



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY PRO ADITIVNÍ ROBOTICKOU VÝROBU

DESIGN OF THE AIR CONDITIONING UNIT FOR ADDITIVE ROBOTIC FABRICATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adéla Mandáková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Škaroupka, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Bc. Adéla Mandáková**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. David Škaroupka, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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 diplomové práce:

Design klimatizační jednotky pro aditivní robotickou výrobu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Podstatou práce je prokázat schopnost zorientovat se ve zvolené problematice a přizpůsobit návrhový proces limitům a výhodám zadané technologie. Předpokladem přínosu práce je zkoumání fenoménu průmyslového produktu (klimatizační jednotky) metodou abstrakce, která umožní zahrnout jeho širší kontext, než jak je z hlediska efektivity možné v průmyslové praxi. Realizování návrhu pro konkrétní technologii pak prokazuje schopnost akceptovat technickou povahu průmyslového návrhu, který může sloužit své funkci jen tehdy, pokud je vyrobitelný.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: TAČR

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je navrhnout produkt se stylistickým záměrem, který bude přínosem z hlediska identifikovaných problémů a s výhodou použije technologii robotické aditivní výroby.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat problémová místa ve způsobu používání klimatizačních jednotek,
- navrhnout řešení identifikovaného problému v souvislosti s technologií robotické aditivní výroby,
- ověřit vyrobiteľnost vnitřní nebo vnější jednotky v měřítku 1:1,
- argumentovat realizovaný přínos navrženého designu proti současnému stavu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

WILLMANN, Jan, Philippe BLOCK, Marco HUTTER, Kendra BYRNE a Tim SCHORK, ed. *Robotic fabrication in architecture, art and design 2018*. Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland, 2018. ISBN 978-3-319-92293-5.

NABONI, Roberto a Ingrid PAOLETTI. *Advanced Machinery*. In: *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*. Cham: Springer International Publishing, 2015, 2015-12-5, s. 29-75. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. DOI: 10.1007/978-3-319-04423-1_3. ISBN 978-3-319-04422-4. Dostupné také z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04423-1_3

KHOSHNEVIS, Behrokh. *Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies*. *Automation in Construction*. 2004, 1(13), 5-19. ISSN 0926-5805.

Rob|Arch 2012: robotic fabrication in architecture, art and design. Editor Sigrid BRELL-COKCAN, editor Johannes BRAUMANN. Wien: Springer, 2013. ISBN 9783709114643.

TEDESCHI, Arturo. *AAD_Algorithms-aided design: parametric strategies using grasshopper*. Brienza, Italy: Le Penseur Publisher, 2014. ISBN 978-88-95315-30-0.

LIDWELL, William. a Gerry. *MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products*. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 15-925-3345-0.

LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. *Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Návrh klimatizační jednotky se zabývá propojením produktu a s ním související architekturou. Jelikož v oblasti stavebnictví vzrůstá trend velkorozměrového 3D tisku, byla i pro design klimatizace zvolena výroba pomocí aditivní robotické technologie. Z analýzy vyplývá, že u vnitřní jednotky je vhodná distribuce vzduchu skrz perforace. U venkovní jednotky je zájem ji skrýt z důvodu vizuální nesourodosti s budovou. Pro návrh produktu byl využit generativní proces k získání množství variantních studií. Tento proces byl využit i dále, jelikož aditivní výroba disponuje snadnou změnou rozměrových parametrů, a tím umožňuje splnit individuální požadavky zákazníka. Další výhodou robotického tisku jsou prutové struktury dovolující vznik perforací bez odpadu a možnost výhodného použití generativních postupů navrhování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Klimatizační jednotka, design, robot, aditivní výroba, parametrický design

ABSTRACT

The design of air conditioning unit is based on combination of the product itself and related architecture. The large-scale 3D printing is becoming more and more popular, that is why this thesis chose additive manufacturing robotic technology for designing the air conditioner. According to analysis the air distribution through perforations is the most convenient one for an indoor unit. An outdoor unit tends to be hidden because of inhomogeneity with the building. To obtain more variant studies for the design a generative process was applied. This method was applied also later on, because additive manufacturing is able to easily change dimension parameters and thus fulfil individual customer requests. Other advantages of robotic printing are the lattice structures that enable perforation manufacturing without waste and the possibility of using generative design methods.

KEYWORDS

Air conditioning unit, design, robot, additive manufacturing, parametric design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MANDÁKOVÁ, Adéla. *Design klimatizační jednotky pro aditivní robotickou výrobu*. Brno, 2021, 131 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. David Škaroupka Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucímu práce, Ing. Davidu Škaroupkovi Ph.D., za odborné vedení, inspirativní přístup a cenné připomínky v průběhu celé práce. Dále bych poděkovala Ing. Petrovi Blasinskému Ph.D. za odborné rady při návrhu konstrukce a dalších postřehů týkajících se technických poznatků v oblasti chladících s klimatizačních zařízení. Zároveň za jeho velkou ochotu při konzultacích. Velké díky patří také Ing. Martinu Krčmovi, Ing. Petrovi Krejčíříkovi a Petrovi Křivohlavému za jejich ochotu, rady a pomoc při realizaci modelu a práci s robotem.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Davida Škaroupky Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

OBSAH

ABSTRAKT	7
KLÍČOVÁ SLOVA	7
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	9
PODĚKOVÁNÍ	11
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	11
OBSAH13	
1 ÚVOD	16
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	17
2.1 Vývoj klimatizací	18
2.2 Designérská analýza	19
2.2.1 Současné produkty na trhu	20
2.2.2 Koncepty vnitřních jednotek	26
2.2.3 Krytí vnějších jednotek	31
2.3 Technická analýza	33
2.3.1 Klimatizační zařízení	33
2.3.2 Funkce klimatizačního zařízení	34
2.3.1 Chladivové klimatizační systémy	35
2.3.2 Komponenty vnější jednotky	36
2.3.3 Komponenty vnitřní jednotky	39
2.3.4 Propojení jednotky	42
2.3.5 Zhodnocení komponent	43
2.3.6 Rozvoj technologie 3D tisk	43
2.3.7 Princip aditivní výroby	44
2.3.8 Materiál	46
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	48
3.1 Analýza problému	48
3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení rešerše	49

3.3	Cíl práce	50
3.4	Cílová skupina	51
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	52
3.6	Použité výrobní technologie, trh a cena	52
3.7	Metody	53
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	55
4.1	Variantní řešení vzoru	55
4.2	Variantní řešení tvaru	57
4.2.1	První varianta	58
4.2.2	Druhá varianta	62
4.2.3	Třetí varianta	66
4.3	Zhodnocení variant	71
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	73
5.1	Vnitřní jednotka	74
5.2	Venkovní jednotka	76
6	KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	78
6.1	Konstrukční a rozměrové řešení	78
6.2	Vnější krytování	80
6.2.1	Montáž	80
6.2.2	Snímání krytu	81
6.3	Uspořádání vnitřních komponent	81
6.3.1	Venkovní jednotka	81
6.3.2	Vnitřní jednotka	82
6.4	Vnitřní mechanismy a komponenty, materiály	83
6.4.1	Výběr ventilátoru vnitřní jednotky	83
6.4.2	Výběr ventilátoru vnější jednotky	85
6.4.3	Výběr kompresoru	86
6.4.4	Výměníky tepla	88
6.4.5	Filtr	89
6.4.6	Elektronika	89
6.4.7	Konzole	90
6.5	Materiálové řešení	90
6.6	Výrobní technologie	91

6.7	Ergonomické řešení	93
6.7.1	Perforace	94
6.7.2	Ovládání	97
6.8	Bezpečnost a hygiena	98
6.9	Udržitelnost	99
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	100
7.1	Barevné řešení	100
7.2	Grafické řešení	101
7.2.1	Logotyp	101
8	DISKUZE	103
8.1	Psychologická funkce	103
8.2	Ekonomická funkce	104
8.3	Marketingová analýza	104
8.4	Sociální funkce	105
9	ZÁVĚR	107
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	109
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	119
12	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	121
13	SEZNAM TABULEK	125
14	SEZNAM PŘÍLOH	126

1 ÚVOD

Podmínky klimatu v místnosti bezprostředně působí na organismus člověka. Teplota a proudění vzduchu ovlivňuje tělesnou produkci tepla a mezi člověkem a okolím probíhá stálá tepelná výměna. Pocit tepla nebo chladu je velice subjektivní a odvíjí se stejně jak od okolních podmínek, tak od citlivosti jedince. Dobře navržené klimatizační zařízení zmírní vlivy prostředí na lidský organismus a přímo ovlivňuje psychické pohodlí. Díky klimatizaci je možné ovlivnit individuální pocit tepelné pohody v daném prostoru, jelikož jinými prostředky toho docílit nedokážeme.

Při vyšší teplotě v místnosti cítí nekomfort až polovina osob. Z tohoto důvodu vzniká potřeba zajistit si chladnější klima v místnosti. V dnešní společnosti je tedy klimatizace nedílnou součástí kancelářských, ale i soukromých prostor. Chladný vzduch vháněný do místnosti může ovšem způsobit řadu zdravotních problémů. Největším rizikem je chladný průvan vznikající při silném proudění vzduchu. Eliminací tohoto proudu vzniká vhodná alternativa distribuce vzduchu.

Klimatizační jednotka neslouží jen ke snížení teploty vzduchu v místnostech uvnitř budov, ale také plní spoustu dalších funkcí. Současné klimatizace mohou vzduch jak ochlazovat, tak i ohřívat na požadovanou teplotu. Při oběhu vzduchu v místnosti dochází také k jeho průchodu přes filtry, čímž se vzduch sterilizuje, eliminuje prach a bakterie, a tím je zvýšena kvalita okolního ovzduší. Klimatizační jednotka je také funkčním prvkem stavby, zároveň se ale jedná o prvek propojující vnitřní a vnější architekturu budovy. Klimatizační zařízení ovlivňuje člověka také svou kombinací vzhledu a umístěním na budově. V každém prostředí vnímáme klimatizaci jiným způsobem.

Tato práce se zabývá návrhem klimatizační jednotky pro majitele nemovitostí. Návrh bude realizován za pomoci aditivní robotické výroby, jež bude respektovat možnou změnu tvarových a funkčních parametrů v závislosti na požadavcích majitele nemovitosti. Technologie 3D tisku zaznamenala v posledních letech velký nárůst popularity, zejména pak v oblasti stavebního průmyslu. Zde se aditivní výroba zaměřuje na vytváření celých domů, fasád, či fasádních prvků. Jelikož je klimatizační jednotka umístěna přímo na fasádě domu, je vhodné využít technologii 3D tisku a propojit tak jakoukoli fasádu s venkovní jednotkou. Návrh vytvořený za pomoci této technologie bude možné využít pro širší okruh cílových skupin.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

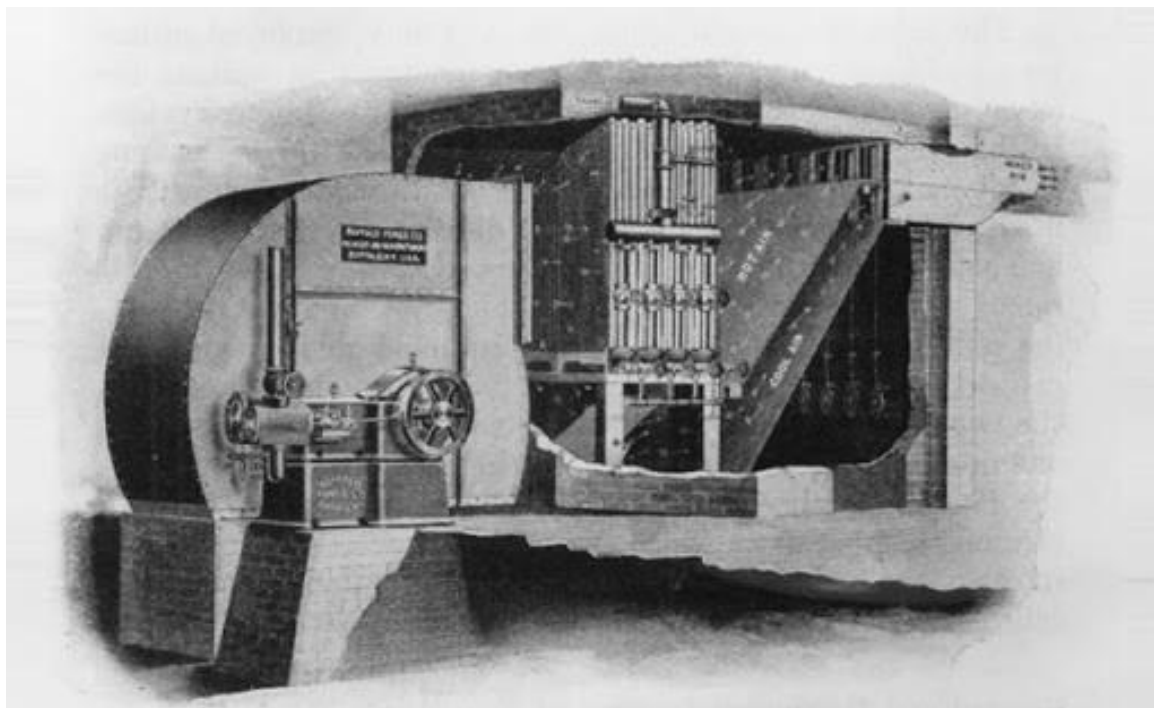
Vnitřní klima v místnosti je stejně důležité jak pro pasivní domy, tak pro domy s nižším energetickým standardem. Toto klima je ovlivněno několika faktory, vnějším klimatem, orientací budovy, provedením stavby, osobami a jejich činnostmi, vybavením v místnosti. Jde zejména o vlhkost vzduchu, teplotu, proudění vzduchu. Klima v místnosti bezprostředně působí na lidský organismus a ovlivňuje produkci tepla lidského těla. Klimatizační zařízení se používají ke zmírnění dopadů vnějších i vnitřních vlivů prostředí na lidský organismus. Jsou pořizována, jelikož jinými prostředky nelze pocit tepelné pohody v daném prostoru vytvořit. Dobře navržené klimatizační zařízení zmírní vlivy prostředí na osoby v interiéru. [1] [2]

Poptávka po klimatizačních zařízeních se každoročně zvyšuje až o 16 % [3] [4]. Svůj podíl na tom nese potřeba osob zajistit si co nejpříjemnější klima v místnosti, jelikož pocit tepelného nekomfortu při mírném teple pociťuje přes 50 % osob [5]. Dalším faktorem zvyšujícím poptávku po klimatizačních jednotkách je finanční náročnost staveb. Především pro majitele soukromých staveb jako jsou rodinné domy. Stavba domu je v současnosti finančně nákladná. Aby nebylo třeba instalovat klimatizační zařízení, museli by se majitelé domů uchýlit ke stavbě pasivního či nízkoenergetického domu. Takovýto energetický standard stavby je ovšem o 10–20 % nákladnější. Levnější stavby a nižší energetický standard mají tedy za následek instalaci klimatizace pro snížení teploty zejména v letních měsících. [6] [7]

Klimatizační zařízení podle svého provedení a typu může v místnosti vykonávat funkce jako je větrání, chlazení, vytápění, zvlhčování vzduchu, odvlhčování vzduchu, filtraci/ionizaci vzduchu. Prostory, pro které je použití klimatizace typické jak z hlediska komfortu tak i z hlediska pracovní činnosti, jsou např. místnosti sloužící k pobytu nebo odpočinku osob (obytné místnosti, koncertní, divadelní a jednací sály, hotelové pokoje, haly, restaurace, lůžka v nemocnicích), pracovní místnosti (kanceláře, laboratoře, velíny, lékařské ordinace, operační sály, rozhlasová a televizní studia, soudní síně, prodejny, místnosti s výpočetní a reprodukční technikou, prostory s elektronikou), výrobní prostory (výrobní místnosti pro zpracování a skladování textilu, tabáku, kožešin, farmaceutik, barev a laků, potravin, květin). [1]

2.1 Vývoj klimatizací

Za konstrukcí první klimatizace stojí inženýr Willis Carrier, který ji sestrojil roku 1902 do New Yorkské tiskárny. Největší rozmach zaznamenaly klimatizace díky vynálezu Thomase Midglaye, který se zabýval záměnou nebezpečného média na bázi propanu za bezpečnější chladicí látku na bázi chlorfluoruhlovodíku (CHC). Ve 40. letech byly vyráběny klimatizace do okenního rámu a v 60. letech byly již instalovány také do nových domů. [8] [9]



Obr. 2-1 První klimatizační zařízení [10]

V posledním desetiletí je trendem klimatizačních jednotek jejich využití nejen k ochlazení místností, ale také k jejich vytápění. V Evropě v oblasti Středozemního moře je vytápění za pomoci klimatizace velice oblíbené zejména díky tomu, že odpadá nutnost instalace topení. Vývoj klimatizací do budoucna se zabývá především technologií komprese bez vypařování, bez použití chladiv typu HFC, které poškozují životní prostředí. [9]

Dalším trendem na trhu z oblasti klimatizačních zařízení je využívání různých způsobů k rozptýlení a zpomalení vzduchu vháněného do místnosti. Vnitřní jednotka s touto inovací byla poprvé představena roku 2017 společností Samsung. V roce 2019 se přidala také společnost Midea. [11]



Obr. 2-2 Vnitřní jednotka klimatizace [12]

2.2 Designérská analýza

Následující kapitola se zabývá současnými klimatizacemi na trhu, koncepty a možnostmi krytování vnějších jednotek. Produkty budou popsány z pohledu tvarového ergonomického, ale také z barevného a grafického řešení. Jelikož je v současnosti na trhu velké množství typů klimatizačních jednotek a jejich kombinací, byly pro analýzu vybrány produkty, které mohou být svými vlastnostmi a provedením inspirací pro výsledný návrh.

Technologie aditivní robotické výroby pro vnější krytování klimatizační jednotky se v současnosti nevyužívá. Z tohoto důvodu je designérská analýza zaměřena na produkty vyráběné běžnou technologií. Díky 3D tisku jsme schopni vytvořit optimalizované atypické prvky a struktury, které odpovídají vkusu jednotlivce, nebo lépe pracují v konkrétním prostředí.

2.2.1 Současné produkty na trhu

Midea BreezleSS+

Designérské řešení

Klimatizace od firmy Midea s názvem Breezless+ promítá svůj název do tvarových prvků. Velká písmena S se projevují na obou plochách po stranách vnitřní jednotky v podobě bočního průduchu. Toto tvarování dodává jednotce zejména z bočního pohledu výrazný prvek. Celkové tvarování je pak oproti jiným produktům na trhu mírně odlišné. Především se to týká jednoduchého tvaru oválného profilu. Celkový tvar působí nenápadným dojmem. Zejména z čelního pohledu má vnitřní jednotka čistý vzhled. Vzhled perforované výklopné lišty je patrný až z menší vzdálenosti.

Tvarování venkovní jednotky klimatizace podléhá funkčnosti celého produktu, kdy se jedná o jednoduchý kvádr. Perforovaný kryt ventilátoru má černou barvu, čímž dochází k výraznějšímu tvarovému odtržení tohoto místa.



Obr. 2-3 Klimatizace BreezleSS+ značky Midea [13] [14]

Ergonomické řešení

Vnitřní jednotka využívá dva způsoby distribuce vzduchu. Prvním standardně proudí vzduch do místnosti širokým otvorem. Druhý způsob využívá distribuci studeného vzduchu skrz mikro-otvory na výklopné liště, difuzéru. Otvory rovnoměrně rozptylují a zpomalují vzduch šířící se po místnosti. Vývody na obou bocích usměřují vzduch do stran. Výhodou jednotky je možnost alternativy při vhánění chladného vzduchu do místnosti. Silný proud nemusí být vždy pocitově příjemný, a tak jsou mikro-otvory rozptylující vzduch výhodné. Hlučnost jednotky se pohybuje mezi 20 dBA a 39 dBA uvnitř a 56 dBA venku. Základní rozměry jsou (940x325x193) mm u vnitřní a (800x554x333) mm u vnější jednotky. [13] [15]

Klimatizaci lze ovládat dálkovým ovládáním nebo aplikací MideaAIR s připojením k internetu.

Barevné a grafické řešení

U vnitřní jednotky výrobce zvolil pouze bílou barvu. Venkovní jednotka má totožnou barvu, avšak využití černé barvy pro členění ploch se nezdá být vhodné, jelikož může vyvolávat necelistvý dojem. Logotyp značky Midea je v případě vnitřní jednotky umístěn na čelní plochu vlevo dole. U vnější jednotky je použito barevné logo umístěné v horním pravém rohu čelní plochy.

LG Artcool Stylist

Designerské řešení

Firma LG je významným zástupcem v odvětví domácích produktů a spotřebičů. Firma vyvíjí intuitivní a úspornou elektroniku. Vzhled vnitřní jednotky Artcool Stylist se odlišuje od zažitých stereotypů především svým specifickým tvarem. Celý tvar vnitřní jednotky vychází z jednoduchých geometrických objektů. Jedná se o plochý kvádr, z čelního pohledu se jednotka jeví jako čtverec s kruhem uprostřed. Tento kruh má členitý povrch z plastu a neplní zde žádnou technickou funkci. Plochého tvaru je docíleno díky radiálnímu oběžnému kolu ventilátoru, který je spíše využíván uvnitř kazetových stropních jednotek. Příkladem takovéto jednotky je produkt Samsung 360 Cassette. [16]

Venkovní jednotka u této řady produktů zůstává podobná jako u ostatních řad, i přesto má LG snahu o příjemný vzhled dílu, který působí čistým dojmem. Oba díly klimatizace patří mezi nejmodernější produkty značky LG.



Obr. 2-4 Klimatizace LG Artcool Stylist [17]

Ergonomické řešení

Vnitřní jednotka má vysouvací čelní plochu, tudíž nasává vzduch mezerou vzniklou mezi plochami. Na pravé, levé a spodní hraně jsou umístěny otvory, jež se při chodu odklopí a distribuují vzduch. Do místnosti tak proudí vzduch třemi směry. Jednotka kvůli oběžnému kolu ventilátoru patří mezi hlučnější produkty než běžné jednotky. Za čelní stěnou jednotky jsou osazeny prachové a antibakteriální filtry kvůli zlepšení kvality ovzduší uvnitř místnosti. Výhodou při distribuci vzduchu jsou tři cesty, kterými je vzduch distribuován. Směr šíření vzduchu do stran poskytuje lepší rozptýlení proudu. Základními rozměry vnitřní jednotky klimatizace jsou (645x645x121) mm. Rozměry vnější jednotky jsou (770x545x288) mm a dosahuje hluku 45 dBa. [17]

Ovládání klimatizace je zajištěno pevným kabelovým ovladačem na zdi.

Barevné a grafické řešení

Barevné řešení je jednoduché a obě jednotky jsou kryty materiálem z bílého plastu s lesklým povrchem. Pro efekt barevného zpestření monotónního bílého povrchu vnitřní jednotky bylo přidáno LED podsvícení zabudované v hraně kruhu. Odstín lze individuálně nastavit od žluté až po sytě fialovou barvu. Umístění grafického prvku v podobě logotypu LG se v tomto případě týká pouze vnější jednotky. Zde je využit prostor na pravé straně v horní polovině čelní plochy.

Samsung FJM A3050

Designérské řešení

Produkt FJM A3050 od firmy Samsung má unikátní trojúhelníkový design pro lepší využití svých ploch. Toto tvarování umožňuje efektivní využití vnitřního prostoru a to zejména pro ventilátor. Obě plochy vystupující do prostoru jsou konkávně zaobleny, čímž je vnitřní prostor opět zvětšen. Filtry jsou uchyceny v perforované desce, jejíž vzor odlehčuje celou hmotu horní strany jednotky. Celkový vzhled tvaru působí čistým jednoduchým dojmem. U vnitřní jednotky nedochází ke zbytečným tvarovým komplikacím.

Tvar venkovní jednotky se ani v tomto případě nijak zásadně neliší od předchozích výrobců. Tvar vychází z kvádra, ovšem v tomto případě má menší hloubku a celkový tvar působí čistě a nerušivě.



Obr. 2-5 Vnitřní díl A3050 značky Samsung [12]

Ergonomické řešení

Většina horní plochy je využívána k nasávání vzduchu, díky čemuž pojme větší objem vzduchu a rychleji tak ochlazuje místnost. Spodní plocha standardně slouží k distribuci velkého množství vzduchu po místnosti. Jednotka tedy distribuuje vzduch pouze skrz velký otvor. Filtry jsou umístěné v horní ploše z vnější strany, a tak je lze snadno vyjmout, omýt a vrátit zpět. Díky tomu eliminují prach a alergenů. Pod výklopnou lištou vnitřní jednotky se napravo nachází digitální displej s informacemi o nastavené teplotě. Hlučnost jednotky se pohybuje od 26 dBa do 45 dBa uvnitř a 54 dBa venku. Rozměry vnitřní jednotky jsou (1065x301x294) mm a (880x793x310) mm vnější části. [18]

Klimatizaci je možné ovládat na dálku přes Wi-Fi, za pomoci aplikace v telefonu a připojení k internetu.

Barevné a grafické řešení

Jako u předchozích výrobců i zde je použita bílá barva pro obě jednotky. Logotyp je umístěn nad lištou uprostřed. V případě venkovní jednotky je logo opět umístěno na čelní ploše vpravo nahoře. U vnitřní jednotky je display uschován pod výklopným difuzorem. Display se tudíž objeví až po uvedení klimatizace do chodu. Pro oživení jednoduchého vzhledu využil výrobce LED podsvícení vnitřní části klimatizace pod difuzorem.

Xiaomi SmartMi

Designérské řešení

Společnost Xiaomi se odklonila od svých klasických produktů a vytvořila klimatizační jednotku SmartMi. Její minimalistický vzhled zajišťují jednoduché tvary. Ty jsou až tak jednoduché, že oba díly klimatizace jsou pouhými kvádry se zaoblenými rohy. Celý vzhled působí moderním dojmem a poukazuje na chytré technologie, které klimatizace využívá. Obě jednotky, i přes čisté tvarování, působí robustním dojmem. U vnitřní jednotky nedochází k žádnému protvarování čelní ani boční plochy. Stejný princip je využit i u venkovní jednotky, což se projevuje především u perforovaného krytu, který je v rovině čelní plochy.



Obr. 2-6 Klimatizační jednotka Smartmi [19]

Ergonomické řešení

Tato jednotka se řadí mezi produkty s vyšším výkonem a proto je vhodná pro prostory do 23 m². Vnitřní jednotka také v tomto případě distribuuje vzduch skrz velký otvor ve spodní části a tak nenabízí alternativu rozptýleného vzduchu. Není zcela jasné, zda je filtr prachu umístěn z vnější strany jednotky nebo je ukryt uvnitř. Celkové tvarování však nenapovídá vhodnému odklápění krytu, aby bylo možné filtr snadno vyjmout ven. Hlučnost vnitřní jednotky se pohybuje od 21 dBA do 42 dBA. Klimatizace je nadstandardně vybavena senzory teploty a vlhkosti vzduchu. Hluk vnější jednotky je 51 dBA, podobně jako u předchozích výrobků. Rozměry klimatizace jsou (953x315x203) mm vnitřní jednotky a (872x570x373) mm vnější jednotky. [19] [20] [21]

Zařízení lze ovládat pomocí dodávaného dálkového ovladače nebo prostřednictvím aplikace MiSmart Air.

Barevné a grafické řešení

Výrobce i v tomto případě zvolil bílou variantu, avšak oproti ostatním použil matný povrch. Doplnková šedá barva má vhodný odstín, který je použit vždy na celé ploše. Logotyp se nachází na vnitřní jednotce na čelní ploše ve spodní části uprostřed. U vnější jednotky je umístěn opět vpravo nahoře na čelní ploše. LED display zobrazuje údaje o teplotě a dalším nastavení, proto je použit na spodní hraně. Jeho velikost zajišťuje uživateli dobrou viditelnost a snadné čtení.

Daikin Emura

Designérské řešení

Společnost Daikin je typickým zástupcem výrobců klimatizací. Produkt nesoucí název Emura má tvarování vnitřního dílu, zejména pak čelní plochy, více do detailu, oproti produktům jiných zástupců. Prohnutá čelní plocha, která se na bocích přibližuje ke stěně, opticky zmenšuje hloubku klimatizace, lépe přiléhá ke stěně a zapadá do prostoru. Při provozu se však část čelní plochy vysune nahoru a odkryje průduch, kterým je vzduch vhnán do místnosti. Kvůli tomuto dělení dochází k rozbití celého vzhledu. Toto řešení se nejeví velmi šťastně zejména proto, že klimatizační zařízení by mělo působit příjemným dojmem jak v klidovém režimu, tak v chodu zařízení.

Venkovní jednotka má nemoderní vzhled a působí roztržitým dojmem. Perforace krytu ventilátoru na čelní ploše tvoří jednoduchý vzor ve tvaru mříže.



Obr. 2-7 Produkt Daikin Emura [22]

Ergonomické řešení

Daikin nainstaloval do vnitřního dílu klimatizace čidlo, které zaznamenává pohyb osob v místnosti a reguluje proud vzduchu tak, aby vzduch mířil mimo tyto osoby. Není zcela jasné, jak přesně k tomu dochází, jelikož difuzor vzduchu, u tohoto výrobku, nezakrývá celý otvor. Dva vzduchové filtry se starají o zachycení mikroskopických prachových a pachových částic, bakterií, virů a alergenů. Druhý filtr proti bakteriím a virům nelze omývat, je nutné je pouze měnit. Hlučnost jednotky je 26 dBa až 45 dBa uvnitř a okolo 46 dBa venku. Rozměry vnitřní a vnější jednotky jsou (998x303x212) mm a (765x550x285) mm. [23] [24]

Výrobce nabízí možnost ovládání přes infračervený dálkový ovladač současně s možností ovládání přes Wi-Fi.

Barevné a grafické řešení

Čelní plocha vnitřní jednotky v této variantě imituje vzhled kovu. Zbytek ploch je černý a logotyp v černobílé variantě je opět umístěn uprostřed ve spodní části čelní plochy. Výrobce pro venkovní jednotku zvolil bílou barvu s barevným logotypem umístěným v pravém horním rohu.

2.2.2 Koncepty vnitřních jednotek

TCL

Designérské řešení

TCL je čínskou společností vyrábějící elektroniku, ale také klimatizace. Koncept vnitřní jednotky klimatizace pro firmy má atypické tvarování. Oproti současným jednotkám je při tvarování čelní plocha spojená se spodní plochou, což jednotce dodává celistvý dojem. Vnější krytování je navrženo z hliníku a dodává klimatizaci typickou strukturu tohoto materiálu. Celkové tvarování má jednoduché členění ploch i linií, produkt působí kompaktně, dokonce i při vysunutí čelní plochy.



Obr. 2-8 Koncept vnitřního dílu klimatizace TCL [25]

Ergonomické řešení

Při zapnutí je panel vysunut nahoru a odkrývá současně prostor pro vzduch a malý display. Pokud není klimatizace v provozu, je čelní panel v základní poloze a tento otvor zakrývá. Tento návrh nevyužívá pohyblivý difuzér, tudíž při distribuci není možné vzduch rozptylovat.

Barevné a grafické řešení

Hliníkový materiál je v matné variantě doplněný lesklými liniemi na hranách ploch. LED podsvícení je skryté pod čelním panelem stejně jako display, který je ukazatelem teploty. Logotyp společnosti je zvolen v černobílé variantě a umístěn uprostřed čelní plochy ve spodní části.

ChiQ

Designérské řešení

Čínská firma ChiQ se zabývá produkcí domácích spotřebičů a klimatizací. Koncept této značky má velice oblé a měkké tvarování. V horní části je ponechán velký prostor pro sání a výměnu vzduchu v místnosti. Je zde umístěný plastový kryt se vzorovaným perforováním. Klimatizace má minimalistický vzhled, celé tvarování se prolíná a působí kompaktně. Velice zajímavý vzhled vytváří kombinace plastu a kovu s netradičně volenou barvou. Při vyklopení difuzéru je však zaoblený tvar rozbit. Koncept vnitřního dílu klimatizace je navržen pro stávající technologii firmy ChiQ.



Obr. 2-9 Koncept vnitřního dílu pro značku ChiQ [26]

Ergonomické řešení

Výrobce do svých klimatizací využívá tangenciální neekvidistantní ventilátor s nižší rezonancí ke snížení hluku. Tento ventilátor distribuuje vzduch jedním velkým otvorem. Současné klimatizace využívají měděné trubky s drážkováním, což zvětšuje prostor mezi mědí a chladičem, tudíž až o 30–50 % zvyšuje účinnost výměny tepla. [27]

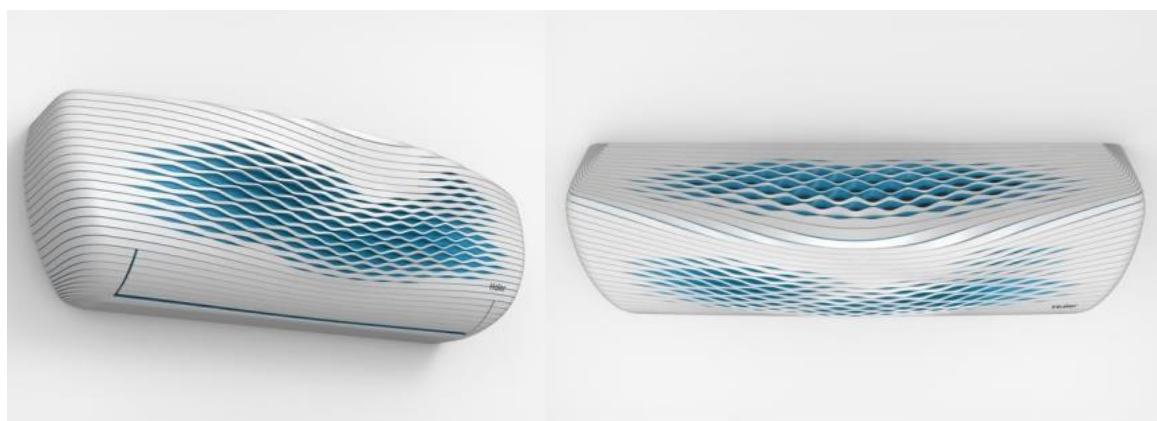
Barevné a grafické řešení

LED podsvícení je pro produkty značky ChiQ typické, což využili designéři i v konceptu viz obr. 2-9. Světlo mění svou barvu podle nastavení, kdy modrá barva signalizuje chlazení a oranžová naopak ohřev. [27]

Haier

Designérské řešení

Společnost Haier z Číny představila koncept 3D tištěné klimatizace v roce 2015 na výstavě Expo v Šanghaji. Nápadem Haier bylo přizpůsobení tvaru a velikosti klimatizace na různé velikosti vnitřních komponent, což by za stávajících technologií výroby bylo nákladné. 3D tisk umožní změnu velikosti vnějšího obalu i na základě požadovaných funkcí. Společnost chtěla umožnit spotřebitelům získat přesně takové tvarování, jaké požadují. Uživatel si tak pro sebe může vybrat jen potřebné funkce, zbylé eliminovat a vnější obal se tak utvoří přímo na vnitřní komponenty. Struktura vrstev je charakteristická právě po 3D tisk. Na tomto konceptu jde vidět, že 3D tisk lze využít téměř na cokoli a vytvořit tak pro dané odvětví odlišující se věc. [28] [29]



Obr. 2-10 Koncept vnitřního dílu tištěného 3D [29]

Ergonomické řešení

Jelikož je tento koncept navrhnout pro stávající technologie, které Haier využívá, mají jejich vnitřní jednotky nízkou hlučnost. Ta dosahuje při úsporném režimu jen 15 dBa. Vzduch uvnitř jednotky prochází skrz elektrostatické filtry pro zachycení nečistot. Vzor využitý na krytu jednotky neplní žádnou funkci a jednotka tudíž využívá difuzor pro distribuci vzduchu.

