



diplomová práce

Design tepelného čerpadla

Design of heat pump

autor

Bc. Martin Nečas

vedoucí práce

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, PhD.

obor

Průmyslový design ve strojírenství

škola

**Ústav konstruování, Fakulta strojního inženýrství,
Vysoké učení technické v Brně**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Nečas Martin, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Průmyslový design ve strojírenství (2301T008)**

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 tepelného čerpadla.

v anglickém jazyce:

Design of heat pump.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem diplomové práce je navrhnout invenčním způsobem design tepelného čerpadla s předpokladem vytvořit originální řešení s jistým aspektem pohledu do budoucnosti. Design tepelného čerpadla vychází z progresivních technických parametrů stávajících produktů firem zabývajících se obdobnou problematikou.

Cíle diplomové práce:

DP musí obsahovat:

1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu
2. Variantní studie designu
3. Ergonomické řešení
4. Tvarové (kompoziční) řešení
5. Barevné a grafické řešení
6. Provoznětechnologické řešení
7. Rozbor technické, ergonomické, psychologické, estetické, ekonomické a sociální funkce designérského návrhu.

Forma diplomové práce: průvodní zpráva, sumarizační poster, designérský poster, ergonomický poster, technický poster, model.

Seznam odborné literatury:

- Lamarová, M.: Průmyslový design. Praha : Odeon, 1984
Byars, Mel: Design encyclopedia. München : Klinkhardt+Bietmann, 1994
Fiell, P. a Ch.: Designing 21st Century. Köln :Taschen, 2000
Fiell, P. a Ch.: Industrial Design A-Z. Köln : Taschen, 2000
DREYFUSS, H. - POWELL, E.: Designing for People. New York : Allworth, 2003.
JOHNSON, M.: Problem Solved. London : Phaidon, 2002.

Vedoucí diplomové práce: akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008



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



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt, klíčová slova

Abstrakt, klíčová slova

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá designem tepelného čerpadla typu vzduch - voda pro vytápění budov. Výsledné řešení využívá inovativního technického konceptu modulového systému, který by přinesl nové kvality pro toto zařízení. Jedním ze stěžejních cílů bylo navrhnout univerzální systém, který by nahradil širší produktovou řadu s čerpadly o různých výkonech.

Práce je podpořena rešeršní částí, kde je stručně shrnut vývoj v odvětví tepelných čerpadel, dále pak technická a designérská analýza současné produkce.

V textu průvodní zprávy jsou popsány vymezené designérské problémy, variantní designérské koncepty, alternativní řešení dílčích částí a nakonec detailní popis finálního řešení. Ten je doplněn modelem návrhu v měřítku 1:3 a čtyřmi prezentačními plakáty.

Klíčová slova

design, tepelné čerpadlo, modulární design, průmyslový design

Abstract (English)

The objective of this thesis is the design of an air-water heat pump for heating buildings. The proposed design solution is based on innovative technical concept of a modular system which brings new qualities for the apparatus. One of the major goals of the thesis was to design a versatile system which would replace a wide product range of heat pumps with different heat outputs.

The thesis is based on the research part in which an evolution in the field of heat pumps is briefly introduced, followed by the technical and design analysis of present production.

The design report contains the description of identified design problems, shows variant design concepts, alternative solutions of parts and details, and finally a detailed description of the definite solution accompanied by a product mock-up in 1:3 scale.

Keywords (English)

design, heat pump, modular design, industrial design

Bibliografická citace

NEČAS, M. Design tepelného čerpadla. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 70 s. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomová práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Obsahuje mé vlastní designérské řešení a postupy. Veškerá literatura a další zdroje, ze kterých jsem během zpracování textové části diplomové práce čerpal, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

Martin Nečas

Poděkování

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, PhD. za jeho podnětné nápady, konstruktivní kritiku, praktické rady a vstřícný osobní přístup. Chtěl bych také poděkovat i dalším pedagogům a pracovníkům z odboru Průmyslového designu, kteří mě provázeli pěti roky studia.

Poděkování patří také Ústavu konstruování za možnost použití 3d tiskárny, kterou jsem využil pro výrobu modelu, zvláště pak Ing. Danielu Koutnému za pomoc při stavbě modelu a zasvěcení do problematiky.

