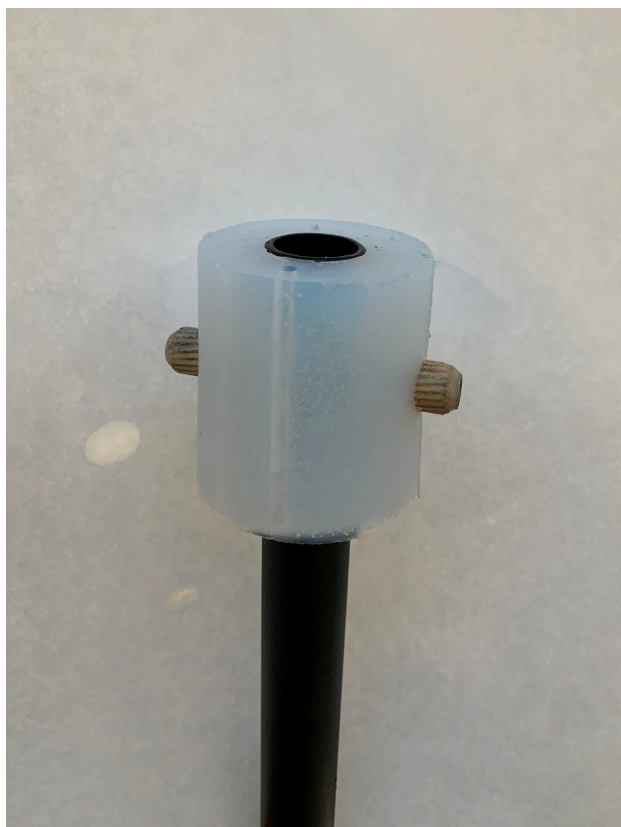


Vrtání do Erlenmeyerovy baňky

Složení všech komponentů do sebe je následně velice jednoduché. Do baňky se nalijí řasy a shora se utěsní silikonovým špuntem. Před upevněním baldachýnu se do něj vloží vzduchových motorek a hadička se protáhne skrz konstrukci. Baňka se poté nasadí na trubku a zajistí se kolíkem, který se protáhne skrz trubku, baňku i silikonový špunt. Objekt se následně nasadí na předvratné vruty a pootočením se zajistí.

Barevné schéma všech objektů pracuje se rzí jako dominantním prvkem. Svým způsobem je rez otiskem času na předmětech. Mimo jiné je přírodní a v kontextu objektů může působit více umělecky a zároveň kontroverzně. V kontrastu k ní se na vybraných dílech objevuje černá barva, která působí čistě, decentně, elegantně a nese v sobě určitý designérský pohled. Na prototypy jsou použity běžně dostupné kovy. Vzhledem k tomu, že koroze tyto materiály postupem času kompletně zničí bych využil cortenovou ocel. Je speciálně upravená tak, aby záměrně rezla pouze na svém povrchu a nikoliv do hloubky, jako je tomu u běžných ocelí a tudíž je vhodnější.

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Detail silikonového špuntu nasazeného na konstrukci



Simulace upevnění konstrukce na provizorním stropě

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

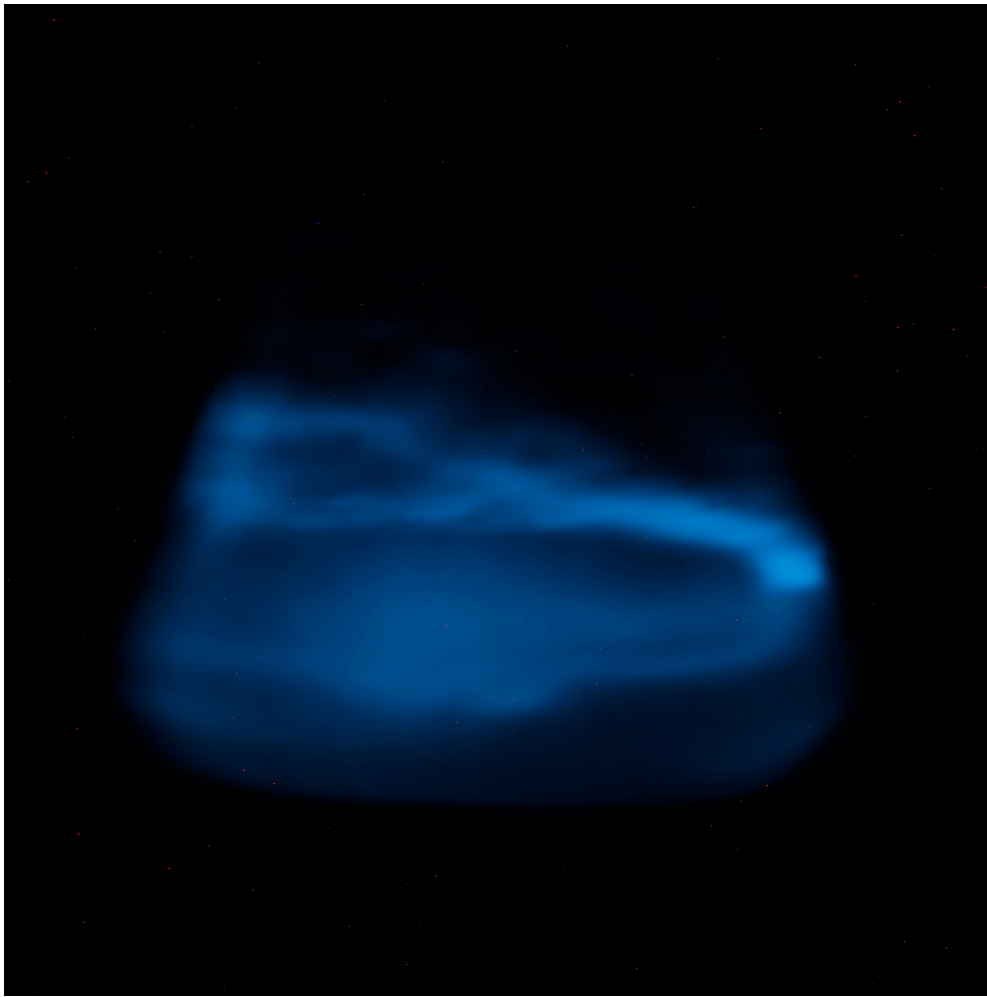


Kompletní sestavení světelného objektu

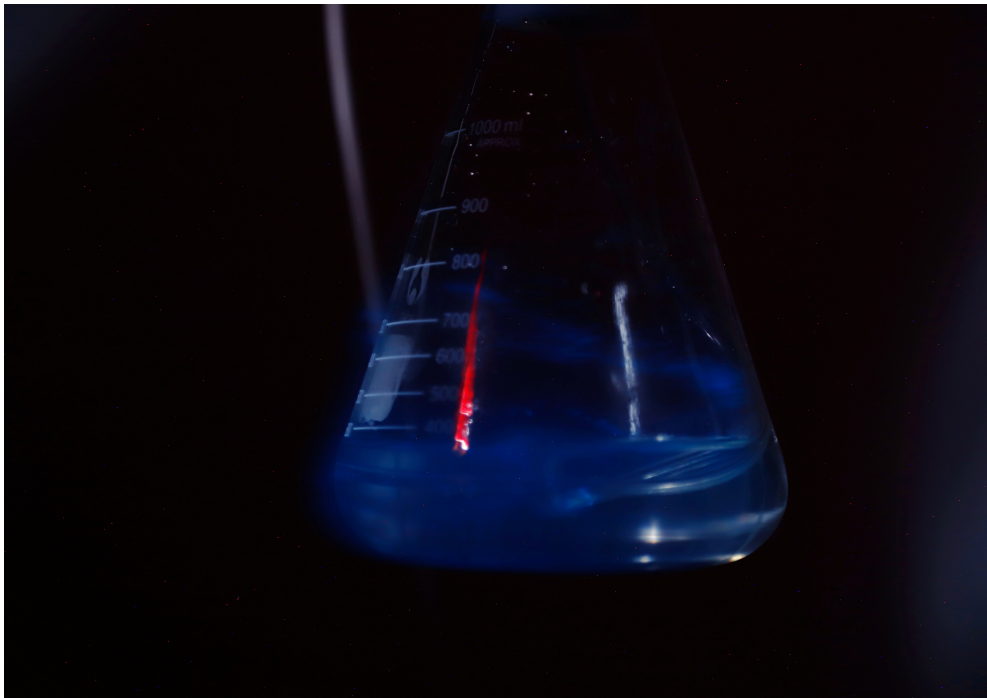


Detail nasazení Erlenmeyerovy baňky na špuntu a spojení s konstrukcí

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Testování objektu v reálných podmínkách s řasami a tlakem vzduchu



Testování objektu v reálných podmínkách s řasami a tlakem vzduchu

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Produktové fotografie



Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Objekt č.2 pracuje také s řasami. Jedná se o samostojící předmět určený na stůl či na vyvýšenou polici. Jeho podoba simuluje "vězení", ve kterém jsou řasy uzavřeny. Jejich rozpohybáním během nočního cyklu začnou svítit a vytvářet jedinečný přírodní jev zvaný bioluminiscence. Tento artefakt je interaktivní čili divák si jej může rozsvítit sám. Funguje na principu pumpy, kdy rotací kličky nasává pumpa z rezervoáru kulturu s řasami a vhání jí pod tlakem do oběhu tvořeného obdobnou hadičkou, jako je tomu u objektu č.1. Tato hadička tvoří uzavřený okruh, který vede zpět do rezervoáru. Díky tomu lze teoreticky v podstatě do nekonečna recyklovat stejnou kulturu. Prakticky to ale není možné, protože při vysokém zatížení se řasy v lepším případě vyčerpají a přestanou bioluminiscenci produkovat, v horším případě zahynou. Jde tedy také o psychologickou hru s divákem, zda je ochoten vědomě vyčerpávat kulturu pro své vlastní uspokojení.

Pro tvorbu "vězení" jsem použil industriálně vyráběnou kari síť s průměrem drátu 6 mm a roztečích podélného a příčného drátu 100 mm. Skládá se ze čtyř stejně velkých kusů o celkových rozměrech 1000 x 300 mm. Ty jsou k sobě navzájem svařené. Ve spodní části objektu se nachází plechový box o rozměrech 330 x 330 x 100 mm, který je svařený ve vnitřních rozích, aby nebyla narušena vizuální čistota boxu. V něm je ukrytá PET láhev obsahující kulturu s řasami. Ta je upevněná pod mírným úhlem tak, aby se hrdlo nacházelo v nejvyšším bodě a dno v bodě nejnižším. Díky tomu se médium vždy shromažďuje ve spodní části lahve, což eliminuje případný únik kultury z láhve při jejím větším rozvíření.



Příprava kari sítě na svařování



Naohýbaný plechový box se začištěnými svařenými rohy



Svařený vrchní díl konstrukce

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Kromě láhve se v boxu nachází také manuální pumpa, přes kterou prochází médium do oběhu a zpět. Ta je upevněna z vnitřní strany boxu a na vnější straně se nachází pouze klička. Pumpa má na své konstrukci jeden vstup a jeden výstup. Na vstup jsem umístil hadičku, která spojuje pumpu s láhví. Hadička do ní prochází skrz jeden ze dvou otvorů, které jsem vyvrtal do víčka. Z výstupu vede druhá hadička, která vede skrz díru na vrchní straně boxu a abstraktně probíhá "vězením" z kari sítě, přičemž je na několika místech upevněna ke konstrukci, aby držela svůj tvar. Následně se vrací skrz druhý otvor do boxu a je zavedena do PET láhve, kam odvádí zpět médium. Takto se při otáčení kličky cyklí médium s řasami, které ve svém nočním cyklu díky stimulaci vytvářené proudem vody produkují v hadičce bioluminiscenci.



Interiér boxu s pomocnými držáky na nádobu a pumpu

Box je záměrně situovaný přibližně 100 mm nad spodním okrajem. Je to z toho důvodu, aby se do něj zespodu alespoň v malé míře dostalo denní světlo. Díky tomu mohou řasy produkovat fotosyntézu a rozmnožovat se. Z hlediska údržby je tedy nutné v intervalech cca 14 dní obměňovat asi 10 % živin. Kromě toho je dobré vyplnit hrdlo vatou, nebo pravidelně otevírat víčko, aby došlo k obměně vzduchu v láhvi. V případě objektu č.1 tento krok není nutný. V baňce dochází k cirkulaci vzduchu automaticky díky motorku, který jej bere z okolního prostředí.