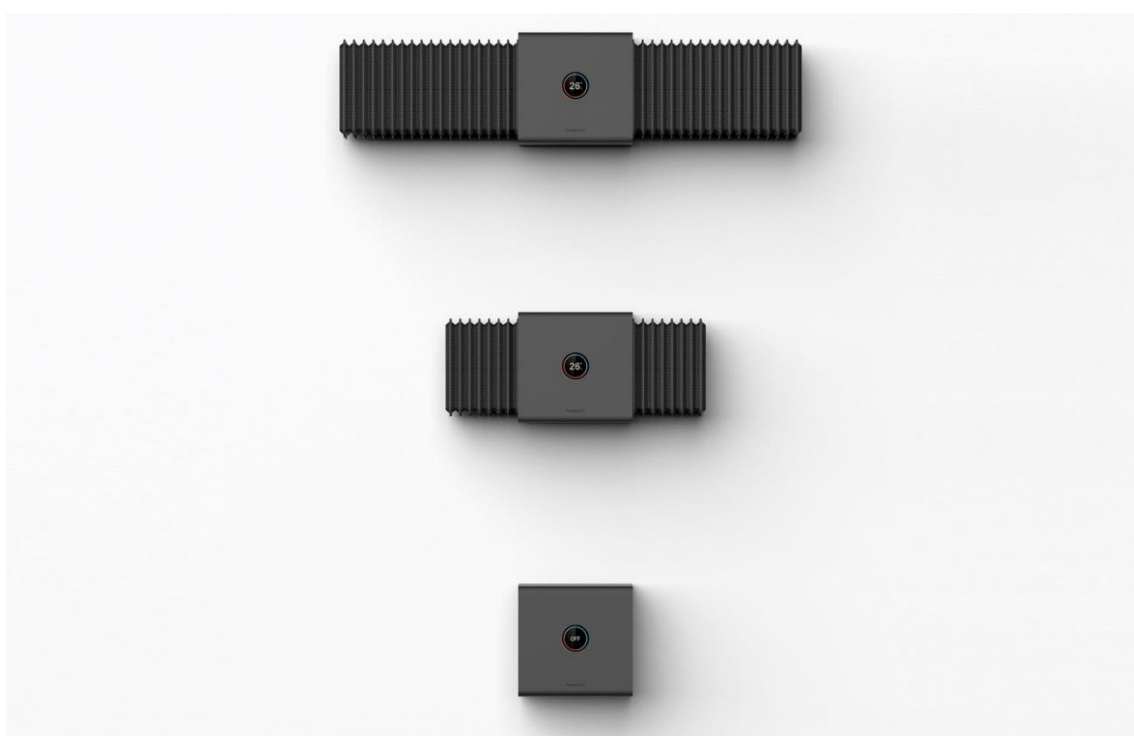
Barevné a grafické řešení

Kombinace barev bílé a modré symbolizuje chladný vzduch vycházející z klimatizace. Vzor vytvořený na povrchu jednotky je zde pouze z estetických důvodů. Logotyp společnosti je zde umístěn napravo dole v černobílé variantě.

Foldable A/C

Designérské řešení

Skládací klimatizace je konceptem firmy Gree z Číny. Tato skládací klimatizace nahrazuje objemnou tradiční klimatizaci a nezabírá příliš mnoho místa. Při zapnutí inteligentně ovládá rozpětí skládacích výstupních ploch. Ramena zvětší svou plochu přesně podle potřeby chlazení. Základním tvarem je kvádr, ze kterého se vysouvají boční ramena. Celý koncept skládací klimatizace vychází z principu harmoniky. Myšlenka tohoto principu na základě změny velikosti je hravá a uživatelům na stěně visí vždy něco trochu jiného. [30]



Obr. 2-11 Koncept skládací klimatizace [30]

Ergonomické řešení

Pokud není klimatizace v provozu, může být zcela složená, díky čemuž šetří prostor. Rozkládací plochy, skrz které proudí vzduch do místnosti, na sobě mají mikro-otvory. To zajišťuje rovnoměrnou distribuci a je zabráněno sálání silného proudu vzduchu. Rozkládací ramena budou samozřejmě zachytávat prach. Jejich čištění bude komplikované především z důvodu složitého povrchu ramen.

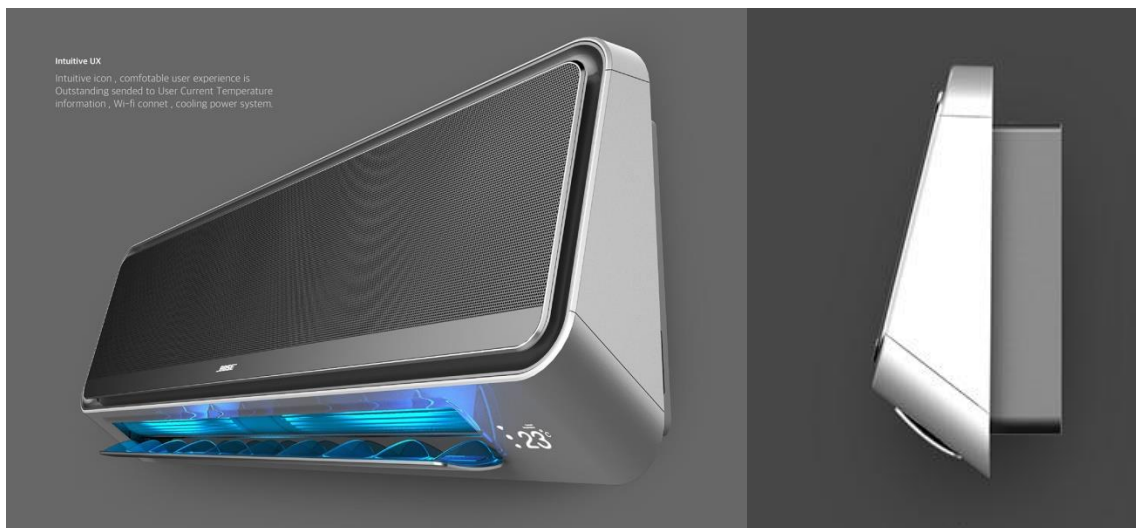
Barevné a grafické řešení

Černá barva je pro vnitřní jednotku velmi netypická. Dodává klimatizaci čistý vzhled a odlišnost. Uprostřed čelní plochy je umístěn display kruhového tvaru. Ten přehledně zobrazuje hodnotu nastavené teploty. Logotyp je volen v reliéfní podobě nad spodní hranou.

BOSE

Designérské řešení

Firma Bose se zabývá především prodejem zvukových audio zařízení. Koncept nástěnného dílu klimatizace do interiéru vychází z tvarových řešení a materiálů používaných u stávajících produktů společnosti. Kryt je vytvořený z hliníku a přední stěna z perforovaného plastu. Celé tvarování je minimalistické a zároveň technické, což vystihuje produkty společnosti Bose. Design této jednotky je dynamický a díky perforované čelní ploše se jednotka může jevit spíše jako reproduktor než klimatizace.



Obr. 2-12 Koncept vnitřního dílu klimatizace firmy BOSE [31]

Ergonomické řešení

Jak již bylo zmíněno, přední plocha dílu je perforovaná malými otvory pro mírné proudění vzduchu do celé místnosti. Při potřebě rychlého chlazení lze využít funkci turbo, pro kterou je určený otvor ve spodní části. Tento otvor je jako u jiných jednotek krytý výklopným difuzorem. Sání vzduchu je v horní ploše zadní části blíže u stěny. [31]

Barevné a grafické řešení

Barevné a materiální rozlišení čelní a boční plochy jednotky není pro klimatizace typické. Celková barevnost je zde volena tmavá. I zde výrobce využívá LED podsvícení, které je viditelné po uvedení jednotky do chodu a odklopení difuzéru. Display zobrazující teplotu a další funkce je v tomto případě zabudován do těla klimatizace, díky čemuž se jeví zcela kompaktně s hlavní plochou.

2.2.3 Krytí vnějších jednotek

Vřazení překážky kolem vnější jednotky je nejčastější způsob, jak skrýt nevzhlednou klimatizaci u rodinného domu. Výhodou zakrytí klimatizační jednotky může být zejména zabránění vniknutí cizích těles do klimatizace, čímž by došlo k narušení její funkce. Další výhodou může být vzniklý odkládací prostor nad klimatizací. Při špatně zvoleném zakrytí klimatizace může dojít k přerušení proudění dostatečného množství vzduchu, čímž se sníží výkon klimatizace.

Níže je příklad podomácku vyrobeného nevhodného krytí venkovní klimatizační jednotky Obr. 2-13. Jelikož je jednotka zakryta plnými plochami z desek bez perforací, vznikne omezený prostor, kudy může kolem jednotky proudit čerstvý vzduch. Současně distribuuje ventilátor teplý vzduch ve směru, kde jej zastaví plná plocha krytu. Teplý vzduch se tudíž hromadí mezi krytem a jednotkou.



Obr. 2-13 Kryt na venkovní jednotku z desek [32]

Druhým příkladem je opět doma vyrobený kryt na venkovní jednotku klimatizace. V tomto případě se ovšem jedná o kryt vyrobený z dřevěných, různě dlouhých čtvercových profilů, jež jsou seskládány na sebe. V horizontálním směru mezi nimi vznikají mezery, čímž je zajištěno lepší proudění vzduchu než v předchozím případě.



Obr. 2-14 Zakrytí venkovní jednotky z profilů [33]

Posledním příkladem překrytí venkovní jednotky je kryt od firmy Foshan M-CITY Aluminum Co.,Ltd. Firma se zabývá výrobou panelů z hliníku. Mezi její výrobky se také řadí perforované kryty venkovní klimatizační jednotky. Firma nabízí kryty s různými vzory perforací i v různém barevném provedení.



Obr. 2-15 Hliníkový kryt na venkovní jednotku [34]

2.3 Technická analýza

2.3.1 Klimatizační zařízení

Klimatizačním systémem rozumíme soustavu klimatizačních zařízení [35] [36]. Klimatizační zařízení je pojem pro sestavu zařízení, které je schopné vykonávat všechny čtyři základní psychrometrické funkce. Jedná se o ohřev, chlazení, vlhčení a odvlhčování. Pokud je zařízení schopno zajistit jen některou z těchto funkcí, jedná se o neúplné částečné klimatizační zařízení. [35]

Klimatizační systémy lze klasifikovat podle výroby chladu na vodní, chladivové, vzduchové a kombinované. Vodní a chladivové systémy nezajišťují větrání. Mezi vodní klimatizační systémy se řadí chladící stropy, kdy je potrubní okruh zabudován přímo v omítce stropu či v podhledu [37]. Dále sem patří jednotky fancoil. Jedná se o ventilátorovou jednotku s vodními výměníky a chladivovým okruhem. Její využití se nachází převážně v prostorách s individuálními nároky na řízení místnosti a administrativních budovách. [38]

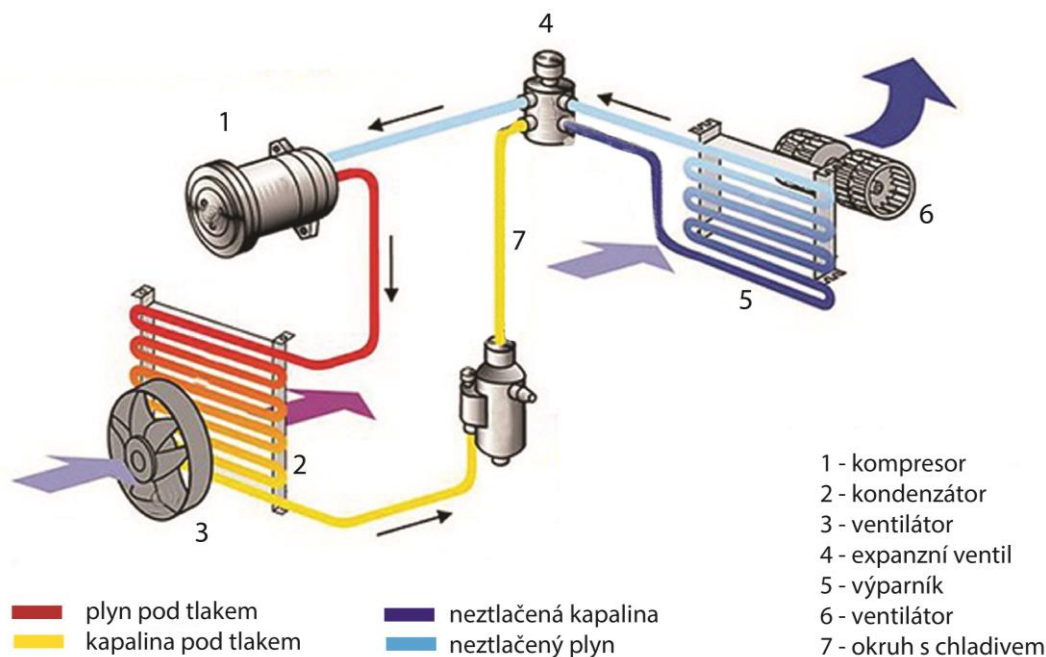
Přesné klimatizační zařízení je jednou ze dvou hlavních oblastí použití klimatizačních systémů. Vyžívají se zejména pro prostředí s vysokými požadavky na kvalitu prostředí, kde je nutné dbát nejen na teplotu, ale také na vlhkost vzduchu. Přesné klimatizace se využívají pro technologické prostory, telekomunikační a výpočetní centra, laboratoře a serverovny. Oproti tomu komfortní klimatizační zařízení zajišťuje kvalitu ovzduší pro prostory s pobytem osob. Nemusejí tedy udržovat tak přesné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu jako zařízení používaná v průmyslových aplikacích. Požadavky vnitřního prostředí na teplotu vzduchu jsou v rozmezí 20–25 °C a na relativní vlhkost vzduchu od 30 do 70 %. Spodní hodnoty platí pro zimní období a horní hodnoty pro období letní. Oproti průmyslovým provozům je u komfortních klimatizací kladen důraz na absenci pachů a nízký obsah škodlivin. Vzhledem k rozsáhlému sortimentu klimatizačních zařízení a jejich dělení (viz. [39]) budou dále rozebrány jenom zařízení důležité pro tuto práci. [35] [39]

2.3.2 Funkce klimatizačního zařízení

Princip fungování různých typů klimatizací je stejný a z hlediska vnitřních komponent se v základu také neliší. Vnější díl obsahuje kompresor, ventilátor, kondenzátor, reverzní a expanzní ventil. Vnitřní díl obsahuje výparník, ventilátor a filtr. Z vnitřního dílu je navíc potrubím odváděn kondenzát. Oba díly klimatizace jsou propojeny elektrickými kabely a měděným potrubím, jež vytváří uzavřený okruh. Jediným rozdílem u jednotky split a multi-split je napojení jednoho nebo více vnitřních dílů k jednomu více či méně výkonnému vnějšmu dílu. Vnější i vnitřní jednotky mají rozmanité rozměry, které se odvíjí především od rozměrů zvolených vnitřních komponent.

Kompresor žene plynnou pracovní látku pod vysokým tlakem a vysokou teplotou do kondenzátoru, kde je mu energie odebrána a vzniká přebytečné teplo. Horký vzduch je odváděn ventilátorem do venkovního prostředí. V kondenzátoru se sníží teplota pracovní látky a ta se stává kapalnou. Zkondenzované chladivo dále prochází škrtícím prvkem, tj. expanzním ventilem, který reguluje průtok chladiva do výparníku. Ve výparníku přijímá pracovní látka teplo z okolního vzduchu procházejícího kolem, což zapříčiní zvýšení teploty pracovní látky a dojde k jejímu vypařování. Chladivo je přeměněno zpět na plyn a celý proces se opakuje.

Při potřebě vytápění je možné proces obrátit a místo chlazení klimatizací topit. Tok chladiva v opačném směru zajišťuje reverzní ventil. Reverzní ventil zamění nejen směr toku pracovní látky, ale z kondenzátoru pro ohřev se stává výparník a z výparníku pro chlazení se stává kondenzátor, přes který proudí do bytového prostoru teplý vzduch.



Obr. 2-16 Schéma vnitřních částí klimatizační jednotky Split (upraveno) [43]

2.3.1 Chladivové klimatizační systémy

Chladivové klimatizační systémy využívají k chlazení okolního vzduchu změnu fáze pracovní látky. Jako pracovní látky se používají kapaliny s nízkou teplotou vypařování, jež se pohybuje často jen okolo 0 °C. Používané látky jsou od 60. let 20. století stále zdokonalovány s ohledem na jejich tepelné vlastnosti. Zejména je však kladen důraz na jejich šetrnost k životnímu prostředí, jejichž používání vymezuje Nařízení vlády č. 2037/2000 [44]. Nejšetrnější teplotnosnou látkou je CO₂, které však nemá takové tepelné vlastnosti, aby mohlo být více využíváno k ochlazování místností. [45] [46] [47]

Chladivové klimatizační systémy dělíme podle konstrukce na mobilní klimatizační jednotky, okenní klimatizátory a dělené klimatizační jednotky split, multi-split, VRF (z angl. Variable Refrigerant Flow). [2]

Mobilní klimatizační jednotky jsou určeny do místností, kde momentálně potřebujeme snížit teplotu a je možné je snadno přemístit. Z jednotky je vyvedena ohebná hadice pro odvod ohřátého vzduchu ven z místnosti. Všechny jejich vnitřní komponenty jsou uvnitř a nejsou rozděleny.

Okenní klimatizátory jsou uzpůsobeny tak, aby se snadno vešly do prostoru okenního rámu. Vnitřní komponenty jsou uspořádány tak, že část s kondenzátorem vyčnívá do venkovních prostor a odvádí přebytečné teplo.

Klimatizační jednotky Split (z angl. split = dělený) jsou vždy dělené a sestávají ze dvou dílů. Vnější díl má na starosti přeměnu pracovního média a jeho přepravu okruhem. Vnitřní díl má na starosti chlazení vzduchu a jeho distribuci do místnosti. Obě tyto jednotky jsou propojeny měděným potrubím a elektrickými kabely.

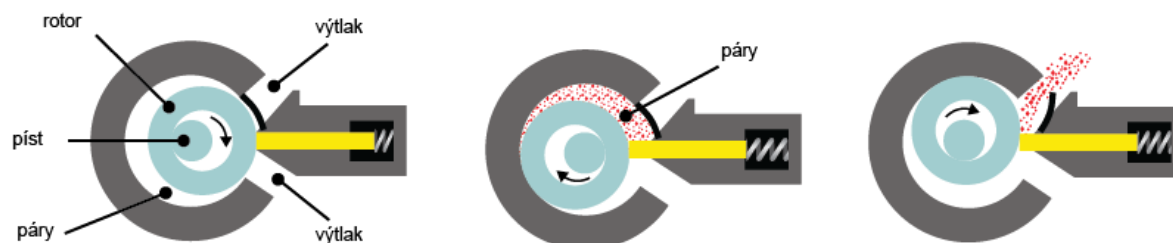
Klimatizační jednotky multi-split jsou zařízení, kde je jedna výkonnější vnější jednotka napojena na více vnitřních jednotek (dle výrobce, maximálně 4–6 kusů). Vnitřní uspořádání jednotlivých dílů je stejné jako u klimatizací typu split.

Klimatizační jednotky VRF jsou zařízení, kdy lze na jednu výkonnou jednotku připojit až 90 různých vnitřních jednotek a mohou pracovat nezávisle na sobě. [46]

2.3.2 Komponenty vnější jednotky

Kompresor

Chladivový kompresor je součástí chladicího zařízení a je hlavním zdrojem dopravního tlaku klimatizace. Je u nich vyžadována naprostá těsnost, aby nedocházelo k únikům stlačovaného chladiva do okolí. Dále je také zamezeno vnikání vzduchu a vlhkosti dovnitř do kompresoru. Kompresory se dělí do několika skupin podle způsobu zvyšování tlaku. Jedná se o *pístové kompresory*, *šroubové kompresory*, *rotační kompresory*, *kompresory scroll* a *membránové kompresory*. Rotační objemové kompresory mají jednodušší konstrukční řešení oproti pístovým kompresorům. Rotační kompresory se dále dělí na kompresory *s rotujícím pístem*, *lamelové kompresory* a další. Jejich základem je jednosměrné stlačování. [48] [38]



Obr. 2-17 Schéma rotačního kompresoru (upraveno) [38]

V dnešních klimatizacích se u kompresorů využívají dva typy motorů, jež se vyznačují nižší hlučností. Prvním typem je *FixSpeed* (z ang. fix-speed = stálá rychlost), jež má pevný počet otáček, stálý výkon a lze jej ovládat pouze vypnutím a zapnutím celého zařízení. Druhým typem je *Invertorový motor*, u kterého je možné ovládat otáčky a plynule tak regulovat jeho okamžitý výkon. Frekvence a napětí je regulováno za pomoci frekvenčního měniče, což zajišťuje dodání a odebrání jen potřebného tepelného výkonu.



Obr. 2-18 Rotační kompresor [49]

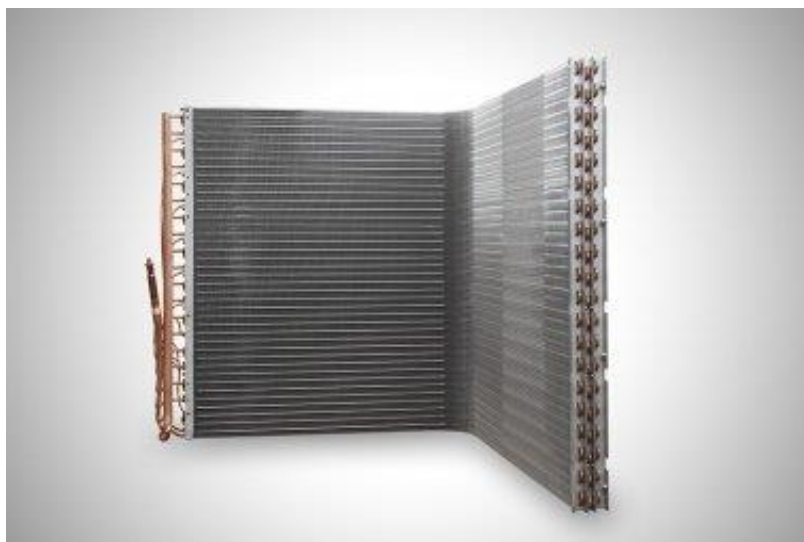
Kondenzátor

Kondenzátor nebo také chladič je tepelný výměník stejně jako výparník. Zajišťuje funkci sdílení tepla mezi pracovní látkou a okolním prostředím [50]. Výměníky se dělí podle způsobu předávání tepelné energie nejčastěji na *rekuperační, regenerační a směšovací*. Z hlediska způsobu předávání tepla se v klimatizacích využívá rekuperační přenos energie, jelikož zde nedochází k mísení chladicího média a vzduchu (chladiivo je nepropustně uzavřeno v okruhu). [51] [52] [53]

Podle typu konstrukce se výměníky dělí na *lamelové, kotlové a deskové výměníky*. Lamelové výměníky tepla se nejčastěji využívají pro přenos tepla mezi dvěma látkami, z nichž jedna je vždy vzduch. Jelikož má vzduch nízký součinitel přenosu tepla, zvýšení teplosměnné plochy v podobě žeber tuto ztrátu kompenzuje. Vzduch, který přes kondenzátor prochází z okolního prostředí, odebírá teplo. [38]

Výměníky tepla využívají změnu fáze, kdy plynné chladivo pod vysokým tlakem projde jednotlivými trubkami kondenzátoru několikrát sem a tam. Tím je postupně ochlazováno a za stálého tlaku zkapalněno. Takto přeměněné chladivo odchází z kondenzátoru ven.

Kondenzátory mohou být jednořadé, nebo u výkonnějších klimatizačních zařízení také víceřadé. Lze je také vyrábět v přímém/rovném provedení, či zahnuté do tvaru „L“.



Obr. 2-19 Lamelový výměník tepla [54]

Axiální ventilátor

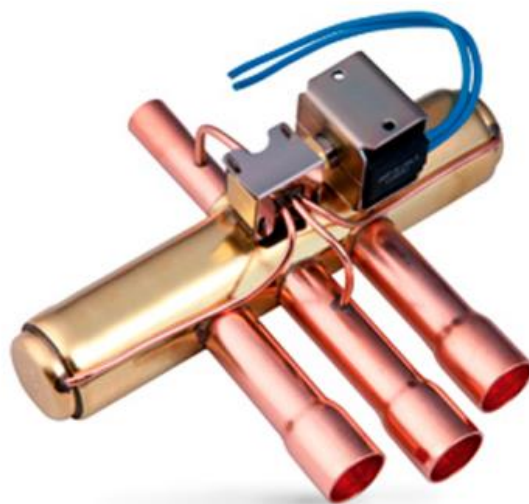
Ve venkovním dílu klimatizace je používán axiální ventilátor, který zajišťuje vysoký průtok vzduchu přes výměník tepla. Lopatky jsou poháněny motorem, který je umístěn ve středu ventilátoru. Vzduch je při otáčení ventilátoru kolem své osy dopravován v axiálním směru. Lopatky nasávají přebytečné teplo z okolí kondenzátoru a distribují jej do okolí. Ventilátor je tedy umístěn před kondenzátor. [55]



Obr. 2-20 Axiální ventilátor [56]

Reverzní ventil

Čtyřcestný reverzní ventil umožňuje obrácený chod chladicího média v chladících a klimatizačních zařízeních a u tepelných čerpadel. Díky jejich konstrukci je lze přepínat za plného zatížení. Jsou určeny pro chladiva typu R22, R134A, R404A, R410A a R507. [57]

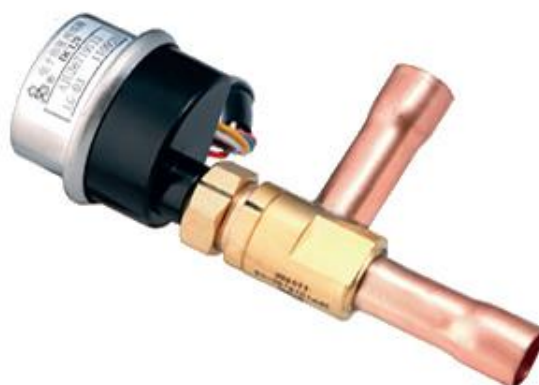


Obr. 2-21 Čtyřcestný reverzní ventil [58]

2.3.3 Komponenty vnitřní jednotky

Expanzní ventil

Expanzní ventil je důležitou součástí chladicího okruhu klimatizačních zařízení. Jsou také označovány jako vstříkovací či škrtící ventily. Zajišťují expanzi chladiva v kapalném stavu a umožňují přívod přesného množství chladiva do výparníku, které se zde bez zbytku vypaří. Díky tomu je kompresor chráněn před nasátím chladiva v kapalném stavu. Škrtící prvky rozdělují chladicí okruh na vysokotlakou a nízkotlakou část. Expanzní ventily se dělí podle konstrukce na *mechanické* a *elektronické*. Elektronický expanzní ventil je mechanická součást ovládaná elektrickým regulátorem. Elektronicky tak ovlivňuje průtok chladiva, zajišťuje jeho požadované přehřátí a zároveň zajišťuje úplné odpaření chladiva před vstupem do kompresoru. [38]



Obr. 2-22 Elektronický expanzní ventil [59]

Výparník

Ve výparníku dochází k vypařování chladiva. Jedná se o výměník tepla, v němž je chlazené látce odebíráno teplo, které je následně pohlceno chladivem. Vzduch, který přes výparník prochází z okolního prostředí je ochlazován a odvlhčován. Výparníky chlazené vzduchem jsou konstrukčně řešené jako lamelové výměníky tepla (viz. kap. 2.3.2 Kondenzátor)

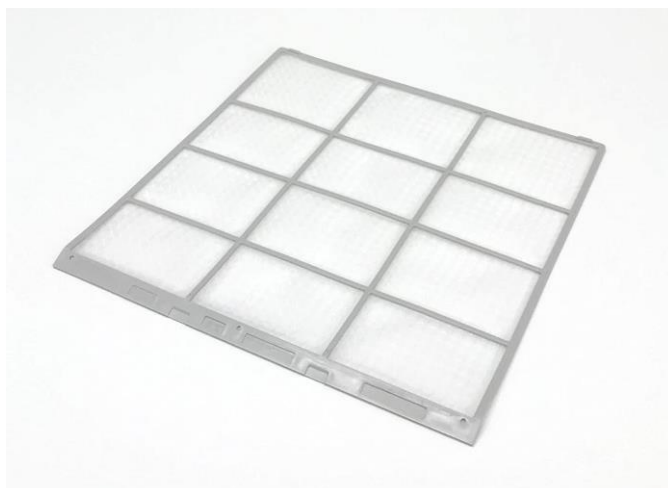
Stejně jako kondenzátor i výparník lze ošetřit různými povrchovými úpravami. Mezi ně patří hydrofilní či hydrofobní provedení ochrany lamel. [54]



Obr. 2-23 Výměník tepla s povrchovými úpravami lamel [54]

Filtr

Filtry jsou zastoupeny převážně u komfortních klimatizací pro splnění hygienických limitů, ale slouží také k ochraně vlastních součástí jednotky. Podle norem ČSN EN ISO 16890-1 [60] a ČSN EN 1822-1 [61] se filtry dělí na vysoce účinné, aerosolové filtry a na prachové filtry pro běžné větrání. Filtry se dále mohou dělit podle jejich provedení, účinnosti nebo tlakové ztráty. Do pracovních a obytných prostor se často využívají sorpční filtry určené k zachytu plyných škodlivin, ale také prachu, alergenů či bakterií, jež jsou zachytávány na vrstvu aktivního uhlí. Filtry by se měly shodně dle výrobců čistit v domácnostech nejlépe jednou ročně, v závislosti na prostředí. Nečistoty z prachových filtrů lze jednoduše odstranit vysavačem nebo omýt tekoucí vodou. [62]



Obr. 2-24 Prachový filtr

Tangenciální ventilátor

Tangenciální neboli průtokový ventilátor má typický sudovitý tvar. Jeho zakřivené lopatky vedou po celé součásti a zajišťují proudění vzduchu po celé šířce ventilátoru. Díky funkci nasátí a přenosu vzduchu na delší vzdálenost se využívají právě ve vnitřních dílech klimatizačních zařízení. Proudové ventilátory jsou velmi tiché a rovnoměrně distribuují vzduch na delší vzdálenosti. [55]



Obr. 2-25 Tangenciální ventilátor [63]

Radiální/odstředivý ventilátor

Radiální neboli odstředivý ventilátor má kruhový tvar s nízkou hloubkou profilu. Vnější obvod tvoří lopatky a ve středu ventilátoru je umístěn motor. Typy lopatek jsou *kruhové*, *radiální*, *dopředu zakřivené*, *dozadu zakřivené*, *dozadu nakloněné* a *airfoil*. Ventilátor nasává vzduch středem a dále jej distribuuje po obvodu do všech směrů. Nejčastěji se tento typ ventilátorů u klimatizačních zařízení využívá ve stropních jednotkách, jelikož distribuce vzduchu probíhá po celém obvodu rovnoměrně. Nevýhodou radiálního ventilátoru je vyšší hlučnost oproti tangenciálnímu ventilátoru. [55]



Obr. 2-26 Radiální oběžné kolo [56]

2.3.4 Propojení jednotky

Měděné potrubí

Oba díly jednotky jsou propojeny měděným potrubím, které je chráněno izolací. Měď je pro potrubí v klimatizačních zařízeních velice vhodná, jelikož s klesající teplotou reaguje měď vzrůstající pevností [64]. Měď je také velice odolná vůči poškození chladivem. Při montáži musejí měděné trubky odpovídat ČSN EN 12735-1 [65]. Požadavky na kvalitu trubek se týkají především vnitřního povrchu, odolnosti vůči tlaku a uzavření konců trubek. Potrubí se dělí na několik sekcí, *výtlačné potrubí*, *potrubí kondenzátu*, *kapalinové potrubí*, *potrubí expandovaného chladiva*, *sací potrubí*, *potrubí odtávání horkými parami a potrubí odtávání chladnými parami stlačeného chladiva*. Pro správnou funkci klimatizačního zařízení je nutné dodržet správné dimenzování jednotlivých úseků a dodržovat pravidla při montáži. S potrubím jsou společně vedeny elektrické kabely. [1] [38]

Chladivo

Pomocí chladiva dochází v klimatizaci k tepelné výměně během oběhu látky v okruhu. Do klimatizačních zařízení se v současnosti používají halogenové uhlovodíky typu HFC a HFO podléhající legislativnímu omezení EU č. 517/2014 [66]. Do skupiny v současnosti používaných chladiv patří *R404A*, *R507A*, *R22*, *R410A* a *R134A*. Chladivo *R410A* zatím nepodléhá žádnému legislativnímu omezení a patří mezi nejpoužívanější chladiva na trhu. Jeho alternativou je chladivo *R32*, jedná se o chladivo *R410A* s aditivy. Nová chladiva či jejich směsi s nízkým skleníkovým efektem GWP (z angl. Global Warming Potential), prozatím nemají dostatečnou objemovou chladivost nebo vyžadují vysoké bezpečnostní nároky. Rozdělení chladiv podle nebezpečnosti podléhá normě ČSN-EN 378:2016 [67]. [68]

2.3.5 Zhodnocení komponent

Použití, velikost a vlastnosti jednotlivých komponent závisí především na požadovaných vlastnostech klimatizačního zařízení a na jeho výkonu. V současnosti nejpoužívanějšími typy klimatizačních zařízení v domácnostech jsou typy Split nebo multi-split.

Pro klimatizační jednotky typu Split byly rozebrány ty nejdůležitější a nejpoužívanější prvky. Kompresor, který zajišťuje chod celého zařízení, slouží ke stlačování chladiva. To putuje pod tlakem do kondenzátoru, kde se mění v kapalinu. Kondenzátor slouží k odebrání tepla. Reverzní ventil je určený pro možnou změnu chodu klimatizačního zařízení a škrtkový ventil je naopak určen pro expanzi chladiva do výparníku. Výparník je opět výměník tepla, který ale slouží k vypařování chladiva. Celý chladicí okruh propojuje měděné potrubí, jehož materiálové vlastnosti vyhovují nízkým teplotám. K přepravě vzduchu a lepší tepelné výměně napomáhají dva ventilátory. U vnější jednotky je nejpoužívanějším typem axiální ventilátor. U nástěnných jednotek používaných uvnitř je tímto typem tangenciální ventilátor. Všechny tyto komponenty jsou nezbytné pro chod klimatizačního zařízení.