V neposlední řadě mé díky patří také spolužákům z ateliéru, kteří vytvořili tvůrčí a přátelskou atmosféru, a také mojí rodině a přátelům za jejich podporu.

Obsah

Obsah

Úvod	15
Obsah diplomové práce	16
Význam navrhování designu tepelného čerpadla	16
Cíle diplomové práce	16
1 Rešeršní studie	17
1.1 Úvod	18
1.2 Vývojová analýza	19
1.2.1 Vynález principu TČ	19
1.2.2 Rozšíření TČ v praxi	19
1.3 Technická analýza	20
1.3.1 Funkce a architektura TČ typu vzduch-voda	20
1.3.1.1 Chladicí okruh TČ	20
1.3.1.2 Rozdělení podle typu konstrukce	20
1.3.1.3 Regulátor	21
1.3.2 Materiály a výrobní technologie	22
1.3.2.1 Kovy	22
1.3.2.2 Plasty	22
1.3.2.3 Kompozitní materiály	23
1.4 Designérská analýza	24
1.4.1 Úvod	24
1.4.2 Tepelné čerpadlo PZP Komplet	24
1.4.3 Teplené čerpadlo Mach	24
1.4.4 Závěr	25
2 Variantní studie designu	27
2.1 Vymezení problémů	28
2.2 Vývoj designérského řešení	29
2.2.1 Zhodnocení přínosu předdiplomového projektu	29
2.2.2 Analýza funkčních konceptů TČ	29
2.2.3 Varianta 1	30
2.2.4 Varianta 2	31
2.2.5 Varianta 3	32
2.2.6 Zhodnocení a výběr varianty pro finální řešení	33
2.2.7 Další vývoj vybrané varianty	34
2.2.7.1 Modulový koncept	34
2.2.7.2 Moodboard	34
2.2.7.3 Tvarování dřer krytu výparníku	35
2.2.7.4 Způsoby montáže	35
2.2.7.5 Barevné a grafické řešení	36
3 Finální řešení	37
3.1 Filozofie konceptu	38
3.2 Technický koncept modulového systému	39
3.3 Technické řešení	39
3.3.1 Modul A	39
3.3.2 Modul B	39
3.3.3 Modul C	40
3.3.4 Montáž na stěnu	40
3.3.5 Základní rozměry	41
3.3.6 Požadavek krytí IP	42
3.3.7 Výrobní technologie a materiály	42
3.3.8 Regulátor	42

3.4	Ergonomické řešení	43
3.4.1	Ergonomie regulátoru	43
3.4.2	Ergonomie tepelného čerpadla	44
3.5	Tvarové a kompoziční řešení	45
3.5.1	Tvarové řešení modulů	45
3.5.2	Kompozice sestavy	45
3.5.3	Tvarové řešení stojanu pro postavení	45
3.6	Provozně technologické řešení	46
3.6.1	Demontáž krytů	46
3.6.2	Ochrana proti nečistotám	46
3.7	Barevné a grafické řešení	46
3.7.1	Barevné řešení TČ	46
3.7.2	Barevné a grafické řešení regulátoru	47
3.7.3	Značka a jméno produktu	47
4	Rozbor navrženého řešení	49
4.1	Technické aspekty	50
4.2	Ergonomické aspekty	50
4.3	Estetické aspekty	50
4.4	Ekonomické aspekty	50
4.5	Sociální a psychologická funkce	51
5	Závěr	53
6	Seznam zdrojů	55
6.1	Použitá literatura - tištěná média	56
6.2	Použitá literatura - elektronická média	56
6.3	Zdroje obrázků	57
7	Přílohy	59
	Seznam příloh	60
7.1	Sumarizační plakát - náhled A4	61
7.2	Technický plakát - náhled A4	63
7.3	Designérský plakát - náhled A4	65
7.4	Ergonomický plakát - náhled A4	67
7.5	Textové přílohy	69
7.5.1	Ergonomické požadavky při návrhu ovladačů a sdělovačů	69

oddíl o

Úvod

Úvod

Obsah diplomové práce

V diplomovém projektu bude řešen design systému vytápění obytných budov na principu tepelného čerpadla. Toto tepelné čerpadlo je typu vzduch-voda.