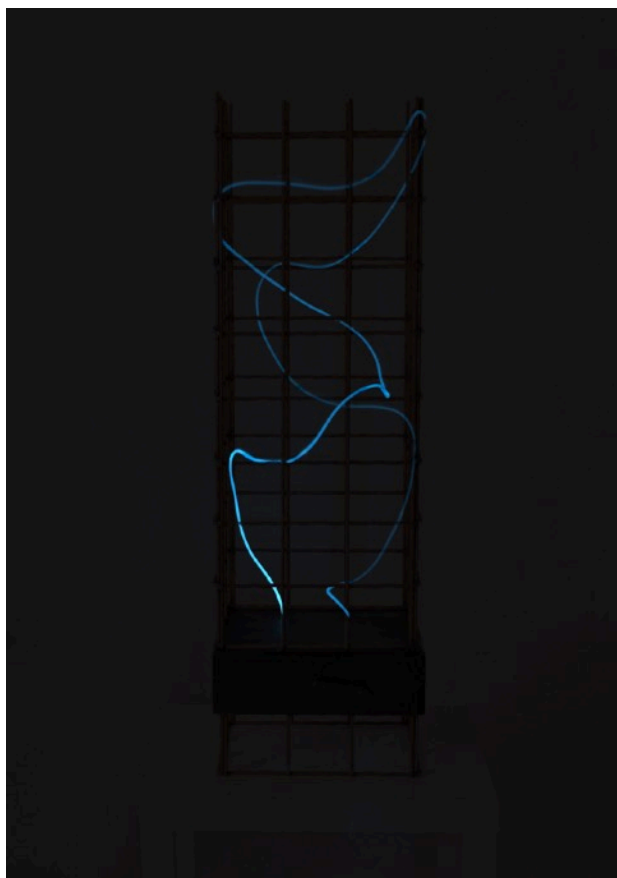


Krácení kari sítě na výrobu spodní části konstrukce objektu

Směr otáčení kličkou a tím i uvedení kultury do pohybu je úmyslně možný na obě strany, tedy jak po směru hodinových ručiček, tak proti. Pumpa funguje stejným způsobem i reverzně, tudíž není možné, aby se uživatel při jejím použití spletl. Pouze se změní směr proudění média a tím i funkce vstupu a výstupu, které mají v takovém případě obrácené role. Jediný rozdíl je v tom, že na zpětný chod je otáčení kličky nepatrně těžší. Podstatné je, že reverzní pohyb nemá vliv na funkčnost sestavy.



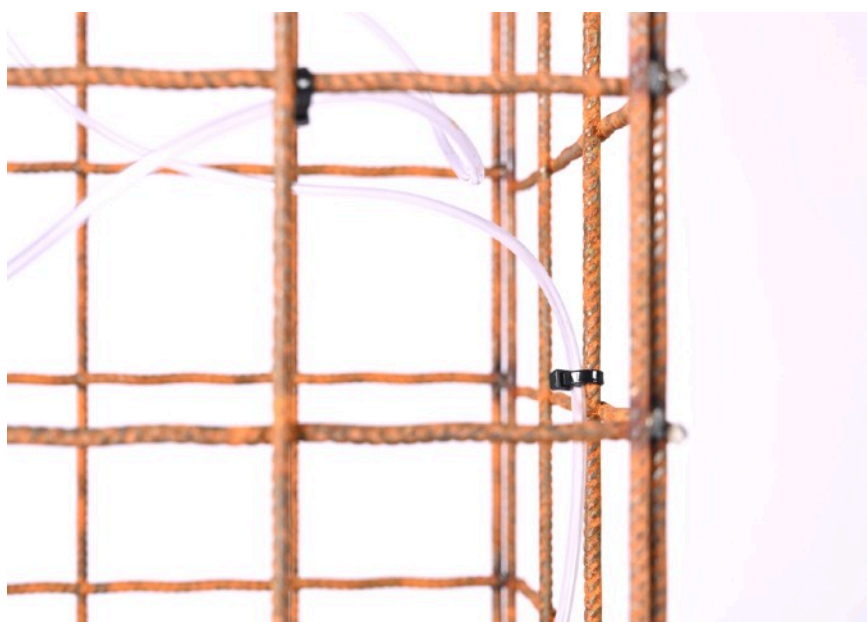
Stříkání boxu načerno



Snímek řas při jejich stimulaci v nočním cyklu

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Produktové fotografie



Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Objekt č.3 je taktéž interaktivní. Jedná se o nástěnný artefakt, který stejně jako předešlé dva předměty pracuje s řasami. Kromě toho je také odlišný principem, jakým se médium s řasami přivádí ke světélkování. V prvním případě narušuje hladinu tlak vzduchu z elektricky poháněného vzduchovacího motorku. Druhý objekt přivádí k luminiscenci pumpa poháněná manuálním otáčením kličky. Kultura je vháněná do hadičky a tím dochází k jejímu rozsvícení. Také v tomto případě se médium narušuje kinetickým pohybem, který vykonává uživatel.

Jedná se o objekt, který je částečně inspirovaný nástěnnými svítidly. Promítlo se to také do vzhledu, a to především do estetiky konstrukce, jež může evokovat podobně vzhlízející prvky. Ústřední element artefaktu je laboratorní zkumavka. Ta obsahuje kulturu s řasami, která světélkuje s jejím fyzickým třepáním. Ze všech tří případů jde o nejbanálnější princip. Výhodou ovšem je, že k němu není zapotřebí externí zařízení, na kterém by závisela funkčnost objektu.

Konstrukce se skládá z několika samostatných kusů svařených k sobě. První z nich je kolečko Ø 200 mm vypálené z plechu o síle 1,5 mm. Na jeho zadní straně se nachází přivařený držák, díky kterému se objekt upevňuje na stěnu. Ten je taktéž vyrobený z plechu a tvoří jej dva díly, které se do sebe vzájemně vsazují. Držák má v sobě dva otvory v horizontální linii, kterými se šroubuje na zeď.



Svaření držáku ke konstrukci

K výpalku je přivařená roxorová tyč \varnothing 12 mm s délkou 100 mm. Na jejím konci je vertikálně svařená s ocelovou trubkou \varnothing 33,7 mm, tloušťkou stěny 2,6 mm a délkou 12 mm. Z její vnitřní strany je nalepená textilie, která funguje jako ochranná vrstva a brání poškrábání zkumavky. Právě zkumavka naplněná kulturou s řasami se vkládá do této trubky. Konkrétně se jedná o laboratorní zkumavku s vyhnutým okrajem. Záměrně jsem upřednostnil tento model před typem s rovným okrajem. Je to z toho důvodu, že vyhnutý okraj funguje jako doraz a při vložení zkumavky do prstence se u hrdla automaticky zafixuje. Typ s rovným okrajem by propadl skrz a bylo by nutné hledat jiné řešení upevnění.

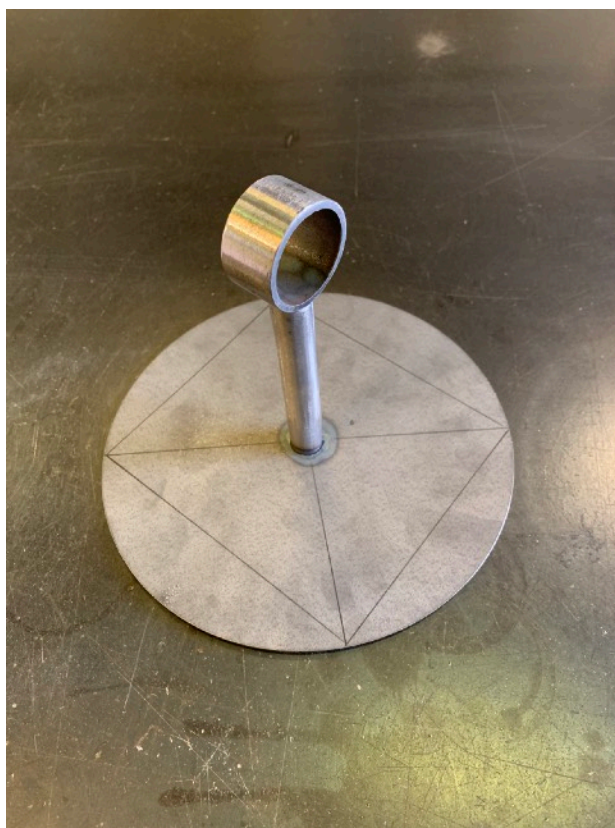


Svařování ocelové tyče s prstencem

Zkumavka je uzavřená stejně jako baňka u objektu č.1 silikonovým špuntem. Tento materiál je vhodný pro svoje elastické vlastnosti na zajištění maximální těstnosti, aby nedošlo při pohybu se zkumavkou k úniku média. Mimo jiné je i příjemný na dotyk a více evokuje svým vizuálem laboratorní předmět než kdyby byl vyrobený například z korku.



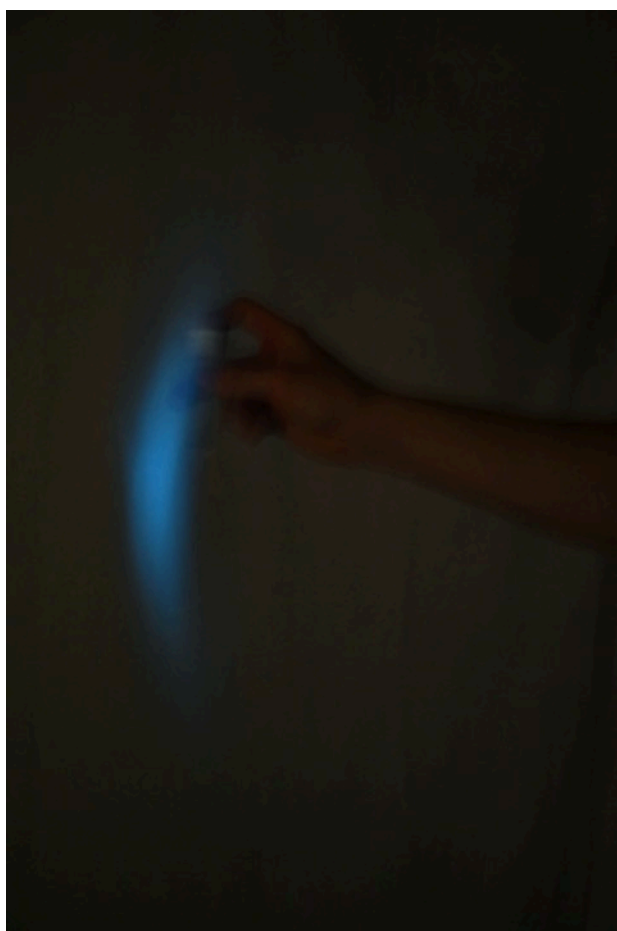
Výroba silikonového špuntu do zkumavky



Kompletace konstrukce

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Princip fungování tohoto objektu je velice jednoduchý. V prstenci konstrukce přivrtané na stěně se nachází zkumavka s kulturou řas. Pro pozorování bioluminiscence a tedy rozsvícení artefaktu musí uživatel zkumavku vytáhnout a začít s ní třepat. Tím dojde k narušení hladiny a řasy začnou světélkovat. V ideálním případě by měl uživatel uchopit zkumavku do dlaně a palcem zajistit špunt, aby nedošlo při přílišném tlaku k jeho uvolnění a vylití média. Po použití této alternativní formy lampy se opět vloží nazpět do kovového prstence, kde mohou řasy zregenerovat. Důležité je zkumavku jednou za pár dní otevřít a umožnit obměnu vzduchu a také vyměnit zhruba 10 % média a přidat nové živiny. Takto lze kulturu používat jako alternativní zdroj světla. Je ovšem nutné počítat s tím, že řasy se po několikaminutovém namáhání vyčerpají, tudíž intenzita produkce světla postupně slábne. Kromě toho je uživatel vystaven pocitu, že řasy fakticky zneužívá ke svému vlastnímu prospěchu a že s příliš intenzivní nebo dlouhotrvající stimulací může řasy vyčerpat, či dokonce zahubit. Objekt by tak měl vyvolávat určitý rozpor.



Snímek řas při jejich stimulaci v nočním cyklu

Produktové fotografie



Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Objekt č.4 je do určité míry experimentální vzhledem k použití houby rodu *Panellus*, konkrétně druhu *stipticus*. Tento typ houby jsem se rozhodl využít proto, že se běžně nachází v České republice a díky tomu zabráním možnému riziku zavlečení invazivního druhu. Komplikovanější je ovšem fakt, že u této houby nebyla pozorována produkce bioluminiscence v evropských podmínkách a z vědeckého hlediska není příčina stále známa (viz strana 15). Proto je tento objekt částečně experimentální a nezaručuje úspěšný výsledek záměru a s tím spojené funkčnosti.