2.3.6 Rozvoj technologie 3D tisk

V roce 2018 připadalo celosvětově na průmysl aditivní technologie 8 miliard dolarů. Očekává se však, že se toto odvětví rozšíří a v roce 2026 bude na tento průmysl připadat obrovských 51 miliard dolarů. Jeho roční míra růstu je 24–26 %, jelikož zasahuje do každého velkého odvětví průmyslu, a to i do stavebnictví. [40]

3D tisk ve stavebnictví se zabývá vytvářením celých domů, ale i jejich částí, např. fasád. Pomocí 3D tisku se dá ve stavebnictví více přiblížit strukturám podobným freeform (z angl. free-form = volná forma). Vývojem multifunkčního fasádního prvku se zabývají vědci z Technické university v Mnichově (TUM). Jejich fasáda vyvinutá za pomoci aditivní technologie v sobě integruje funkce větrání, zastínění a izolace. 3D tisk umožňuje vytvářet zvlněný povrch, který zvyšuje efektivitu funkcí zastínění a větrání, jež tyto fasády nabízejí. [41]

Aditivní technologie ve stavebnictví je v posledních 3–5 letech čím dál oblíbenější. Umožňuje bezpečnější a rychlejší výstavbu objektů s minimem odpadu, což zvyšuje efektivitu výstavby. V současnosti snižuje aditivní výroba domů náklady asi o 20 %, v budoucnu se však odhaduje snížení nákladů až o 50 %, a to v důsledku snížení nákladů na materiály a pracovní sílu. Jsou také názory, že bychom v příštích pěti letech mohli žít ve vlastní 3D tištěné struktuře. [40]

3D-tištěné domy mají potenciál vyřešit mnoho problémů, kterým dnes čelí architektura a stavebnictví. Technologie 3D tisku má potenciál transformovat velké části architektury a konstrukce, protože společně umožňuje experimentovat s designem a stavět domy levným, rychlým a ekologickým způsobem. Charakteristické pro 3D tištěné domy je jejich netypický tvar, který je umožněn právě díky pohybům robota, jež má větší rozsah a není omezen jen na přímé linie. Kombinací robotů a použitím 3D technologie bude mnohem snazší vytvářet budovy se složitými tvary. Domy stavěné za pomoci aditivní technologie mívají organický, nepravidelný tvar a charakteristickou strukturu, tu je však možné podle zájmu skrýt či nikoliv. Ke 3D tištěným stavbám je kvůli jejich specifickému tvaru nutné obstarat veškerý nábytek a spotřebiče v interiéru na míru. Eindhoven University of Technology vyvinula kustomizovatelné domy, jejichž vybavení lze přizpůsobit dle potřeb uživatelů. V tomto kontextu je pak vhodnou volbou využití aditivní výroby klimatizační jednotky. [42]

2.3.7 Princip aditivní výroby

Při této technologii výroby vzniká finální výrobek postupným nanášením materiálu v tenkých vrstvách. Ty jsou navzájem spojeny tavením. Při konvenčních způsobech výroby je materiál odebírán, oproti tomu aditivní výroba umožňuje výrobu s menším množstvím odpadu. Současně umožňuje vytvářet konstrukce složitých tvarů bez nutnosti využití dalších nástrojů. Díky tomuto procesu obstarává celou výrobu pouze vhodná 3D tiskárna, čímž eliminuje další výrobní operace, jako je vstřikování, obrábění atd. 3D tisk je vyhovující pro malosériovou výrobu, jež je díky němu levnější, rychlejší a flexibilnější v případě změny modelu. Vytisknutí výrobku předchází vytvoření digitálního 3D modelu, k čemuž lze využít mnoho softwarů. Jakákoliv změna na modelu není pro výrobu 3D tiskem překážkou. Díky tomu je do procesu vnesena značná variabilita, tudíž je možné každý předmět individuálně přizpůsobit dle potřeb. [69] [70] [71]

3D tisk má i svá omezení. Pro sériovou výrobu se tato metoda ukazuje jako neekonomická a pomalá oproti tradičnímu vstřikování nebo obrábění. Nevýhodou 3D tisku je také nepřesnost a tolerance finálního produktu. Přesnost vytištěného produktu se pohybuje v rozmezí $\pm 0,5$ mm až $\pm 0,2$ mm. Na tyto hodnoty má vliv kvalita tiskárny, její konstrukce, kalibrace a technologie tisku. Další nevýhodou je využívání tzv. opor, které jsou nutné při tisku velkých převisů. Po jejich odstranění mohou na povrchu předmětu zůstat otřepy. Nevýhody jsou částečně vyváženy nižšími vstupními náklady na koupi nákladných strojů a vnikem nižšího či nulového odpadu. Nutnost využívání opor je možné minimalizovat zvolením vhodné technologie tisku. [71] [72]

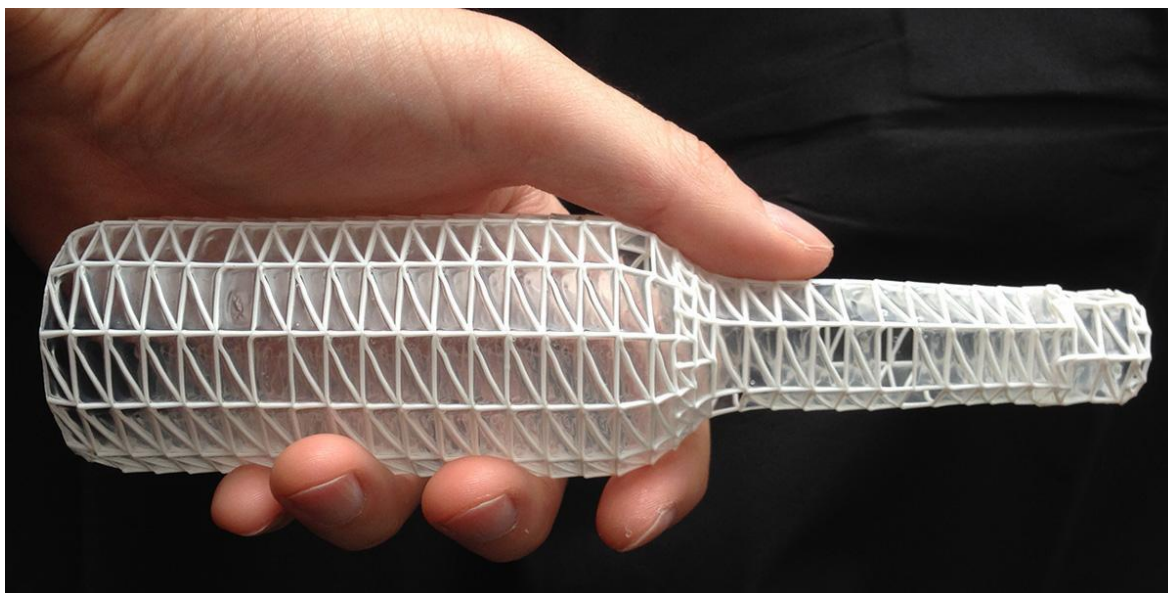
Pro aditivní výrobu plastů se nejčastěji používá technologie FDM a SLS. FDM (z angl. Fused Deposition Modeling) využívá k tvorbě modelů termoplastický materiál v podobě tiskové struny. Ta prochází tiskovou hlavou, kde dochází k jejímu tavení, a v polotekutém stavu je nanášena na stavební podložku. Pokud je v některých místech nutná tvorba podpor, lze je tvořit ze stejného či vodou rozpustného materiálu. SLS (z angl. Selective Laser Sintering) využívá laser jako zdroj energie pro vytvoření pevného 3D modelu. Tato technologie využívá práškový materiál a není zapotřebí podpurných konstrukcí. [73] [74]

Aditivní výroba za pomoci robotického ramene umožňuje rychlou reakci požadovaných podmínek. Rameno dovoluje obsáhnout velkou plochu a díky šesti osám dokáže naklánět tiskovou hlavu. Při vytváření vrstev tisku je také možná změna síly/tloušťky vrstev. Svoboda pohybu ramene umožňuje tisk velkých úhlů a převisů. Při vhodném návrhu produktu a jeho orientaci je tudíž možné jej vytisknout zcela bez podpor. Tato problematika byla popsána v článku [75] Petrem Krejčířikem. [76]



Obr. 2-27 Rozsah pohybů robotického ramene (upraveno) [77]

Další výhodou tisku robotickým ramenem je tisk prutových struktur. Rameno umožňuje tisk těchto struktur za lepších podmínek a současně ve velkém měřítku. Společnost Branch technology se zabývá tvorbou produktů za pomoci technologie C-Fab (z angl. Cellular fabrication). Výroba takovýchto prutových struktur je efektivní, jelikož zrychluje tisk produktu. Pokud není nutné vytvářet předmět v celém objemu, nebo lze tento objem nahradit prutovou strukturou, je možné snížit celkový čas tisku až na desetinu. [78] [79]



Obr. 2-28 Tisk prutové struktury [79]

Pro návrh klimatizační jednotky bude využito robotické rameno Kuka KR 60 HA. Hlavními parametry tohoto zařízení je šestiosý pohyb, maximální zatížení 60 kg a opakovatelnost polohování v toleranci $\pm 0,05$ mm. Maximální dosah ramene je 2 033 mm. Dále bude využita kustomizovaná tisková hlava s tryskou o průměru 2 mm. Tisková hlava obsahuje krokový motor a hotend s termočlánkem. Strunový filament prochází skrz trysku, kde dochází k tavení materiálu. Aby byl materiál ideálně chlazen, jsou po obvodu extruzní trysky umístěny dvě, speciálně vyrobené, chladičí trysky. Skrz ty proudí stlačený vzduch. [77]

2.3.8 Materiál

Pro tisk se využívají polymerní materiály. Nejčastěji jsou v pevném stavu a mají formu drátu navinutého na cívce. *ABS* (Akrylonitrilbutadienstyren), *PLA* (Polyactic acid) a *PET-G* (polyethylene terephthalate glycol) patří mezi nejpoužívanější termoplasty pro technologii tisku FDM. Hlavní výhodou ABS je jeho tuhost, odolnost vůči chemikáliím a možnost využití při nízkých a vysokých teplotách. PLA lze získat z obnovitelných zdrojů a oproti ABS je snadněji zpracovatelný. Materiál je méně odolný vůči vysokým teplotám, zároveň je ale méně náchylný k deformacím a vadám při jeho tuhnutí. PET-G vlákno má vlastnosti kombinující materiály ABS i PLA. Je odolný vůči kyselinám, rozpouštědlům, vysokým i nízkým teplotám. Jeho využití je tedy možné i pro venkovní prostory. PET-G materiál má dobrou adhezi vrstev a nízké riziko zkroucení. Další jeho výhodou je vysoká odolnost vůči nárazům. Stejně jako PLA lze recyklovat. Teplota extrudéru pro materiál PET-G se pohybuje mezi 235 °C až 255 °C. [80]

Dle ČSN EN 1886 [81] musí být materiál krytování klimatizační jednotky nehořlavý nebo špatně hořlavý. Samotné materiály pro 3D tisk ve stavu, ve kterém se používají, tuto podmínku nespĺňují, avšak přidáním aditiv lze jejich vlastnosti modifikovat. Plasty lze upravit proti požáru za pomoci retardérů hoření různými způsoby. Je možné přidání aditiv např. boritanů, které se účinkem tepla taví a vytvoří nehořlavý povlak. Antioxidační efekt lze vytvořit halogenovými sloučeninami, při jejichž rozkladu vzniká obal zhasějící plamen. Další možností je pokrytí materiálu nesnadno hořlavým či ohnivzdorným nátěrem. Díky retardérům hoření spadají takovéto materiály do kategorie samozhášivých či nesnadno hořlavých. [82]

Nejpoužívanějšími retardéry hoření v termoplastech jsou retardéry na bázi anorganických plniv. Dále to mohou být například fosfáty, fosfonáty, fosfinové oxidy a retardéry na bázi bóru. Vlastnosti některých retardérů na bázi anorganických plniv jsou shrnuty v tabulce 2-1. [83]

Tab. 2-1 Vlastnosti retardérů hoření [83]

	Teplota rozpadu [°C]	Složení odpadků [%w/w]	
		H ₂ O	CO ₂
Hydroxid hlinitý	180 – 200	34,5	0
Boemhit	340 – 350	15	0
Hydroxid hořečnatý	300 – 320	31	0
Hydroxid vápenatý	430 – 450	24	0
Fosforečnan hořečnatý	140 – 150	35,5	0

Při porovnání teploty tavení materiálu PET-G, která je nutná k jeho tisku, a teplot rozpadu u retardérů hoření je možné zvolit nejvhodnější kombinaci. Materiál PET-G je odolný vůči teplotě do 120 °C, ovšem teplota nutná k jeho zpracování je ± 250 °C [80]. Z toho plyne, že teplota rozpadu retardéru musí být vyšší než 260 °C. Hydroxid hořečnatý má tepelnou stabilitu nad 300 °C, tudíž může být používán v termoplastech zpracovávaných při vyšších teplotách. Hydroxid hořečnatý má při rozpadu vyšší podíl hmotnosti H₂O než jiné látky.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Současná finanční náročnost stavby budov má vliv na finální energetiku stavby. S tím souvisí každoroční nárůst poptávky po klimatizacích, na což má také vliv nárůst poptávky po instalaci klimatizací v rodinných domech, bytech i veřejných prostorech. Pro pocit komfortu člověka je kvalita vzduchu v jakékoliv místnosti důležitá a má vliv na lidský organismus. V prostorech s velkým počtem lidí, jako jsou galerie, divadla a obchody se snadno zhoršuje kvalita ovzduší. Instalací vhodné klimatizace je možné zmírnit tyto dopady. V domácím prostředí se jedná o zvýšení tepelného komfortu obyvatel dle individuálních potřeb.

Zvýšení poptávky po klimatizacích a jejich instalace na vnější fasádu budov má pro okolí negativní vizuální dopad. Výrobci nevěnují vzhledu vnějších jednotek dostatečnou pozornost, a tak opomíjí fakt, že tyto jednotky jsou stejně viditelné jako jednotky vnitřní. Propojením vnější jednotky s budovou se zlepší vnímání klimatizačního zařízení.

Hlavním problémem současných klimatizací je distribuce vzduchu. Ta ve většině případů probíhá přes velký otvor s difuzorem, který svým pohybem zajišťuje lepší distribuci chladného vzduchu. Takto dopravovaný vzduch do místnosti má podobu velkého proudu a častěji tak vzniká průvan. U majitelů se mohou vyskytnout pocity nekomfortu nebo až zdravotní obtíže. V důsledku takovéto distribuce vzduchu lidé častěji klimatizaci opakovaně vypínají a zapínají a v místnosti se hůře udržuje požadovaná teplota. Vhodnou alternativou se zde jeví distribuce vzduchu skrz malé otvory, které vzduch zpomalují a lépe rozdělují do více směrů. Vnitřních klimatizačních jednotek s touto alternativou distribuce je v současnosti na trhu pouze několik, a to jen u dvou výrobců.

Jelikož spolu klimatizační jednotka a budova úzce souvisí, je vhodné při pohledu do budoucna uvažovat o vytváření klimatizace za pomoci aditivní technologie. V tomto případě je velkou výhodou nárůst popularity 3D tisku ve stavebnictví. Takto jsou budovány celé domy, ale i fasádní prvky, jejichž součástí může být také klimatizační jednotka. Kvůli vizuálnímu dopadu venkovní jednotky na fasádu domu je nutné tvarové propojení stavby a klimatizačního zařízení. Řešením této situace se nabízí propojení tvaru samotné jednotky se současnými budovami nebo vytvoření celé 3D tištěné fasády, jejíž součástí bude i klimatizační jednotka.

Současná technologie výroby je omezena použitím forem. Je vhodná pro velkosériovou výrobu, avšak nenabízí možnost individuálních požadavků. Při využití aditivní robotické technologie, jako technologie výroby klimatizačního zařízení, je další výhodou snadná změna vnějších parametrů. Jde o rozměrové parametry, jež se mění v závislosti na výkonu klimatizace. Nebo se jedná o velikost, počet a rozmístění otvorů na krytu klimatizační jednotky. Tyto otvory jsou důležité zejména pro vnitřní jednotku, kde dochází k distribuci vzduchu, která má přímý vliv na uživatele.

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení rešerše

Designérská analýza odhalila nedostatky klimatizačních jednotek zejména u distribuce vzduchu vnitřní jednotky a také u vizuální nesourodosti venkovní jednotky se stavbou. V současné době pracují klimatizační systémy s příliš vysokými objemy vzduchu, což zvyšuje provozní náklady. Kvůli přepravě velkého množství vzduchu také vzniká průvan, způsobující nepříjemný pocit osob uvnitř. Alternativa v podobě perforovaného krytu umožňuje lepší distribuci vzduchu. Takovýto vzduch má lineární proudění, které nezpůsobuje průvan. Vzduch je také pomalejší a více rozptýlený oproti stávajícímu způsobu distribuce. [84]

Z provedených analýz a konzultací s dlouholetým odborníkem z oblasti chladících zařízení vyplývá, že jednotky Split a multi-slit jsou pro využití do domácností stále nejvýhodnější. Systém fancoil využívá méně chladiva typu HFC v kombinaci s vodou. Jeví se tudíž jako více ekologická náhrada za klimatizační systémy čistě na bázi média typu HFC. Systém fancoil je ovšem ekonomicky nákladnější, tudíž se vyplatí pouze pro průmyslové využití. Další nevýhodou je technická náročnost provedení a složité vedení potrubí. Další alternativou se nabízí klimatizační systémy s CO₂ jako teplotonosnou látkou. Ty však nejsou kvůli špatnému přenosu tepla tolik výkonné jako současné klimatizace.

Analýza také prokázala, že kvůli stávající technologii výroby není možné přizpůsobení designu klimatizačních jednotek dle požadavků zákazníka. Technologií aditivní robotické výroby by byla umožněna změna velikosti a parametru perforací krytu. Díky této výhodě odpadá nutnost výroby forem, jako je tomu u současné technologie výroby krytů. Tiskové možnosti robotického ramene z pohledu jeho pohybu jsou mnohem rozmanitější než u klasické 3D tiskárny a umožňují tisk složitějších tvarů v jednom kuse.

Tisk složitějších tvarů umožňuje přizpůsobení tvaru venkovní jednotky konkrétní budově. Tato výhoda se nejvíce projeví při propojení venkovní jednotky vyrobené aditivní technologií a 3D tištěné stavby či fasády.

Jak již bylo zmíněno, při vyhodnocení dalších aspektů se pro lepší komfort uživatelů jeví jako vhodné využití perforací v krytu. Za stávající technologie výroby jsou tyto perforace vyrobitelné, ovšem je třeba dalšího obrábění a vznikne takto další odpad. Robotická aditivní výroba umožňuje tvorbu prutových struktur, které jsou pro perforace vhodným řešením. Díky tomuto principu aditivní výroby je nejenom snížen čas výroby, ale také nedochází k tvorbě odpadního materiálu.

3.3 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je navrhnout vnitřní a vnější jednotku klimatizačního zařízení za pomoci aditivní robotické výroby, která umožní prostorovou adaptabilitu. Výhodou tohoto návrhu je za pomoci předmětné technologie možnost snadné parametrizace. Jedná se o parametry jako jsou základní rozměry jednotky, odvíjející se od velikosti vnitřních komponent nebo velikost, počet a umístění otvorů pro distribuci vzduchu do místnosti. Dále jde o adaptabilitu umožňující změnu tvaru klimatizace v souvislosti s architekturou staveb.

Dílčí cíle:

- Identifikovat vhodný tvar klimatizačního zařízení s ohledem na technologii aditivní robotické výroby.
- Výběr a integrace vnitřních funkčních komponent včetně chladícího média s ohledem na legislativní omezení.
- Identifikovat vhodné tvarové řešení vnějšího krytování respektující princip klimatizačního zařízení.
- Zhodnotit využití perforované plochy pro distribuci vzduchu.
- Využít snadné změny parametrů tvaru k lepšímu propojení vnější jednotky s architekturou stavby.
- Využít změny parametrů týkajících se hlavních rozměrů na základě velikosti vnitřních komponent pro levnější výrobu variant oproti stávající technologii.
- Využít snadného snímání perforovaného krytu z důvodu jednoduchého čištění jednotky.

Cílem diplomové práce je návrh klimatizace zaměřený na realizaci produktu 3D tiskem robotického ramene, které má větší pohybové a prostorové možnosti pro výrobu než běžné 3D tiskárny. Na základě předešlé analýzy je možné specifikovat produkt na klimatizační zařízení typu Split. Cílem práce je ukázat možnost využít 3D tisk jako technologii výroby krytu venkovní jednotky pro fasádu současných domů, a stejně tak pro fasády a domy vytvořené pomocí aditivní výroby. 3D tištěné fasády vytvořené jako doplňující prvek pro současnou architekturu nabízejí zajímavé vlastnosti a využití. Jejich součástí může být i lépe krytá klimatizační jednotka. V případě současné architektury je vhodné uživatelům nabídnout přidanou funkci krytu pro venkovní jednotku.

3.4 Cílová skupina

Cílovou skupinou návrhu jsou majitelé rodinných domů, jejichž finanční situace jim umožňuje pokrytí nákladů nemovitosti, ovšem ne v takové výši, aby zajistila standard pasivního či nízkoenergetického domu. Náklady na stavbu domu v takovémto energetickém standardu jsou zpravidla vyšší o 10–20 % [6]. Výsledný produkt by měl být vhodnou volbou pro majitele, u kterých vzniká potřeba zvýšení tepelného komfortu domácího prostředí, a to především v letních měsících. Majitelé domů v jižních státech Evropy a dalších zemích s podobným klimatem mají při pořízení klimatizace možnost využívat ji také k vytápění. Díky tomu jim odpadá nutnost nákladů na topný systém.

Majitelé veřejných prostor jako jsou galerie či divadla, mají podíl na růstu počtu klimatizací. Kvůli velkému počtu osob je důležité udržet kvalitu ovzduší. Takovéto prostory se často nacházejí v prostorách starých budov. Díky možnosti změnit parametry klimatizace je možné lépe přizpůsobit vzhled jednotky pro potřeby daného vnitřního prostoru a exteriéru budovy.

Majitelé bytů se také mohou stát cílovou skupinou, a to především z důvodu umístování venkovních jednotek klimatizace na fasády bytových domů. Ne vždy je možné tuto jednotku skrýt na balkón bytu. Při instalaci mnoha jednotek přímo na fasádu vzniká vizuální šum a snížení vizuální úrovně architektury bytového domu.

Domy pro chudé z projektu ICON + New Story + ECHALE vytvořené pomocí technologie aditivní robotické výroby jsou určeny pro komunitu lidí z chudých čtvrtí v Mexiku. Tyto domy jsou vyrobeny pro potřeby jejich majitelů jako bezpečná schránka chránící obyvatele před vnějšími vlivy prostředí. Domy tudíž nejsou vybaveny nadstandartním příslušenstvím. Výsledný produkt klimatizace vyrobené aditivní technologií může i v tomto případě zabránit vizuálnímu šumu na domech. Převážně v případech mnoha domů v malé oblasti. [85]

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Základní parametry produktu vycházejí především z definice cílové skupiny a znalosti parametrů současných produktů na trhu. Nejčastějším typem klimatizace pro rodinné domy jsou jednotky typu Split. Jedná se o klimatizační jednotku s jednou venkovní jednotkou, na kterou je možné napojit jednu nebo více vnitřních jednotek, dle potřeb majitele. Maximální možný počet vnitřních jednotek závisí na technických možnostech výrobce.

Vnější rozměry krytování se odvíjí od velikosti vnitřních komponent. Tyto rozměry jsou závislé na požadovaném výkonu klimatizace.

- Výkon jednotky: 3–3,5 kW.
- Rozměry vnitřní jednotky: jsou 1100x800x310 mm, s ohledem na požadovanou velikost vnitřních součástí.
- Rozměry vnější jednotky: 520x700x180 mm.
- Hladina akustického tlaku vnitřní jednotky: 19–45 dBa.
- Hladina akustického tlaku vnější jednotky: do 65 dBa.
- Teplonosná látka: R410A.

Legislativní omezení se týkají materiálu krytování. Materiál musí být nehořlavý či špatně hořlavý dle normy ČSN EN 1886. Montáž měděného potrubí probíhá podle normy ČSN EN 12735-1. Celkové používání klimatizačních zařízení spadá pod Nařízení vlády č. 2037/2000. [44] [65] [81]

3.6 Použité výrobní technologie, trh a cena

Pro realizaci výrobku bude použita technologie aditivní výroby robotickým ramenem. Při této zvolené technologii výroby odpadá nutnost výroby formy pro jednotlivé velikosti klimatizačních jednotek, což zvyšuje možnost poptávky různých cílových skupin.

Možným trhem je stále rostoucí počet rodinných staveb. Významnou roli budou sehrávat i majitelé bytů. Další příležitostí pro růst produkce lze označit majitele veřejných prostor, jako jsou galerie divadla či menší obchody. Vhodným trhem pro tyto skupiny uživatelů bude zejména Evropa či Asie, kde jsou aditivní technologie oblíbené. Ze zemí Evropy se bude jednat zejména o střední a jižní státy. V severní Americe se firmy podílejí na rozvoji 3D tisku ve stavebnictví. Klimatizace vyrobená stejnou technologií je i pro tento okruh uživatelů vhodná.

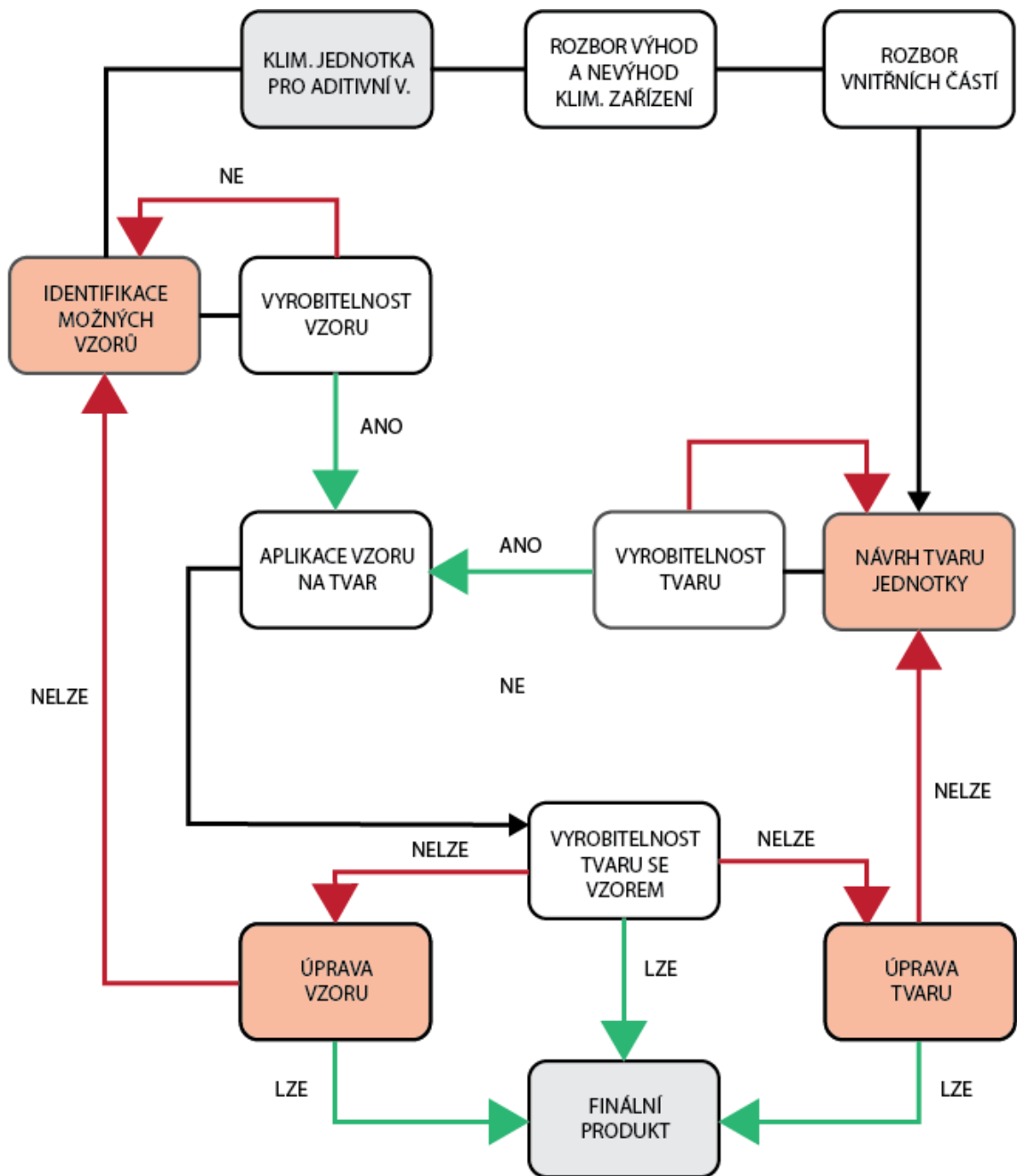
S ohledem na požadovanou technologii výroby se bude jednat o malosériovou výrobu. Ta se bude pohybovat v řádu jednotek tisíců kusů za rok. Do celkové ceny produktu je nutné započítat práci robota, jež se pohybuje okolo 1 500 Kč/h. Dále to jsou náklady na koupi vnitřních komponent od jednotlivých výrobců plus další fixní náklady. Lze tedy předpokládat, že se cena klimatizační jednotky bude pohybovat okolo 70 000 Kč bez chladicího média.

3.7 Metody

Z vyhodnocení poznatků týkajících se 3D tisku vyplynulo, že při využití robotického ramene je získán větší pracovní prostor a možnost náklonu tiskové hlavy. Další výhodou je, při zvolené technologii výroby, možný tisk bez podpor. Díky prutovým strukturám lze vytvářet perforace bez obrábění a zbytečného odpadu. Důležité při návrhu produktu je však identifikace vhodného tvaru, prutové struktury a také jejich kombinace. Tento krok je při návrhu zásadní, jelikož je třeba ověřit vyrobiteľnosť celého produktu. Pokud návrh nesplňuje kritérium vyrobiteľnosti, je třeba se v procese vrátit zpět a změnit tvar či vzor celého návrhu.

Celému návrhu je možné pomoci generativním procesem, který je vhodný pro aditivní technologie, jelikož odpadá nutnost výroby forem, jako je tomu například u vstřikování plastů. Generativní proces lze využít k získání většího množství variantních návrhů, ze kterých lze přirozeným procesem učinit výběr a eliminovat chyby.

Jelikož klimatizační zařízení obsahuje na krytování oblasti s mříží nebo odkrytou plochou, je nutné zabývat se ochranou uživatele. Toho je možné docílit za pomoci metody prototypování takovýchto oblastí. Prototypování probíhá v souvislosti s předchozí fází, kde je třeba identifikovat vhodnou prutovou strukturu s ohledem na její vyrobiteľnosť. Následně je tedy třeba ověřit průchodnost perforovaných částí a identifikovat vhodnou hustotu struktury s ohledem na bezpečnost uživatele, ale také správnou funkci zařízení.



Obr. 3-1 Návrhový diagram

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

4.1 Variantní řešení vzoru

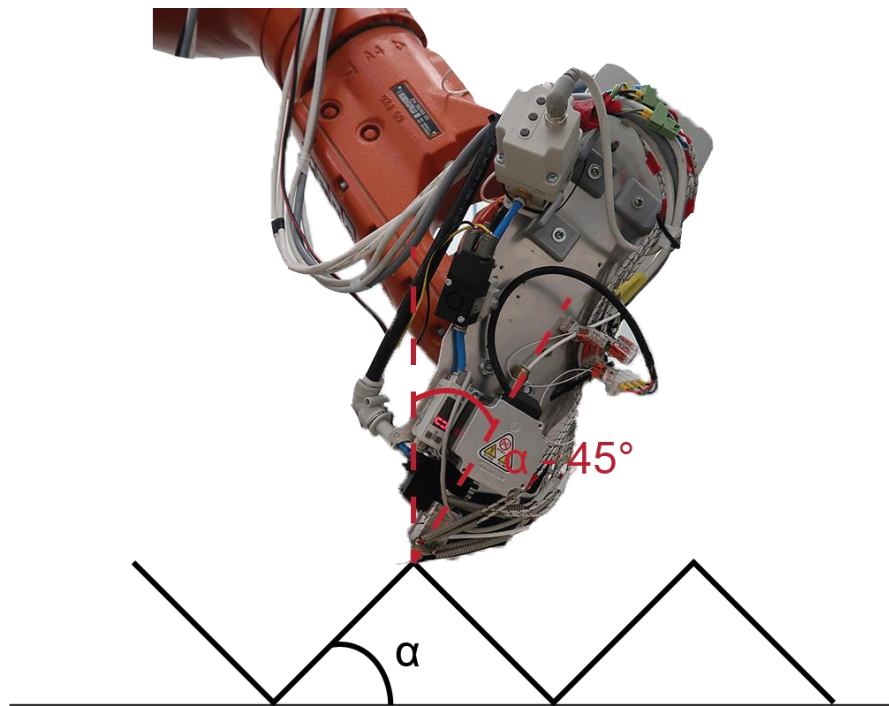
Robotické rameno, které bude použito pro výrobu plastového krytu, umožňuje tvorbu prutových struktur. Vzor této struktury lze vytvářet matematicky nebo pomocí řídicích prvků jako jsou body, křivky či vektory. Díky těmto strukturám je možné vytvářet perforace vhodné k distribuci vzduchu a zároveň bez tvorby odpadního materiálu.

Při aplikaci vzoru se budou na tvaru nacházet oblasti s menší, či větší hustotou vrstev. Větší hustota vrstev bude vytvářet plnou plochu. Oproti tomu vrstvy s menší hustotou budou tvořit perforace, díky nimž bude vzduch nasáván či vyfukován do místnosti. Perforace pro nasávání vzduchu se vždy nachází na čelní ploše návrhu. Jelikož tento vzor tvoří celou boční plochu vnitřní jednotky, je nutná jeho provázanost s celkovým tvarováním. Inspirací zde byly přírodní vzory rostlin a materiálů.



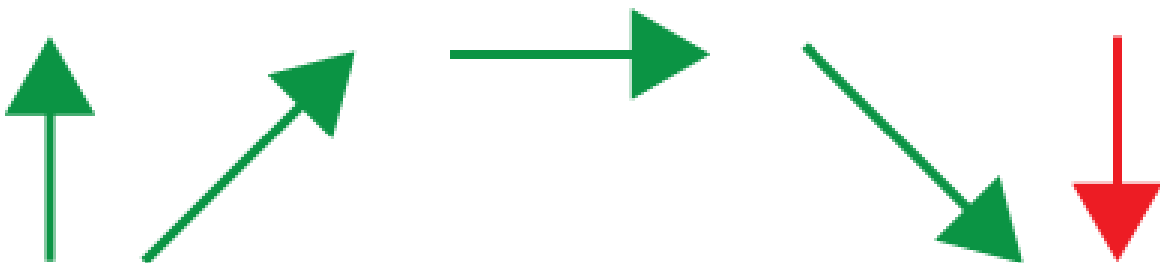
Obr. 4-1 Inspirační koláž ke vzorům [86]

Při vedení vrstev materiálu k vytváření mezer mezi nimi je nutné využít pohybů, které je robotické rameno schopné vykonat. Tyto pohyby jsou omezeny zejména v sestupném směru. Dalším omezením jsou velké vzdálenosti, které nedovolují vytvoření mezer větších než 60 mm. U větších hodnot dochází ke zborcení materiálu. Důležitý je také náklon tiskové hlavy, který ovlivňuje lepší stavbu prutu. Úhel naklonění je závislý na úhlu stoupání prutu.



Obr. 4-2 Pozice tiskové hlavy

Při vytváření prutů dovoluje robotické rameno v cestě směrem vzhůru použít přímý směr a směr pod úhlem. Dále je možné pokračovat ve vodorovném směru nebo ve směru dolů. Při pohybu směrem dolů není možné vést cestu přímo, ale je nutné klesat pod úhlem. Při vytváření perforací je možné tyto pohyby jakkoliv kombinovat. [71]

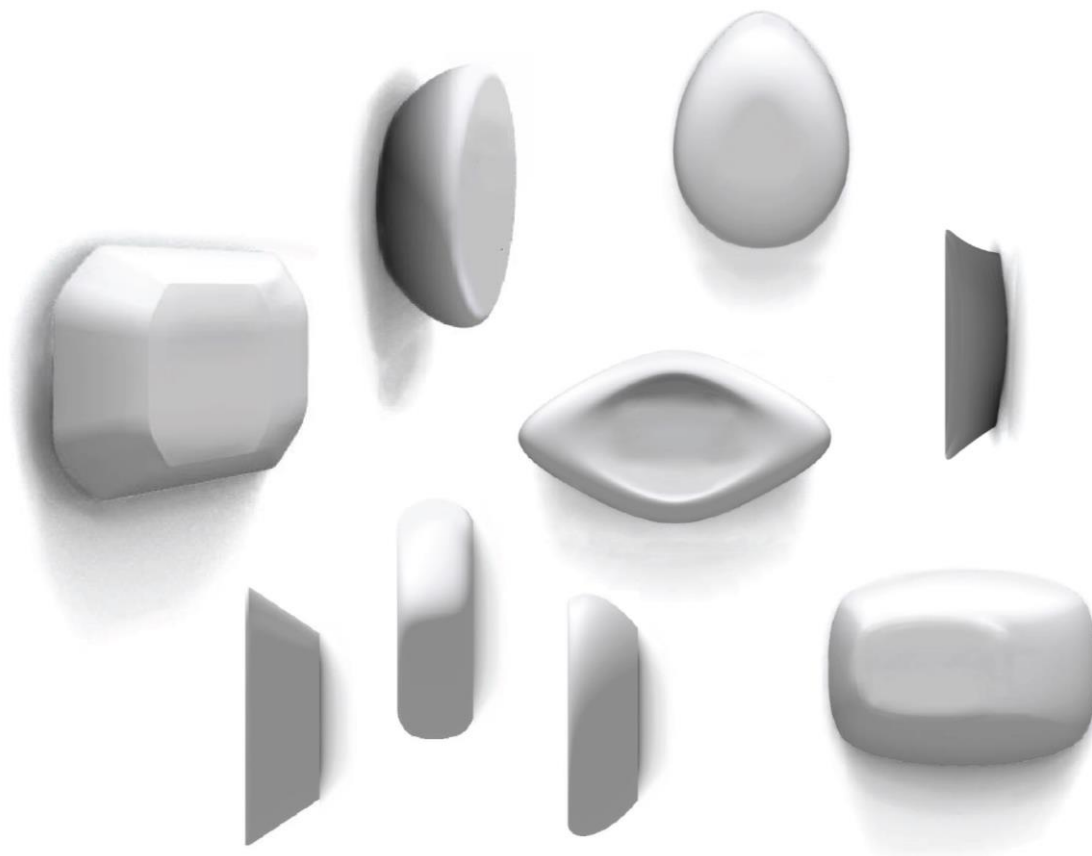


Obr. 4-3 Možné směry pohybu robotického ramene

Kombinací přímých pohybů se nabízí vytvoření vzoru šestiúhelníku, rovnoramenných a rovnostranných trojúhelníků nebo lichoběžníků. Takovéto vzory jsou velice geometrické s ostrými liniemi, které vytváří ostré rohy. V těchto místech je nutné vhodné nastavení tisku. Další možností je plynulé propojení stoupání a klesání, čímž lze vytvořit vlnový vzor. Tento vzor se jeví organicky a jeho průběh připomíná proudění vzduchu.

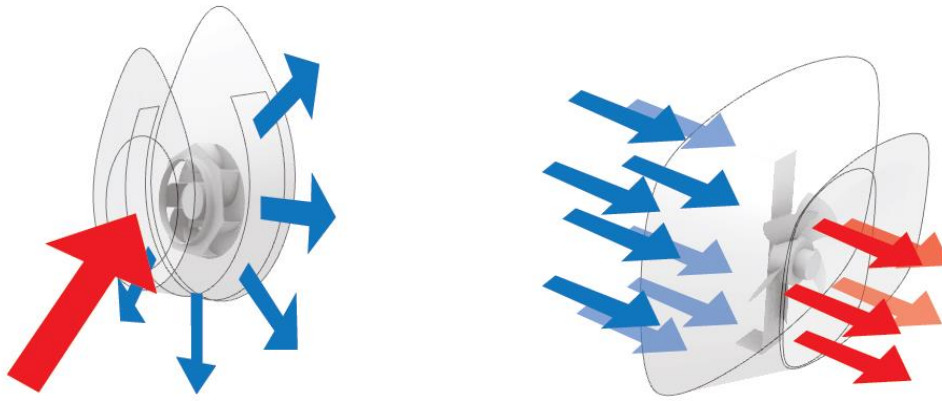
4.2 Variantní řešení tvaru

Variantní řešení zahrnuje generativní proces hmotových studií a parametrické změny tvaru, možný vzor perforovaných ploch a jejich umístění. Tvar venkovních jednotek reaguje na snahu splynout s budovou.