Význam navrhování designu tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla představují moderní a ekologicky šetrný způsob vytápění obydlí a ohřevu vody. Dovedou výrazně snížit spotřebu energie a hlavně nejsou přímo vázány na spalování fosilních paliv. Tyto aspekty budou v budoucnu čím dál více získávat na významu. I když koncepce vytápění tepelných čerpadlem není novinka poslední doby, ve větším měřítku se začíná prosazovat až v posledních 10-15 letech, což platí zejména pro Českou republiku.

Cíle diplomové práce

Cílem diplomové práce je navrhnout inovativní funkční koncept tepelného čerpadla. Zaměřím se také na vizuální charakter tepelného čerpadla, jelikož jde o oblast v současné produkci s poměrně nejasným vymezením. Návrh bude respektovat současné výrobní technologie a možnosti v běžné praxi.

Rešeršní studie

1 Rešeršní studie

V oddílu 1 bude popsán současný stav v oblasti designu tepelných čerpadel z technického a designérského hlediska. Tomu bude předcházet stručný pohled do minulosti ve vývojové analýze.

1.1 Úvod

Tepelné čerpadlo (dále též kráceno TČ) je zařízení sloužící primárně k vytápění objektů (obytných, ale i průmyslových a užitkových budov). Jedná se o zařízení, které je schopno z 1 kWh elektrické energie běžně vyrobit 2,5 až 5 kWh tepelné energie. Rozdíl, který vzniká, je získáván z tzv. primárního zdroje energie, kterým může být vzduch, voda, půda, odpadní teplo apod. V této rešerši bude popsán především typ tepelného čerpadla, které získává teplo z okolního vzduchu. Nicméně většina informací bude obecných a bude se týkat i jiných typů.

1.2 Vývojová analýza

1.2.1 Vynález principu TČ

Za vynálezce principu funkce tepelného čerpadla je považován Angličan William Thomson, první lord Kelvin, který popsal teoretický základ pro tepelná čerpadla v roce 1852. Své myšlenky opřel o dnes už slavný „Carnotův cyklus“, který popsal roku 1824 Francouz Lazare Carnot.

Lord Kelvin prokazatelně předvídal tepelnému čerpadlu první použití v budovách pro chladičí a klimatizační zařízení. Sám však neměl prostředky na jeho výstavbu. První patent pro tento přístroj byl podán až v roce 1927 anglickým vynálezcem T. G. N. Haldanem.

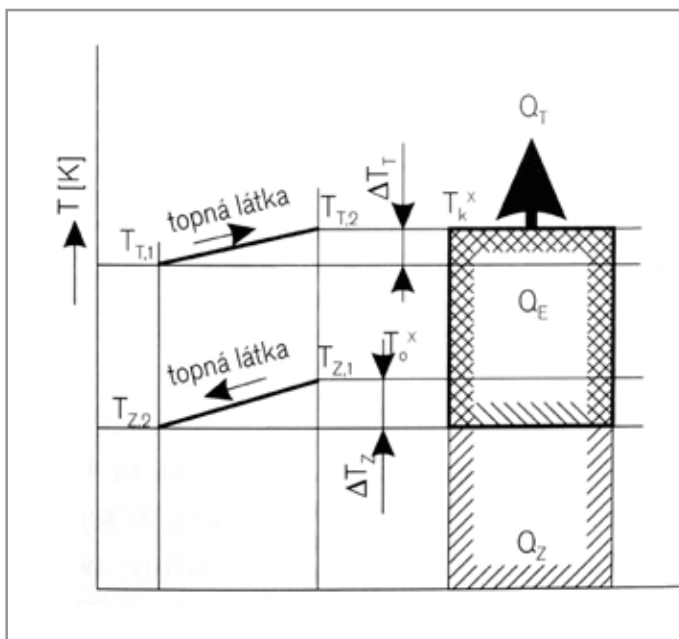
1.2.2 Rozšíření TČ v praxi

Haldane uplatnil poprvé v praxi princip tepelného čerpadla ve své kanceláři v Londýně a domě ve Skotsku v letech 1927 a 1928. Jednalo se klimatizační jednotku k ochlazení vzduchu. Prototypy tepelného čerpadla byly uvedeny v letech 1946 - 48. Několik kusů bylo i instalováno pro běžné vytápění.