Jedná se o samostojící objekt, jenž se skládá ze tří hlavních dílů, a to ocelové koule Ø 200 mm, roxorové tyče Ø 12 mm a bukového polena. Právě bukové dřevo je vhodné pro růst Pařezníku obecného. Velkou roli ovšem hraje stáří použitého dřeva. Ideální je takové, které je pořezáno maximálně jeden rok. Na počátku výroby tohoto díla jsem odřízl poleno z čerstvě spadeneho buku, který nevydržel nápor vichřice. Vybral jsem takový kus, který byl pouze mírně zakřivený se stálým průměrem okolo 120 mm. Dle doporučení zkušených pěstitelů jsem dřevo po úříznutí nechal dva týdny vysychat, aby nebylo příliš čerstvé.

Mezitím jsem obdržel naočkované dřevěné kolíky myceliem, které jsem před jejich použitím uchovával v lednici s teplotou 5 °C. Po uplynutí čtrnácti dní jsem navrtal do bukového polena rastr děr vzdálených od sebe přibližně 70 - 80 mm vrtákem Ø 8 mm do hloubky 45 mm. Před samotnou manipulací s myceliem jsem vydezinfikoval veškeré používané nářadí a pomůcky, a pravidelně jsem desinfikoval také svoje ruce, abych zamezil kontaminaci mycelia bakteriemi.



Naočkované dřevěné kolíky

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Následně jsem do připraveného kusu dřeva postupně zatloukl kladivem naočkované kolíky vždy několik milimetrů pod okraj. Dále jsem si rozehřál sýrašský vosk, který má teplotu zpracování již okolo 75 °C a používá se pro zakrytí děr, aby zamezil jejich znečištění. Tekutý vosk jsem pomocí injekční stříkačky aplikoval postupně na všechny dřevěné kolíky. Takto ošetřené poleno jsem zabalil do igelitového pytle a umístil na jeden měsíc na temné místo, abych vytvořil vhodné podmínky pro růst mycelia ve dřevě.



Navrtání rastru děr a zatlučení kolíčků

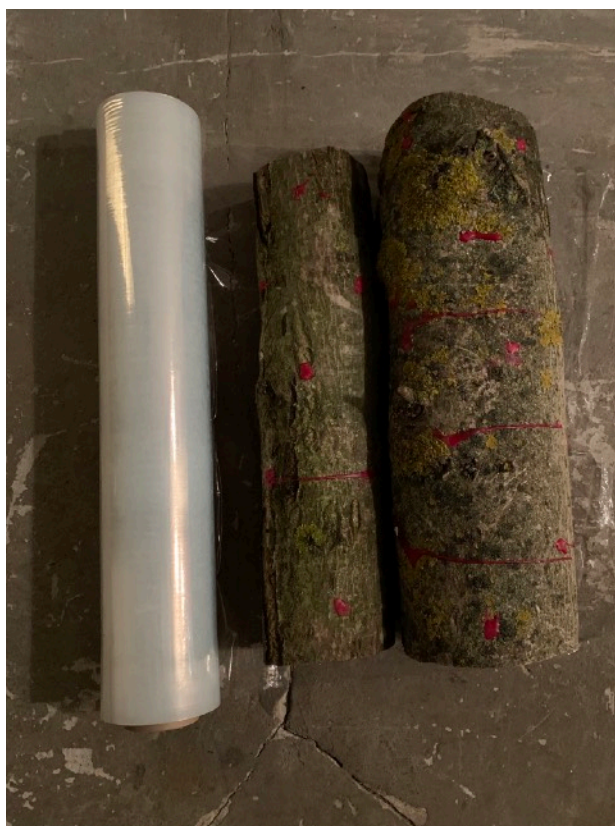


Příprava sýrašského vosku

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Detail aplikace vosku injekční stříkačkou na kolíky



Balení polen do fólií

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Uskladnění ve vlhkém a temném prostředí

Plodnice hub začnou růst buď přirozeně, nebo se toho dá docílit změnou prostředí, ve kterém se pěstují. V přírodě tomu bývá příchodem chladnějšího počasí či deštivým obdobím. Abych urychlil počátek růstu plodnic, ponořil jsem poleno na 24 hodin do studené vody. Tímto způsobem jsem v podstatě nasimuloval přírodní podmínky a donutil tak houby k růstu.

Ocelová koule slouží jako podstava objektu a svým geometrickým tvarem stylizuje kořenový bal, který slouží jako základna stromu. Má průměr 200 mm a tloušťku stěny 2 mm. Ve spodní části je koule seříznuta a je na ní přivařené plechové dno, které zajišťuje stabilitu koule.



Nalévání betonu do ocelové koule

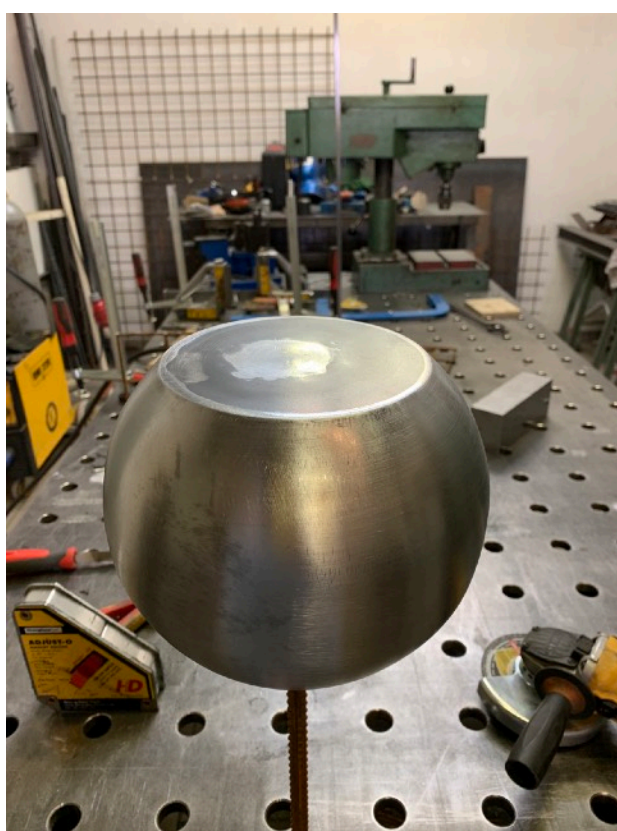


Zasazení roxorové tyče do koule

Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Seříznutí spodní části koule



Naváření a začištění plechu na podstavě

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

Produktové fotografie



Zdroj obrázků: osobní archiv autora

6. TECHNOLOGICKÁ SPECIFIKA

Ve své práci jsem použil kulturu řas *Pyrocystis lunula*. Emitovaná bioluminiscence se projevuje hlavně v modrozelené části spektra viditelného světla mezi 450 až 490nm.⁴⁴

Konstrukční rezavé prvky jsou u prototypů vyrobené z běžné oceli. V případě výroby sériových kusů je jako materiál pro rezavé díly zamýšlený Corten. Jedná se o povětrnostně odolnou ocel bez nutnosti použití nátěrových hmot. Naopak při vystavení cortenu vnějším vlivům získává jeho povrch stálou rezavou patinu. Díky chemickému složení této specifické oceli má slitina zvýšenou odolnost vůči atmosférické korozi. Laicky řečeno není třeba povrch oceli jakkoliv ošetřovat bez dopadu na jeho vlastnosti. U obyčejné oceli rez oslabuje materiál a časem dochází k jeho destrukci, což není případ cortenu.

Na tvorbu objektu č.4 jsem použil mycelium houby *Panellus stipticus*. "Pařezník obecný má klobouk o průměru 1–4 cm, ledvinovitý tvar, je plochý nebo mírně vtlačený s podvinutým okrajem, v dospělosti je okraj zvlňžený nebo laločnatý. Povrch je jemně plstnatý, za vlhka lepkavý, ve stáří zvrásněný. Má žlutohnědou barvu, za sucha světlejší. Lupeny jsou husté, tenké, pružné, od třeně ostře ohraničené, slabě příčně pospojované. Mají krémovou až skořicově hnědou barvu se světlejším ostřím, za sucha hnědou. Postranní třeň je 0,5–2 cm dlouhý, kuželovitý, okrově žlutý, zpočátku hladký, později zrnitě šupinkatý. Dužnina je měkká, kožovitá, světle okrové barvy. Má slabou ovocnou vůni a hořkou chuť. Suché plodnice jsou zkroucené a křehké, po navlhčení ožívají. Výtrusný prach je bělavý, výtrusy elipsoidní, hladké, 3,5 × 1,3 μm velké."⁴⁵

Mycelium je nutné před použitím uchovávat v chladu a ve sterilním prostředí, jinak může dojít k jeho kontaminaci. Při aplikaci obohacených kolíků je nutné povrch dřeva uzavřít sýrašským voskem, aby se zamezilo případnému napadení mycelia bakteriemi. Vosk se před aplikací rozehřívá na teplotu cca 70 °C a následně se aplikuje injekční stříkačkou.

⁴⁴ HERRING, P.J. The Spectral Characteristics of Luminous Marine Organisms. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 1983, (220), 183–217. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1098/rspb.1983.0095>

⁴⁵ SVOBODOVÁ, Věra. PANELLUS STIPTICUS (Bull.) P. Karst. – pařezník obecný / přovka obyčejná [online]. 2008 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/panellus-stipticus/>

7. POPIS DÍLA

Série čtyř objektů na téma symbióza se zabývá problematikou jednoho z šesti druhů symbiózy, a sice parazitismu. Jednotlivá díla reflektují lidské chování vůči přírodě. Je zde snaha o práci s psychikou diváka. Záměr vystavit jej pozorování přírodních elementů ve více rovinách má za cíl donutit k přemýšlení nad důsledky lidského chování k přírodě.

Všechna díla pracují se světlem a to konkrétně s bioluminiscencí, jako jedním z nejvíce fascinujících přírodních fenoménů na Zemi. Navržení objektů pracujících s tímto jevem umožňuje vystavit diváka dvěma naprosto odlišným vizuálním prožitkům. Díky biologickým hodinám u používaných organismů je možné bioluminiscenci pozorovat pouze v noci. Naopak za denního světla tento jev není možné spatřit. Ve tmě je divák vystaven objektům, aniž by viděl jejich konkrétní kontury či použité materiály. Nicméně velmi dobře může pozorovat světélkující řasy a vnímat jejich krásu. V denním světle se situace obrací a divák je konfrontován s velmi ostrými a drsnými objekty vyrobenými z industriálních materiálů s prvky konzumních předmětů, věznicími tyto přírodní organismy. Kultury plné života vypadají jako obyčejná voda a zdá se, jakoby řasy v těchto konstrukcích nevyhnutelně strádaly. Použití laboratorního skla ve formě baněk či zkumavek má pouze umocnit dojem ze zacházení s přírodou jako s testovacím subjektem.

Objekt č.1 svojí vizuální estetikou připomíná stropní svítidlo. Jeho konstrukci tvoří plechový baldachýn ve tvaru válce. Na jeho povrchu je vyvrtán rastr děr, který umožňuje snadný přístup vzduchu do vnitřního prostoru baldachýnu. Na něm se nachází přivařená trubka s vyvrtaným otvorem ve spodní části, který slouží k fixaci baňky na konstrukci. Dalším komponentem je silikonový špunt se dvěma otvory vertikálním směrem a jedním otvorem horizontálním. Nejširší otvor slouží k nasazení na trubku a jeho sousední má za úkol odvádět vzduch z baňky. Horizontální otvor propojuje trubku, špunt a následně i baňku. Špunt utěsňuje naplněnou baňku kulturou řas, která je nasazená na trubce. Z baňky prochází skrz konstrukci až do baldachýnu hadička. Ta je připojena na vzduchovací motorek, který vhání do média pod tlakem vzduch. Tím stimuluje v nočním cyklu řasy, které začnou světélkovat. Baňka se špuntem se fixují na konstrukci pomocí kolíku. Vkládá se do sousedících děr ve všech třech dílech a tím jistí prvky na svém místě.