Obr. 4-4 Variantní skici

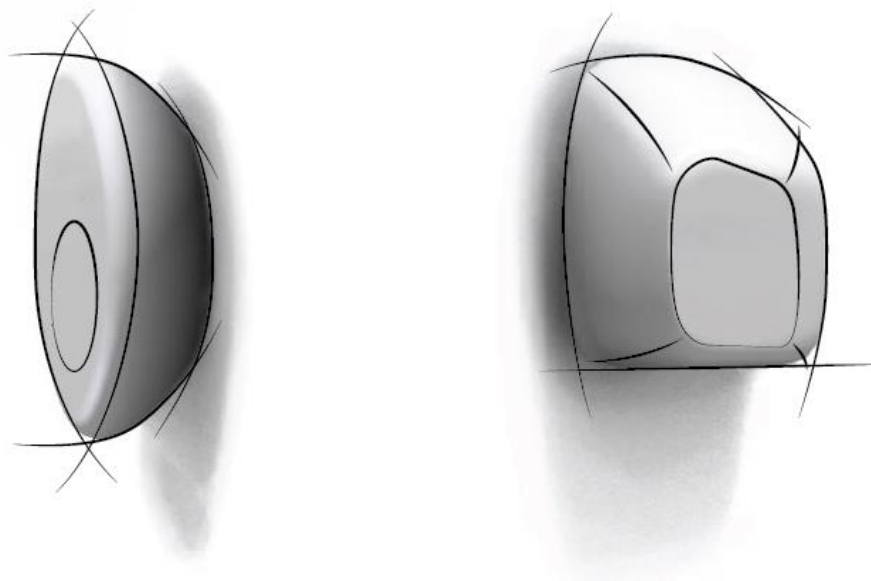
Společným znakem, od kterého se odvíjí tvarování vnitřní jednotky, je radiální ventilátor umístěný uvnitř. Venkovní jednotky podléhají své funkci a jejich tvar kvůli vnitřním komponentám bude vždy co nejjednodušší. Ventilátor je zde axiální. U všech variant obou jednotek je nutné respektovat prostor pro sání a odvod vzduchu v závislosti na zvoleném ventilátoru. V těchto místech je také nutné umístění perforací, jež jsou vytvořeny vzorem prutové struktury.



Obr. 4-5 Ilustrace pohybu vzduchu

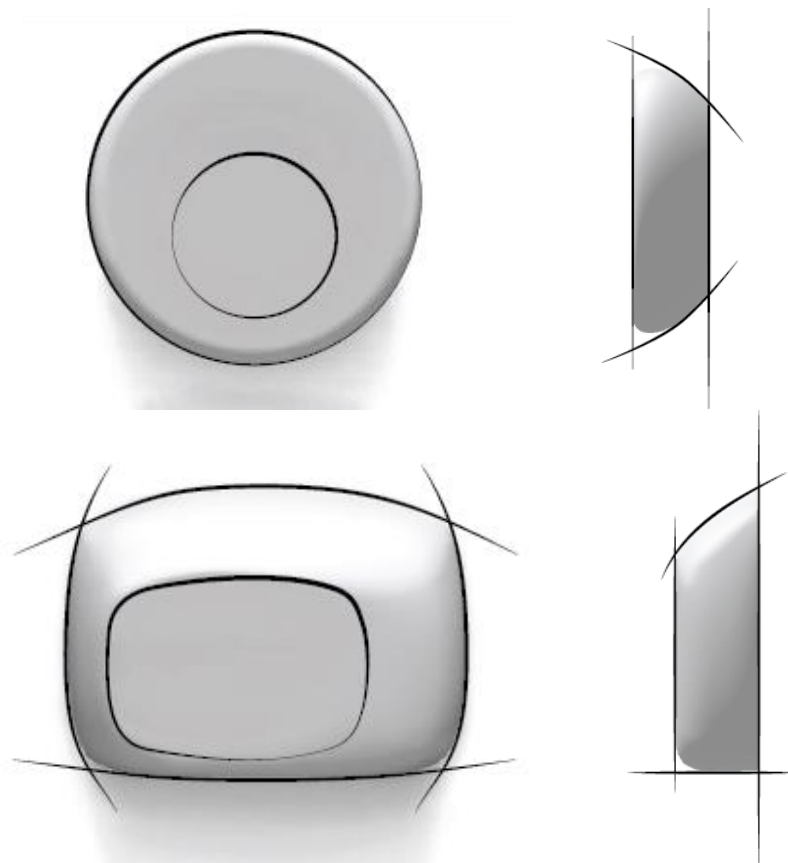
4.2.1 První varianta

Základní tvar první variantní studie vnitřní jednotky vychází z kruhového tvaru radiálního ventilátoru. Krytování kruhového tvaru ne zcela obepíná komponenty uvnitř zařízení. Dalším charakteristickým znakem je rozšiřující se profil směrem od stěny. Kruhový tvar vnitřní jednotky poukazuje na dění uvnitř. Současně podporuje vnímání, že vzduch se bude šířit po obvodu, tudíž do více stran. Po obvodové ploše vnitřní jednotky budou probíhat perforace, jejichž účelem je distribuce vzduchu.



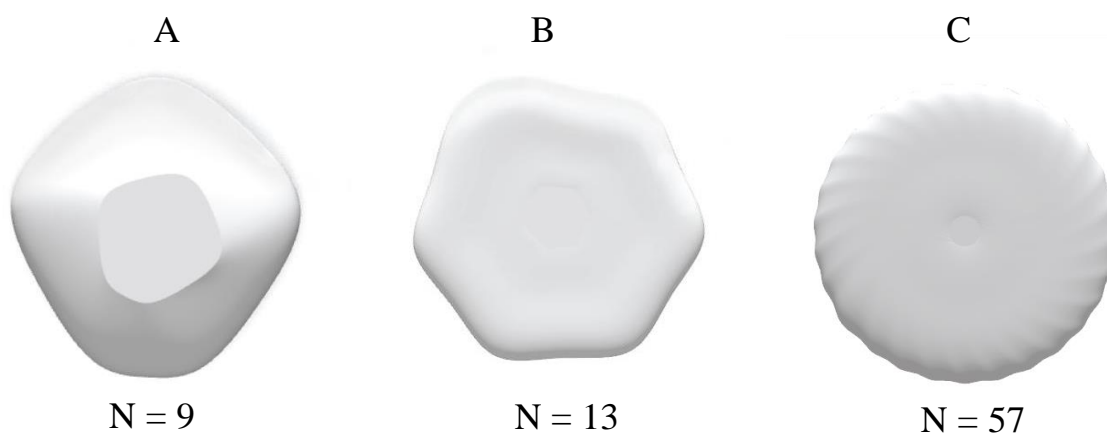
Obr. 4-6 Skici první varianty

Základní tvar krytu vnější jednotky má jednoduché tvarování. Využívá oblé linie na třech stranách. Spodní plocha je tvarována do roviny, což umožňuje uchycení montážní konzole. Horní plocha venkovní jednotky se strmě svažuje od zdi směrem ke středu. Toto základní tvarování částečně propojuje tvar venkovní jednotky se stavbou, na které je umístěna.



Obr. 4-7 Tvarová kombinace první varianty

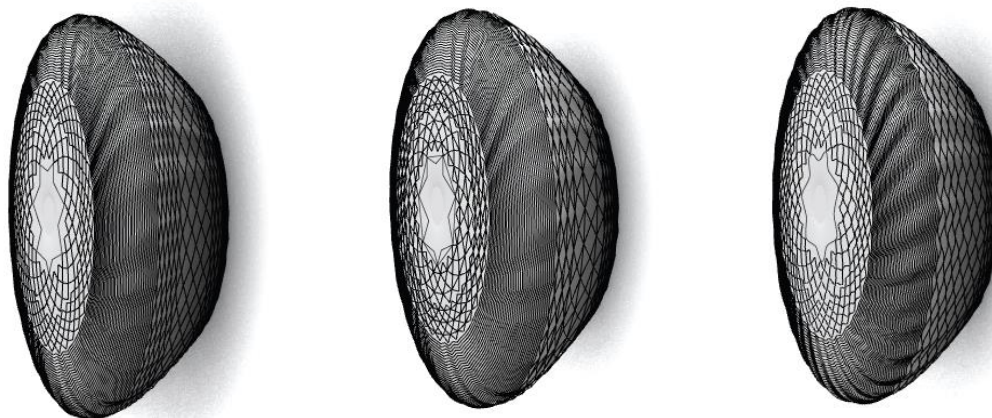
Parametry změn, které vytváří podvarianty hlavního tvaru vnitřní jednotky, spočívají v počtu bodů umístěných na obvodu kružnic. Tyto body jsou na středové kružnici současně pootočený, což způsobuje částečnou rotaci celého tvaru. Parametr podvarianty 1A je 9, podvarianty 1B je 13 a u 1C je ním hodnota 57. V prvních dvou případech je zásadní především změna tvaru, ovšem při vyšších číslech se tvarové rozdíly stírají a hodnota parametru se projeví zejména na zvlnění plochy.



Obr. 4-8 Parametrické změny první varianty – vnitřní jednotka

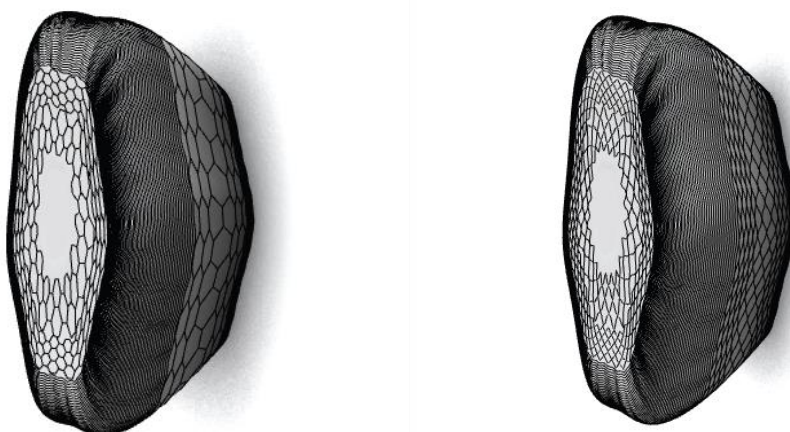
Dalším krokem při návrhu je aplikace možného vzoru, prutové struktury na vybrané tvary. Jelikož základní tvar byl identifikován jako kruhový, pro další pokračování byly vybrány pouze tvarové podvarianty 1B a 1C.

Pro variantu 1C byl vybrán vzor s přímými liniemi, s přímými liniemi s horizontální vrstvou a jako poslední vlnový vzor. Ani v jednom případě nedochází k chybě vzoru, tudíž je možné využít všechny možnosti.



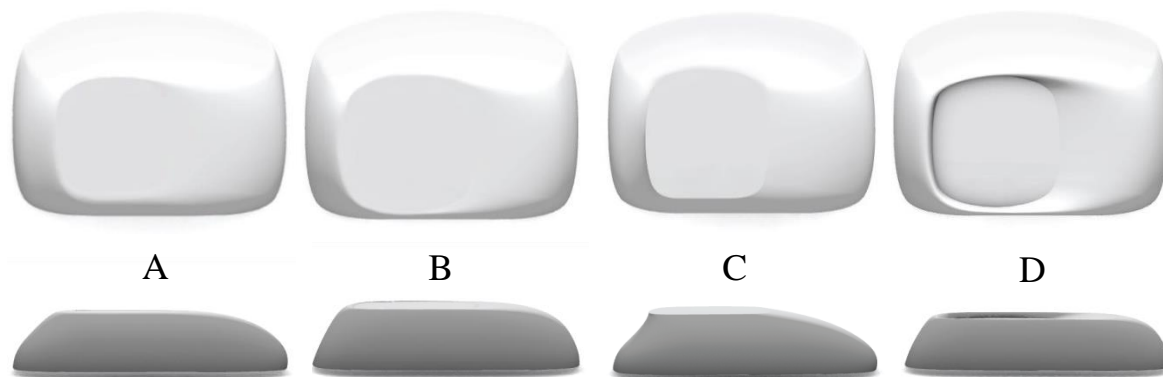
Obr. 4-9 Aplikace vzorů na tvar 1C – vnitřní

Pro variantu 1B byl také zvolen vlnový vzor pro ověření jeho funkčnosti, jelikož na tomto tvaru dochází v určitých místech k výraznějšímu zaoblení. Jako druhý byl aplikován vzor šestiúhelníků. Také v tomto případě, i přes větší zaoblení, nedošlo k deformaci vzoru.



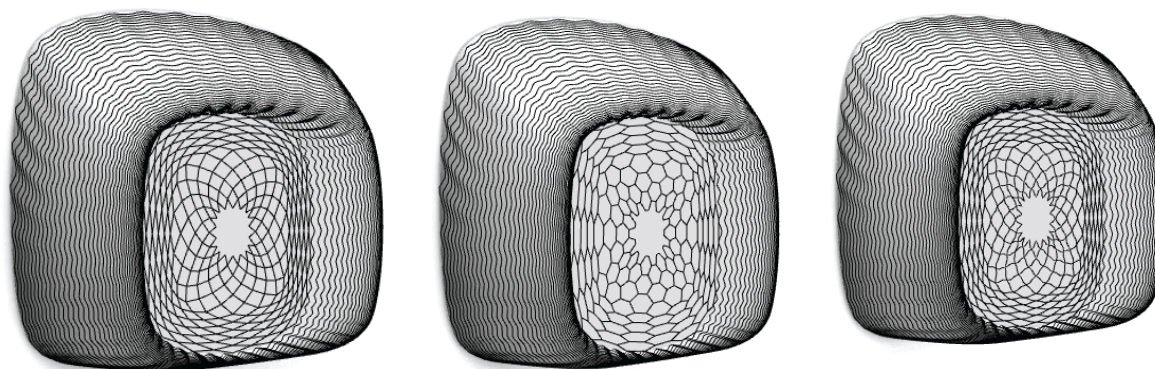
Obr. 4-10 Aplikace vzorů na tvar 1B – vnitřní

Parametrem určujícím změny na základním tvaru venkovní jednotky jsou zejména proporce určující průběh profilu. Další možností je změna velikosti čelní plochy, která má také vliv na průběh profilu. Menší čelní plocha je u podvarianty 1A. Zbylé tvary pracují s větší čelní plochou, ovšem mění se jejich proporce, což má vliv nejen na tvar, ale také na objem vnitřního prostoru.



Obr. 4-11 Parametrické změny první varianty – venkovní jednotka

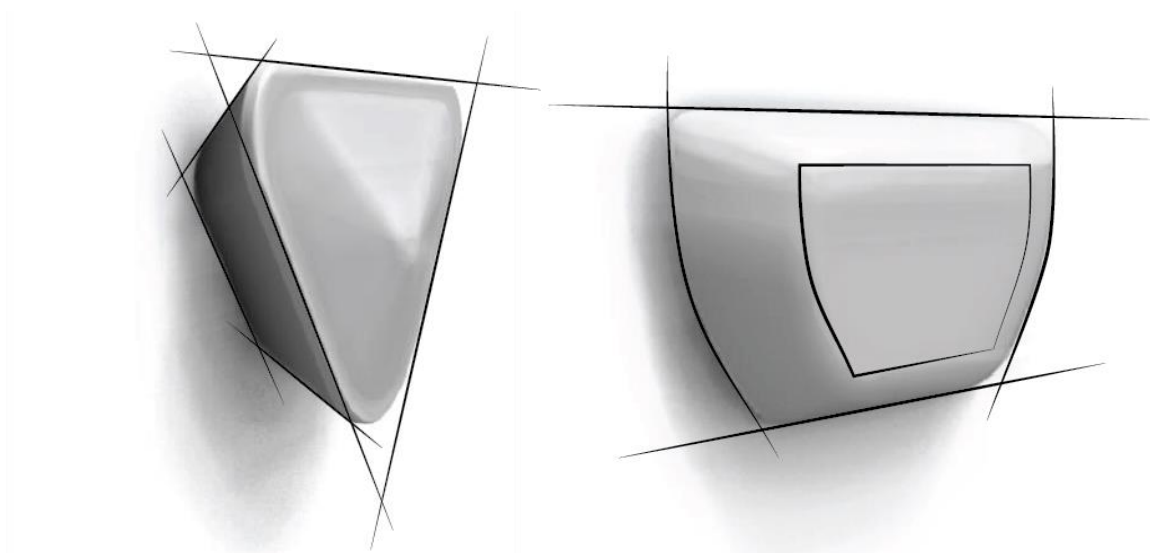
Pro další aplikaci vzoru byla vybrána pouze varianta 1B, jelikož tvar 1A má malou čelní plochu pro perforace, tvar 1C je v pravé části nízký, což ubírá objem pro vnitřní komponenty a poslední tvar 1D se ve středu propadá. Tento propad není vhodný pro danou technologii výroby.



Obr. 4-12 Aplikace vzoru na tvar 1B – venkovní

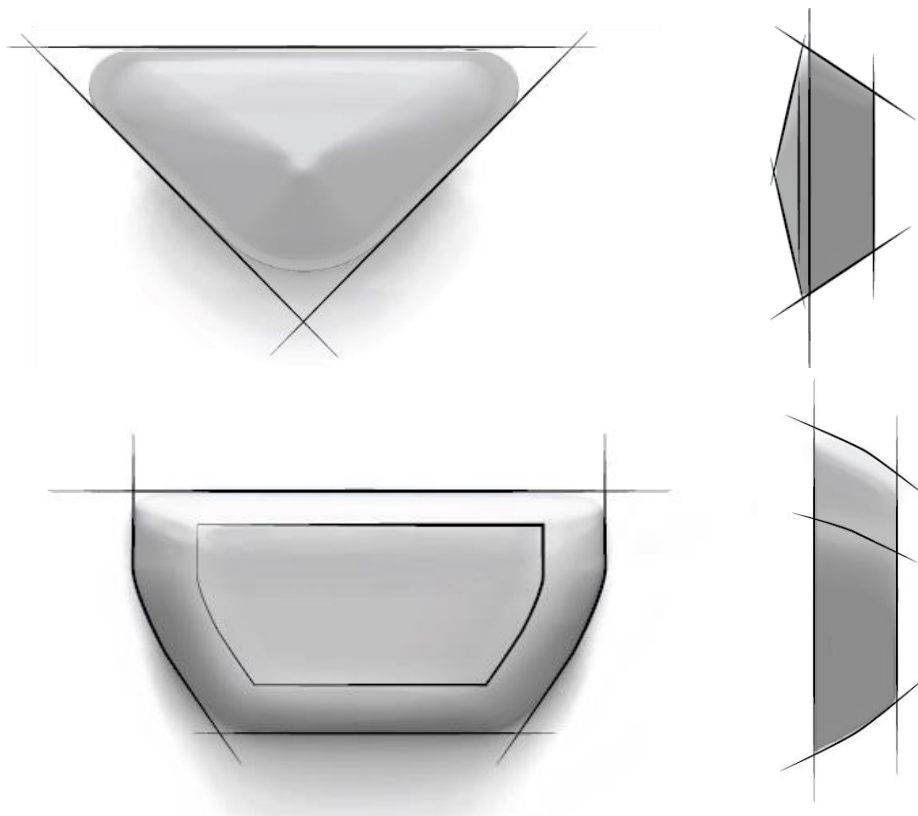
4.2.2 Druhá varianta

Základní tvar druhé varianty vnitřní jednotky vychází ze záměru zúžit jednotku ve vertikálním směru. Orientace trojúhelníku byla zvolena, aby spodní zaoblený vrchol respektoval umístění radiálního ventilátoru uvnitř jednotky. Čelní plocha vnitřní jednotky vystupuje směrem ven. Díky širokému tvaru bude elektronika umístěna v horních vrcholech.



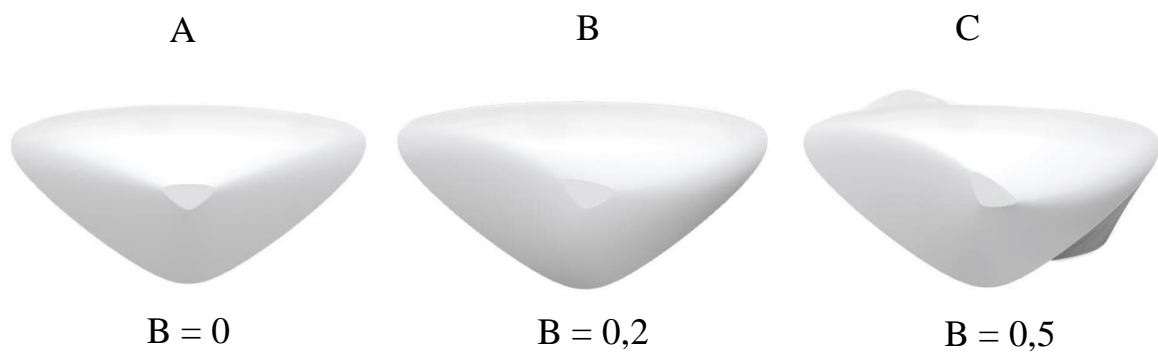
Obr. 4-13 Skici druhé varianty

Venkovní jednotka je také více geometrická a svým tvarem napodobuje tvar vnitřní jednotky. Všechny boční plochy se mírně rozšiřují směrem ke stěně. Tvarování venkovní jednotky napovídá uchycení pouze na stěnu domu.



Obr. 4-14 Tvarová kombinace druhé varianty

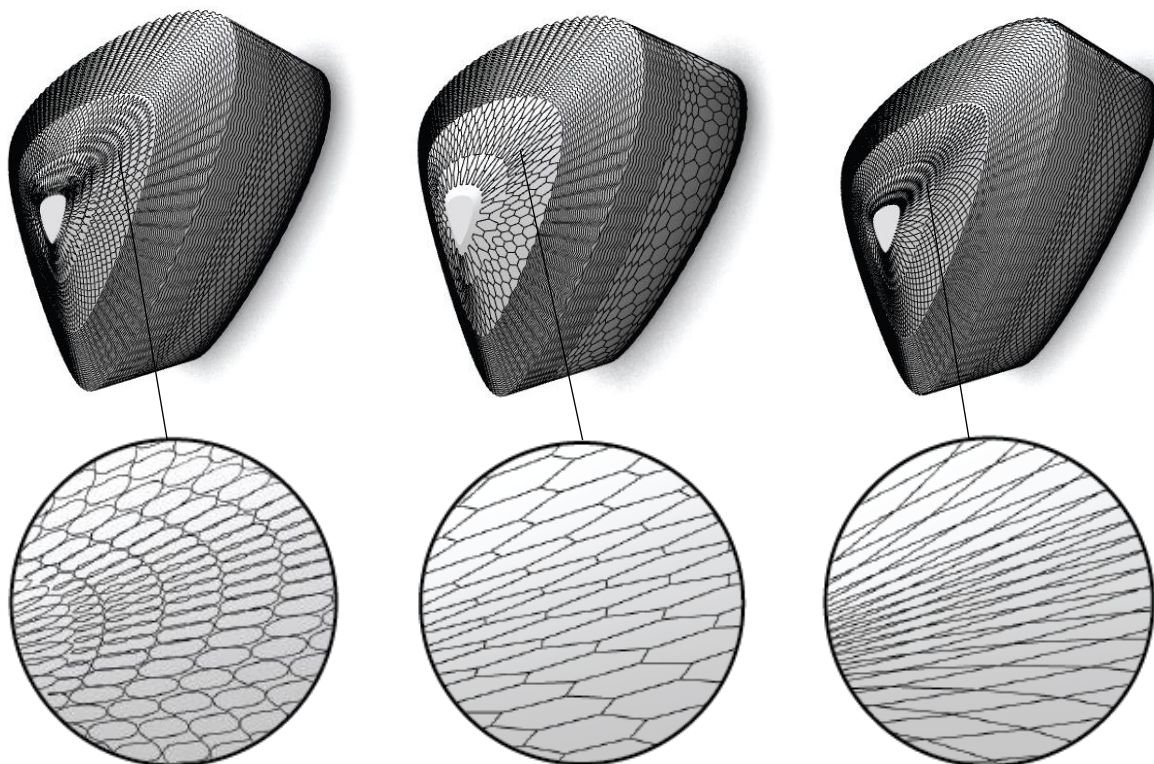
Parametrizace druhé varianty vnitřní jednotky se odehrává v rotaci tvaru okolo osy z. Podvarianta 2A má hodnotu tohoto parametru nula, tudíž nedochází k žádné rotaci. Hodnota parametru u tvaru 2B je 0,2 a u tvaru 2C je tato hodnota 0,5. Zde je rotace největší. Pokud by byl parametr rotace roven 1, byly by části tvaru pootočený o úhel 90°.



Obr. 4-15 Parametrické změny druhé varianty – vnitřní jednotka

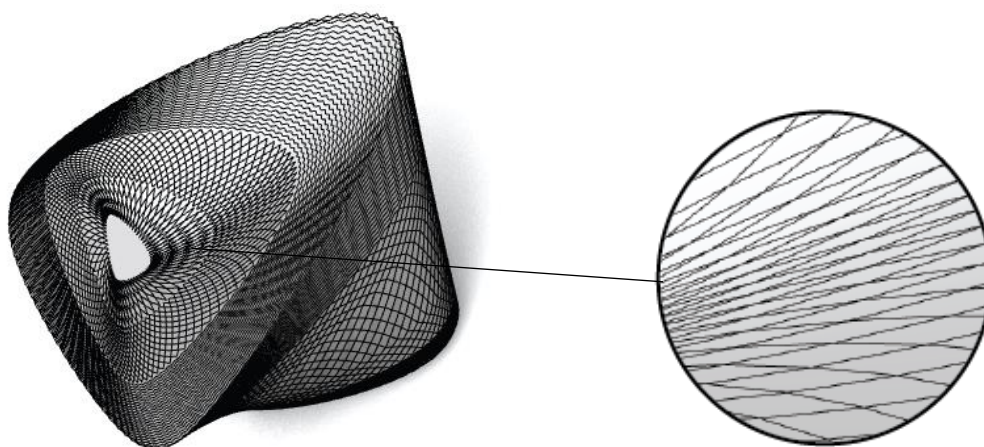
Perforace pro distribuci vzduchu se budou opět nacházet na obvodové ploše. Pro ověření výrobitelnosti vzoru byly vybrány pouze tvary 2A a 2C, jelikož jsou od sebe nejvíce odlišné.

Pro ověření vyrobiteľnosti byly pro tvar 2A vybrány opět tři hlavní vzory, a to vzor s příkými liniemi, vlnový i šestiúhelníkový. Ve všech případech dochází v místech největšího zaoblení na čelní ploše k zásadní deformaci vzoru. Z toho vyplývá, že by bylo možné aplikovat vzor pouze na obvodové plochy tohoto tvaru, nikoliv však na čelní plochu.



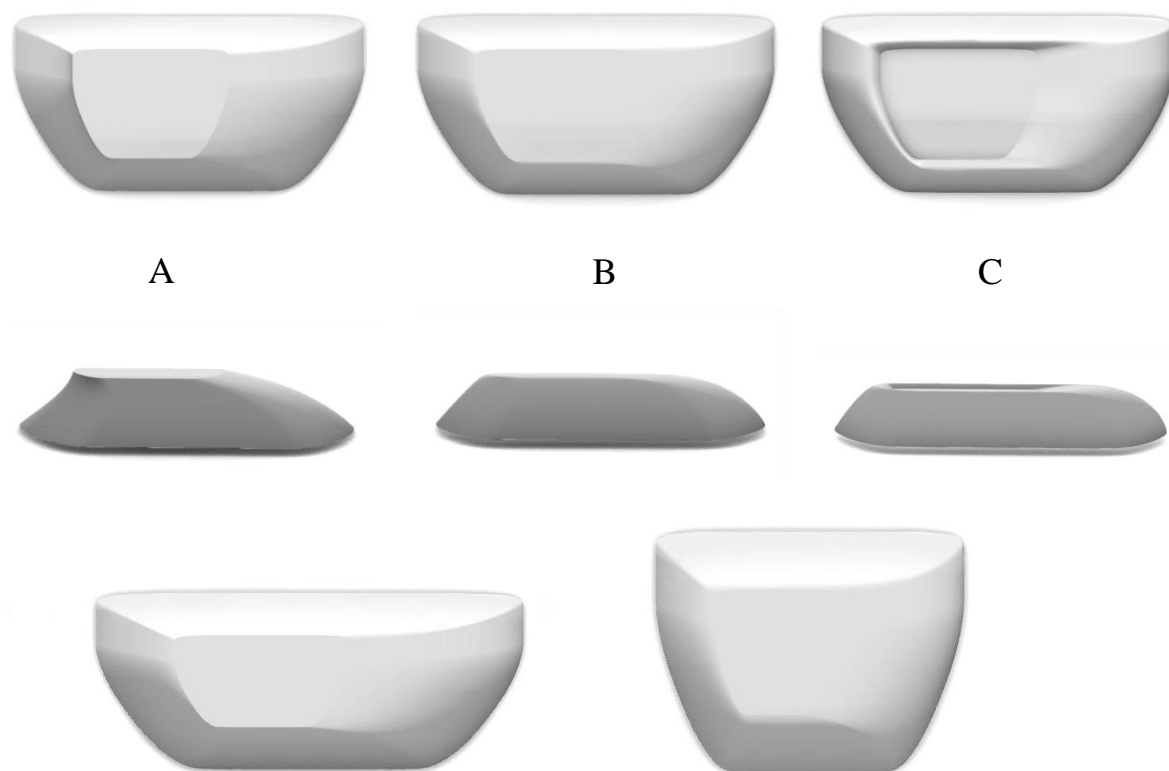
Obr. 4-16 Aplikace vzorů na tvar 2A

Pro ověření chybovosti tvaru byl trojúhelníkový vzor aplikován také na tvar 2C. K chybě dochází ve stejných místech jako u předchozího tvaru. I v tomto případě se tedy ukázalo, že tisk struktury není možný.



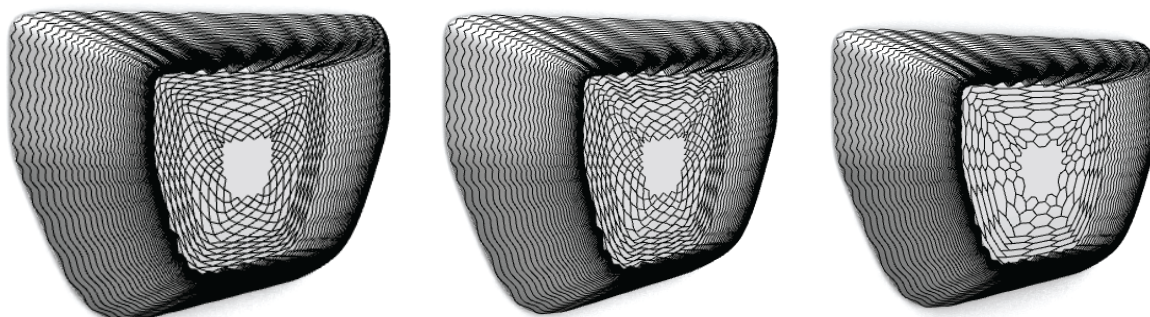
Obr. 4-17 Aplikace vzorů na tvar 2C

I v případě druhé varianty se parametrické změny tvaru venkovní jednotky týkají průběhu profilu. Takto lze nejnázorněji určit, kdy je průběh profilu nejvíce konstantní a kdy naopak dochází k deformacím, jako je právě propad čelní plochy ve střední části. Další možností parametrických změn jsou celkové rozměry jednotky, které lze měnit podle potřeb. Tímto způsobem lze měnit také proporce tvaru.



Obr. 4-18 Parametrické změny druhé varianty – venkovní jednotka

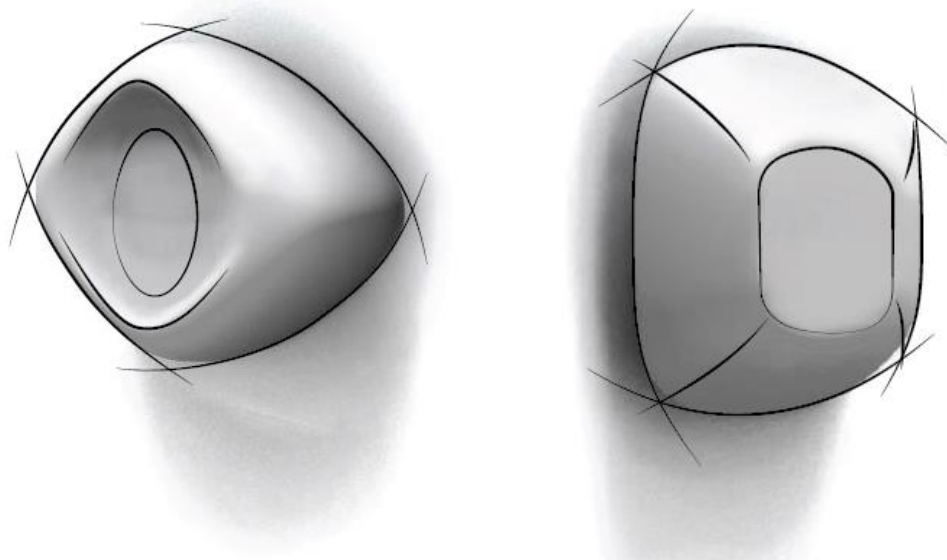
V případě druhé varianty venkovní jednotky byl vzor aplikován na podvariantu 2B. Tento tvar se jeví tvarově nejpřívětivější jak z hlediska proporcí, tak z hlediska konstantního průběhu profilu.



Obr. 4-19 Aplikace vzoru na tvar 2B – venkovní

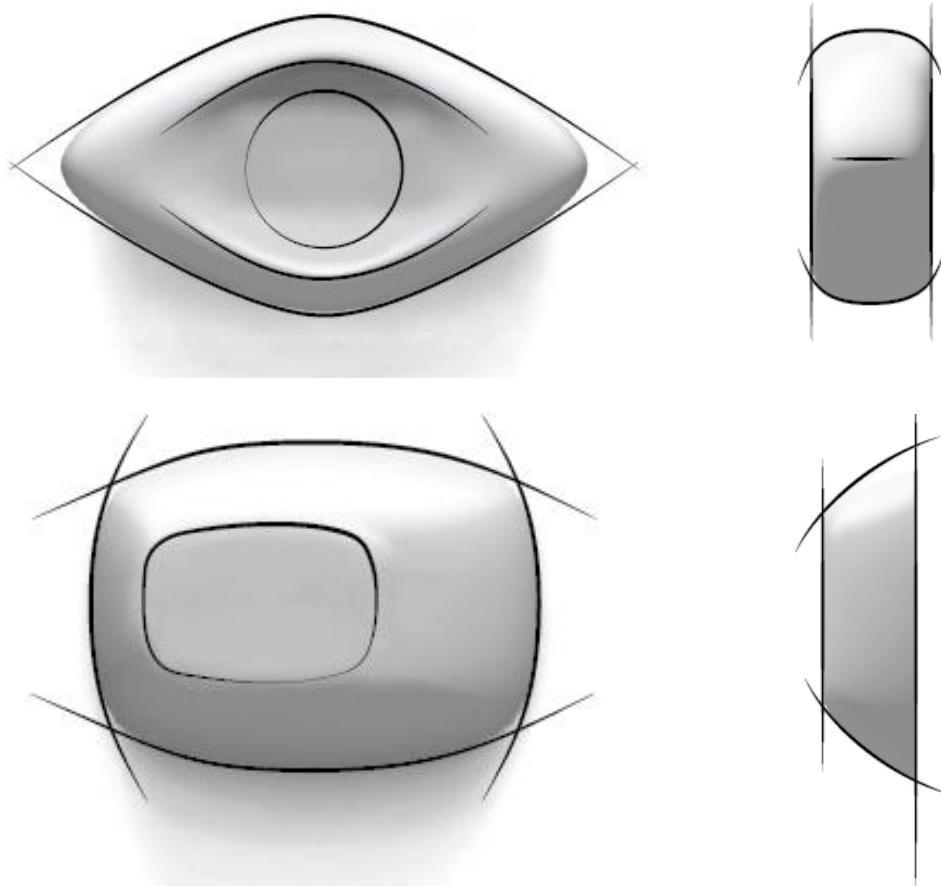
4.2.3 Třetí varianta

Základní tvar třetí varianty vnitřní jednotky pracuje s protažením v horizontálním směru stejně jako druhá varianta. Tento tvar lépe obklopuje vnitřní komponenty rozmístěné horizontálně. Tvar této varianty se svým protáhlým tvarem do šířky nejvíce podobá současným vnitřním jednotkám. Ventilátor je umístěn ve středu jednotky, kde se také čelní plocha propadá směrem dovnitř. Toto tvarování napovídá o směru toku vzduchu. Profil jednotky je symetrický a neubírá objem vnitřního prostoru.