Zajímavou aplikací bylo vytápění Londýnské Festival Hall, která byla zbudována po válce jako součást „Festival of Britain“. Vytápění bylo řešeno tepelným čerpadlem, které odebíralo teplo z vody v řece Temže a jeho kompresor by poháněn motorem na městský zemní plyn.

V Německu se po válce uvedly chladničky s absorpčním cyklem a byly zde nějaké instalovány od roku 1947. Později byl tento princip využíván i u vytápěcích systémů. Později se kompresorové systémy zdokonalily a zlevnily, absorpční chladničky si však udržely místo při aplikacích, kde bylo potřeba dodržet nízkou hladinu hluku. Tichý chod byl jednou z největších předností absorpčních chladniček.

V USA se klimatizační jednotky v poválečném období relativně rozšířily, zatímco v Evropě uživatelům vadila větší hlučnost tehdejších přístrojů a také průvan, který vytvářely. Co se týče tepelných čerpadel, ani zde nebyla situace nakloněna masovějšímu rozšíření. Běžné byly vysokoteplotní vytápěcí systémy s radiátory na vodu o teplotě zhruba 60-80°C, což pro tehdejší typy tepelných čerpadel nebylo vůbec dosažitelné. Velkoplošná topná tělesa a podlahová topení s teplotou do 50 °C byly stále velmi vzácné. Uplatňovaly se jako kombinované vytápěcí a chladičí systémy zavěšené na stropě, které se využívaly v létě navíc ke klimatizaci. Vytápěcí efekt byl však při umístění těles na stropě přirozeně nižší, kvůli opačnému tepelnému proudění.



Obr. 1.1 Carnotův cyklus v T-s diagramu

1.3 Technická analýza

1.3.1 Funkce a architektura TČ typu vzduch voda

Obecným principem činnosti tepelných čerpadel je přečerpávání nízkopotenciální energie z okolního prostředí (ze země, z vody, ze vzduchu, z odpadního tepla) do vytápěcího systému budov a ohřevu teplé užitkové vody. Z fyzikálního hlediska je jedná o využití tepelné energie ze slunečního záření, která se akumuluje v okolním prostředí (půdě, vodě, vzduchu).

Tato práce řeší design TČ typu vzduch-voda. To získává teplo z okolního vzduchu a teplovodné médium je na bázi vody. Jedná se o nejuniverzálnější a nejdostupnější řešení pro klimatické podmínky ČR.

1.3.1.1 Chladicí okruh TČ

Na vstupní (primární) straně TČ je u všech typů tepelný výměník, u typu vzduch voda jde obvykle o trubkový lamelový výparník doplněný ventilátorem. Do výparníku se pomocí vhodného teplosměrného média - pro tento typ se používá nemrznoucí směs na bázi vody - přivádí nízkopotenciální teplo z venkovního prostředí a do jeho druhé poloviny se tryskou expanzního ventilu vstříkuje pod vysokým tlakem kapalná chladicí směs. Tlak ve výparníku za expanzním ventilem je nižší, kapalná chladiva se proto odpařuje rychle. Tím se lamely výparníku podchlazují na teplotu nižší než je teplota okolního prostředí, ze kterého se odebírá teplo.

Sekundární stranu TČ tvoří kondenzátor (výměník), ve kterém se teplo předává do topného okruhu. Teplosměrné médium zbavené tepla se pak vrací do kompresoru, který mu dodá potřebný tlak. Názorné schéma s popisem všech podstatných komponent je na obr. 1.3.