Malé vězení připomínající objekt č.2 tvoří dva hlavní komponenty. První z nich je kari síť s drátem Ø 6 mm. Ta je svařená do tvaru kvádra o rozměrech 300 x 300 x 800 mm. Druhým dílem je box vyrobený z oceli s tloušťkou 2 mm a rozměry 330 x 330 X 100 mm. Oba kusy jsou k sobě svařené. V boxu jsou dále vyvrtané tři otvory. Dva slouží jako vstup a výstup pro vzduchovou hadičku a třetím prochází klička manuální pumpy. V interiéru boxu jsou přivařené plechové držáky, do kterých je vsazena plochá nádoba s kulturou řas. V jejím víčku jsou vyvrtány dvě díry na hadičku. Stejným způsobem jsou přivařené také úchyty na pumpu. Hadička vstupu spojuje nádobu s pumpou. Z ní následně vystupuje do oběhu a probíhá abstraktním tvarem v kleci z kari sítě. Dále se vrací otvorem v boxu zpět do nádoby. Takto vzniká uzavřený okruh. Při otáčení kličky v nočním cyklu řas začne médium světélkovat.

Objekt č.3 pracuje s laboratorním sklem jako hlavním prvkem. V tomto případě se jedná konkrétně o zkumavku s vyhnutým okrajem. Konstrukci tvoří plechový kruh a v jeho středu je přivařená ocelová tyč. Na jejím konci je horizontálně svařený ocelový prstenec, do kterého se vkládá zkumavka s kultivátem uzavřená silikonovým špuntem. Konstrukce je upevněna na stěně, konkrétně usazená na ocelových háčcích. Jeden se nachází přivařený na zadní stěně ocelového kruhu a druhý je přivrtaný ke stěně. Ke světélkování média dochází opět v nočním cyklu řas. Stimulace probíhá fyzickým třepáním se zkumavkou po jejím vyjmutí z konstrukce. Poté se vrátí zpět do prstence, kde kultura může zregenerovat.

Č.4 se skládá ze tří hlavních dílů, a to ocelové koule, roxorové tyče a bukového polena. Koule slouží jako podstava, na které celý objekt stojí. Z ní vychází tyč, na které je nasazené vertikálně poleno. Spodní část koule je seříznutá a je na ní přivařený plech. Díky němu je koule stabilní. V jejím vnitřku je nalitý beton, který ještě více napomáhá stabilitě. Jedná se o samostojící objekt, který svým geometrickým vzhledem určitým způsobem stylizuje skladbu stromu. Dřevo zde slouží kromě vizuální stránky přírodního prvku zejména jako zdroj živin pro houby, které se po jeho osídlení vyživují a postupně jej rozkládají. Poleno je na konstrukci schováno do průhledného igelitového pytle z potravinového řetězce. Ten upozorňuje svojí vizuální estetikou na sevření přírody a její zaplavení konzumními výrobky člověka. Kromě toho má také funkční opodstatnění. Igelitový pytlík vytváří vlhké prostředí, které simuluje vhodné podmínky pro růst Pařezníku. V ideálních podmínkách by měly vyrostlé houby během nočního cyklu sami začít vyzařovat bioluminiscenci, se kterou pracují i objekty předchozí.

8. PŘÍNOS PRÁCE PRO DANÝ OBOR

Za přínosné aspekty mé práce považuji koncepční uchopení tématu symbióza a jeho přenesení do fyzických objektů balancujících na pomezí umění a designu, které upozorňují na konkrétní problematiku poměrně ostrým způsobem. Kromě toho považuji za přínosné zejména sdělení objektů. Svým vzhledem jsou poměrně kontroverzní, a proto mohou vzbuzovat emoce ve velmi širokém spektru a to jak pozitivní, tak samozřejmě i negativní. Právě to je ale účelem celé práce. Vyvolat diskuzi a určitý zájem o problematiku koexistence je jedním z hlavních cílů díla.

Ačkoliv různé světelné produkty na bázi bioluminiscence již existují, nesetkal jsem se ještě s jejich uchopením stejným směrem. Vždy jsou spíše opakem, tedy nabízí bioluminiscenci jako určitou alternativu a zamýšlí se nad možnostmi využití tohoto zdroje. Tato práce je v podstatě postavená na takových projektech a snaží se svým osobitým způsobem upozornit na etiku v rámci designu podobných předmětů. Nemusí jít však nutně o bioluminiscenci, nýbrž jakékoliv přírodní zdroje a jejich využití. Jiné organismy jsou využívány člověkem na denní bázi. V mé práci jsem zvolil konkrétně bioluminiscenci jako záhadný a málo prozkoumaný jev, který má však na pozorovatele velký vliv, jako něco výjimečného a krásného.

Instalace jednotlivých prvků do celku vytváří psychologické podněty směřující k negativnímu vnímání designu ve spojení živé a neživé hmoty. Industriální kov, který díky času a vlivu vnějšího prostředí rezaví a časem se rozloží evokuje sebedestrukci. Záměrně zvolené barvy v konceptu podtrhují důležitost sdělení. Mohou tyto entity existovat vedle sebe? Jaký vliv na ně bude mít vzájemné propojení? Zůstanou ve své původní podobě, nebo je doba nebo my natolik změníme, až úplně zmizí?

Člověk by si měl uvědomovat a zamýšlet se nad následky své tvorby. V dnešním světě jako designéři tvoříme pro konzumní společnost. Často však zapomínáme na dopady naší práce a dosah, který designér může ve své profesi mít. Na to jsou navázané následky, které potom taková práce má. Proto by tato práce měla v rámci oboru fungovat jako prvek, který nepřímo nabádá k určité sebereflexi.

9. SILNÉ STRÁNKY

U série objektů považuji za jeden ze silných prvků obsah, s kterým je divák poměrně intenzivně konfrontován. Kromě toho je možné spatřit jednotlivé předměty ve více rovinách. Člověk je může vnímat jako fascinující objekty za minimálních světelných podmínek, naopak až odpudivě mohou působit za denního světla. Je možné na ně nahlížet jako na interaktivní předměty, sochu nebo interiérové doplňky. Vždy záleží na vnímání individua a jeho náhled na artefakty. Silný vizuální vjem je rozhodně pozitivem a dobrým základem, aby na sebe objekty strhávaly pozornost.

Veškeré objekty jsou i přes práci s citlivými organismy v zásadě velice jednoduché, a to jak z hlediska konstrukce, tak z hlediska údržby. Právě díky snadné konstrukci je možné objekty multiplikovat, tudíž je zde prostor pro výrobu v rámci série. Produkty pracují s dosud ne zcela probádaným jevem bioluminiscence, která má teoreticky možnost využití jako nová technologie v rámci osvětlení. Na objekty je tedy možné do určité míry nahlížet jako na alternativní a nové možnosti zdroje osvětlení. Například u č.3 je možné zkumavku vyjmout a při stálé stimulaci ji běžně využívat jako omezený zdroj světla. Je však nutné uvažovat o vzájemném vztahu a existenci člověka s organismy tak, aby nebyl vztah vědomě postavený na parazitickém přístupu. Pak je možné uvažovat o této technologii jako aplikovatelné. Při bližším zkoumání a porozumění by mělo být možné najít vhodné řešení a uplatnitelnost tohoto fenoménu v budoucnosti.

10. SLABÉ STRÁNKY

Objekty se mohou zdát jako méně propracované z designového hlediska a spíše umělecké. S tím však již od počátku pracuji a v určitých detailech jsou prvky záměrně surové či vizuálně nedotažené. Veškeré detaily, technické elementy a konečně i konstrukce jsou však řešené s ohledem na funkčnost, sdělení informace a v neposlední řadě také estetiku. Vizuálně tak mohou objekty působit kontroverzně a vyvolávat naprosto rozdílné emoce. Toto je však záměr projektu a vyvolání diskuze či projev negativních pocitů je součástí intence.

Jako slabší se může jevit nedostatečné množství emitovaného světla řasami, či houbami. Tyto objekty však nemají za cíl nahradit běžné zdroje světla. Pouze s ním pracují a vytváří vizuálně silný prožitek divákovi, který je umožněný pouze v určitém denním čase.

Nakonec samotná možnost sériové výroby související s omezenou intenzitou emitovaného světla se může zdát jako bezpředmětná. Tyto objekty jsou již od začátku navrhovány s cílem velmi omezené série v rámci jednotek kusů. Počítá se s nimi jako s dekorativními objekty doplňující interiéry, tudíž omezená výroba na sérii několika kusů má za cíl vnímat objekty jako unikátní.

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

a) KNIŽNÍ A PERIODICKÁ LITERATURA

1. SPECTOR, David L. *Dinoflagellates*. Academic Press, 2012. ISBN 978-0123959089.
2. SOLI, Giorgio. Bioluminescent cycle of photosynthetic dinoflagellates. *Limnology and Oceanography*. 1966, (11), 355–363. Dostupné z: doi:10.4319/lo.1966.11.3.0335
3. SELIGER, H.H. a W.D. MCELROY. Studies at Oyster Bay, Jamaica, West Indies: I. Intensity patterns of bioluminescence in a natural environment. *Journal of Marine Research*. Baltimore, Maryland, 1968, (26), 244–255. Dostupné také z: <https://images.peabody.yale.edu/publications/jmr/jmr26-03-05.pdf>
4. BARATI, Bahareh, Elvin KARANA, Sylvia PONT a Tim van DORTMONT. LIVING LIGHT INTERFACES –AN EXPLORATION OF BIOLUMINESCENCE AESTHETICS [online]. 28 June 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: doi:<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3461778.3462038>
5. SWIFT, Elijah a Durbin EDWARD G. Similarities in the asexual reproduction of the oceanic dinoflagellates *Pyrocystis fusiformis*, *Pyrocystis lunula*, and *Pyrocystis noctiluca*. *Journal of Phycology*. June 1971, 1971(7), 89–96. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1971.tb01486.x>
6. HERRING, P.J. The Spectral Characteristics of Luminous Marine Organisms. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 1983, (220), 183–217. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1098/rspb.1983.0095>
7. SOCHOR, Michal a Zuzana EGERTOVOÁ. Bioluminescence hub – odvěký a stále záhadný fenomén. *Časopis ŽIVA*. Nakladatelství Academia, 2015(6), 282–284. ISSN 0044-4812. [cit. 2022-03-04].
8. DESJARDIN, D. E., A. G. OLIVEIRA a C. V. STEVANI. Fungi bioluminescence revisited. *Photochemical & Photobiological sciences*. 2008, 2008(2), 170–182. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1039/B713328F>
9. STEVANI, C. V., A. G. OLIVEIRA, L. F. MENDES, F. F. VENTURA, H. E. WALDENMAIER, R. P. CARVALHO a T. A. PEREIRA. Current status of research on fungal bioluminescence: Biochemistry and prospects for ecotoxicological application. *Photochemistry and Photobiology*. 2013, 2013(89), 1318–1326. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1111/php.12135>
10. BONDAR, V. S., O. SHIMOMURA a J. I. GITELSON. Luminiscence of higher mushrooms. *Journal of Siberian*

University: Biology. 2012, 2012(4), 331–351. Dostupné z: doi:10.17516/1997-1389-0127

11. SVINSKI, J. M. Arthropods attracted to luminous fungi. *Psyche: A JOURNAL OF ENTOMOLOGY*. 1981, 1981(88), 383–390. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1155/1981/79890>

b) INTERNETOVÉ ZDROJE

1. University Ranking Worldwide, Scholarship, Study Guides, Courses & Events | Top Universities [online]. 2021 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/art-design>
2. Symbiosis Definition & Meaning - Merriam-Webster [online]. Dostupné z: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/symbiosis>
3. Jaký je rozdíl mezi udržitelností a ekologií [online]. [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.noother.cz/blog/udrzitelnost-vs-ekologie/>
4. Mutualism - Definition and Examples - Biology Online Dictionary [online]. Dostupné z: <https://www.biologyonline.com/dictionary/mutualism>
5. Definice symbióz. Přírodovědecká fakulta MUNI [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: https://www.sci.muni.cz/~mykorri/html/definice_symbiozy.htm
6. Symbióza – Wikipedie. Wikipedie [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Symbióza>
7. Bioluminescence | National Geographic Society. Home - National Geographic Society [online]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/bioluminescence/>
8. MCDUGALL, Steven H.D. HADDOCK a C.M. CASE. Growing dinoflagellates at home. The Bioluminescence Web Page [online]. University of California at Santa, 2011. Dostupné z: <https://biolum.eemb.ucsb.edu/organism/dinohome.html>
9. FOFLONKER, Fatima a John COWAN. Pyrocystis fusiformis. MicrobeWiki [online]. Kenyon College. Dostupné z: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Pyrocystis_fusiformis
10. BioGlow Bioluminescence: Webstore for bioluminescent algae [online]. Dostupné z: <https://bioglow.eu/shop/en/content/11-faq>
11. SVOBODOVÁ, Věra. PANELLUS STIPTICUS (Bull.) P. Karst. – pařezník obecný / pňovka obyčejná [online]. 2008 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/panellus-stipticus/>

12. RESUMÉ

A series of four objects on the topic of symbiosis which deals with the issue of one of the six types of symbiosis, namely parasitism. Individual works reflect human behavior towards nature. There is an effort to work with the psyche of the viewer. The intention is to expose him to the observation of natural elements on several levels, thereby aiming to make him think about the consequences of human behavior on nature.