Obr. 4-20 Skici třetí varianty

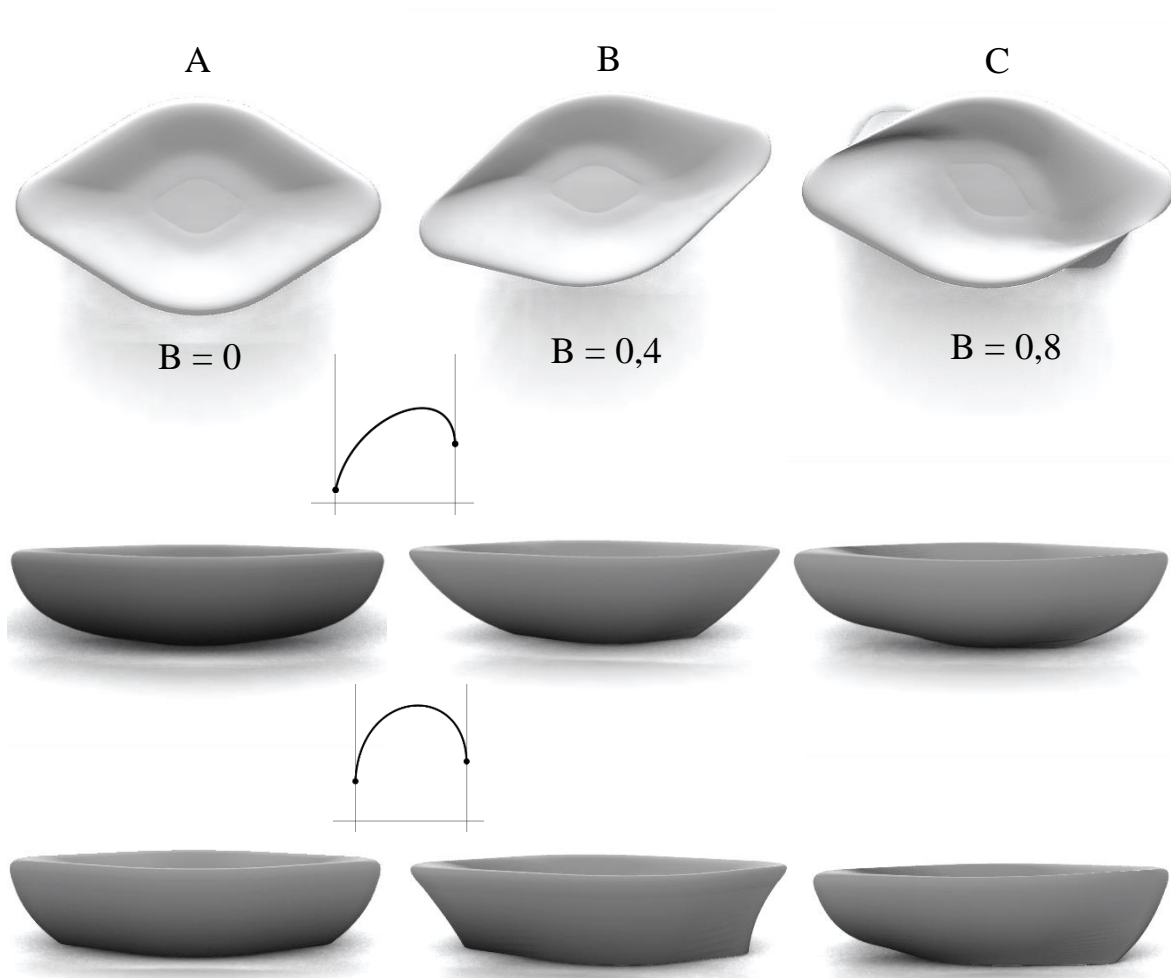
Venkovní jednotka vychází z oblých křivek. Také v tomto případě se nejvíce rozšiřuje směrem ke stěně. To bylo využito pro optické splynutí tvaru jednotky s fasádou domu. V případě venkovní jednotky opět její tvar napovídá, že je nutné tuto jednotku uchytit na fasádu domu a nelze ji postavit na zem.



Obr. 4-21 Tvarová kombinace třetí varianty

Parametrické změny hlavního tvaru třetí varianty se týkají dvou hodnot. První hodnota se opět vztahuje k vzájemné rotaci hlavních křivek. Druhou hodnotu udává průběh grafu, který určuje tvar profilu vnitřní jednotky. Díky dvou hodnotám je možné demonstrovat více podvariant.

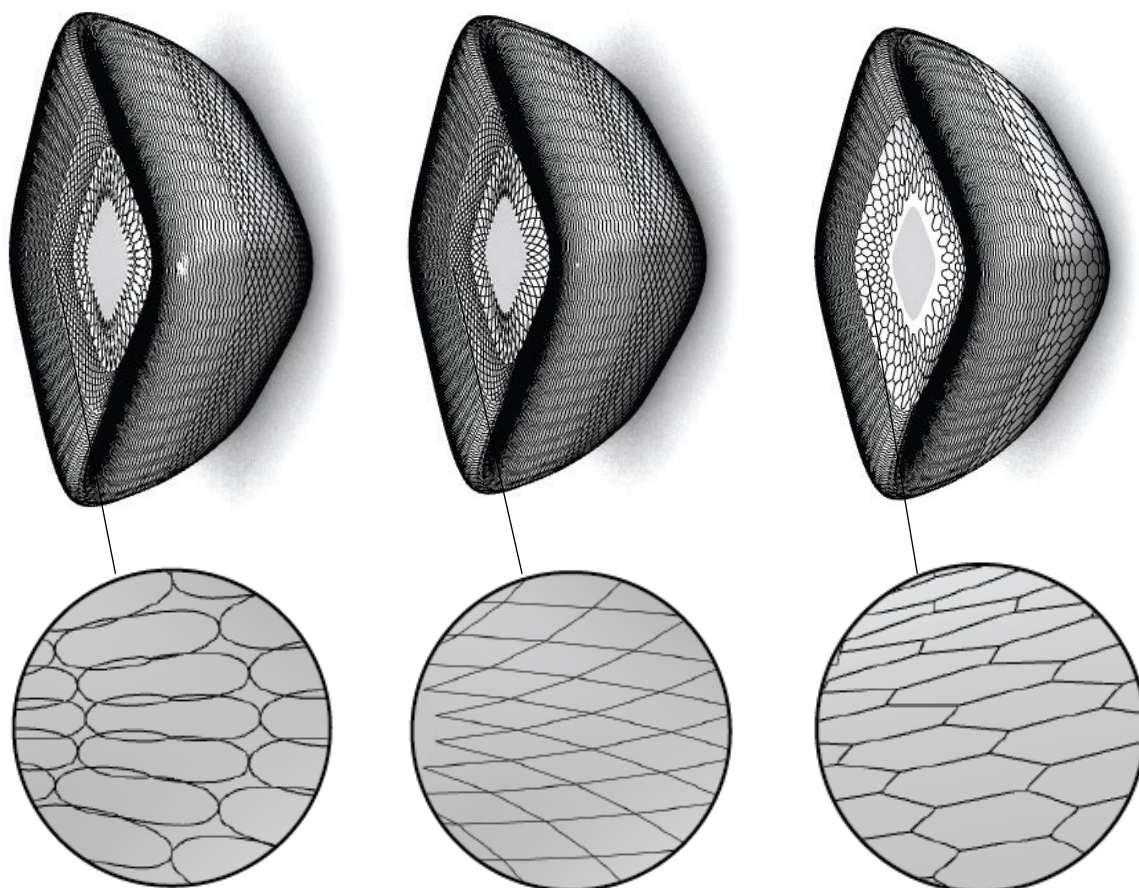
Hodnota parametru pro rotaci je stanovena u variant takto, tvar 3A nula, tvar 3B je 0,4 se středem čelní plochy v rovině s horizontálou a tvar 3C má hodnotu 0,8. Opět platí, že hodnota parametru rovna 1, způsobí pootočení částí o 90° . Všechny tvary jsou zúženy ve směru ke stěně. Průběh lze ovlivnit grafem a výsledný tvar profilu mění objem vnitřního prostoru jednotky. Zejména u tvaru 3A je vizuálně přívětivější mírnější průběh grafu. Oproti tomu ve zbylých variantách je tomu zcela naopak. Při mírnějším průběhu grafu v kombinaci s rotací dochází u variant 3B a 3C k tvarové deformaci. Deformace čelní plochy tvaru 3C je nevyrobitelná.



Obr. 4-22 Parametrické změny třetí varianty – vnitřní jednotka

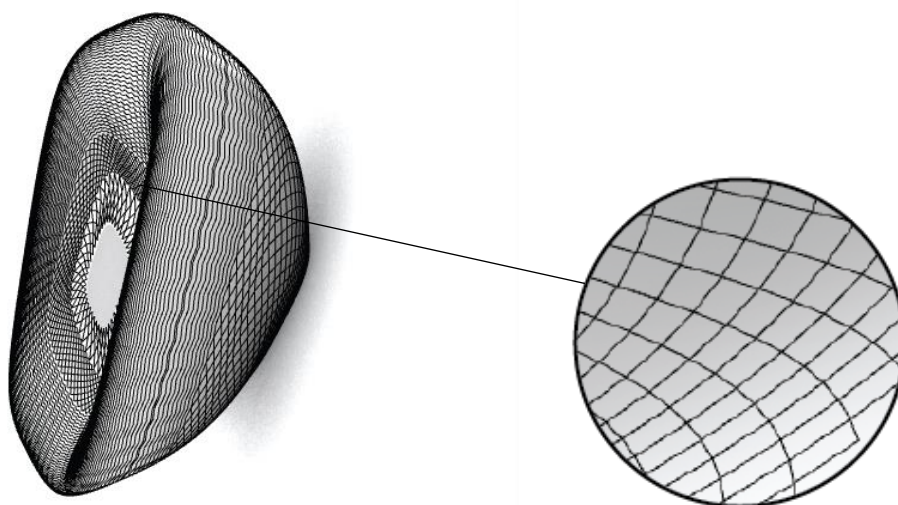
Kvůli tvarovým nedostatkům zbylých variant byla pro aplikaci vzorů vybrána varianta 3A s mírným průběhem profilu a varianta 3B s původním zužujícím se profilem.

Pro variantu 3A byly k ověření zvoleny opět tři vzory. Jsou jimi vlnový vzor, přímý trojúhelníkový vzor a také šestiúhelníkový. Jelikož i u tohoto tvaru se nachází prudce zaoblené vrcholy, i zde dochází v těchto místech k deformaci vzoru. U šestiúhelníkového vzoru deformace nevzniká, jen se zvyšuje hustota vzoru, na což je také třeba dát si pozor.



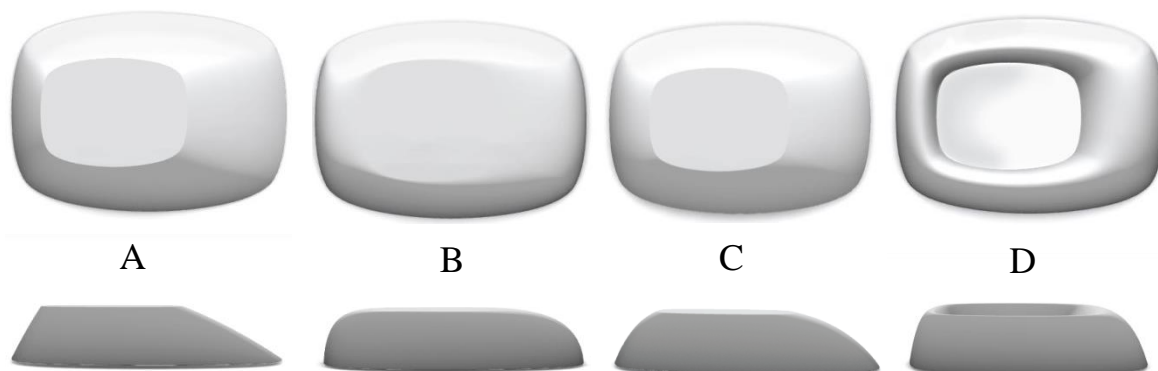
Obr. 4-23 Aplikace vzorů na tvar 3A

Také v případě tvaru 3B byl zvolen přímý trojúhelníkový vzor pro ověření vyrobiteľnosti. I zde dochází k deformaci vzoru, a to nejen nahuštěním, ale také posunem, jehož příčinou je rotace tvaru. Z tohoto důvodu se vzor mírně posune a robot není schopen takto hustý vzor vyrobit.



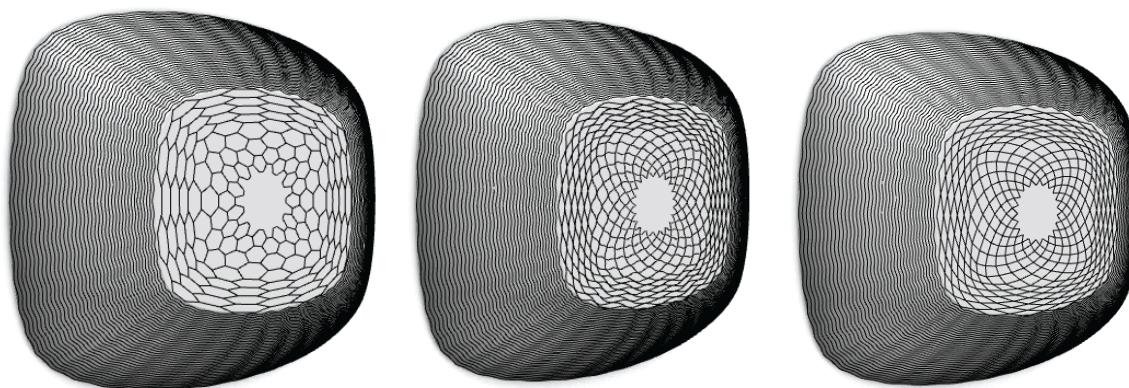
Obr. 4-24 Aplikace vzorů na tvar 3B

Stejně jako v předchozích dvou variantách venkovní jednotky, jsou parametrické změny vztaženy na průběh profilu tvaru. Tímto způsobem lze snadno měnit proporce a hledat ideální tvar venkovní jednotky.



Obr. 4-25 Parametrické změny třetí varianty – venkovní jednotka

Podvarianta 3A je v pravé části nízká, tudíž není vhodná z hlediska prostoru pro vnitřní části. Tvar 3D má opět propad čelní plochy, tudíž není výrobitelný danou technologií. Pro aplikaci vzoru byla tedy vybrána podvarianta 3C, jejíž čelní plocha je v rovině, ale profil se rovnoměrně rozširuje.



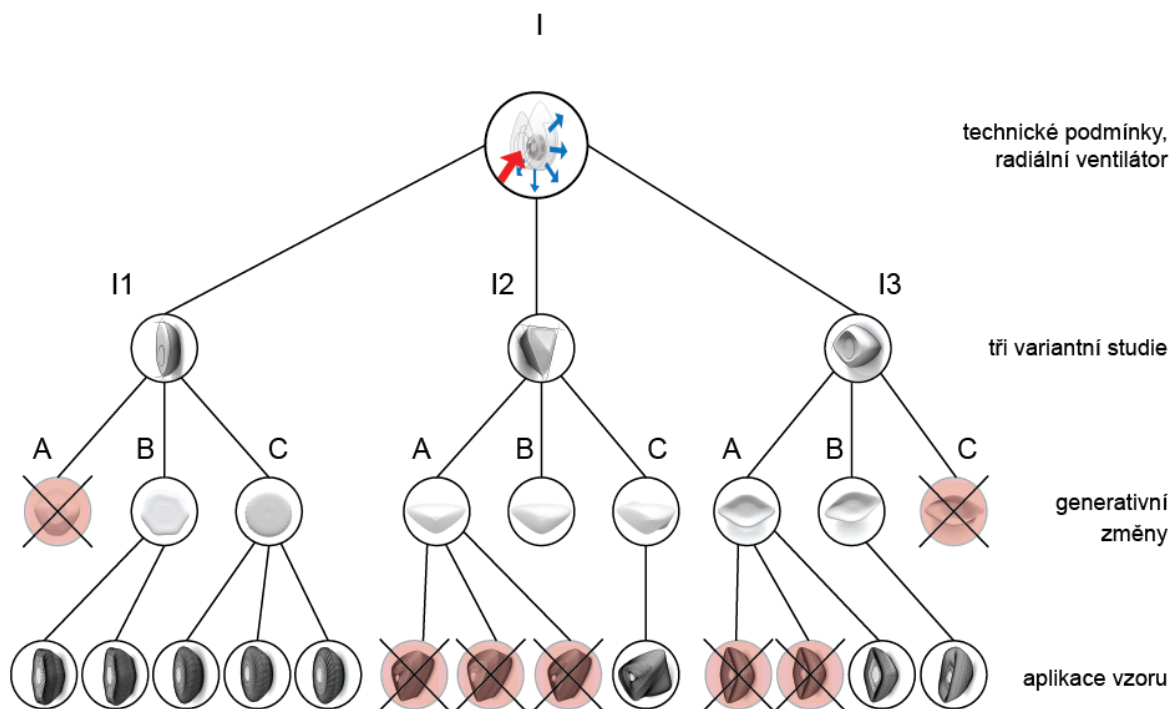
Obr. 4-26 Aplikace vzoru na tvar 3C – venkovní

4.3 Zhodnocení variant

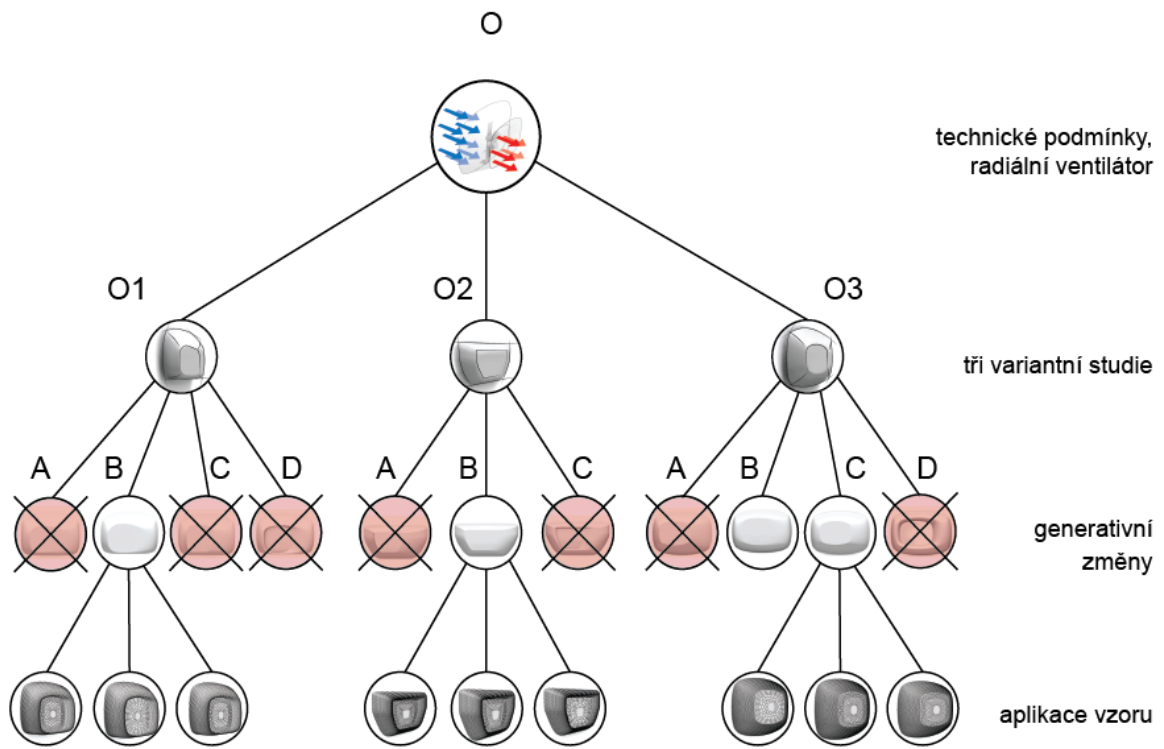
Hodnocení všech variantních tvarů a vzorů se zakládá především na jejich vyrobiteľnosti aditivní technologií. Dalšími kritérii tvaru bylo vytvoření dostatečného objemu pro vnitřní komponenty. Pokud došlo při parametrických změnách základního tvaru k deformaci, byla tato varianta vyřazena. U venkovní jednotky bylo důvodem k vyřazení tvarové podvarianty především nedostatečný objem vnitřního prostoru, nebo deformace tvaru.

V další úrovni schématu, a to při aplikaci vzoru, došlo k zjištění, že při velkém zaoblení tvaru dochází k nahuštění mřížky, a tím také k deformaci vzoru. V těchto místech tedy není možné vytvářet perforace. Řešením je buď změna vzoru, eliminace perforací na celistvou plochu, nebo změna základního tvaru. Při mírném zaoblení tvaru k problémům nedochází.

Na schématech níže je názorně shrnut proces větvení a eliminace. Nejprve pro vnitřní jednotku a poté pro venkovní jednotku klimatizačního zařízení. Vnitřní jednotka je označena písmenem *I*, venkovní naopak písmenem *O*.



Obr. 4-27 Schéma tvorby variantní studie – vnitřní jednotka



Obr. 4-28 Schéma tvorby variantní studie – venkovní jednotka

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Základem pro tvarové řešení vnitřní jednotky je první variantní studie, oproti tomu tvarování venkovní jednotky vychází z varianty třetí. Základem bylo porovnání silných a slabých stránek jak z pohledu uspořádání vnitřních komponent, tak z pohledu aditivní technologie.



Obr. 5-1 Inspirační koláž k finální variantě [86]

Všechny tvarové varianty vycházely ze stejného vnitřního uspořádání. Část klimatizační jednotky umístěná v interiéru má uvnitř radiální ventilátor, který nasává vzduch středem a vyfukuje jej po obvodu. V místech proudění je třeba zajistit na krytu perforace. Jednotka v exteriéru využívá axiální ventilátor, jenž transportuje vzduch v jednom směru, a to zezadu dopředu.



Obr. 5-2 Směr proudění vzduchu

5.1 Vnitřní jednotka

Hlavní tvar vnitřní jednotky vychází z kruhu, je ovšem protažen směrem vzhůru. Takto je docíleno zvětšení objemu v horní části pro elektroniku, která se zde nachází. Tento tvar protažený ve vertikálním směru připomíná vejce. Celé tvarování respektuje uložení vnitřních komponent. Současně jsou plochy vytvořeny tak, aby korespondovaly se zvolenou technologií výroby.



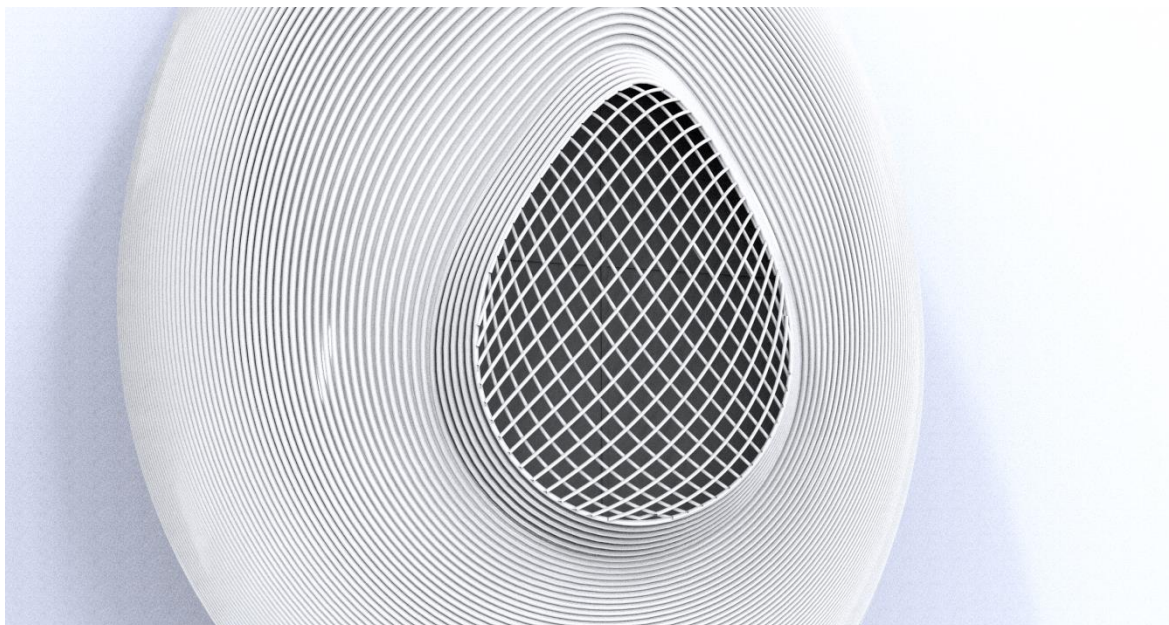
Obr. 5-3 Celkový pohled – vnitřní jednotka

Všechny plochy vnitřní jednotky byly navrženy tak, aby souvisely s aplikací vzoru. Tvarování těchto ploch také usnadňuje proces výroby. Plocha probíhající po obvodu se zužuje nejen směrem ke stěně, ale také ze spodu nahoru. Tento tvar opticky podporuje dění uvnitř jednotky a také napovídá, kudy bude distribuován vzduch. Úzká část v horní části neobsahuje perforace, pouze plnou plochu, tudíž se vzduch nebude šířit tímto směrem. Plná plocha v tomto místě zabraňuje vniknutí prachu do útrob zařízení. Ve spodní části boční plochy se perforace naopak rozšiřují, aby zde mohlo proudit velké množství vzduchu.



Obr. 5-4 Tvarová kompozice – vnitřní jednotka

Čelní plocha má ve středu část vystupující směrem dopředu, která je napojena na perforovanou plochu uprostřed. Důvodem je snadnější výroba, ale také tvarová nápověda směru proudění vzduchu, jelikož sání vzduchu probíhá právě v této oblasti. Vzor perforací byl zvolen tak, aby tvarově propojoval tuto část a okolní plochu. Ve vzoru dochází k jeho nahuštění, naopak ve středu mají perforace větší rozměr.



Obr. 5-5 Detail perforované středové plochy – vnitřní jednotka

5.2 Venkovní jednotka

Tvarování venkovní jednotky vychází ze záměru optického splynutí této jednotky s fasádou. Z tohoto důvodu se všechny plochy směrem ke stěně rozšiřují. Díky tvarovému propojení se podařilo eliminovat optické odcizení venkovní jednotky s fasádou domu. Kvůli dodržení dostatečného objemu pro vnitřní komponenty bylo třeba vycházet z kvádrů. Hlavní křivky jsou ovšem oblé, díky čemuž je tvar více organický a jednotka tak nepůsobí dojmem krabice. Při zvolené technologii výroby nemá toto tvarování vliv na čas ani na cenu výroby.



Obr. 5-6 Celkový pohled – venkovní jednotka

Další důležitou částí venkovní jednotky je prvek umístěný v horní části. Je vytvořený jako doplňkový, aby mohl být využíván pro odkládání věcí, či sadbu květin a rostlin. Toto využití pramení z analýzy, kde bylo zjištěno časné krytování venkovní jednotky. Tento prvek má jasně danou šířku, která určuje správnou vzdálenost jednotky od stěny. Uživatel tak není nucen ke komplikovanému odměřování vzdálenosti.



Obr. 5-7 Tvarová kompozice – venkovní jednotka

Venkovní jednotka má velkou část plochy celistvou. Oblast perforací se nachází ve středu a na zadní straně. Perforace vytvořené na čelní ploše zajišťují odvod vzduchu. Vzor byl zvolen stejný, jako je tomu u vnitřní jednotky. Díky čtvercové ploše dochází u vzoru k optické iluzi, že rovinná mříž vystupuje do prostoru. Tím dochází k tvarovému propojení prostorové čelní plochy a rovinné středové mříže.



Obr. 5-8 Detail perforované středové plochy – venkovní jednotka

6 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6.1 Konstruktivní a rozměrové řešení

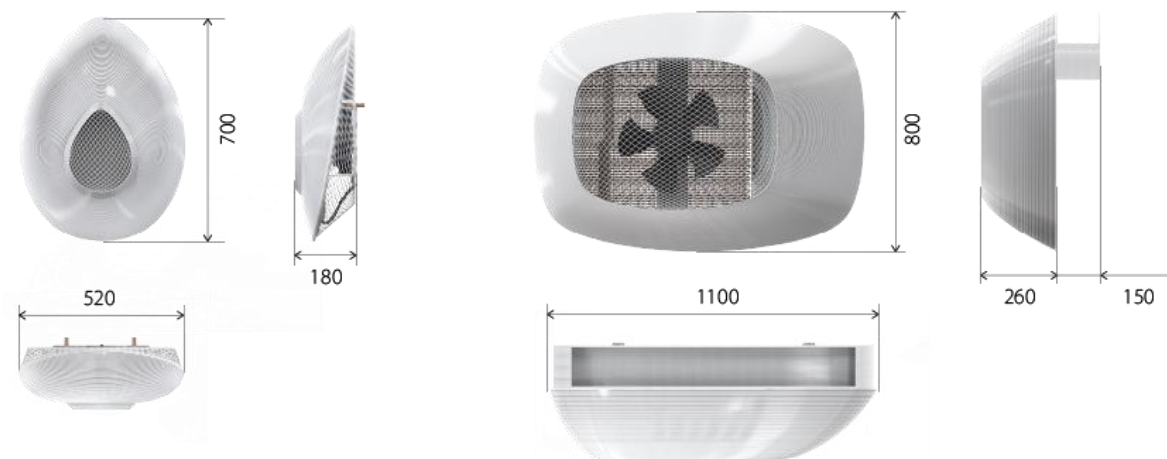
Základem pro konstrukční řešení klimatizačního zařízení bylo stanovení cílové skupiny. Od tohoto stanoviska se odvíjely také základní rozměry. Cílová skupina byla zúžena na majitele rodinných domů. V současnosti oblíbeným prostorem je obývací pokoj se stolováním. Zde také lidé tráví v domácnosti nejvíce času. Z toho vyplývá stanovení výkonu klimatizace na 3,5 kW.

Vliv na výběr výkonu klimatizačního zařízení má několik faktorů. Velikost místnosti, výška stropů, pozice místnosti a orientace budovy vůči světovým stranám. Pro zjednodušený výpočet výkonu klimatizace se uvažuje 25–30 W na 1 m³.

Tab. 6-1 Specifikující parametry

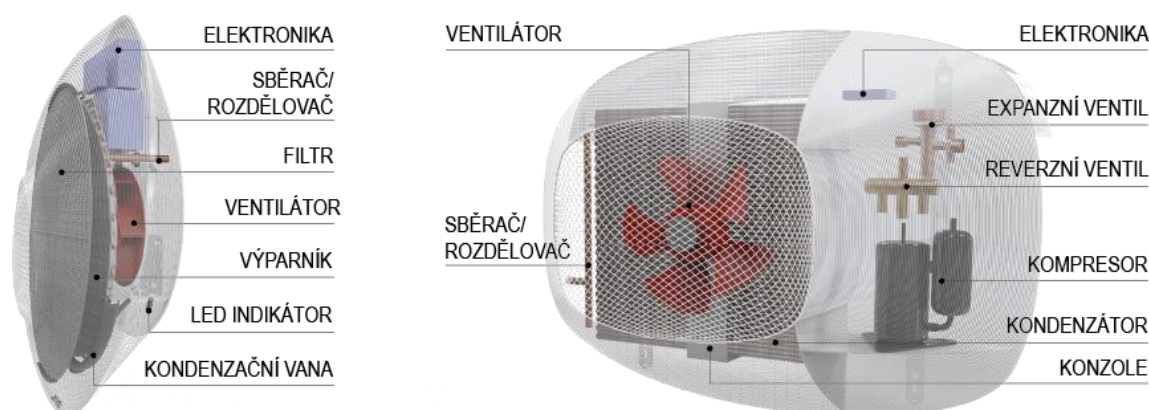
Parametr	Specifikace
Typ jednotky	Split
Výkon	3,5 kW
Příkon	3,85 kW
Napájení	230 V
Průměr potrubí	9 mm
Chladící médium	R410A
Objemový průtok – vnitřní jednotka	1250 m ³ /h
Objemový průtok – vnější jednotka	2570 m ³ /h

Od výkonu klimatizační jednotky se odvíjí rozměry kompresoru, velikost dvou výměníků tepla a také velikost ventilátorů. Vnější rozměry jednotky jsou tedy závislé na výkonu klimatizace. Díky zvolení radiálního ventilátoru pro vnitřní jednotku je možné snížit její hloubku. S výkonem 3,5 kW jsou tedy rozměry 700x520x180 mm pro vnitřní jednotku a 1100x820x310 mm pro venkovní jednotku.



Obr. 6-1 Základní rozměry

Klimatizační zařízení se skládá ze dvou oddělených částí – vnitřní a vnější jednotky. Tyto jednotky jsou propojeny měděným potrubím a kabeláží. Vnitřní jednotka je umístěna uvnitř domu v místnosti na zdi. Venkovní jednotku je možné upevnit pomocí konzole ke stěně. Obě jednotky obsahují důležité komponenty sloužící ke správné funkci klimatizačního zařízení.



Obr. 6-2 Schéma vnitřních komponent

Součástí řešení vnitřní jednotky jsou distanční prvky pro správné uchycení a pozici všech vnitřních prvků. Bude se jednat o příčné a podélné prvky pro zajištění výparníku, filtru a potřebné elektroniky. U vnitřní jednotky se bude jednat pouze o profil pro uchycení axiálního ventilátoru.

6.2 Vnější krytování

Vnější krytování obou jednotek je složeno ze dvou rozebíratelných částí, jejichž výroba probíhá zvlášť. Zadní část je uchycena pomocí montážní konzole ke zdi a zároveň jsou zde upevněny vnitřní komponenty. Čelní část krytu je v obou případech odnímatelná (viz. kap. 6.2.2. Snímání krytu).

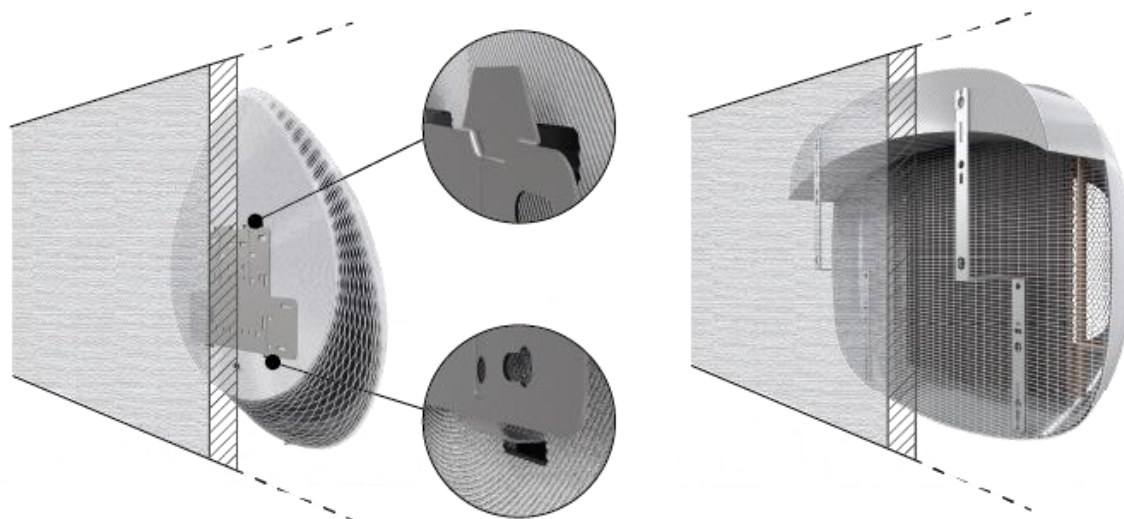
Kryt je vyroben technologií robotického 3D tisku, který umožňuje tvorbu prutových struktur. Tyto struktury se vyskytují na částech krytu, kudy směřuje proud vzduchu dovnitř či ven. Díky perforacím, které jsou aditivní technologií vytvořeny, nevzniká na zařízení velký odkrytý otvor. Struktura slouží jako ochrana před vniknutím cizích těles do útroby zařízení. Další výhodou perforovaných částí krytu je zpomalení a rozptýlení vzduchu do místnosti, díky čemuž je užívání klimatizace příjemnější.



Obr. 6-3 Vnější krytování obou jednotek

6.2.1 Montáž

Montáž obou jednotek na stěnu domu je zajištěna za pomoci montážních konzolí. V případě vnitřní jednotky se jedná o jeden kus s četnými otvory pro montáž na zeď. V horní a spodní hraně jsou součástí plechu háčky, které slouží k zavěšení celé jednotky. U venkovní jednotky je využita konzole ze dvou kusů se stejným závěsným principem. Jelikož nelze využít stávajících konzolí, byl jejich tvar změněn a má tvar písmene S.



Obr. 6-4 Schéma montáže klimatizační jednotky na zeď

6.2.2 Snímání krytu

Jak již bylo zmíněno, oba kryty jednotek jsou tvořeny ze dvou částí, aby bylo možné zajistit jejich bezpečné rozebrání. Odjímání předního krytu je nutné zejména kvůli údržbě celého zařízení, instalaci a výměně filtru.

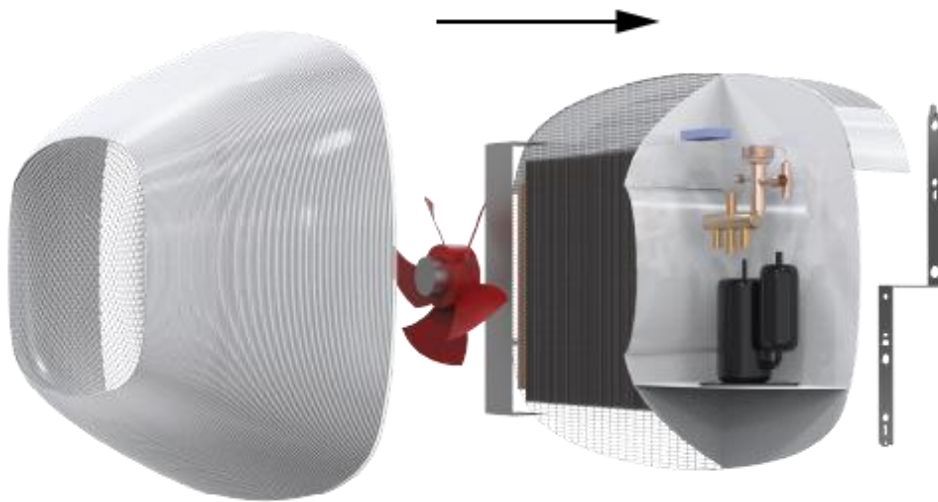
Snadné rozebírání předního krytu vnitřní jednotky bude zajištěno magnetickými spoji po stranách. Na obvodové ploše z vnitřní strany jsou umístěny dva neodymové magnety po obou stranách. Z důvodu zvýšení bezpečnosti bude ve spodní části boční plochy umístěn jeden šroubový spoj a v horní části háček.

Přední kryt venkovní jednotky je zajištěn pouze šroubovými spoji, jelikož není nutné jeho časté snímání. Přístup je důležitý pro kvalifikované pracovníky, ne však pro uživatele.

6.3 Uspořádání vnitřních komponent

6.3.1 Venkovní jednotka

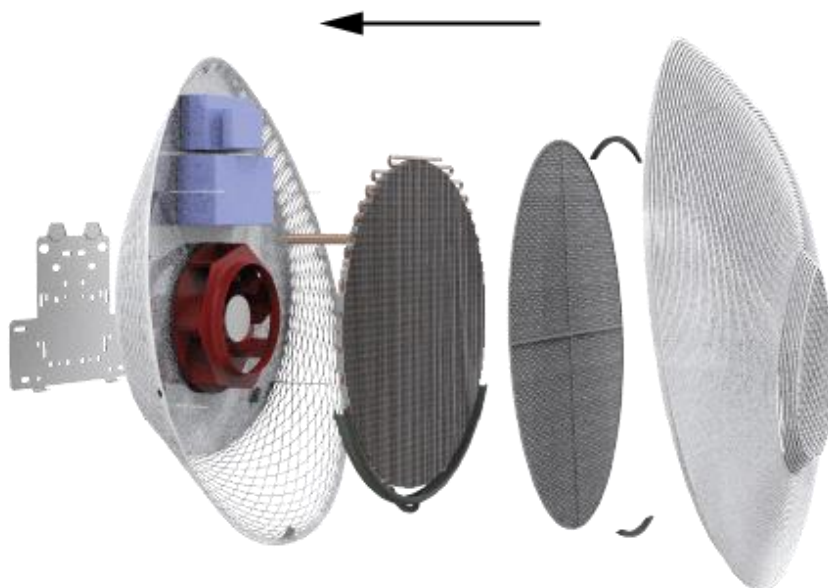
Hlavní chod klimatizační jednotky a zejména dopravu chladiva uvnitř okruhu zajišťuje kompresor v pravé části jednotky. Zde se v odděleném prostoru nachází škrtkové prvky, reverzní ventil a také elektronika. Levá strana jednotky patří kondenzátoru, který je uchycen u zadní stěny. Pro odebrání tepla je před něj umístěn axiální ventilátor pro výměnu velkého objemu vzduchu. Konzole upevňuje ventilátor ve správné poloze ve středu jednotky.



Obr. 6-5 Rozložená venkovní jednotka

6.3.2 Vnitřní jednotka

Při využití radiálního oběžného kola pro distribuci vzduchu ve vnitřní jednotce je nutné jiné řazení ostatních komponent. Jelikož radiální ventilátor nasává vzduch středem, je výparník, přes který musí vzduch projít, usazen přímo před ním pomocí distančních prvků. Vzdálenost výparníku od ventilátoru je cca 1/2 hloubky kola [88]. Dále se zde nachází filtr. Tato ochrana je nezbytná pro zachytávání prachu, který zanáší výparník a další vnitřní části zařízení. Filtr je uchycen na přední snímatelné části krytu z důvodu snadnějšího přístupu. Ventilátor, LED indikátory a řídicí elektronika jsou uchyceny přímo na zadní stěně jednotky.



Obr. 6-6 Rozložená vnitřní jednotka

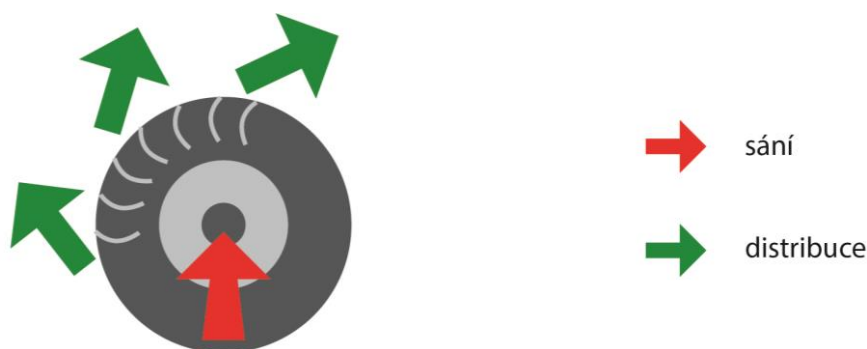
6.4 Vnitřní mechanismy a komponenty, materiály

6.4.1 Výběr ventilátoru vnitřní jednotky

Základním prvkem vnitřní jednotky klimatizace je ventilátor. Od jeho typu se odvíjí celkové uspořádání dalších komponent a také tvar vnitřní jednotky.

Nejpoužívanějším typem ventilátorů nástěnných vnitřních jednotek je tangenciální ventilátor. Nevýhodou je jeho délka a motor, který je umístěn na straně, což ještě více rozšiřuje celkové rozměry vnitřní jednotky. Druhou nevýhodou tohoto typu ventilátoru je průtok vzduchu jen v jednom směru, což může způsobovat průvan.

Z uvedených důvodů byl vybrán pro finální návrh druhý nejčastější typ, a tím je radiální oběžné kolo. Nejčastěji se využívá v zabudovaných stropních jednotkách. Volná radiální oběžná kola mají motor umístěný uprostřed, čímž jsou eliminovány další rozměry. Kolo je umístěno přímo na hřídeli, která jej pohání, a zároveň je motor v této pozici ideálně chlazen, jelikož je vzduch nasáván středem a distribuován po celém obvodu. Díky tomu se vzduch šíří do více směrů.



Obr. 6-7 Schéma proudění vzduchu radiálního ventilátoru

Díky konstrukčnímu řešení s radiálním ventilátorem dosahuje vnitřní jednotka menší hloubky oproti stávajícím řešením s tangenciálním ventilátorem, tudíž celá jednotka více přiléhá ke zdi. Na trhu se pohybuje několik výrobců kvalitních ventilátorů. Mezi ně patří také firma EBM-paps, jejichž produkty byly vyhodnocovány. Při výběru konkrétního oběžného kola ventilátoru byl kladen důraz na porovnání rozměrů a objemového průtoku vzduchu.

Tab. 6-2 Porovnání základních parametrů radiálních ventilátorů Ebm-paps [87]

		Objemový průtok [m ³ /h]	Průměr [mm]	Hloubka [mm]	Typ motoru	Váha [kg]
RER TDMP	175-42/18/2	865	175	69	DC	0,77
RER TDO	220-43/18/2	1250	220	71	DC	0,94
R3G225-RE07-01		960	225	100	AC	1,7
RER TDMO	225-63/18/2	1190	225	99	DC	1,03
R2E225-RA92-09		1300	225	99	AC	–

Uvedené parametry se opět odvíjí od prvotního stanovení výkonu klimatizace, který je 3,5 kW. Při vložení odporu v podobě výparníku před ventilátor je nutné uvažovat se snížením průtoku vzduchu až o 1/4. Dalším parametrem je umístění výparníku ve vzdálenosti jedné poloviny hloubky ventilátoru od něj. Tudiž bylo nutné uvažovat nad nejmenší hloubkou ventilátoru a dostatečným průtokem vzduchu. [88]

S přihlédnutím k těmto údajům byl vybrán odstředivý ventilátor RER 220-43/18/2 TDO. Průtok vzduchu činí 1 250 m³/h. Výhodou tohoto ventilátoru je také malá hloubka, jen 71 mm a nízká hmotnost, 0,94 kg. Součástí oběžného kola je také elektromotor typu DC. Jelikož výrobce nenabízí radiální oběžná kola s jiným typem motoru, bude nutné připojit frekvenční měnič pro změnu otáček ventilátoru. [87]

Ventilátor je napájen přímo napájecím kabelem o napětí 230 V. Vyroběn je z kompozitního plastu FRP (z angl. fibre-reinforced plastic). Výhodou je velká pevnost a nižší hmotnost oproti ventilátorům vyrobených z oceli. Jelikož je součástí ventilátoru zároveň motor ve středu, bude montáž probíhat šroubovými spoji k podkladu

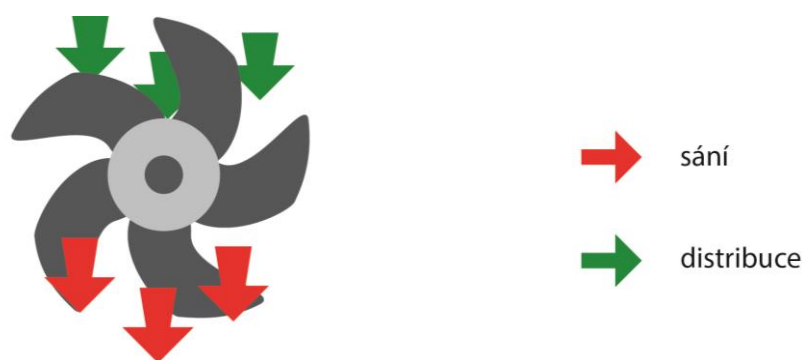


Obr. 6-8 Odstředivý ventilátor firmy Ebm-paps [87]

6.4.2 Výběr ventilátoru vnější jednotky

Důležitým prvkem venkovní jednotky je ventilátor. I v tomto případě se od jeho typu odvíjí uspořádání vnitřních komponent jednotky. Zároveň má typ ventilátoru také vliv na celkovou velikost.

Pro finální návrh byl vybrán nejpoužívanější typ ventilátoru u venkovních jednotek. Tím je axiální ventilátor. Jeho výhodou je přeprava velkého objemu vzduchu, což je vhodné právě pro dopravu vzduchu přes tepelné výměníky. Motor umístěný ve středu ventilátoru zajišťuje kompaktnost celého produktu. Motor také pohání lopatky, které zajišťují přepravu vzduchu v axiálním směru paralelně s rotujícím hřídelem motoru. Další výhodou tohoto typu ventilátoru je jeho malá hloubka, nízká hladina hluku a také vysoká účinnost. [55] [87]



Obr. 6-9 Schéma proudění vzduchu axiálního ventilátoru

Výběr konkrétního produktu opět probíhal mezi produkty firmy Ebm-paps. Byl kladen důraz na základní rozměry a objem přepravovaného vzduchu.

Tab. 6-3 Porovnání základních parametrů axiálních ventilátorů Ebm-paps [87]

	Objemový průtok [m³/h]	Průměr [mm]	Hloubka [mm]	Typ motoru	Váha [kg]
A4E300-AS72-01	2070	300	73,4	AC	1,7
A3G350-BK06-G6	2500	350	185,3	AC	3,9
A6E350-AN24-01	2570	350	110	AC	3
A3G400-AN04-03	2100	400	91	AC	2,3
A3G500-AF48-58	3060	500	203	AC	4,4

Také v tomto případě se parametry uvedené v tabulce 6-3 vztahují na celkový výkon klimatizačního zařízení. Po vyhodnocení údajů byl jako finální výrobek vybrán axiální ventilátor typu A6E350-AN24-01. Průtok přepravovaného vzduchu činí 2 570 m³/h. Hloubka ventilátoru s průměrem 350 mm je pouhých 110 mm. Motor umístěný uprostřed je typ AC, což zajišťuje možnou úpravu otáček. [87] Materiál, ze kterého bude ventilátor vyroben, je FRP, stejně jako u předchozího radiálního ventilátoru (viz kap. 6.4.1 Výběr ventilátoru vnitřní jednotky).

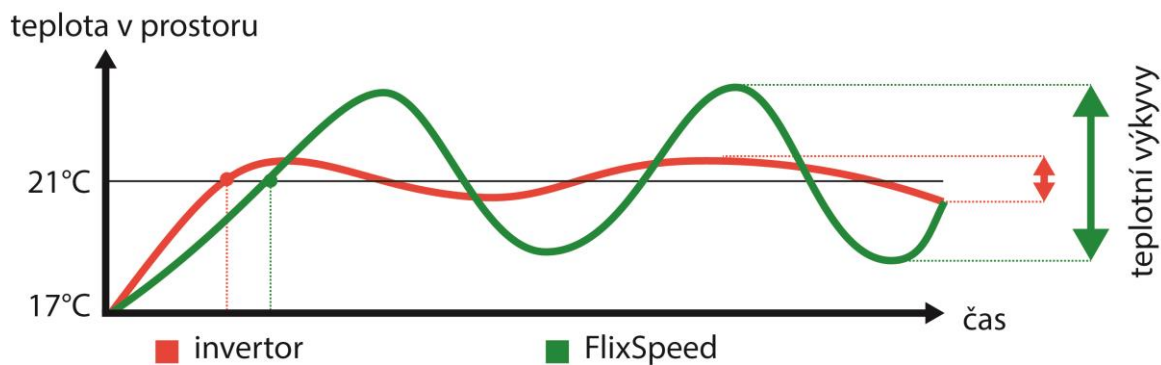


Obr. 6-10 Axiální ventilátor firmy Ebm-paps [87]

6.4.3 Výběr kompresoru

Nejdůležitější součástí všech klimatizačních zařízení je kompresor. Kompresor zajišťuje stlačování chladiva a jeho druhy a dělení podle způsobu stlačování je popsáno v kapitole 2.3.2 Kompresor. Pro návrh klimatizace byl vybrán rotační objemový kompresor, který má jednodušší konstrukční řešení a je nejpoužívanějším typem pro malá klimatizační zařízení. [38]

V současnosti se u kompresorů na trhu využívají dva typy motorů. Nelze určit, který typ je momentálně používanější, jelikož každý výrobce má jiné preference. Prvním typem motoru je FixSpeed (z ang. stálá rychlost), u kterého nelze měnit otáčky. Druhým a také vybraným typem motoru pro finální řešení je invertorový motor. Výhodou tohoto motoru je frekvenční měnič, který zajišťuje dodání potřebného výkonu. Možné řízení otáček plynule reguluje okamžitý výkon klimatizačního zařízení. Díky tomu je možné docílit lepšího udržení požadované teploty v místnosti. Možnou nevýhodou tohoto motoru je vyšší spotřeba energie.



Obr. 6-11 Graf kolísání teploty [90]

Po přihlédnutí na důležité aspekty byl vybrán kompresor typu scroll s inverterovým pohonem. Mezi výrobce těchto kompresorů patří firma LG, z jejíž nabídky byl kompresor vybrán. Hlavním parametrem, na kterém závisí určení kompresoru, je výkon. Přičemž výkon kompresoru je 1/4 až 1/6 výkonu klimatizačního zařízení [88].

Z těchto důvodů byl z nabídky LG vybrán model GA092MA. Hlavní výhodou oproti ostatním výrobcům je malá velikost tohoto kompresoru. Součástí je také inverterový DC motor. Tento model je pro chladivo R410A s výkonem 894 W. [91]



Obr. 6-12 Rotační kompresor firmy LG [91]

6.4.4 Výměníky tepla

Mezi výměníky tepla řadíme jak kondenzátor, tak výparník. Pro klimatizační zařízení je vhodným typem výměníku lamelový typ. Široká nabídka firmy Leel coils europe s.r.o. nabízí lamelové výměníky s měděným potrubím a lamelami z hliníku. Měděné potrubí propojuje celý chladicí okruh, jelikož je tento materiál s označením Cu-DHP velice vhodný pro nízké teploty. Plocha obou výměníků tepla byla určena orientačně, podle velikosti ploch výměníků ve stávajících produktech.

Polotovary měděných trubek jsou běžně k dostání o průměru 4–261 mm. Návrh klimatizace počítá s výkonem klimatizace 3,5 kW a reverzním ventilem pro možnost využití jednotky k topení. Z těchto údajů vyplývá, že průměr měděného potrubí je v celém okruhu stejný. Pro návrh byla vybrána podle norem ČSN EN 1057 [92] a DIN 8905 [93] výběrová řada trubek s vnějším průměrem 12 mm a vnitřním průměrem 10 mm. Výroba dále probíhá ohýbáním trubek a jejich následným svařováním, jelikož je vyžadována naprostá těsnost potrubí. [94]



Obr. 6-13 Měděné trubky [94]

Výměník bude mít povrchovou úpravu LCE Coating (podle firmy Leel coils europe), což je antikorozní hydrofobní ochrana na bázi vody. Tato ochrana zajišťuje, aby kondenzovaná vlhkost neulpívala na výměníku. Díky tomu nedochází ke korozi materiálu a zároveň chrání potrubí před bakteriemi a zápachem. [54]

6.4.5 Filtr

Z analýzy vyplývá, že z důvodu problematické údržby vnitřní jednotky klimatizace nedochází ke správnému a častému čištění zařízení. Nejdůležitějším prvkem je v tomto případě filtr. Filtr umístěný ve vnitřní jednotce klimatizace slouží k zachytávání prachu. Přes klimatizaci je dopravován velký objem vzduchu, tudíž při absenci filtrů by se prvky uvnitř, a zejména výparník, rychle zanášely. To by mělo vliv na výkon klimatizace a zdraví osob uvnitř místnosti. Kontrola a čištění filtru by měla probíhat nejméně jednou ročně, zejména pak před spuštěním klimatizace na začátku sezóny.



Obr. 6-14 Syntetická textilie [95]

Pro účel snadného čištění filtrů a celého zařízení byl zvolen pouze jeden stupeň filtrace pro zachytávání prachu. Filtry pro zachytávání pachů s aktivním uhlím nebo olejovou směsí nelze opakovaně čistit doma a po zanesení je nutné je vyměnit. Pro opakované a snadné čištění filtru vyklepáním, vysátím či omytím pod tekoucí vodou je vhodný filtr ze syntetické textilie. Syntetický materiál s označením RF130 a třídou filtrace G3 dokáže zabránit průchodu hrubých nečistot, prachu a pylu. [96] [97]

6.4.6 Elektronika

Elektronika vnitřní jednotky je umístěná v horní části. Zde je umístěna řídicí deska, frekvenční měnič a transformátor. Elektronika k ovládání venkovní jednotky je umístěna v pravé horní části zařízení.

Jako řídicí jednotka byla vybrána Raspberry Pi 1 model B. Na tuto jednotku lze připojit ovládání, Wi-Fi připojení, teploměr a LED indikátor u vnitřní jednotky. Raspberry Pi je připojen k napájení přes transformátor s napětím 230 V, jehož výstupní napětí je 12 V. Jelikož nelze měnit otáčky stejnosměrného (DC) motoru radiálního ventilátoru vnitřní jednotky, je nutné připojit frekvenční měnič. U venkovní jednotky je k Raspberry Pi jednotce připojen kompresor.



Obr. 6-15 Příklady zařízení; (a) Raspberry Pi 1 model B [98]; (b) Frekvenční měnič [99]; (c) Transformátor [100]

Klimatizační jednotka je připojena k napětí o velikosti 230 V. Takto je napájen ventilátor a také transformátor. Ten bude dále napájet Raspberry Pi jednotku.

6.4.7 Konzole

Montážní konzole, která je součástí každé klimatizační jednotky, je vyrobena za pomoci ohýbání. Slouží k uchycení celé jednotky na stěnu. Použitým materiálem je ocel s galvanickým pokovením proti korozi a nátěrem z polyesterepoxidové pryskyřice.

6.5 Materiálové řešení

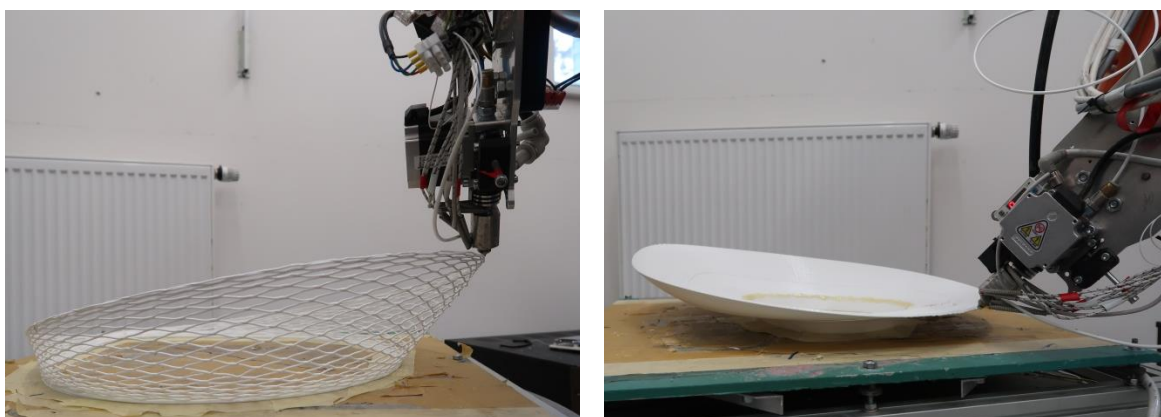
Vnější krytování klimatizační jednotky je navrženo pro robotický 3D tisk. V souvislosti s touto technologií byl vybrán materiál PET-G. Oproti jiným materiálům je zde nízké riziko zkroucení dílu při tisku. Odolnost PET-G vůči vysokým a nízkým teplotám, rozpouštědlům a UV záření je výhodou pro venkovní aplikace. Další vlastností, která měla vliv na výběr tohoto materiálu, byla vysoká odolnost vůči nárazům.

Kryt klimatizační jednotky musí podle normy ČSN EN 1886 [81] splňovat kritéria hořlavosti. Samotný PET-G materiál tyto požadavky nespĺňuje, ovšem z hlediska hořlavosti je možné zlepšit jeho vlastnosti přidáním retardéru hoření. Za účelem splnění normy byl zvolen hydroxid hořečnatý. Teplota nutná k tavení materiálu PET-G se pohybuje mezi 235 °C až 255 °C, od čehož se odvíjí také tepelná stabilita zvoleného retardéru (viz. kap. 2.3.8 Materiál).

6.6 Výrobní technologie

Vnější krytování je vyrobeno za pomoci aditivní robotické technologie na principu nanášení tenkých vrstev materiálu. Materiál je spojen tavením, což vytváří nejen finální produkt, ale také typickou strukturu povrchu při 3D tisku. V případě vnějšího krytu klimatizační jednotky byla struktura na povrchu přiznána. Jak již bylo zmíněno, materiál krytu je navržen z recyklovatelného PET-G plastu s přidanými retardéry hoření z důvodu bezpečnosti.

Díky aditivní technologii je možná výroba krytu bez předchozí tvorby odpovídající formy. Klimatizační jednotku je tudíž možné vyrábět bez obrábění a jsou také eliminovány další operace. Využitím robotického ramene se naskytla příležitost využít tisku prutových struktur.



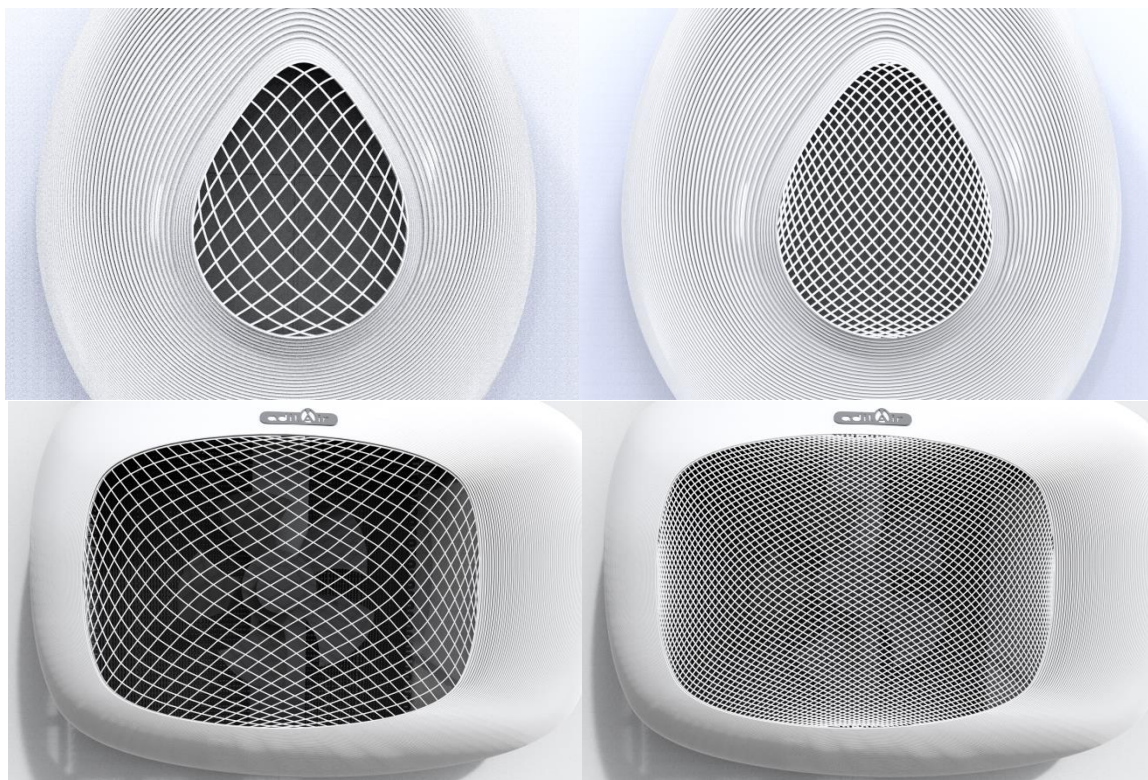
Obr. 6-16 Výroba krytu

Prutová struktura se nachází po obvodu krytu vnitřní jednotky, kde slouží k distribuci vzduchu. Její velkou výhodou je vytváření perforací bez vzniku odpadu. Možnosti pohybu robotického ramene umožňují vzniknout množství různých vzorů. Pro finální návrh byl vybrán vzor vlnový. Zejména kvůli svému organickému vzhledu a jeho průběhu po obvodové ploše krytu připomíná vzor proudění vzduchu. Zároveň umožňuje plynulý chod robotického ramene a nevytváří ostré vrcholy. V místech vrcholu dvou vrstev je tímto vzorem zvětšena plocha styku.



Obr. 6-17 Prutová struktura

Jelikož pro 3D tisk předchází tvorba digitálního modelu, byl v případě návrhu krytu pro robotické rameno zvolen software Grasshopper®. Zde je umožněno měnit parametry rozměrů jednotky, ale také parametry hustoty a velikosti prutové struktury, jež je součástí boční plochy krytu. Pro změnu hustoty prutové struktury je použit graf, jehož průběh má vliv na průběh struktury. Stejně jako u boční plochy, lze měnit hustotu perforací také u středové mřížky čelní plochy.



Obr. 6-18 Parametrická změna hustoty perforací na čelní ploše

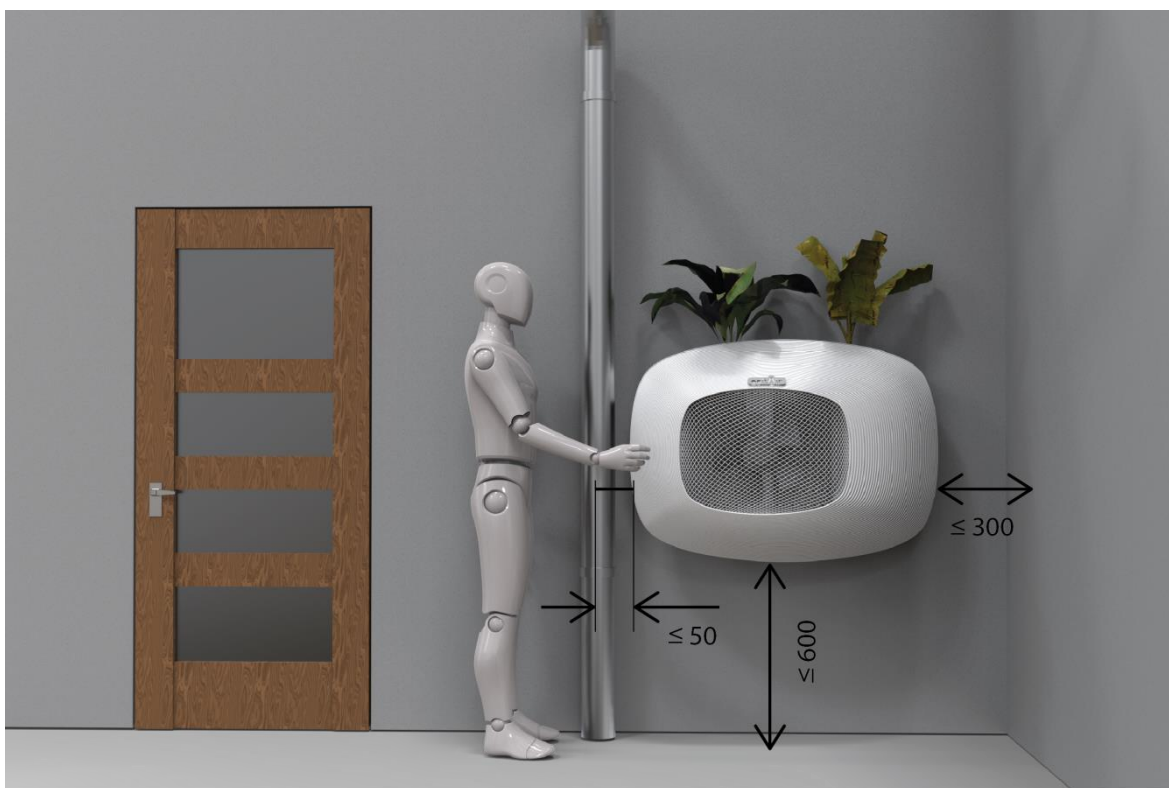
6.7 Ergonomické řešení

Při umístění jednotky na stěnu je nutné dodržet pravidla, týkající se minimálních vzdáleností od překážek, respektive od stěn místnosti či domu. Všechny tyto hodnoty vycházejí z porovnání stávajících produktů a prostudování instalačních manuálů.

Venkovní jednotka

Jelikož je nevhodné, aby došlo v zimě k zasněžení venkovní jednotky či na podzim k nafoukání listů, je nutné jednotku umístit do výšky. Tato montáž je častá, a proto byla při návrhu vybrána jako jediná varianta, aby mohlo dojít k lepšímu tvarovému provázání s budovou.

U venkovní jednotky je nutné dodržet zejména vzdálenost zadní plochy od zdi, na které je uchycena. Zde se nachází přívod vzduchu. Správná minimální vzdálenost je 150 mm, určená prvkem v horní části jednotky, který lze využít jako květináč nebo jako odkládací místo pro nářadí. Jelikož distanční prvek zabraňuje průchodu vzduchu z horního směru, je nutné umístit jednotku minimálně 600 mm nad povrch. Dále je třeba se vyvarovat překážce ve směru výfuku vzduchu, a to minimálně 300 mm od čelní plochy. Posledním omezením jsou vzdálenosti od překážek z bočních stran jednotky. Oba tyto rozměry spolu souvisí, ovšem lze je navzájem zaměnit. Pokud je z jedné strany vzdálenost jen 50 mm, na druhé straně musí být alespoň 300 mm.



Obr. 6-19 Schéma bezpečných vzdáleností při montáži – venkovní jednotka

Vnitřní jednotka

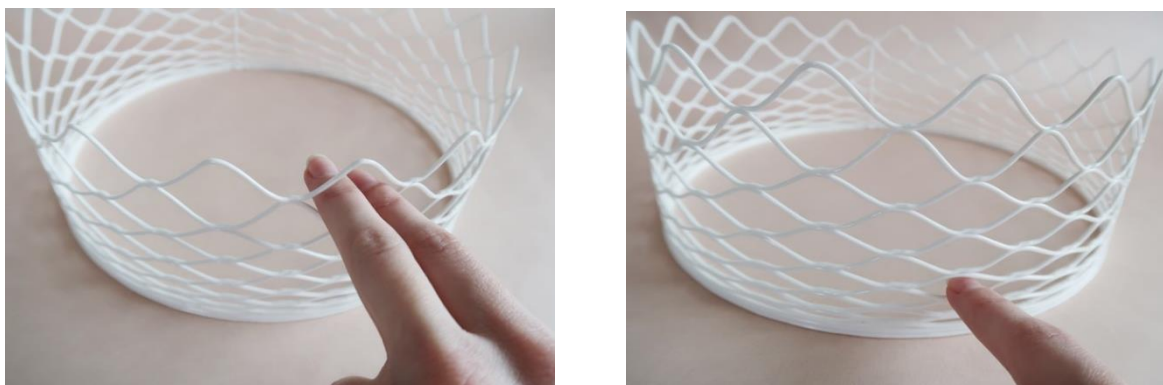
Umístění vnitřní jednotky v místnosti má podobná pravidla jako venkovní jednotka. Výška zařízení musí být minimálně 1 500 mm nad podlahou. Jelikož k distribuci vzduchu nedochází ve směru vzhůru, je možné umístění až 200 mm od stropu. Ventilátor zařízení směřuje vzduch nejen ve směru dolů, ale i do stran, a z tohoto důvodu je nutné ponechat prostor z každé strany jednotky alespoň 500 mm.



Obr. 6-20 Schéma bezpečných vzdáleností při montáži – vnitřní jednotka

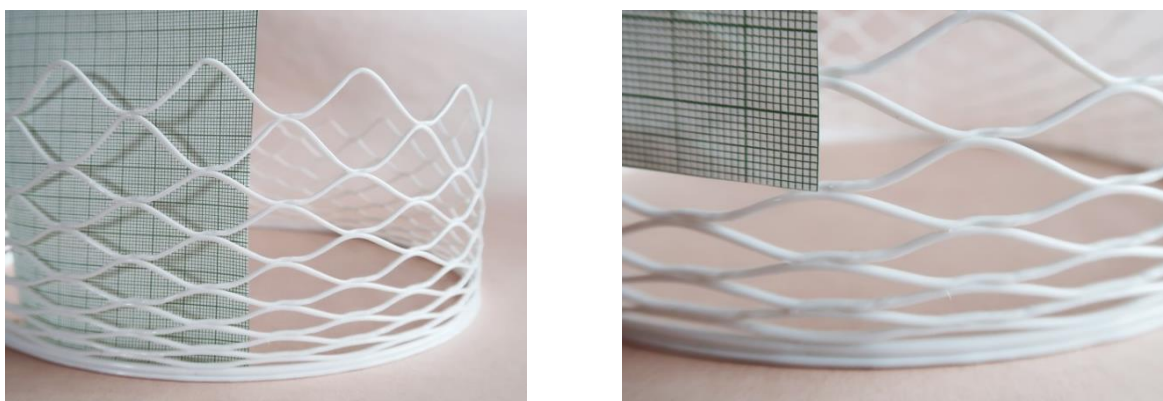
6.7.1 Perforace

Pro stanovení velikosti perforací/ok bylo nutné zvážit bezpečnost uživatele. Oproti stávajícím produktům s širokým prostorem pro distribuci vzduchu slouží samotná perforovaná plocha již jako mříž. Ta zabraňuje vstupu větších těles, celé ruky nebo její části. Při uvažování velkých otvorů nad 25 mm je nutné počítat s menší pevností této perforované plochy a zároveň s možností uvíznutí částí ruky. Naopak při využití příliš malých otvorů vzniká více plné plochy, která odráží proudící vzduch ventilátoru zpět, a tím snižuje jeho výkon [88]. Bylo tedy nutné zvolit kompromis a nalézt ideální velikost oka. K tomuto účelu bylo vytvořeno testovací těleso. Jedná se o válec s šesti patry ok, kde každé patro má jinou výšku oka.



Obr. 6-21 Průchodnost ok na testovacím válci 5. percentil ženy

Velikost ok se směrem vzhůru zvětšuje. Maximální výška oka vyskytující se na válci je 27 mm. Ovšem ideální velikost oka použitá na ploše klimatizační jednotky je 12 mm. Tato velikost byla odvozena z testovacího tělesa, jež velikostně odpovídá čtvrtému patru ok testovacího válce.