All works work with light, specifically bioluminescence, as one of the most fascinating natural phenomena on Earth. The design of objects working with this phenomenon allows the viewer to be exposed to two completely different visual experiences. Thanks to the biological clock in the organisms used, bioluminescence can only be observed at night. On the contrary, it is not possible to see this phenomenon in daylight. In the dark, the viewer is exposed to objects without seeing their specific contours or materials used. However, he can very well observe the glowing lashes and perceive their beauty. In daylight, the situation turns and the viewer is confronted with very sharp and rough objects made of industrial materials with elements of consumer objects, imprisoning these natural organisms. Cultures full of life look like ordinary water, and algae seem to inevitably suffer from these structures. The use of laboratory glassware in the form of flasks or test tubes is only intended to enhance the impression of treating nature as a test subject.

13. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Rešerše
Příloha č. 2	Inspirace
Příloha č. 3	Vývojové a návrhové skici
Příloha č. 4	Vizualizace objektů
Příloha č. 5	Rozměrová schémata

Příloha č. 1 – rešerše



Cocoon by Connect the Dots Studio⁴⁶



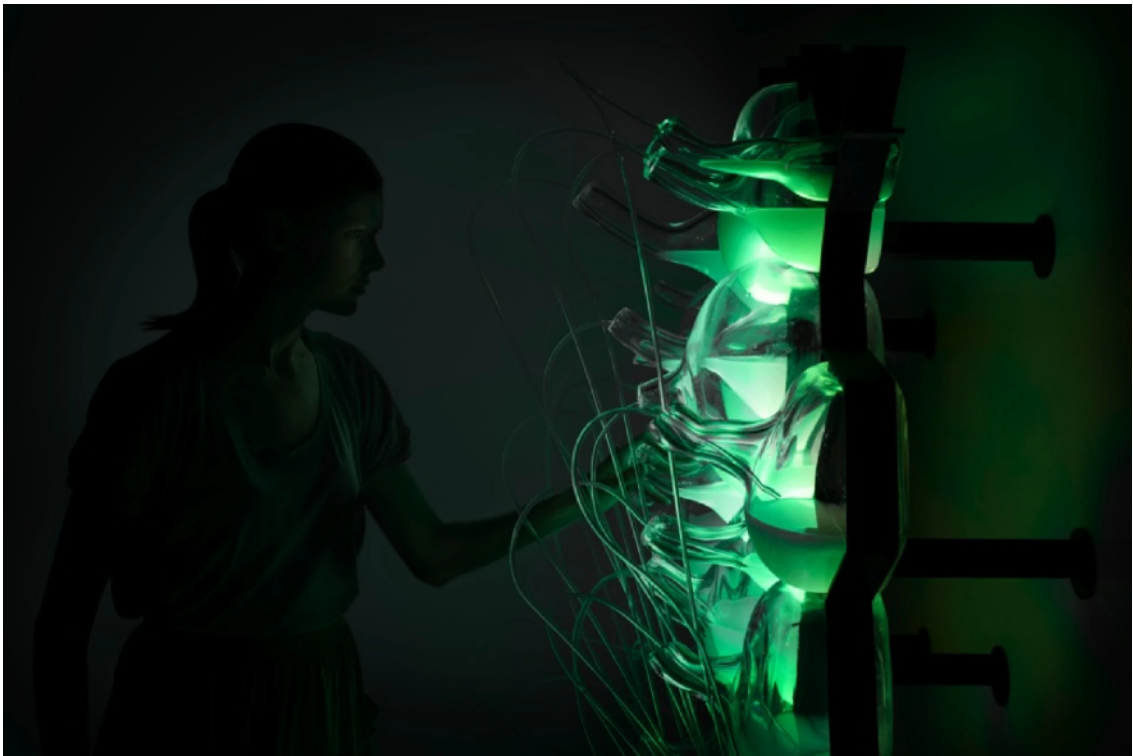
Glowing Nature by Studio Roosegaarde⁴⁷

⁴⁶ <http://futurecitiesdesignlab.com/#/bioluminescent-lighting/>

⁴⁷ <https://www.studioroosegaarde.net/project/glowing-nature>



Bioluminescent Bacteria: A Simulation by Alberto Pasetti⁴⁸

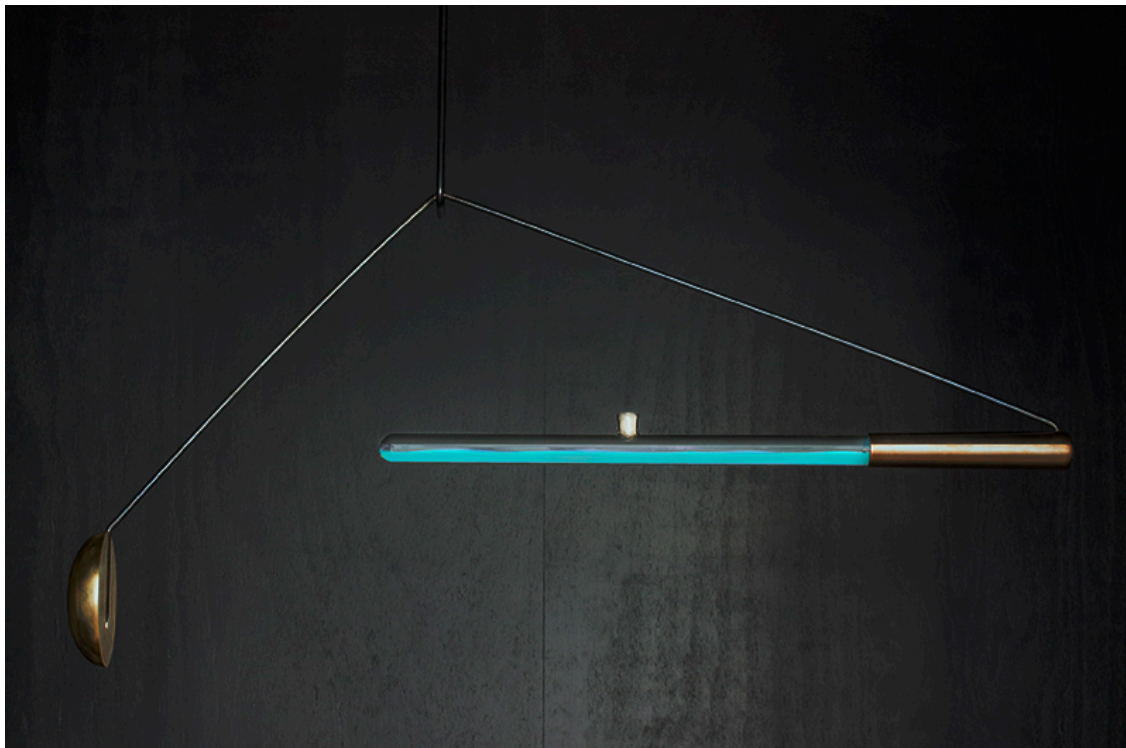


Bio-light by Philips⁴⁹

⁴⁸ <http://www.theshitmuseum.org/the-museum/bioluminescent-bacteria-a-simulation/>

⁴⁹ <https://newatlas.com/philips-bio-light-concept-taps-bioluminescence-for-home-use/20632/>

Příloha č. 2 - inspirace



Ambio by Theresa van Dongen⁵⁰

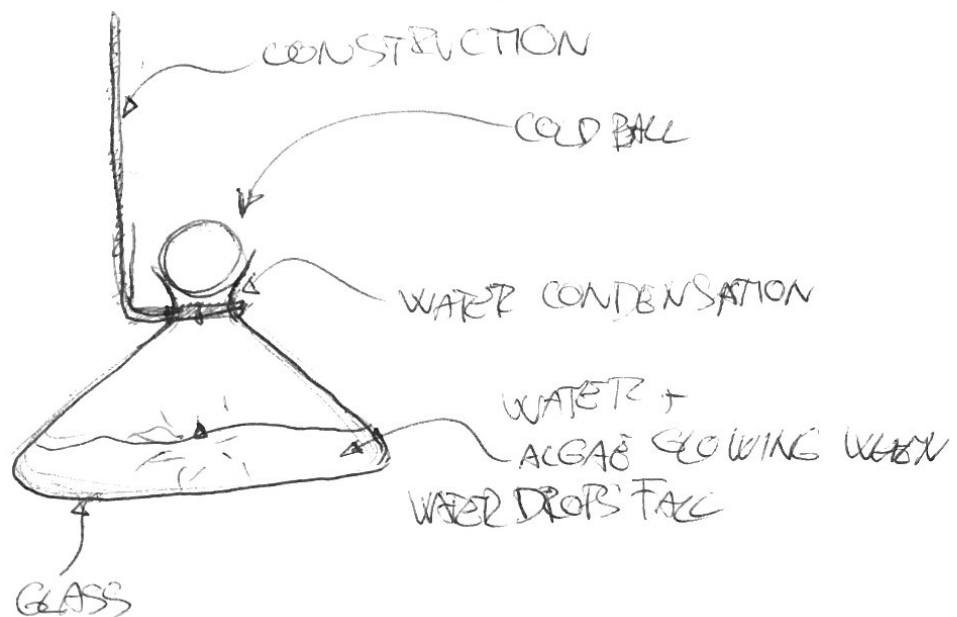
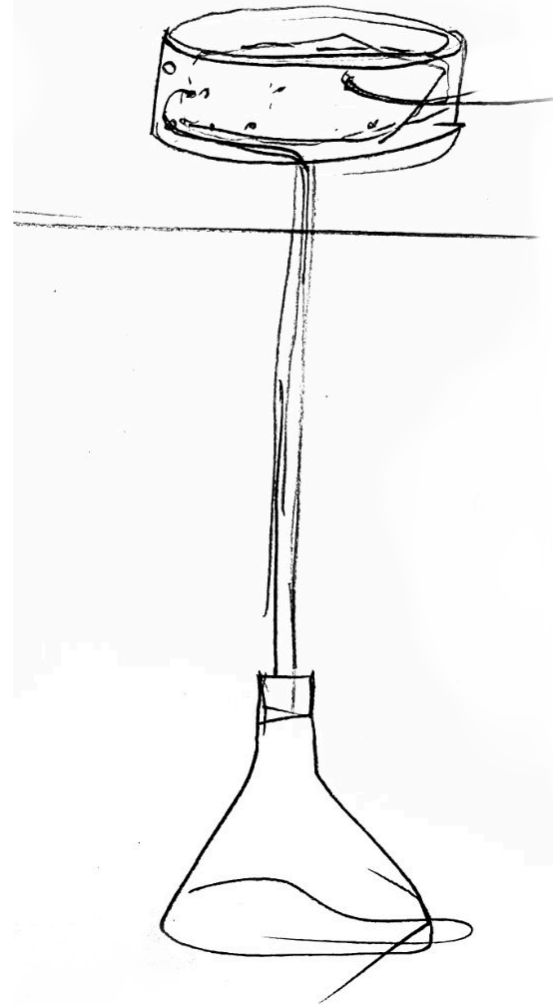
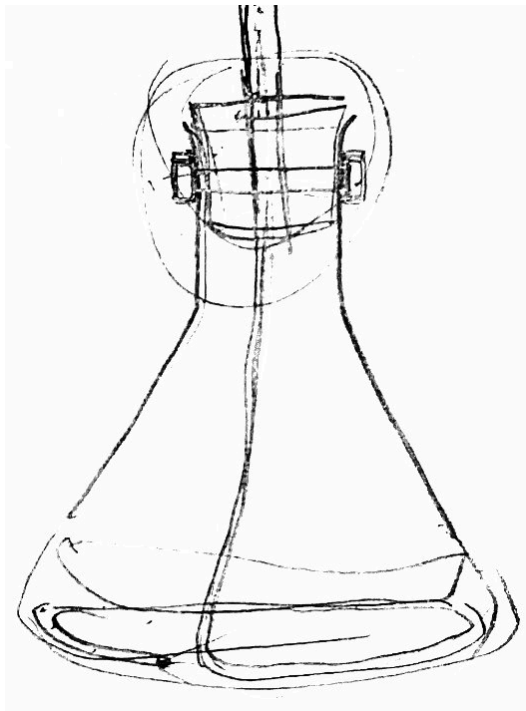