Obr. 6-22 Velikost pater testovacího válce

Výška oka 12 mm zabraňuje vstupu prstu po celé jeho délce. To platí pro všechny prsty, jak mužské, tak ženské, od 5. do 95. percentilu, viz. Tab. 6-4 a Tab. 6-5. Jelikož jsou v tabulce uvedeny hodnoty šířky prstů ve středu, je nutné uvažovat možné vniknutí konečků prstů. Díky hladkým okrajům materiálu prutu však nehrozí uváznutí prstu. Zkušebně byly využity prsty rukou malík a ukazovák 5. percentil ženy a ukazovák 95. percentil muže.



Obr. 6-23 Průnik prstů skrz perforovanou plochu (zleva malík žena, ukazovák žena, ukazovák muž)

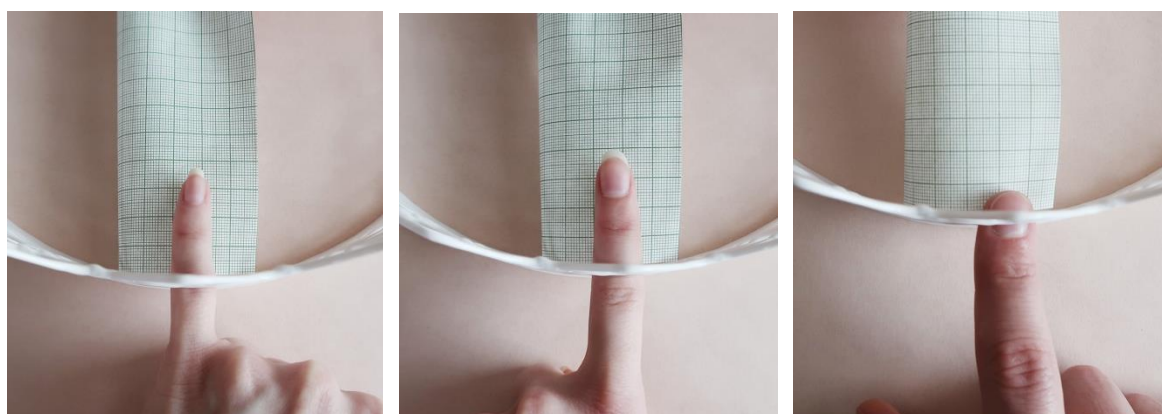
Tab. 6-4 Šířka mužských prstů ve středu [101]

Muž	Palec [mm]	Ukazovák [mm]	Prostředník [mm]	Prsteník [mm]	Malík [mm]
5 P	20	17	17	15	14
50 P	23	18	18	17	15
95 P	25	20	20	19	17

Tab. 6-5 Šířka ženských prstů ve středu [101]

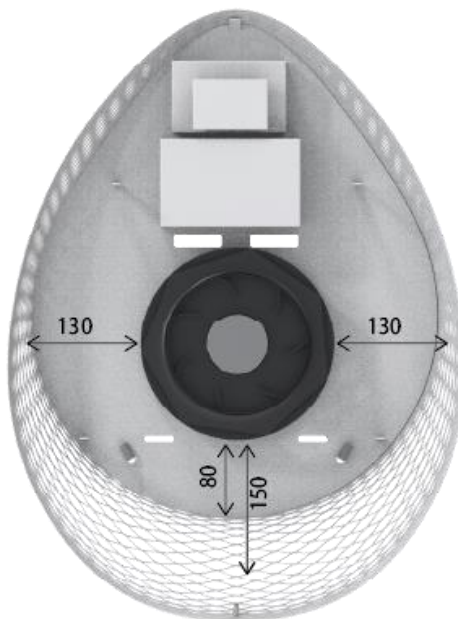
Žena	Palec [mm]	Ukazovák [mm]	Prostředník [mm]	Prsteník [mm]	Malík [mm]
5 P	16	13	14	13	12
50 P	19	15	15	14	15
95 P	21	17	17	16	17

Dále byla na testovacím tělese zkoumána vzdálenost průchodu prstů skrz perforaci s 12mm výškou. Test opět proběhl s prsty 5. percentilní ženy a 95. percentilního muže. Bylo zjištěno, že perforace této velikosti zabraňuje průniku všech prstů po celé jejich délce. Z toho vyplývá, že je možný průchod pouze části prstu a to spíše ženského. Prsty dospělých osob se tedy dostanou do vnitřních prostor ve vzdálenosti 40 mm a méně. Kontakt s ventilátorem je vyloučený a nehrozí zranění.



Obr. 6-24 Dosah prstu za perforovanou plochou (z leva malík žena, ukazovák žena, ukazovák muž)

Vzdálenost okraje rotujícího ventilátoru vnitřní jednotky a vnější perforované plochy se po obvodu mění. Velikost vzdálenosti se pohybuje v rozmezí 215 mm až 80 mm. Jak již bylo zmíněno, maximální předpokládaný průchod prstu skrz perforace je 40 mm u ženského malíku a ukazováku 5. percentilu. Tudíž 80 mm je dostatečná vzdálenost vnější plochy od ventilátoru. Přesto byl zvolen proměnný průběh vzoru vytvářejícího perforace, díky kterému vznikají menší perforace ve spodních patrech plochy, jež mají menší vzdálenost od ventilátoru. Tímto způsobem je průchod prstů či těles ještě více omezen. Největší oka, která se budou nacházet ve spodní části obvodové plochy v jejím středu, jsou 12 mm vysoká. Jejich vzdálenost od okraje ventilátoru je 140 mm a více.



Obr. 6-25 Vzdálenosti ventilátoru od perforované plochy

Neuvážené zacházení se zařízením a úmyslné používání cizích těles k proniknutí k vnitřním částem zařízení nelze zcela zabránit. Výhodou je umístění klimatizace ve výšce, což také eliminuje toto nebezpečí, zejména kvůli dětem.

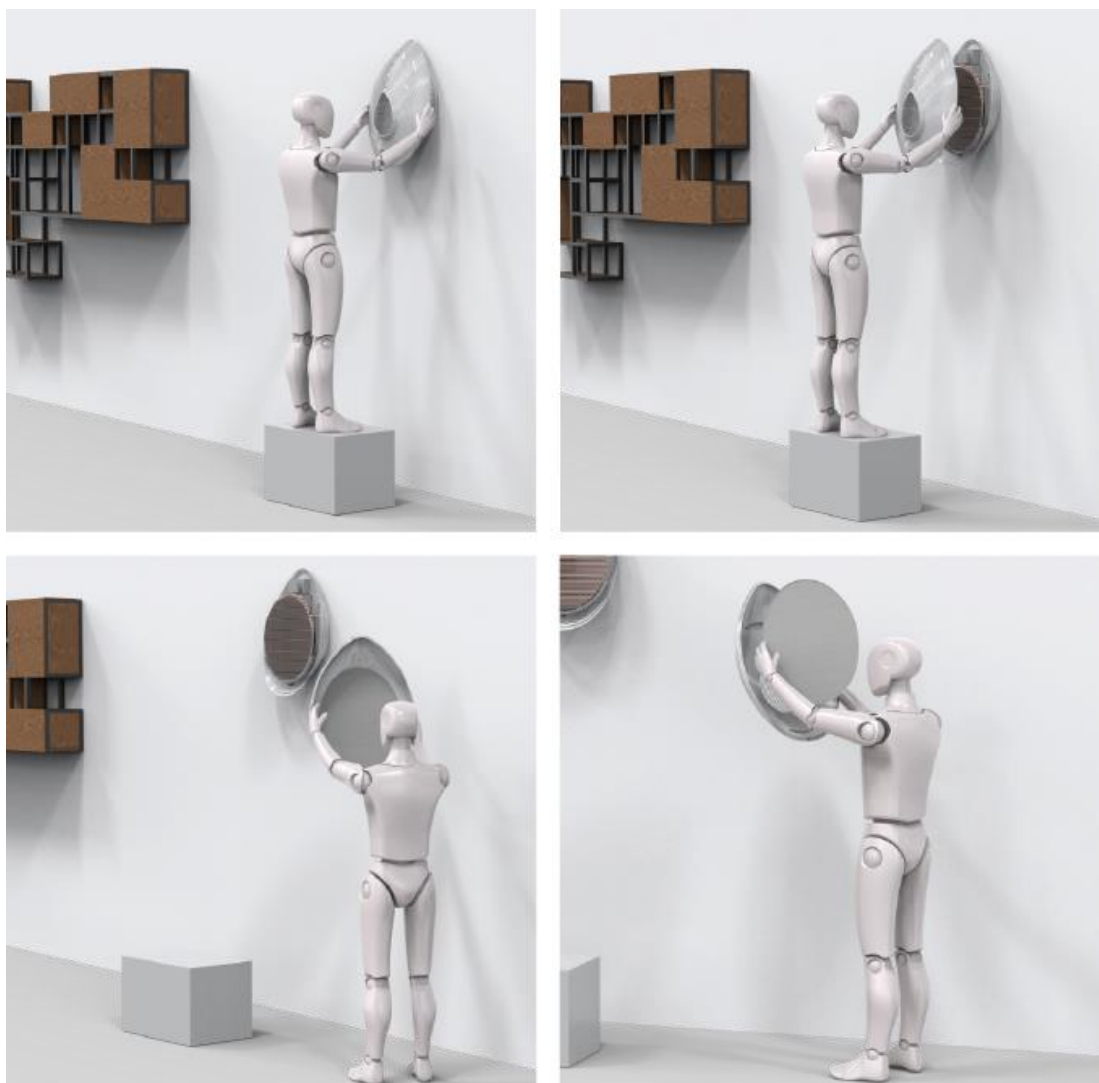
6.7.2 Ovládání

Klimatizační jednotka bude připojena k centrální řídicí jednotce, která může regulovat také topení či ohřev vody v domácnosti. To je možné uskutečnit přes kabeláž, což je vhodné spíše pro novostavby. Jelikož má klimatizační jednotka možnost Wi-Fi připojení, je další možností nastavit spojení s centrální jednotkou tímto způsobem. Tento způsob ocení především uživatelé, kteří instalují klimatizaci později a chtějí co nejmenší stavební zásah při instalaci. Možnost Wi-Fi připojení lze také využít ke spojení s mobilní aplikací. Poslední variantou je dálkový ovládač, který by bylo možné zakoupit zvlášť, čímž by měli uživatelé více možností.

6.8 Bezpečnost a hygiena

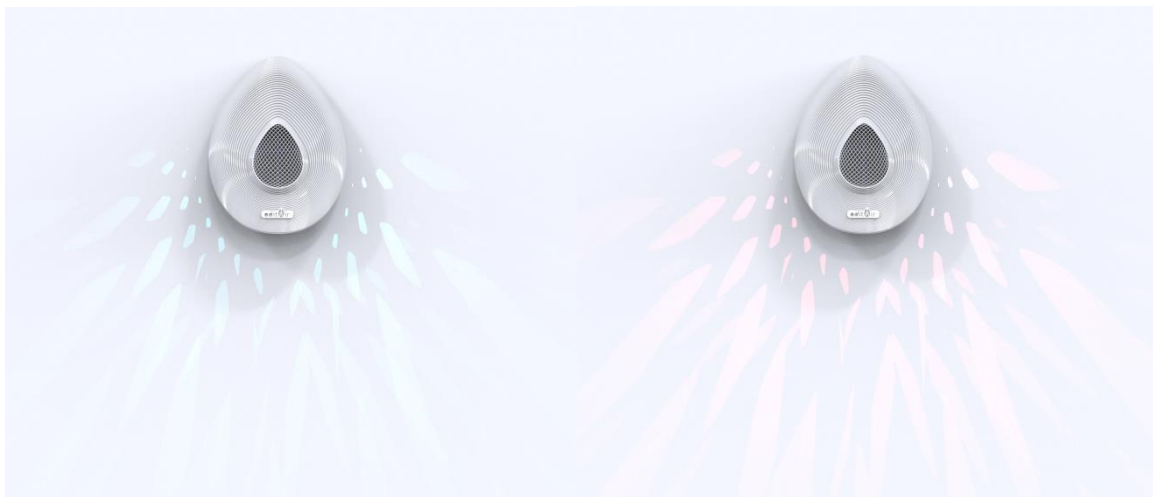
Kryty obou jednotek obsahují četné perforace a povrch s texturou, která je tvořena jednotlivými vrstvami materiálu. Perforace zachytávají částice prachu obsažené v nasávaném či vyfukovaném vzduchu a částečně slouží jako filtr. Jelikož povrch krytu není hladký, je vyšší riziko zachytu nečistot na vrstvách textury. Z těchto důvodů byly čelní plochy obou jednotek navrženy zcela snímatelné. Celé čelní kryty lze tedy snadno omýt pod tekoucí vodou nebo nečistoty setřít.

Z hlediska údržby vnitřní jednotky je nutné zajistit přístup k vnitřním komponentám. Zde je kladen důraz na hygienu, zejména kvůli výměně a distribuci vzduchu uvnitř místnosti. Jednou z komponent vnitřní jednotky je filtr třídy G3, který chrání vnitřní součásti před znečištěním, zejména výparník. Filtr je nutné kontrolovat, měnit nebo čistit (viz. kap. 6.4.5 Filtr). Snímání celého krytu usnadní údržbu této součásti a zlepší možnosti, jak plnit hygienické požadavky tohoto zařízení.



Obr. 6-26 Výměna filtru vnitřní jednotky

Součástí vnitřní jednotky jsou také dvě LED diody uchycené na zadní stěně krytu. Tyto diody zajišťují signalizaci chodu jednotky ve dvou barvách. V případě sejmutí čelního krytu jednotky je spuštěna naopak výstražná signalizace v podobě přerušovaného světelného signálu červené barvy. Takto je uživatel upozorněn, aby dbal zvýšené opatrnosti, jelikož jsou odkryty vnitřní části zařízení. Zároveň lze tímto způsobem rozeznat, že čelní kryt není ve správné poloze.



Obr. 6-27 Barevná světelná indikace

6.9 Udržitelnost

Ekologie klimatizačních zařízení je otázkou k diskusi, zejména kvůli mediím používaných k chlazení. Používané látky jsou totiž největším problémem těchto zařízení. Řešením jsou stále vyšší požadavky na ochranu životního prostředí, které motivují výrobce k vývoji ekologičtějších chladiv. Z tohoto důvodu lze předpokládat stále větší šetrnost látek k životnímu prostředí.

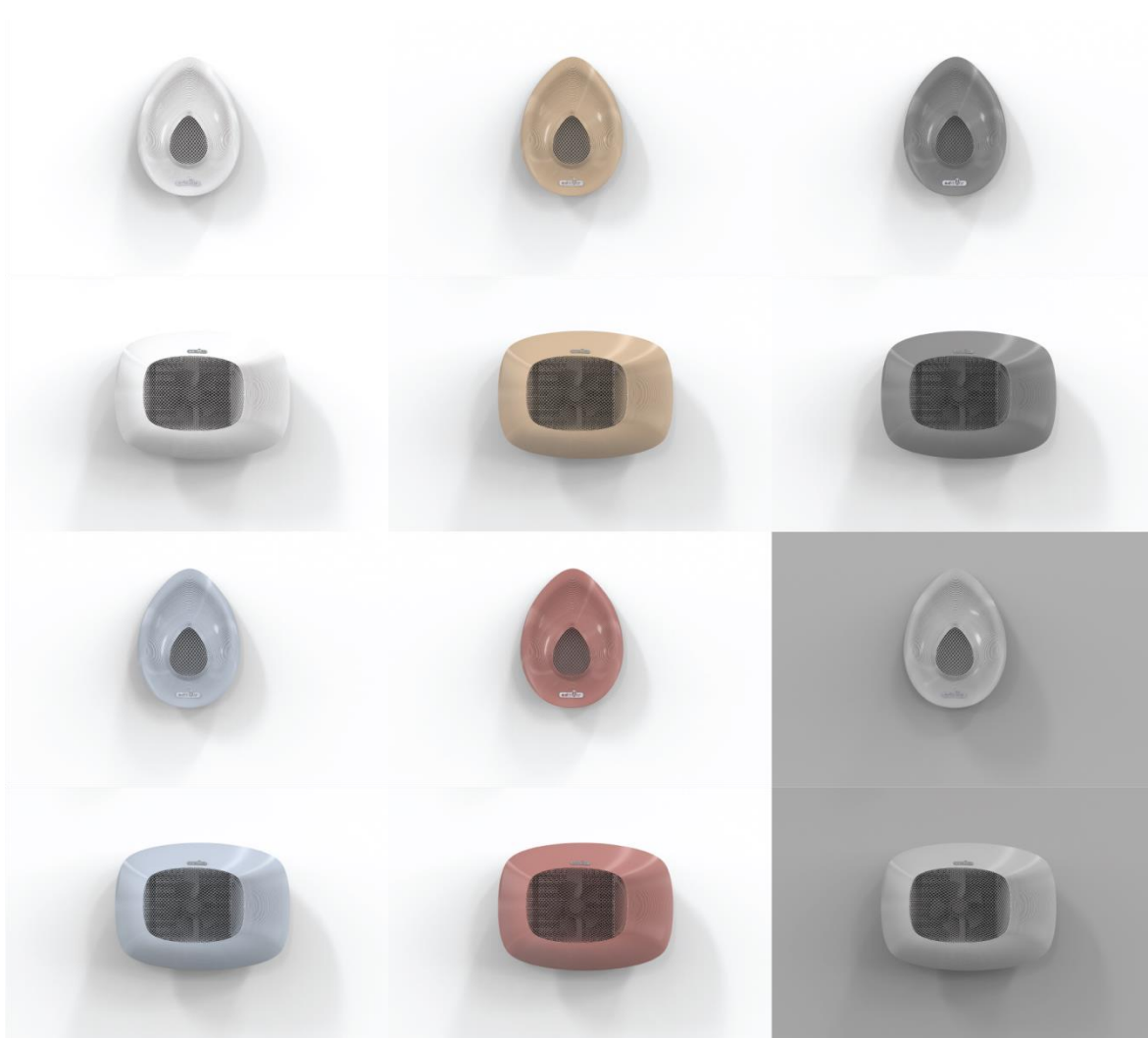
Z hlediska udržitelnosti výrobní technologie je 3D tisk výhodný zejména v možnosti využití recyklovatelných a recyklovaných materiálů na kryt obou jednotek. Výhodou takového materiálu je jeho opakované použití a nižší cenové náklady. Další výhodou aditivní technologie je přizpůsobení velikosti klimatizační jednotky jejímu výkonu. Současné produkty jsou vyráběny v několika řadách o různých výkonech. Při výrobě je tudíž nutné množství forem. Aditivní výroba reaguje na změnu velikosti přímo, čímž šetří jak materiál, tak náklady.

Pokud by vznikl nový design produktu, nebylo by nutné měnit vnitřní uspořádání komponent zejména u vnitřní jednotky, které bylo nově vytvořeno. Konstruktivní řešení by bylo možné zcela zachovat nebo z něj alespoň vycházet.

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Barevné řešení

Krytování klimatizační jednotky je primárně řešeno v bílé barvě, která je jak v souladu se stěnou domácnosti uvnitř, tak s venkovní fasádou. Barva krytování je vždy dána barvou samotného materiálu, jelikož produkt nemá povrchovou úpravu. Povrch bez opracování byl zvolen především proto, aby vynikla výrobní technologie, která je velkou součástí celého návrhu.



Obr. 7-1 Příklad barev klimatizační jednotky

Dalším barevným prvkem je u vnitřní jednotky LED osvětlení dopadající na stěnu. Zde byla zvolená světle modrá barva světla, která je viditelná při chodu jednotky v režimu chlazení. Pokud je klimatizace spuštěna k vytápění pokoje, je světelná indikace v světle červené barvě. Pokud uživateli není světelná indikace příjemná, je možnost ji nevyužít.



Obr. 7-2 Světelná indikace ve dne

7.2 Grafické řešení

7.2.1 Logotyp

V logotypu produktu se propojují prvky odkazující na výrobní technologii a samotné zařízení. Název *aditAir* vychází ze spojení slov *aditivní*, jež odkazuje na výrobní technologii 3D tisku a anglického slova *air* = vzduch. Dalším prvkem v logotypu je tvar „vejce“ kolem písmene A odkazující na tvarování vnitřní klimatizační jednotky. Poslední prvek vystupuje v horní části vejce a odkazuje opět na výrobní technologii. Je jím tryska tiskové hlavy. Font písma použitého pro logotyp nese název Comfontaa. Toto geometricky konstruované písmo má oblé křivky, které tvarově doplňují proporce obou jednotek.



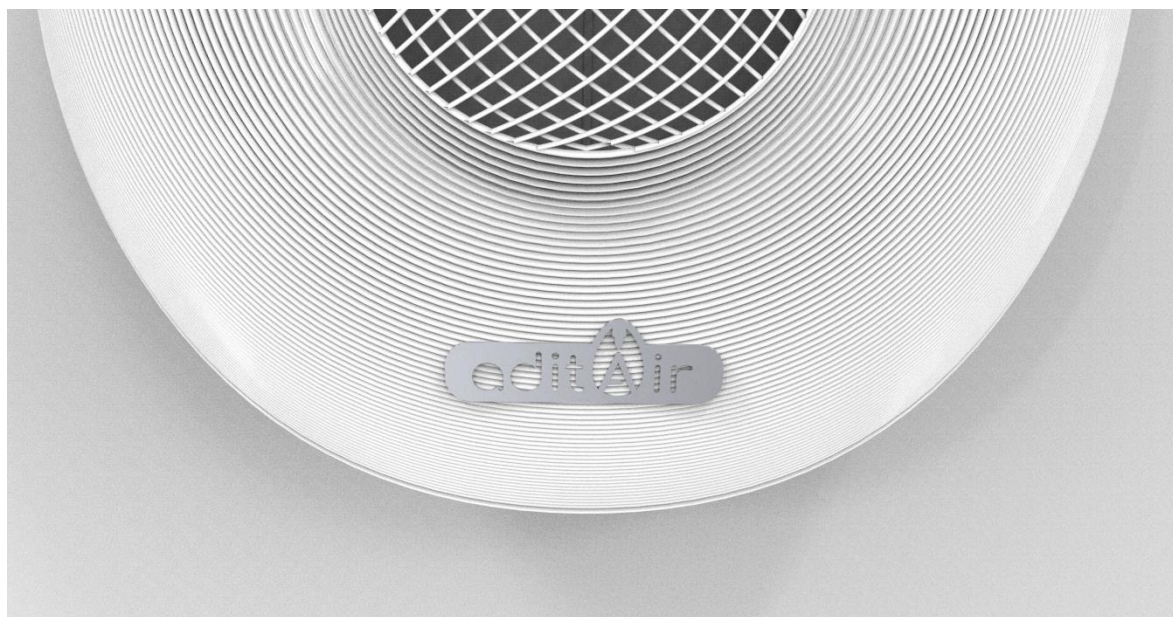
Obr. 7-3 Logo – hlavní barevná varianta

Hlavní barevné řešení logotypu bylo zvoleno v šedém odstínu PANTONE P 179-9 U. Doplňkovou barvou logotypu byla zvolena modrá PANTONE P 111-9 U, která je aplikována na tvar kolem písmene A. Studený tón modré barvy byl vybrán v souvislosti s chladným vzduchem klimatizační jednotky. Logotyp byl navržen jak v klasické podobě, tak v inverzním provedení s podkladem. Pro černobílou variantu logotypu je povoleno jeho použití v šedé barvě.



Obr. 7-4 Inverzní a černobílá varianta loga

Jelikož je logo na krytu jednotky umístěno v podobě kovového štítku, byla zvolena varianta s reliéfním textem. Chybějící střed písmen *a* a *d* nijak nebrání v čitelnosti samotných písmen, přesto je tato eliminace povolena pouze pro kovový štítek přímo na výrobku.



Obr. 7-5 Detail logotypu na zařízení

8 DISKUZE

Návrh klimatizačního zařízení obsahuje design krytování, ale také koncept konstrukčního uspořádání komponent uvnitř obou jednotek. Respektuje vnitřní prostor pro součásti a tvarování vychází z podmínek pro aditivní robotickou výrobní technologii.

8.1 Psychologická funkce

Zvolené tvarování venkovní jednotky má za účel opticky propojit stavbu s klimatizací. Rozšiřující se objem krytování všemi směry a oblé křivky nepůsobí agresivním dojmem. Jednotka je i díky možnosti různých barev méně nápadná. Přidaný prvek v horní části může sloužit jako odkládací prostor nebo jako květináč. Díky tomu nevzniká potřeba uživatele zakrývat venkovní jednotku a zároveň mohou rostliny odvést pozornost od zařízení.

Tvarování vnitřní jednotky vycházelo z kruhového principu ventilátoru. Jelikož bylo třeba zajistit prostor pro komponenty a současně pro průchod vzduchu, vytváří horizontální protažení atypický vzhled. Vybraný typ ventilátoru umožňuje nízkou hloubku jednotky, která díky tomu lépe přiléhá ke zdi. Díky otevírání předního krytu, je umožněn snadný přístup k filtru.

U vnitřní jednotky byla použita světelná indikace. Světle modrá barva navozuje dojem chladu, tudíž ji lze spatřit při chodu chlazení. Naopak červené světlo působí hřejivě a je využito při vytápění. Další funkcí světla je poukázat na směr proudění vzduchu po skoro celém obvodu jednotky. Tvar paprsků napovídá, že se na ploše nachází četné perforace.



Obr. 8-1 Světelná indikace v tmavé místnosti

Jelikož bylo krytování klimatizačního zařízení navrženo pro aditivní robotickou výrobu, bylo možné využít nejen rozsahu pohybů ramene, ale také tvorby prutových struktur. Tyto struktury byly aplikovány na plochu krytu vnitřní jednoty, kudy proudí chladný vzduch. Perforace vytvořené vlnovým organickým vzorem jej rozptylují a zpomalují. Díky tomu nedochází k průvanu v místnosti ani vzniku nepříjemného silného proudu přímo pod jednotkou.

8.2 Ekonomická funkce

Klimatizační zařízení jsou v současné době žádanými produkty na trhu. Pokles růstu se neočekává, jelikož se na trhu nevyskytuje náhradní produkt regulující zejména snížení teploty. Vzhledem k technologii robotického tisku, která není tolik rozšířená, se očekává pouze malosériová výroba, či výroba na zakázku. To způsobuje vyšší cenu produktu oproti současným velkosériovým výrobcům.

8.3 Marketingová analýza

Vypracováním analýzy SWOT (viz. Obr. 8-2) vyplývají hlavní přednosti návrhu vedoucí k výrobní technologii, kterou vzniká při výrobě minimální odpadový materiál. Další výhodou je také stálá poptávka po klimatizačních zařízeních. Největší hrozbou jsou konkurenční výrobci sériově vyráběných klimatizačních jednotek.



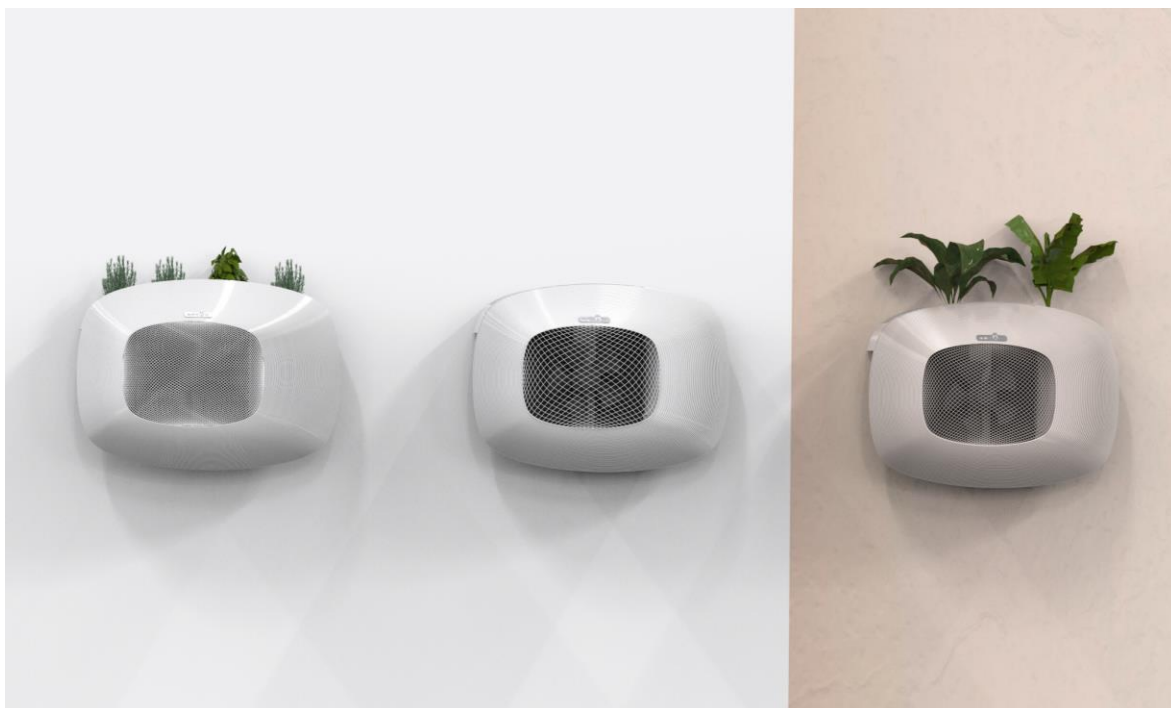
Obr. 8-2 Analýza SWOT

Jelikož je klimatizační zařízení navrženo pro aditivní robotickou výrobu, která umožňuje změny parametrů produktu, je cílová skupina uživatelů široká. Zejména kvůli individuálnímu přizpůsobení jednotky dle požadavků zákazníka. Přesto byl návrh volen především pro jednotlivce, jako jsou majitelé domů či bytů se zájmem o 3D tisk.

Oproti stávajícím produktům na trhu, je nutno počítat s mírně vyšší cenou. Důvodem je hlavně cena práce robotického ramene. Avšak zároveň samotná technologie při malých sériích s individuálními požadavky nenavyšuje cenu, jelikož není třeba použití forem při výrobě. Díky tomu je celý koncept konkurence schopný.

8.4 Sociální funkce

S klimatizačním zařízením přicházejí do styku uživatelé, techničtí pracovníci při instalaci, ale také nezainteresované osoby, které mohou spatřit zejména venkovní jednotku na fasádách domu. Interakce klimatizačního zařízení a architektury je značná. Proto byla pro koncept zvolena technologie 3D tisku, který má v současnosti ve stavebnictví potenciál. I díky zaměření výrobku na aditivní výrobu lze předpokládat zájem osob s povědomím o této technologii.



Obr. 8-3 Varianty parametrů venkovní jednotky

Z hlediska ekologie je využití 3D tisku pro výrobu krytu pozitivní zejména v použitém materiálu. V současnosti je vyvíjena snaha o recyklaci veškerých plastů. Tyto materiály lze později využít právě k výrobě celého krytování. Problematika šetrnosti používaných chladiv v klimatizacích je stále otevřená, přičemž vývoj nových látek stále probíhá.



Obr. 8-4 Vnitřní jednotka v interiéru 3D tištěného domu

9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh designu klimatizační jednotky typu Split, jež sestává ze dvou oddělených částí, vnitřní a venkovní jednotky. Výsledný návrh je určen pro aditivní robotickou výrobu. Nejdříve byla zpracována analýza trhu klimatizačních jednotek z designerského i technického hlediska. Poté byla pozornost soustředěna právě na technologii výroby, její využití v jiných odvětvích a omezení, která klade.

Z designerské analýzy vyplynuly poznatky ohledně trendu distribuce vzduchu u vnitřní jednotky. Zde se projevuje tendence zpomalit a více rozptýlit vzduch, který je hnán do místnosti. Dalším nedostatkem zejména u venkovních jednotek je potřeba skrýt nevzhledný prvek na fasádě. Technická analýza komponent, zajišťujících chod zařízení, sloužila k jejich pozdějšímu výběru a finálnímu konstrukčnímu řešení. Analýza výrobní technologie naopak stanovovala výhody či omezení, které byly při návrhu uplatněny.

Variantní studie tvaru byly vytvořeny na základě stanovení konstrukčního řešení. Netýkají se však pouze tvaru, ale také vzoru uplatněného díky aditivní robotické technologii. Prutové struktury, které mohou vzory vytvářet, slouží jako mříž v místech průchodu vzduchu. Společným znakem třech tvarových variant bylo vnitřní uspořádání komponent na základě výběru ventilátoru. Všechny hlavní studie byly rozšířeny generativním procesem pro snadné získání více možností, jež bylo možné lépe vyhodnocovat.

Finální varianta vnitřní jednotky využívá kombinaci tvarových výhod, vyplývajících z variantních studií. Venkovní jednotka vychází ze třetí tvarové studie, jelikož nejlépe uplatňuje podmínku splnutí s budovou. Díky technologii 3D tisku za pomoci robotického ramene, nebyly jednotky nijak zvlášť tvarově omezeny z hlediska výroby. Za zásadní výhodu lze považovat využití prutových struktur k distribuci a zpomalení vzduchu u vnitřní jednotky. Tímto způsobem výroby lze mnohonásobně ušetřit materiál a splnit individuální požadavky uživatele, čímž je rozšířena skupina potencionálních zájemců.

Technická stránka návrhu se věnovala především novému vnitřnímu uspořádání komponent interiérové jednotky. To vycházelo z výběru radiálního ventilátoru, jenž nasává vzduch středem a distribuuje jej po celém obvodu. Zbylé komponenty byly uspořádány tak, aby jejich pozice odpovídala funkci. Komponenty exteriérové jednotky vycházely ze současných produktů a nebylo tedy nutné se jejich uspořádáním tolik zabývat. U této jednotky bylo třeba věnovat více pozornosti z hlediska umístění na fasádě. Díky tomu vznikl v horní části tvarový prvek, který udává správnou vzdálenost při montáži. Je možné jej také využít pro sadbu rostlin a tím klimatizaci oživit.

Při ergonomickém řešení bylo třeba opět věnovat větší pozornost vnitřní jednotce. Zde dochází k větším interakci s uživatelem. Správná velikost perforací na krytu jednotek zásadně snižuje riziko vzniku úrazu či uvíznutí prstů uvnitř. Snímání čelní plochy pomocí magnetů usnadňuje čištění filtru a tím je možné zvýšit životnost celého zařízení. Jelikož se na vnitřní jednotce nenachází display, je pro vizuální komunikaci s uživatelem využito LED osvětlení. Světelná indikace napovídá uživateli o směru šíření vzduchu a také o chodu zařízení.

Využití aditivní robotické technologie pro výrobu tohoto zařízení je výhodné pro malosériovou výrobu ovšem bez omezení nabídky velikostí produktu, barvy či tvaru struktury perforací. Díky tomu má zákazník možnost klást individuální požadavky, čímž je rozšířen jejich okruh.

Další výhodou 3D tisku je výběr množství barev materiálu. Jelikož na produkt není uplatněna povrchová úprava, odvíjí se barva krytu právě od materiálu. Přesto bylo hlavní barevné řešení stanoveno v bílém odstínu, zejména kvůli častému požití této barvy v interiéru i na fasádách zvenčí. Do moderního logotypu, který je umístěn na krytu obou jednotek, se mimo jiné promítá technologie výroby.

Díky splnění dílčích cílů došlo k propojení produktu a architektury, jež s ním souvisí. Širší skupina možných zákazníků je rozšířena možností individuálních požadavků a atraktivitou technologie robotického 3D tisku. Zajímavá je myšlenka dalšího rozvoje této technologie a kombinace klimatizačního zařízení s 3D tištěnou architekturou.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ADAMKOVIČ, Anton. Klimatizace. *MVS SERVIS* [online]. 2011 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://www.mvsservis.cz/klima.htm>
- [2] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace: technický průvodce*. 3. vyd. Brno: BOLIT, 1993, 560 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [3] IEA – *International Energy Agency* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: www.iea.org
- [4] Poptávka po klimatizacích roste - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: www.estav.cz/cz/8086.petiprocentni-narust-poptavky-po-klimatizacich
- [5] *Tepelný komfort* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://velcdn.azureedge.net/-/media/marketing/cz/odbornici/architekti-a-projektanti/pdf/moss/deic-tepelny-komfort.pdf>
- [6] Jaké jsou náklady na stavbu pasivního domu. *Internorm* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://blog.internorm.cz/jake-jsou-naklady-na-stavbu-pasivniho-domu/>
- [7] ČEJKA, Michal a Miroslav ŠAFAŘÍK. Ekonomické porovnání provozu pasivního domu a běžné výstavby. *TZB-info - Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8238-ekonomicke-porovnani-provozu-pasivniho-domu-a-bezne-vystavby>
- [8] Historie klimatizace. *Klimatizace a tepelná čerpadla - Blue team, s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/historie-klimatizace.html>
- [9] LESTER, Paul. History of Air Conditioning. *Department of Energy* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/articles/history-air-conditioning>
- [10] Photo Gallery. *Willis Carrier* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.williscarrier.com/gallery.php>

- [11] HERH, Michael. Samsung Will Showcase 'Wall-Mounted Windless Air Conditioner' at CES. *Businesskorea* [online]. [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=16857>
- [12] Samsung 1.0HP Standard Inverter Split Type Air Conditioner. *Samsung PH* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.samsung.com/ph/air-conditioners/wall-mount-ar09jvfsbwkntc/>
- [13] Midea offers fast. *Air Conditioning News* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.coolingpost.com/products/midea-offers-fast-breezeless-cooling/>
- [14] Midea inverter air conditioner. *Midea.bg* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.midea.bg/en/midea-air-conditioning/midea-wall-mounted-air-conditioners/midea-msfaau-09hrfn8-qrd6gw-breezeless-inverter-air-conditioner>
- [15] BreezeleSS+ 12kBTU | FG Europe Group. *FG Europe Group* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.fgeurope.gr/en/products/breezeless-12kbtu>
- [16] Klimatizace LG Artcool. *LG Česká republika* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.lg.com/cz/bytove-klimatizace/artcool>
- [17] Klimatizace Artcool Stylist G09WL - LGshop.cz. *LGshop.cz* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://www.lgshop.cz/artcool-stylist-g09wl>
- [18] FJM, Nástěnné A3050, Inverter HP, Wifi, SPI, AR9570. *Samsung Business Česká republika* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.samsung.com/cz/business/climate/ac-fjm-arxxjspfbwkneu/ar09jspfbwkneu/>
- [19] SmartMi Full DC Inverter Air Conditioner. *Xiaomi Global Community* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://xiaomi-mi.com/news-and-actions/smartmi-full-dc-inverter-air-conditioner-a-sophisticated-and-a-smart-air-conditioner/>
- [20] Smartmi Full DC Inverter Air-Conditioner. *Good Design Award* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.g-mark.org/award/describe/44995?token=BB0Igvz12X>

- [21] Smartmi DC Inverter Air Conditioner Sale, Reviews | Gearbest. *Gearbest: Affordable Quality* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: https://www.gearbest.com/air-purifier/pp_773532.html
- [22] Klimatizace DAIKIN Emura FTXG-25LW split. *Klimatizace - Prodej a montáž po celé ČR* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://www.klimatizace.name/produkt/klimatizace-daikin-emura-ftxg-25lw-split/>
- [23] Daikin Emura. *Daikin* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.daikin.cz/cs_cz/skupiny-vyroby/klimatizace/emura.html
- [24] *Daikin Emura FTXG-L / RXG-L* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: https://www.daikin.co.uk/content/dam/dauk/document-library/data-sheet/ac/split_skyair_r410a/split/Emura_UKEPLEN15-201_LR.pdf
- [25] Product design on Behance. *Behance* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/64269035/product-design>
- [26] 2017-ChiQ Q5K on Behance. *Behance* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/82700859/2017-ChiQ-Q5K>
- [27] CHiQ. *CHiQ* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.chiqamerica.com/product/cqaso12c1w-on-off-12-000btu-115v-cool-only/>
- [28] Air Conditioners. *HVAC.com* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.hvac.com/blog/whats-so-great-about-3d-printed-air-conditioners-and-why-should-consumers-care/>
- [29] Haier Debuts 3D-Printed Air Conditioner. *Digital Trends* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/home/haier-debuts-3d-printed-air-conditioner/>
- [30] Red Dot Design Award: Foldable AC. *Red Dot Design Award* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.red-dot.org/de/project/foldable-ac-40380>
- [31] Bose air solution on Behance. *Behance* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/41912069/Bose-air-solution>

- [32] BERTELSEN, Karen. Recycle Bins |The Art of Doing Stuff. *Pinterest - Česká republika* [online]. [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://www.theartofdoingstuff.com/recycle-bins-now-you-see-them-now-you-dont/>
- [33] MURTAUGH, Taysha. How to Hide an Ugly AC Unit. *Country Living Magazine* [online]. 2017 [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://www.countryliving.com/gardening/g4475/hide-air-conditioner-unit/>
- [34] Quality Aluminum Air Conditioner Cover supplier. *Quality Aluminium Cladding Panels & Aluminum Facade Panels Manufacturer* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <http://www.aluminumcladdingpanel.com/supplier-317913-aluminum-air-conditioner-cover>
- [35] SZÉKYOVÁ, M., K. FERSTL a R. NOVÝ. *Vetrání a klimatizácia*. Bratislava: Jaga Media, s.r.o., 2006, 465 s. ISBN 80-8076-000-4.
- [36] JANOTKOVÁ, Eva. *Technika prostředí*. 1. vyd. Brno: VUT, 1991, 201 s. ISBN 80-214-0258-X.
- [37] ZMRHAL, Vladimír. Sálavé chladicí systémy (I). *TZB-info - Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3251-salave-chladici-systemy-i>
- [38] BROŽ, Jiří, Zdeněk ČEJKA, Zdeněk FENCL et al. *Chladicí a klimatizační technika*. 2. vyd. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2018. Učební texty Svazu CHKT. ISBN 978-80-260-0558-2.
- [39] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Vybrané statě z větrání a klimatizace*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2019, 118 s. ISBN 978-800-1064-580.
- [40] Recharging Car Air Conditioning. *Home - Did It Myself* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://did-it-myself.com/recharging-car-air-conditioning/>
- [41] *Nariadení vlády č. 2037/2000 Sb.: o látkách které poškozují ozonovou vrstvu*. In: .
- [42] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2004, 118 s. ISBN 80-865-1730-6.
- [43] TŮMA, Jan. *Domácí klimatizace a čističky vzduchu*. 2. vyd. Brno: ERA group, 2008, 82 s. ISBN 978-80-7366-081-9.

- [44] HAVELSKÝ, Václav a Belo FÜRI. *Chladiaca technika: základy techniky chladenia a tepelných čerpadiel*. 3. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2006, 168 s. ISBN 80-227-2349-5.
- [45] KOLARČÍK, Kamil, Jaroslav KAMINSKÝ a Mojmír VRTEK. *Kompresory*. Ostrava: VŠB - TUO, 2012.
- [46] DC Inverter Scroll Compressor. *India Exporter Manufacturer* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/dc-inverter-scroll-compressor-18558924188.html>
- [47] SOUČÁSTI KLIMATIZAČNÍHO OKRUHU. *Schiessl* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-soucasti-klimatizacniho-okruhu-119>
- [48] ROSYPAL, Štěpán. *Výměníky tepla*. Brno, 2010. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Ing. Marek Baláš.
- [49] OCHRANA, Ladislav a Vladimír LIBICH. *Spalovací zařízení a výměníky tepla*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0529-5.
- [50] BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 119 s. ISBN 978-80-214-4770-7.
- [51] *Company / LEEL Coils* [online]. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://leelcoils.eu/cs/>
- [52] NOVÝ, Richard. *Ventilátory*. 3. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03758-4.
- [53] *ZIEHL-ABEGG Czechia* [online]. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://www.ziehl-abegg.com/cz/home/>
- [54] *Komponenty pro chlazení: Ranco - reverzní čtyřcestné ventily* [online]. In: . s. 1 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/soubor-ranco-reverzni-ctyrcestne-ventily-493-.pdf>
- [55] Reverzní ventily RANCO. *Výroba chladících a výčepních zařízení* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://sinop.cz/vyrobky-a-sluzby/reverzni-ventily-ranco>

- [56] Electronic Expansion Valve O Series. *SANHUA EUROPE - HVAC & R* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.sanhuaeurope.com/es/productos-climatizacion-refrigeracion/valvula-expansion-electronica-a-medida/electronic-expansion-valve-o-series>
- [57] *Vzduchové filtry pro všeobecné větrání - Část 1: Technické specifikace, požadavky a klasifikační metody založené na účinnosti odlučování částic (ePM)*. 2018, 32 s.
- [58] *Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování*. 2019, 24 s.
- [59] Čištění nástěnné klimatizace | Servis Whirlpool. *AP Servis: Opravy a náhradní díly Whirlpool, Hotpoint, Indesit* [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.servis-whirlpool.cz/cisteni-nastenne-klimatizace-whirlpool-pred-sezonou>
- [60] Trial TAS24B-039 Cross flow fan Motor on the right-hand side 230 V AC. *Conrad Electronic* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.conrad.com/p/trial-tas24b-039-cross-flow-fan-motor-on-the-right-hand-side-230-v-ac-1561358>
- [61] Měděné trubky v chladírenské a klimatizační technice, pro technické a medicínální plyny. *Měděné rozvody* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: https://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication_files/cu_chlaz_klima_tech_med_plyny_a4_cz_web.pdf
- [62] *Měď a slitiny mědi - Trubky bezešvé kruhové pro klimatizaci a chlazení - Část 1: Trubky pro potrubní systémy*. 2017.
- [63] *Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č. 517/2014 o fluorovaných skleníkových plynech*. In: . 2014.
- [64] *Chladicí zařízení a tepelná čerpadla - Bezpečnostní a environmentální požadavky - Část 2: Konstrukce, výroba, zkoušení, značení a dokumentace*. Července. 2017.
- [65] TOMLEIN, Peter. Co je třeba vědět o chladivech. *Portál ASB* [online]. JAGA Media [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/co-je-treba-vedet-o-chladivech>

- [66] DONOVAN, Alexander. *Your Future Home Will Probably Be 3D Printed: How 3D Printing Is Changing the Construction Industry* [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://interestingengineering.com/your-future-home-will-probably-be-3d-printed-how-3d-printing-is-changing-the-construction-industry>
- [67] Custom building envelopes straight from the printer. *The Entrepreneurial University - TUM* [online]. [cit. 2020-12-17]. Dostupné z: <https://www.tum.de/en/studienews/issue-052013/show/article/34153/>
- [68] VAN HOOIJDONK, Richard. Why 3D-Printed Homes Might Be the Future of Architecture. *3DPrint.com / The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing* [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://3dprint.com/231834/why-3d-printed-homes-might-be-the-future-of-architecture/>
- [69] PEARSON, Amada. 10 Advantages of 3D Printing. *3D Insider - Emerging Technology News Publication* [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/3d-printing-advantages/>
- [70] What is 3D printing? How does a 3D printer work? Learn 3D printing. *3D Printing - Additive Manufacturing* [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- [71] CUEVAS, Diego a Gianluca PUGLIESE. *Advanced 3D printing with Grasshopper*. 1. vyd. Great Britain: Amazon, 2020. ISBN 9798635379011.
- [72] What is 3D printing? The definitive guide. *3D Hubs* [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>
- [73] MIKULECKÁ, Kristýna. Posouzení technickoekonomického využití nízkonákladového 3D tiskárny. *Mladá věda* [online]. UNIVERSUM-EU, s.r.o [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1954169992/>
- [74] Technologie FDM. *Technologie 3D tisku a materiály* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.materialise.com/cs/manufacturing/technologie-materialy-a-dokoncovaci-upravy/fused-deposition-modeling-fdm>
- [75] KREJČIŘÍK, Petr, David ŠKAROUPKA a David PALOUŠEK. FREE DIRECTIONAL ROBOTIC DEPOSITION - INFLUENCE ON OVERHANG PRINTABILITY. *MM SCIENCE JOURNAL*. 2018, , 7. Dostupné z: doi:10.17973

- [76] MICHALEC, Libor. Šestiosý robot mění 3D tisk na umělecké dílo. *Automatizace.HW.cz* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/sestiosy-robot-meni-3d-tisk-na-umelecke-dilo.html>
- [77] KUKA *The versatile robots for the medium payload category: KR 30-3 and KR 60-3* [online]. Gersthofen Germany: KUKA ROBOTER GMBH [cit. 2020-12-16]. PF0042/E/1/090. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cz-cz/>
- [78] *BRANCH TECHNOLOGY* [online]. [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <https://www.branch.technology/>
- [79] O'NEAL, Bridget. Wired for Speed and Savings: WirePrint Reduces 3D Print Times by 90%. *3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing* [online]. [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <https://3dprint.com/15737/wireprint-3d-print/>
- [80] *Fillamentum: addi(c)tive polymers* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://fillamentum.com/collections/>
- [81] *Větrání budov - Potrubní prvky - Mechanické vlastnosti*. 2008, 40 s.
- [82] KUPILÍK, Václav. *Stavební konstrukce z požárního hlediska*. Praha: Grada, 2006, 262 s. ISBN 80-247-1329-2.
- [83] WILKIE, Charles a Alexander MORGAN. *Fire retardancy of polymeric materials*. 2. vyd. USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. ISBN 978-1-4200-8399-6.
- [84] *Prusament* [online]. [cit. 2021-04-12].
- [85] Praktický průvodce měření proudění vzduchu v klimatizačních a ventilačních systémech (I). *TZB-info - Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov* [online]. TESTO s.r.o. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/19425-testo-400-prakticky-pruvodce-mereni-proudeni-vzduchu-v-klimatizacnich-a-ventilacnich-systemech-i>
- [86] ICON + New Story + ECHALE Unveil First Homes in 3D-Printed Community. *ICON* [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://www.iconbuild.com/updates/icon-new-story-echale-unveil-first-homes-in-3d-printed-community>
- [87] *Pinterest - Česká republika* [online]. [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/>

- [88] BLASINSKI, Petr. [e-mail]. [cit. 2020-12-15].
- [89] *Ebm-papst – energy-saving fans and motors from the world market leader* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.ebmpapst.com/de/en/ebmpapst.html>
- [90] Technologie kompresoru - CMC-heating. *CMC-heating* [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.cmc-heating.cz/poradna/technologie-kompresoru/>
- [91] *Rotary & Scroll Compressor: Compressor Technology for Air-Conditioning* [online]. Korea, 2015 [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: https://www.lg.com/global/business/download/resources/cm/Aircon_Compressor_1207.pdf
- [92] ČSN EN 1057. *Měď a slitiny mědi - Trubky bezešvé kruhové z mědi pro vodu a plyn pro sanitární instalace a vytápěcí zařízení*. 2006.
- [93] DIN 8905-1:1983-10. *Trubky pro chladicí systémy s hermetických a semi-hermetické kompresory; vnější průměr až 54 mm; Technické dodací podmínky*. 1983.
- [94] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Měděné trubky. *TZB-info - Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/36-medene-trubky>
- [95] Thick High Temperature Nylon filter fabric 1 -200 micron filter cloth. *Quality Dust Filter Cloth & Glass Fiber Cloth factory from China* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <http://www.dustfiltercloth.com/sale-2591522-thick-high-temperature-nylon-filter-fabric-1-200-micron-filter-cloth.html>
- [96] Filtrační materiály. *Filtr Pro - Vzduchové filtry* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.filtr-pro.cz/produkty/filtracni-materialy>
- [97] Rozdělení filtrů do tříd, vlastnosti filtrů a typické příklady použití. *KS Klima-Service : Vzduchové filtry a filtrační zařízení* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.ksklimaservice.cz/cz/rozdeleni-filtru-do-trid-vlastnosti-filtru-a-typicke-priklady-pouziti>
- [98] Raspberry Pi 1 Model B+ 512MB RAM. *RPishop.cz* [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://rpishop.cz/raspberry-pi/74-raspberry-pi.html>

- [99] VFVN 020-1L-3 frekvenční měnič. *Vzduchotechnika - klimatizace* [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnika-eshop.cz/p/vfvn-020-11-3-frekvencni-menic>
- [100] CT 12/14 R transformátor 230/12 V. *Vzduchotechnika - klimatizace* [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnika-eshop.cz/p/ct-12-14-r-transformator-230-12-v>
- [101] LORKO, Martin a Zuzana JAMBRICHOVÁ. *Ergonómia*. Prešov: Technická univerzita v Košiciach, 1998. ISBN 80-709-9392-8.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

3D	Trojdimenzionální
CHC	Chlorfluoruhlovodík
HFC	Hydrofluorokarbony
LED	Elektroluminiscenční dioda
Wi-Fi	Bezdrátové připojení
TUM	Technická universita v Mnichově
VRF	Proměnlivý tok chladiva
HFO	Hydrofluoro-olefiny
GWP	Potenciál globálního oteplování
FDM	Nanášení taveného materiálu
SLS	Selektivní spékání laseem
ABS	Akrylonitril butadien styren
PLA	Polylaktid
PET-G	Polyethylentereftalát glykol
DC	Stejnoseměrný proud
AC	Střídavý proud
FRP	Vlákný zesílený polymer
Cu-DHP	Dezoxidovaná měď se zbytkovým množstvím fosforu
UV	Ultrafialové záření
%	Procento
<i>mm</i>	Milimetr
<i>kg</i>	Kilogram
<i>dBa</i>	Decibel
°C	Stupeň Celsia
<i>W</i>	Watt
<i>kW</i>	Kilowatt

m^3	Metr krychlový
<i>Kč</i>	Koruna česká
m_3/h	Metr krychlový za hodinu
<i>Kč/h</i>	Korun českých za hodinu

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1	První klimatizační zařízení [10]	18
Obr. 2-2	Vnitřní jednotka klimatizace [12]	19
Obr. 2-3	Klimatizace BreezleSS+ značky Midea [13] [14]	20
Obr. 2-4	Klimatizace LG Artcool Stylist [17]	21
Obr. 2-5	Vnitřní díl A3050 značky Samsung [12]	23
Obr. 2-6	Klimatizační jednotka Smartmi [19]	24
Obr. 2-7	Produkt Daikin Emura [22]	25
Obr. 2-8	Koncept vnitřního dílu klimatizace TCL [25]	26
Obr. 2-9	Koncept vnitřního dílu pro značku ChiQ [26]	27
Obr. 2-10	Koncept vnitřního dílu tištěného 3D [29]	28
Obr. 2-11	Koncept skládací klimatizace [30]	29
Obr. 2-12	Koncept vnitřního dílu klimatizace firmy BOSE [31]	30
Obr. 2-13	Kryt na venkovní jednotku z desek [32]	32
Obr. 2-14	Zakrytí venkovní jednotky z profilů [33]	32
Obr. 2-15	Hliníkový kryt na venkovní jednotku [34]	33
Obr. 2-16	Schéma vnitřních částí klimatizační jednotky Split (upraveno) [43]	35
Obr. 2-17	Schéma rotačního kompresoru (upraveno) [38]	36
Obr. 2-18	Rotační kompresor [49]	37
Obr. 2-19	Lamelový výměník tepla [54]	38
Obr. 2-20	Axiální ventilátor [56]	38
Obr. 2-21	Čtyřcestný reverzní ventil [58]	39
Obr. 2-22	Elektronický expanzní ventil [59]	39
Obr. 2-23	Výměník tepla s povrchovými úpravami lamel [54]	40
Obr. 2-24	Prachový filtr	41
Obr. 2-25	Tangenciální ventilátor [63]	41
Obr. 2-26	Radiální oběžné kolo [56]	42
Obr. 2-27	Rozsah pohybů robotického ramene (upraveno) [77]	45
Obr. 2-28	Tisk prutové struktury [79]	46

Obr. 3-1	Návrhový diagram	54
Obr. 4-1	Inspirační koláž ke vzorům [86]	55
Obr. 4-2	Pozice tiskové hlavy	56
Obr. 4-3	Možné směry pohybu robotického ramene	56
Obr. 4-4	Variantní skici	57
Obr. 4-5	Ilustrace pohybu vzduchu	58
Obr. 4-6	Skici první varianty	58
Obr. 4-7	Tvarová kombinace první varianty	59
Obr. 4-8	Parametrické změny první varianty – vnitřní jednotka	59
Obr. 4-9	Aplikace vzorů na tvar 1C – vnitřní	60
Obr. 4-10	Aplikace vzorů na tvar 1B – vnitřní	60
Obr. 4-11	Parametrické změny první varianty – venkovní jednotka	61
Obr. 4-12	Aplikace vzoru na tvar 1B – venkovní	61
Obr. 4-13	Skici druhé varianty	62
Obr. 4-14	Tvarová kombinace druhé varianty	63
Obr. 4-15	Parametrické změny druhé varianty – vnitřní jednotka	63
Obr. 4-16	Aplikace vzorů na tvar 2A	64
Obr. 4-17	Aplikace vzorů na tvar 2C	64
Obr. 4-18	Parametrické změny druhé varianty – venkovní jednotka	65
Obr. 4-19	Aplikace vzoru na tvar 2B – venkovní	65
Obr. 4-20	Skici třetí varianty	66
Obr. 4-21	Tvarová kombinace třetí varianty	67
Obr. 4-22	Parametrické změny třetí varianty – vnitřní jednotka	68
Obr. 4-23	Aplikace vzorů na tvar 3A	69
Obr. 4-24	Aplikace vzorů na tvar 3B	69
Obr. 4-25	Parametrické změny třetí varianty – venkovní jednotka	70
Obr. 4-26	Aplikace vzoru na tvar 3C – venkovní	70
Obr. 4-27	Schéma tvorby variantní studie – vnitřní jednotka	71
Obr. 4-28	Schéma tvorby variantní studie – venkovní jednotka	72
Obr. 5-1	Inspirační koláž k finální variantě [86]	73

Obr. 5-2	Směr proudění vzduchu	73
Obr. 5-3	Celkový pohled – vnitřní jednotka.....	74
Obr. 5-4	Tvarová kompozice – vnitřní jednotka.....	75
Obr. 5-5	Detail perforované středové plochy – vnitřní jednotka.....	75
Obr. 5-6	Celkový pohled – venkovní jednotka.....	76
Obr. 5-7	Tvarová kompozice – venkovní jednotka	77
Obr. 5-8	Detail perforované středové plochy – venkovní jednotka.....	77
Obr. 6-1	Základní rozměry	79
Obr. 6-2	Schéma vnitřních komponent.....	79
Obr. 6-3	Vnější krytování obou jednotek	80
Obr. 6-4	Schéma montáže klimatizační jednotky na zeď.....	81
Obr. 6-5	Rozložená venkovní jednotka	82
Obr. 6-6	Rozložená vnitřní jednotka	82
Obr. 6-7	Schéma proudění vzduchu radiálního ventilátoru	83
Obr. 6-8	Odstředivý ventilátor firmy Ebm-paps [87]	84
Obr. 6-9	Schéma proudění vzduchu axiálního ventilátoru	85
Obr. 6-10	Axiální ventilátor firmy Ebm-paps [87]	86
Obr. 6-11	Graf kolísání teploty [90]	87
Obr. 6-12	Rotační kompresor firmy LG [91].....	87
Obr. 6-13	Měděné trubky [94]	88
Obr. 6-14	Syntetická textilie [95].....	89
Obr. 6-15	Příklady zařízení; (a) Raspberry Pi 1 model B [98]; (b) Frekvenční měnič [99]; (c) Transformátor [100].....	90
Obr. 6-16	Výroba krytu	91
Obr. 6-17	Prutová struktura.....	92
Obr. 6-18	Parametrická změna hustoty perforací na čelní ploše	92
Obr. 6-19	Schéma bezpečných vzdáleností při montáži – venkovní jednotka	93
Obr. 6-20	Schéma bezpečných vzdáleností při montáži – vnitřní jednotka.....	94
Obr. 6-21	Průchodnost ok na testovacím válci 5. percentil ženy	95
Obr. 6-22	Velikost pater testovacího válce	95

Obr. 6-23	Průnik prstů skrz perforovanou plochu (zleva malík žena, ukazovák žena, ukazovák muž)	95
Obr. 6-24	Dosah prstu za perforovanou plochou (zleva malík žena, ukazovák žena, ukazovák muž)	96
Obr. 6-25	Vzdálenosti ventilátoru od perforované plochy	97
Obr. 6-26	Výměna filtru vnitřní jednotky	98
Obr. 6-27	Barevná světelná indikace	99
Obr. 7-1	Příklad barev klimatizační jednotky	100
Obr. 7-2	Světelná indikace ve dne	101
Obr. 7-3	Logo – hlavní barevná varianta	101
Obr. 7-4	Inverzní a černobílá varianta loga	102
Obr. 7-5	Detail logotypu na zařízení	102
Obr. 8-1	Světelná indikace v tmavé místnosti	103
Obr. 8-2	Analýza SWOT	105
Obr. 8-3	Klimatizační jednotka na fasádě panelového domu	106

13 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1	Vlastnosti retardérů hoření [83]	47
Tab. 6-1	Specifikující parametry	78
Tab. 6-2	Porovnání základních parametrů radiálních ventilátorů Ebm-paps [87]	84
Tab. 6-3	Porovnání základních parametrů axiálních ventilátorů Ebm-paps [87].....	85
Tab. 6-4	Šířka mužských prstů ve středu [101]	96
Tab. 6-5	Šířka ženských prstů ve středu [101]	96

14 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšené postery:

- Designérský poster – A4
- Sumarizační poster – A4
- Ergonomický poster – A4
- Technický poster – A4

Fotografie modelu

Samostatné přílohy:

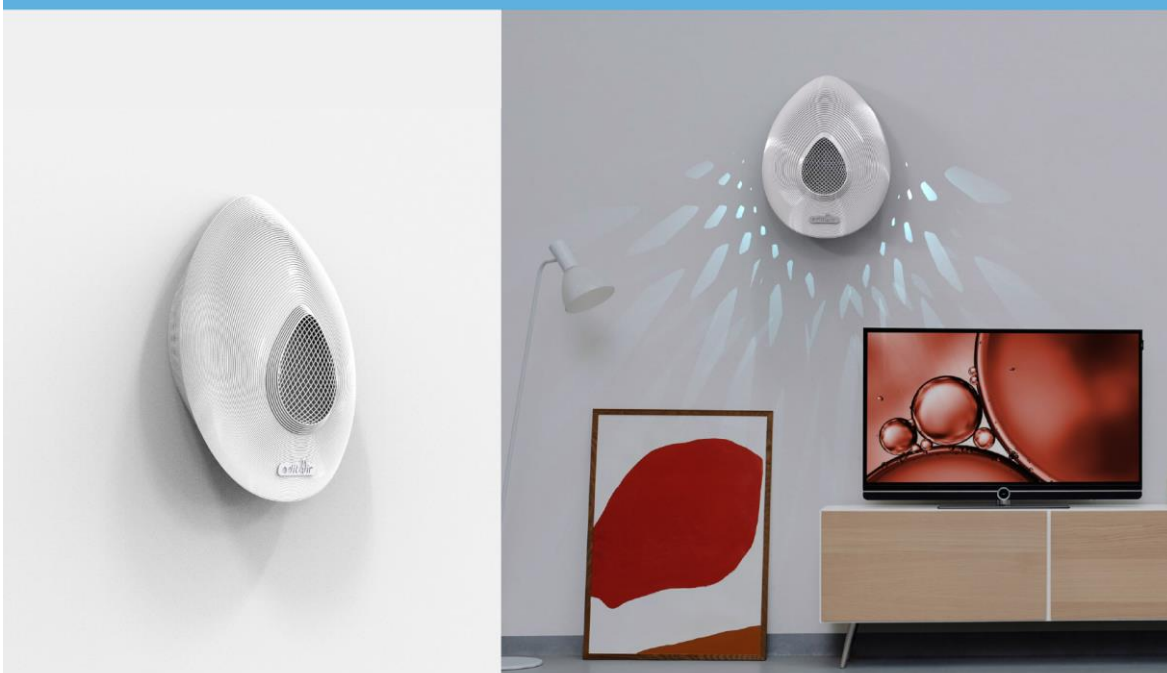
- Designérský poster – A1
- Sumarizační poster – A1
- Ergonomický poster – A1
- Technický poster – A1
- Model 1:1
- Model 1:5

ZMENŠENÉ POSTERY



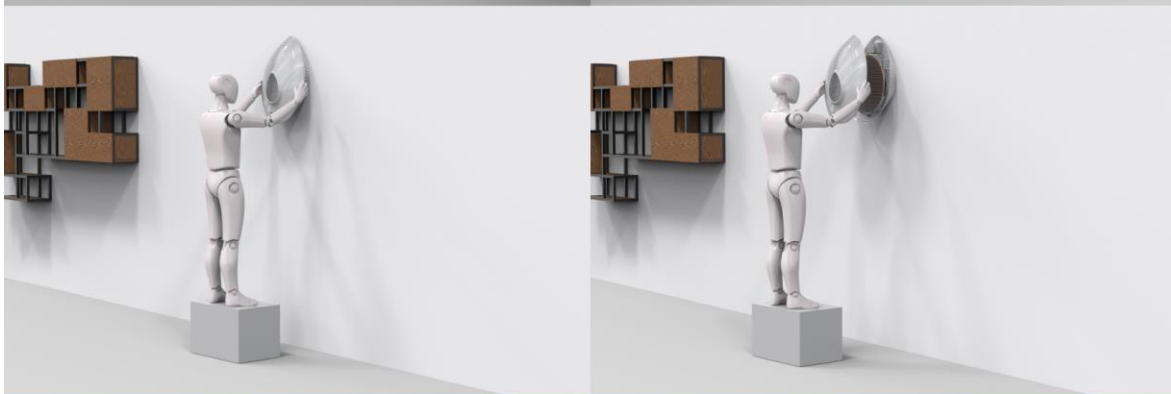
DESIGNÉRSKÝ POSTER

Tvarování vnitřní i venkovní jednotky respektuje složení vnitřních komponent. Současně jsou plochy vytvořeny tak, aby korespondovaly se zvolenou technologií výroby. Důležitou částí venkovní jednotky je prvek umístěný v horní části. Je vytvořen jako doplňkový, aby mohl být využíván pro odkládání věcí, či sadbu květin a rostlin. Tento prvek má jasně danou síšku, která určuje správnou vzdálenost jednotky od stěny. Vnitřní jednotka obsahuje LED diodu, jako indikátor chodu zařízení. Světlo dopadající na stěnu se rozptyluje na části, díky tomu napovídá o perforované ploše po obvodu. Směr světla zase naznačuje směr distribuce vzduchu.



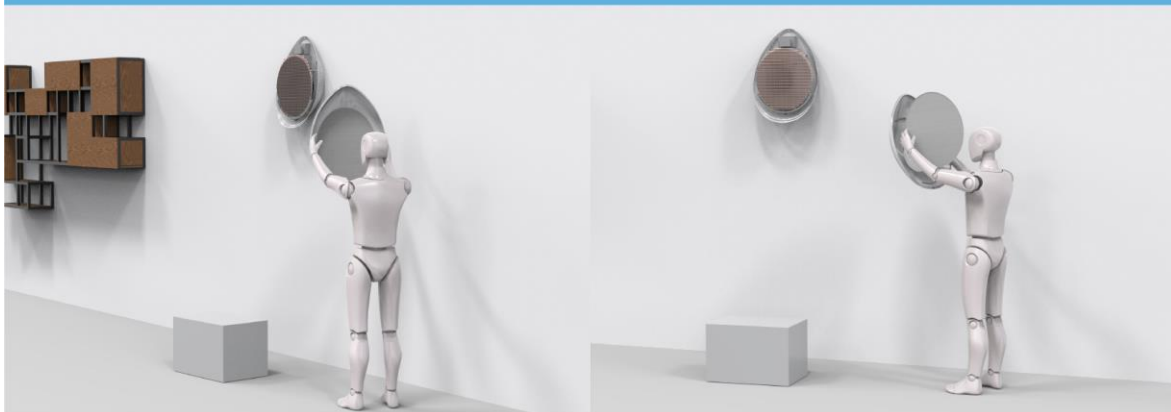
DESIGN KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY PRO ADITIVNÍ ROBOTICKOU VÝROBU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Adlita Mandáková / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2020/21





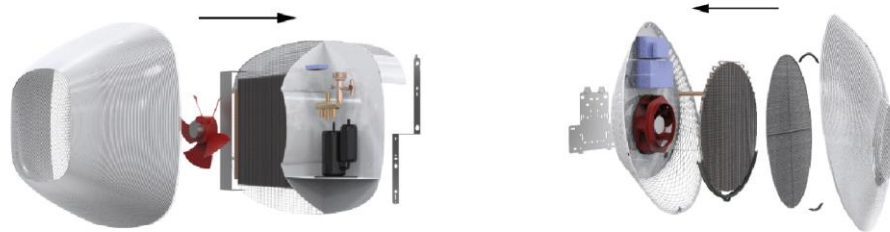
ERGONOMICKÝ POSTER

Z hlediska údržby klimatizace je nutné zajistit přístup k vnitřním komponentám. Z těchto důvodů byly želní plochy obou jednotek navrženy zcela snímatelné. U vnitřní jednotky kladen důraz na hygienu, zejména kvůli výměně a distribuci vzduchu uvnitř místnosti. Jednou z komponent vnitřní jednotky je filtr třídy G3, který chrání vnitřní součásti před znečištěním, zejména vypařník. Filtr je nutné kontrolovat, měnit nebo čistit minimálně jednou za rok. Snímání celého krytu usnadní údržbu této součásti a zlepší možnosti, jak plnit hygienické požadavky tohoto zařízení.



DESIGN KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY PRO ADITIVNÍ ROBOTICKOU VÝROBU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Adéla Mandáková / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 202021





SUMARIZAČNÍ POSTER

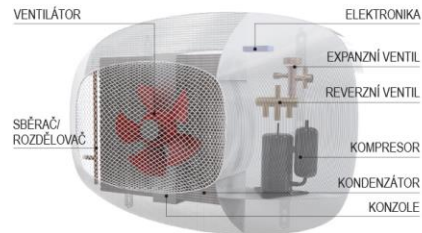
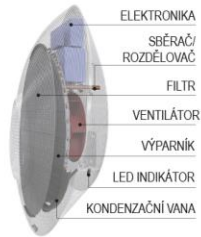
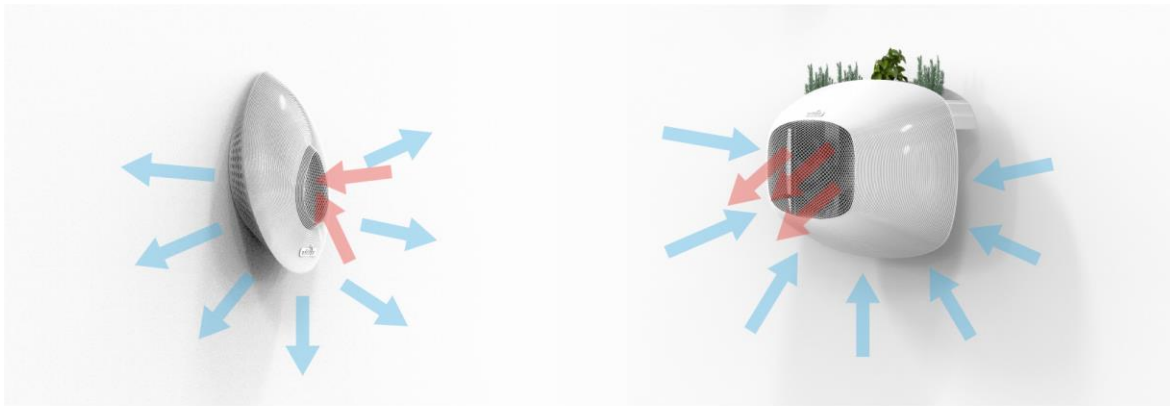
Klimatizační zařízení sestává ze dvou částí – vnitřní a venkovní jednotky. Obě tyto jednotky byly navrženy s ohledem na technologii výroby krytu, kterou je robotický 3D tisk. Díky tomu bylo možno využít prutových struktur pro perforace. Tvarování jednotek nebylo omezené technologií výroby, ale pouze vnitřním uspořádáním komponent. Kryty obou jednotek sestávají z několika kusů podle potřeb výroby a montáže.

Při ergonomickém řešení bylo třeba věnovat větší pozornost vnitřní jednotce. Zde dochází k větším interakcím s uživatelem. Správná velikost perforací na krytu jednotek zásadně snižuje riziko vzniku úrazu či uvíznutí prstů uvnitř. Snímání čelního krytu je zajištěno u obou jednotek. U vnitřní jednotky je toho docíleno pomocí magnetů, aby mohlo být snímání provedeno co nejjednodušší cestou.



DESIGN KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY PRO ADITIVNÍ ROBOTICKOU VÝROBU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Adéla Mandáková / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2020/21





TECHNICKÝ POSTER

Část klimatizační jednotky umístěná v interiéru má uvnitř radiální ventilátor, který nasává vzduch středem a vyfukuje jej po obvodu. V místech proudění je třeba zajistit na krytu perforace. Jednotka v exteriéru využívá axiální ventilátor, jenž transportuje vzduch v jednom směru, a to ze zadu dopředu. Krytu klimatizační jednotky je vyráběn pomocí aditivní robotické technologie. Struktura na povrchu krytu je přiznána a materiál je zvolen z recyklovatelného PET-G plastu s přidáním retardéry hoření z důvodu bezpečnosti.

Využitím robotického ramene se naskytla příležitost využít tloušť prutových struktur. Prutová struktura se nachází po obvodu krytu vnitřní jednotky, kde slouží k distribuci vzduchu. Pro finální návrh byl vybrán vlnový vzor. Možné je měnit parametry rozměrů jednotky i hustoty a velikosti prutové struktury. Lze také měnit hustotu perforací také u středové mřížky čelní plochy. Kryty obou jednotek obsahují četné perforace a povrch s texturou, která je tvořena jednotlivými vrstvami materiálu.



DESIGN KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY PRO ADITIVNÍ ROBOTICKOU VÝROBU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Adéla Mandáková / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2020/21



FOTOGRAFIE MODELU