Living Things by Jacob Douenias, Ethan Frier and Lena Tesone⁵¹

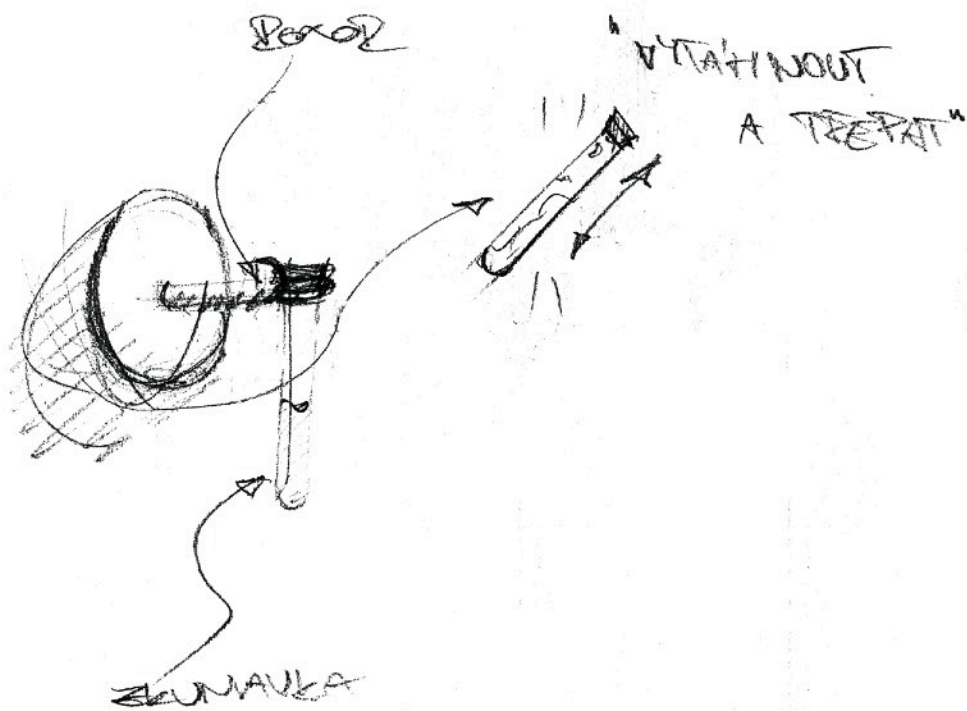
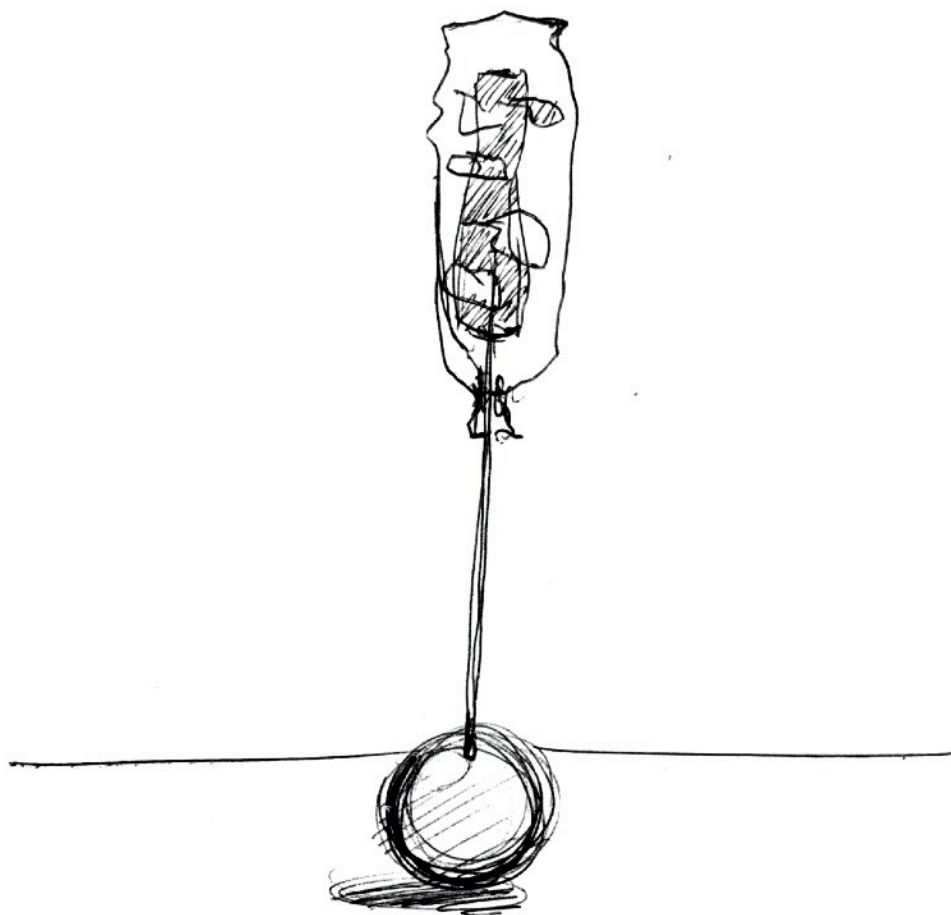
⁵⁰ <http://www.teresavandongen.com/Ambio>

⁵¹ <http://www.ethanfrier.com/living-things>

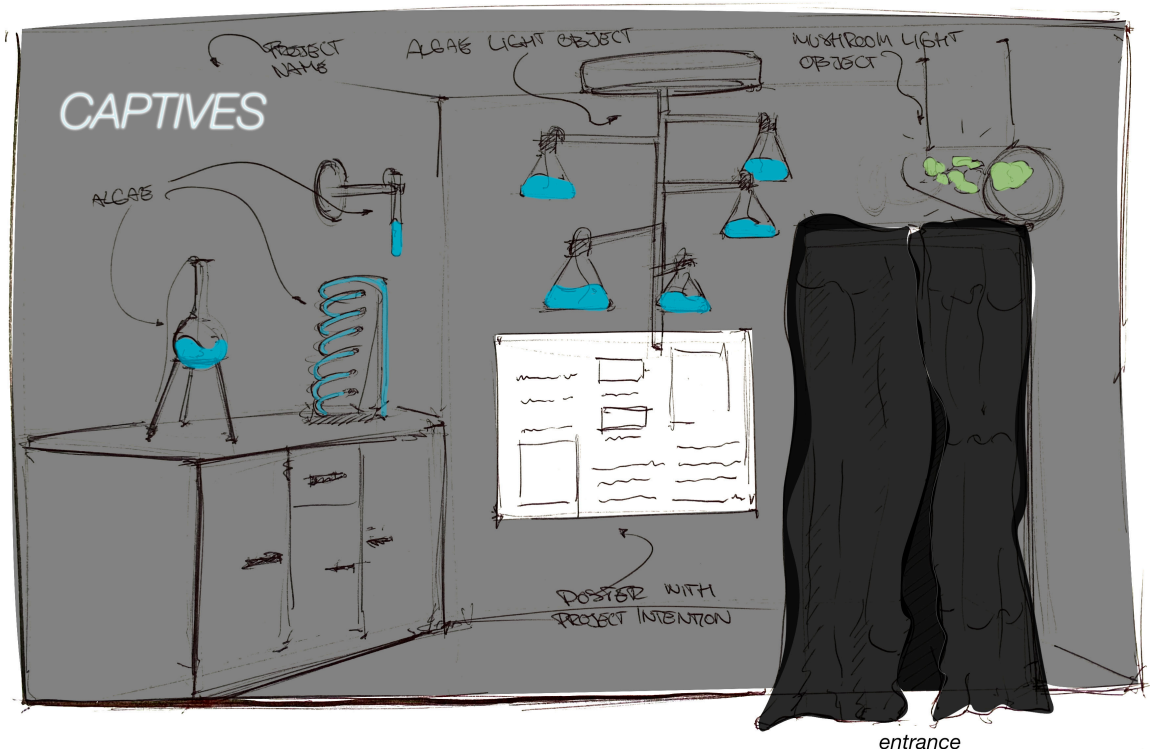
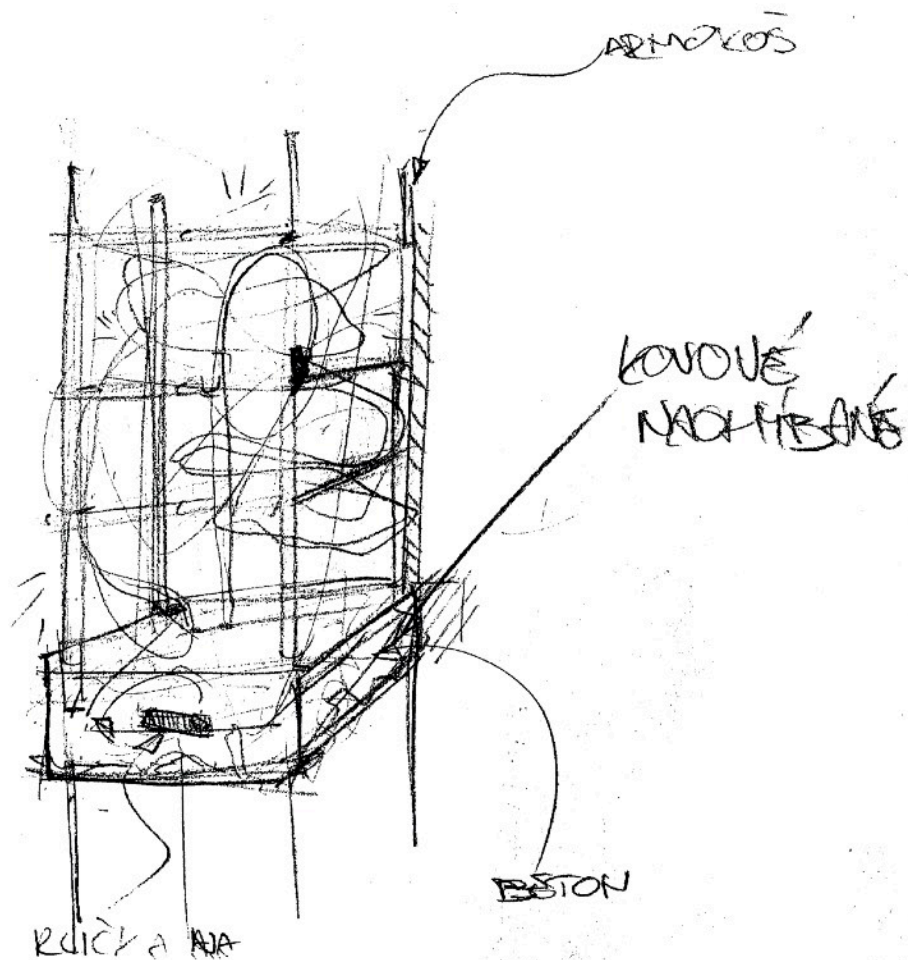
Příloha č. 3 - vývojové a návrhové skici



Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Návrh instalace

Zdroj obrázků: osobní archiv autora

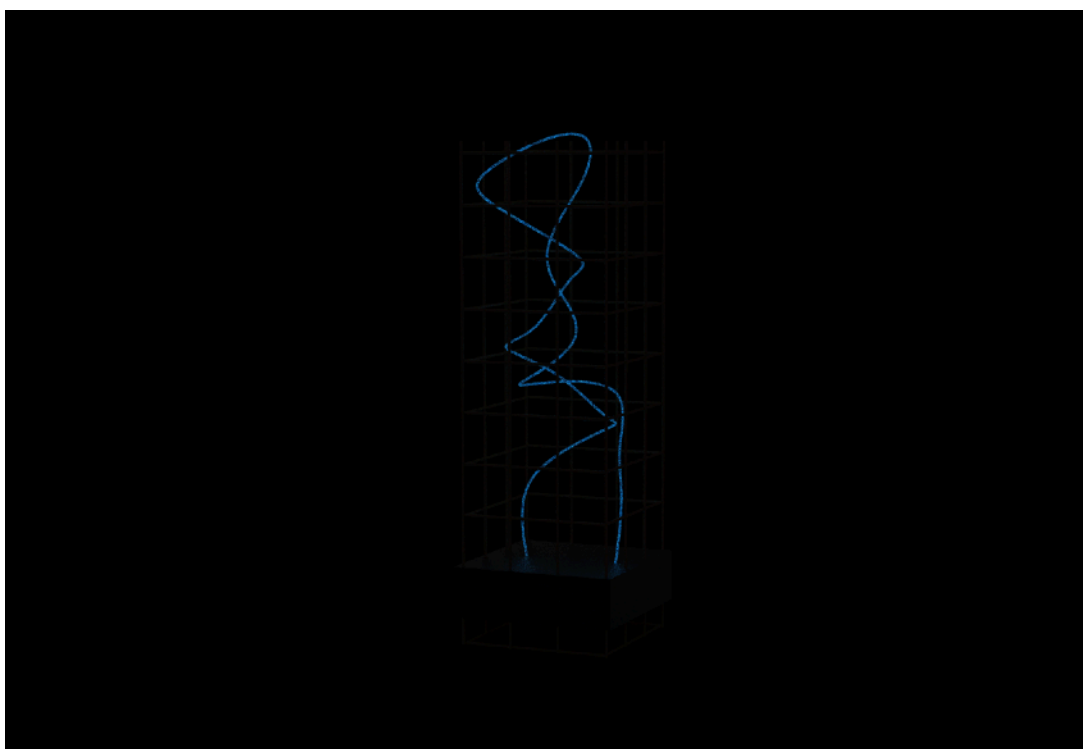
Příloha č. 4 - vizualizace objektů



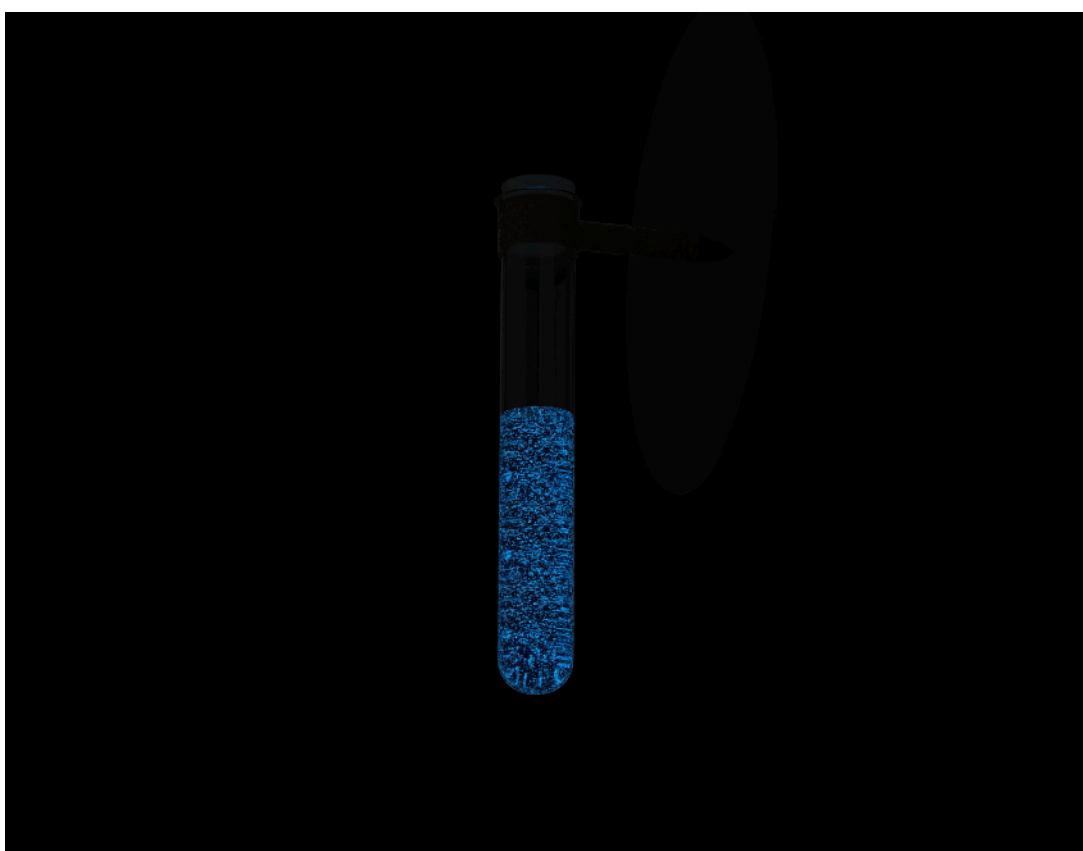
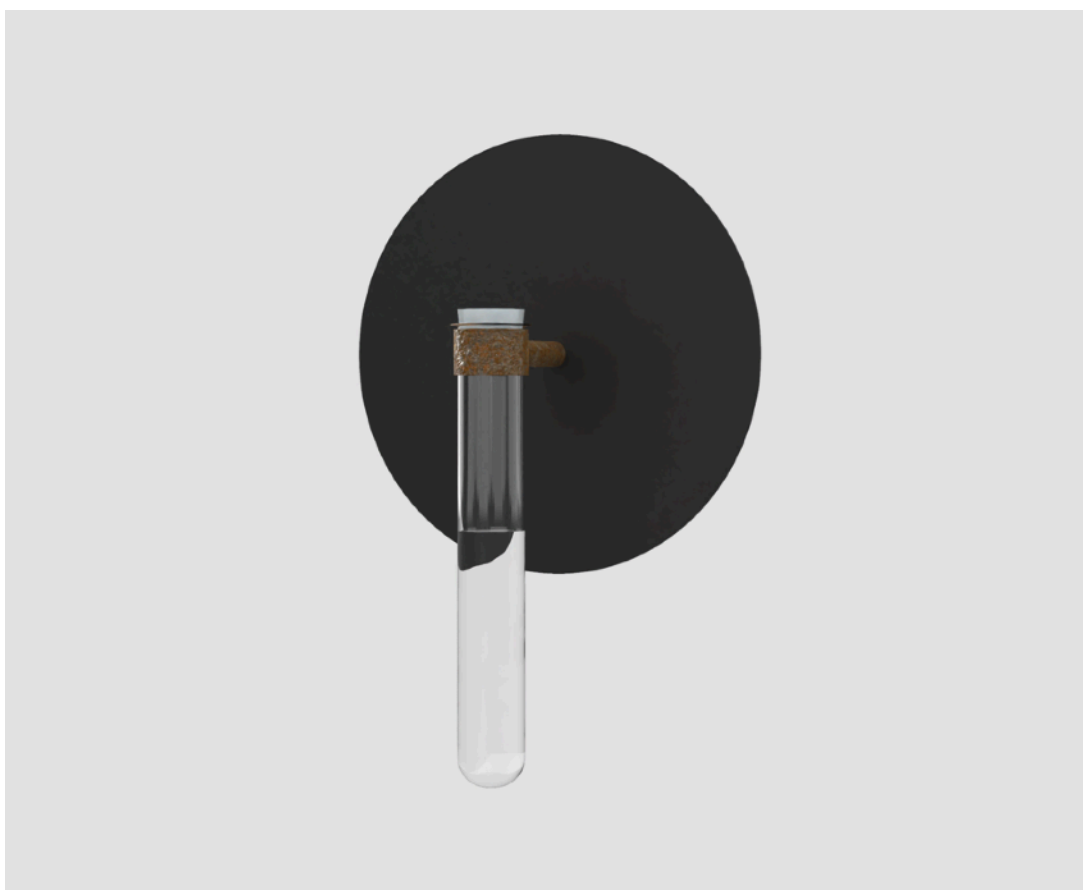
Zdroj obrázků: osobní archiv autora



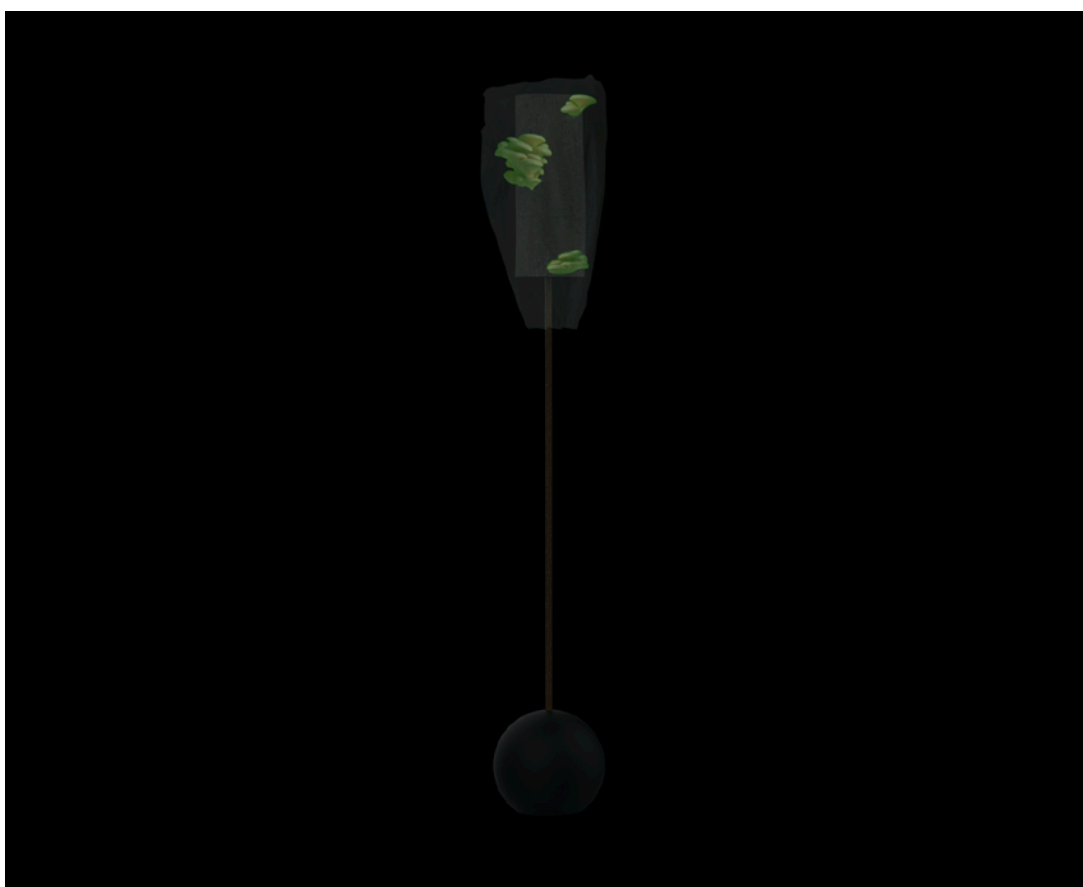
Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Zdroj obrázků: osobní archiv autora

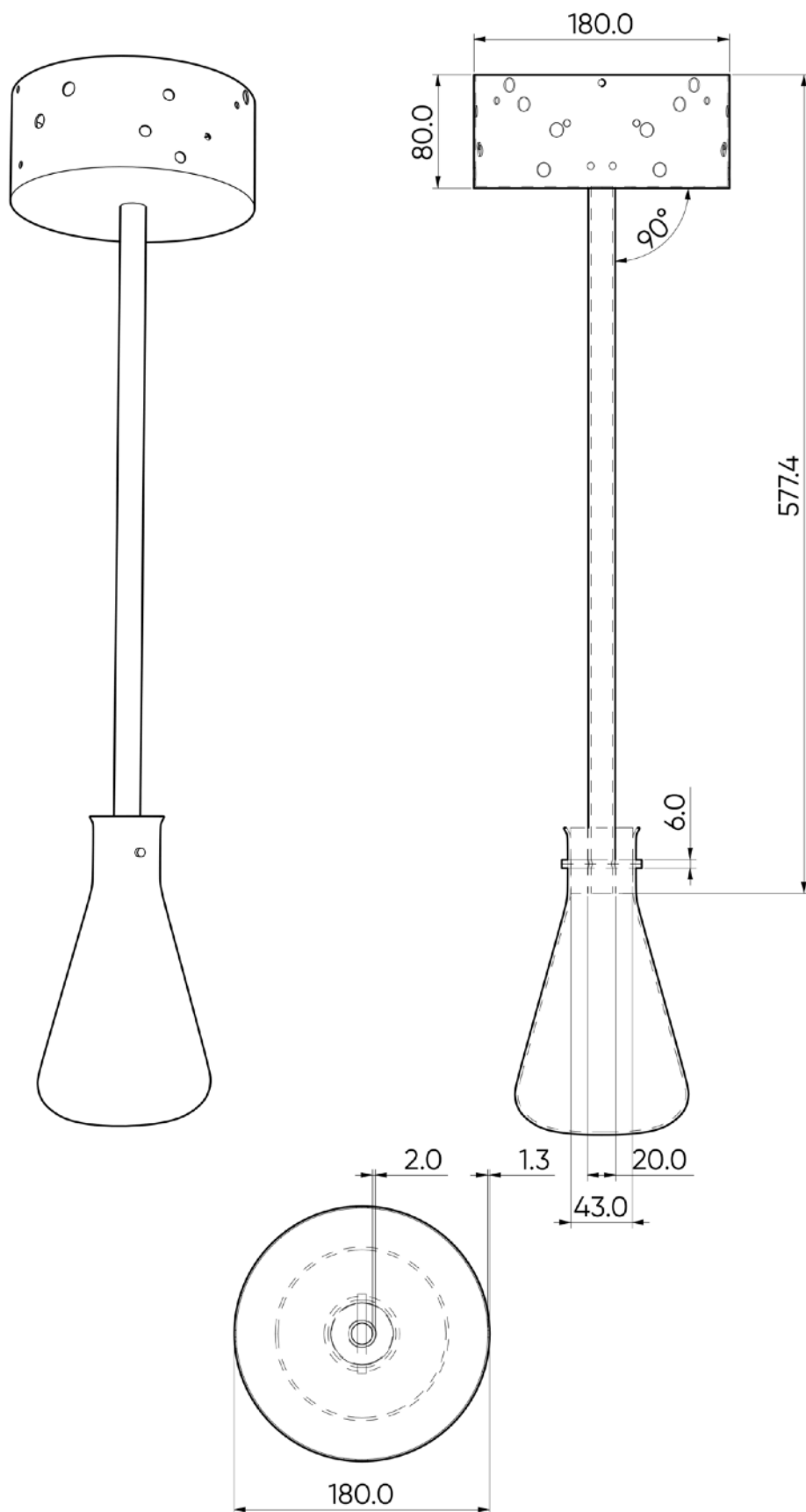


Zdroj obrázků: osobní archiv autora

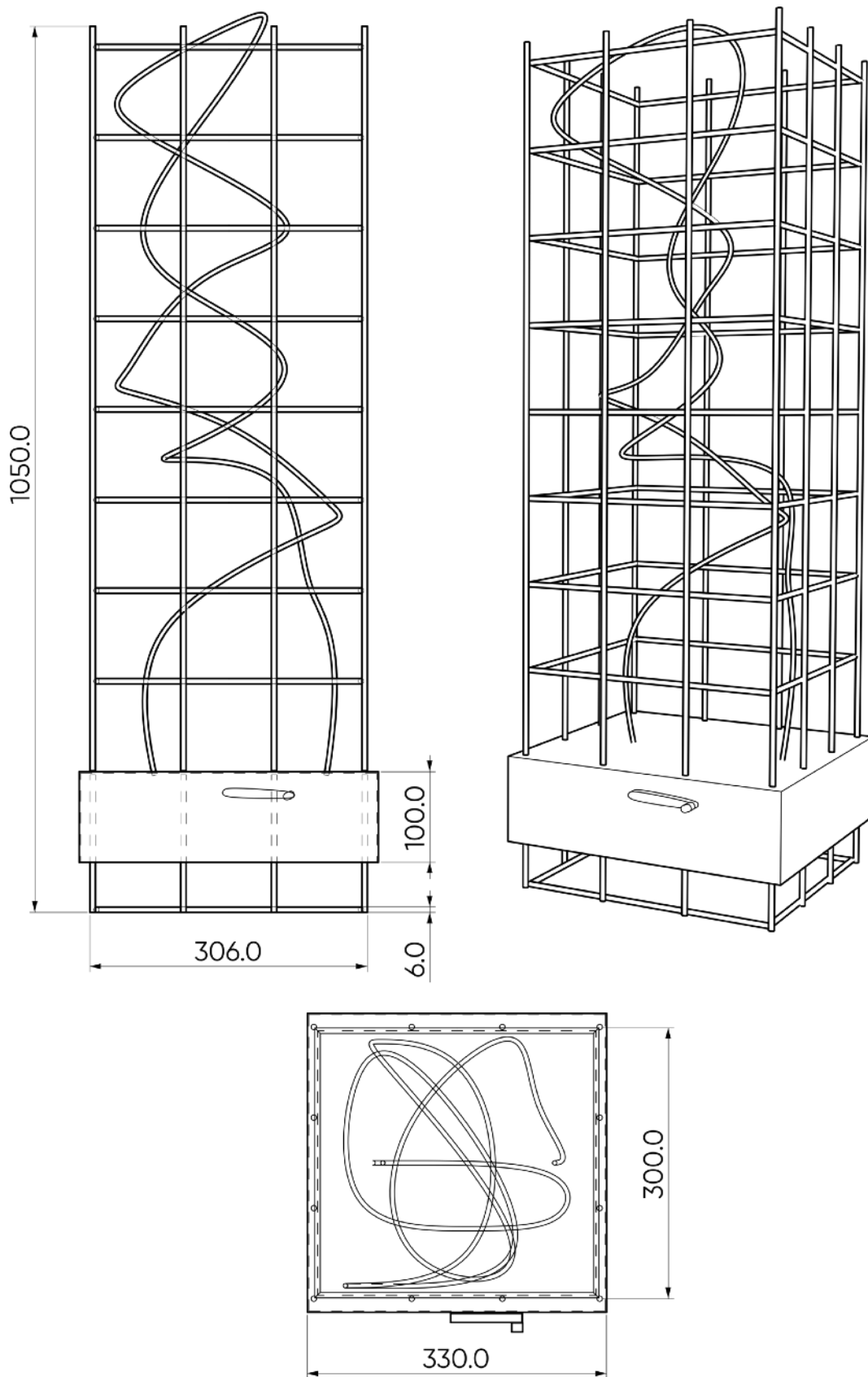


Zdroj obrázků: osobní archiv autora

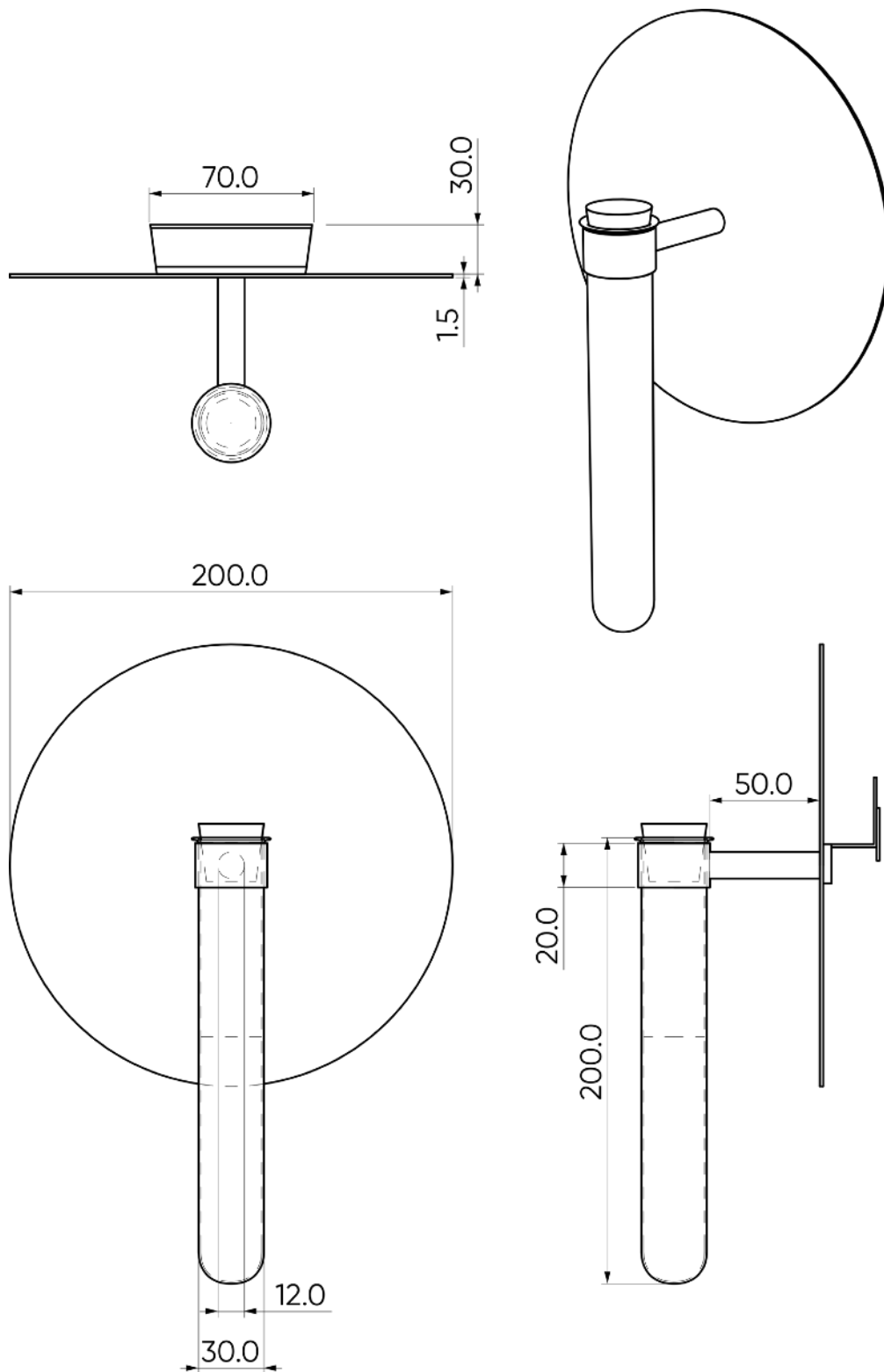
Příloha č. 5 - rozměrová schémata



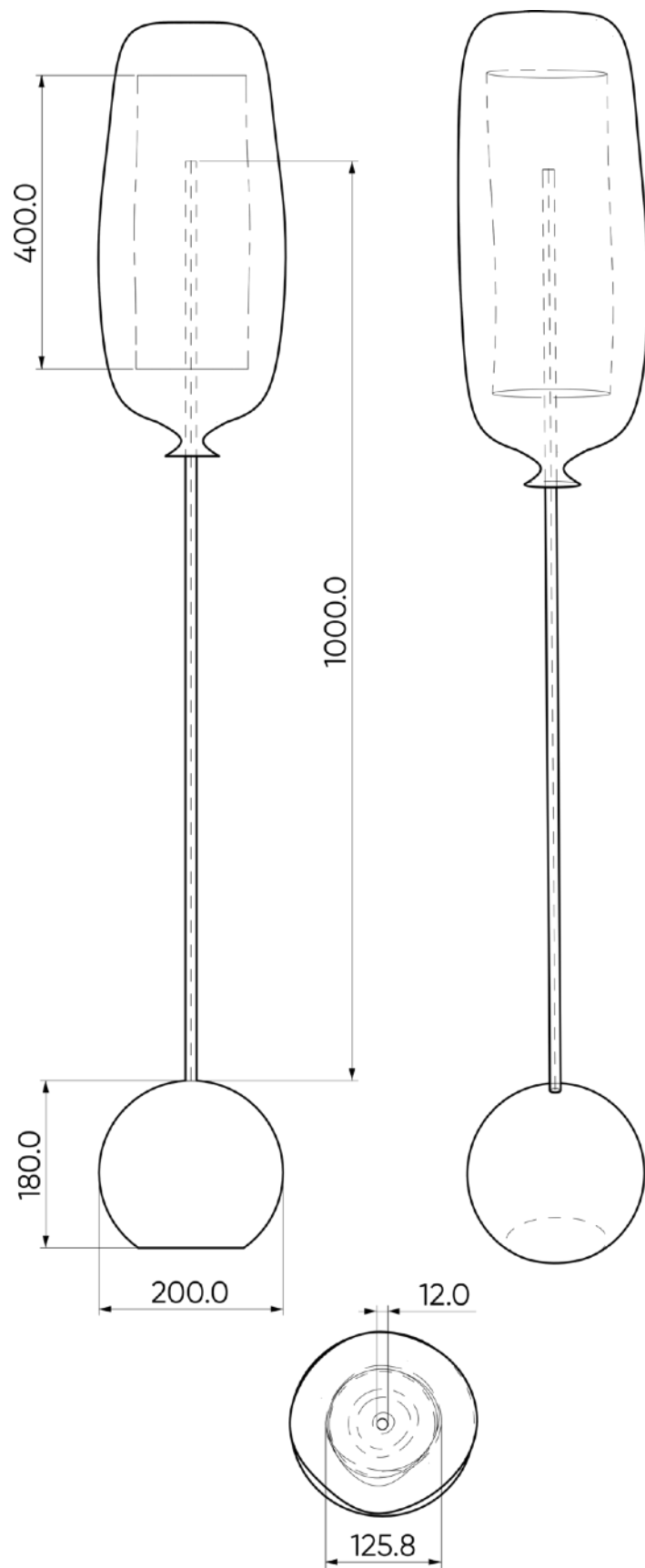
Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Zdroj obrázků: osobní archiv autora



Zdroj obrázků: osobní archiv autora