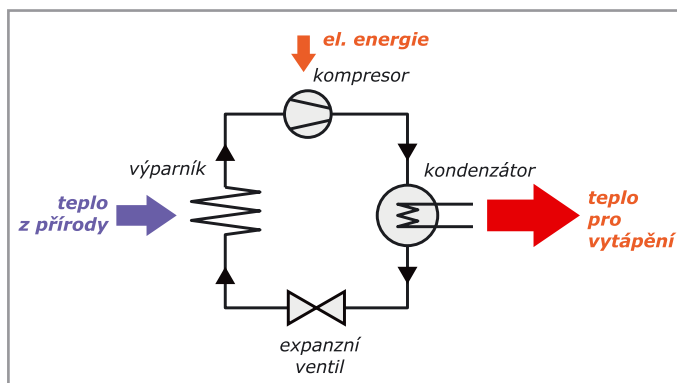
1.3.1.2 Rozdělení podle typu konstrukce

Kompaktní provedení

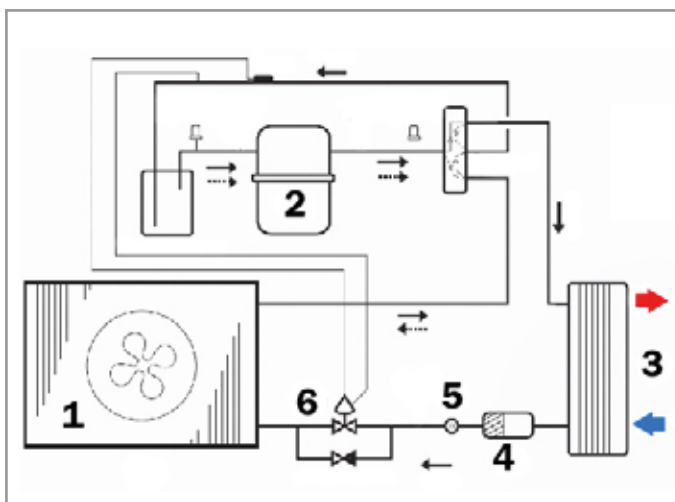
Venku je umístěné TČ obsahující v jedné instalační skříni všechny důležité komponenty: kompresor, ventilátor a výparník, uvnitř objektu je pak už jen akumuláční nádoba na teplou vodu, řídicí jednotka a potřebné rozvody. Obě části jsou hydraulicky propojeny s topným systémem. Výhodou kompaktního provedení je jednodušší instalace a ušetření místa uvnitř objektu.

Rozdělené provedení

Rozdělené provedení – též označované jako „split“ – disponuje venkovní jednotkou, která obsahuje zpravidla jen výměník a ventilátor, a vnitřní jednotkou



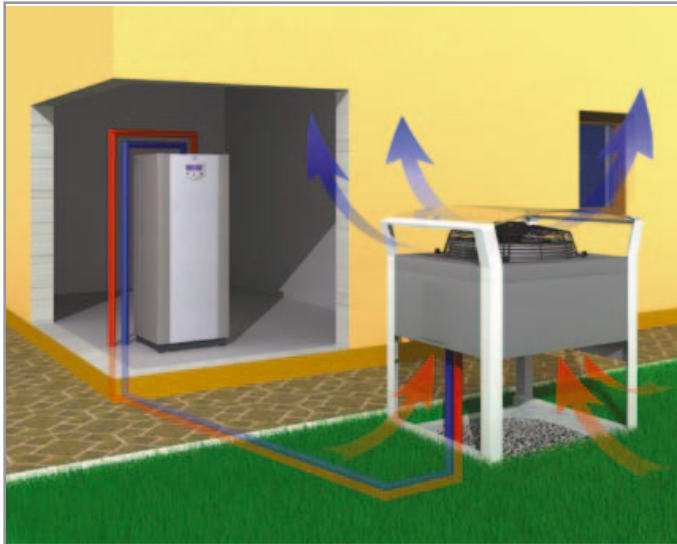
Obr. 1.2 Funkční schéma tepelného čerpadla



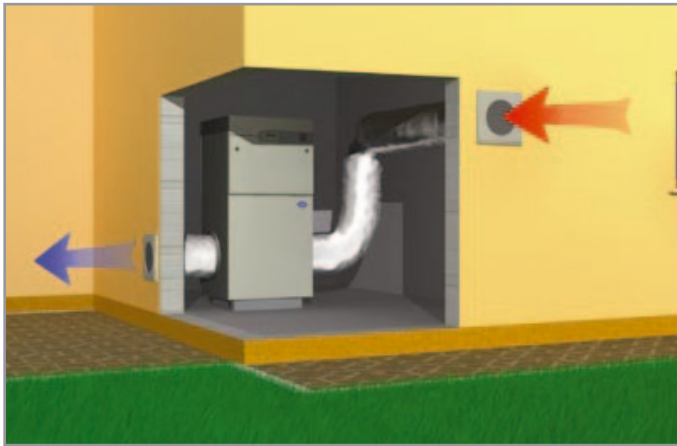
Obr. 1.3 Schéma průtoku chladiva systémem v topném režimu
1 - výparník, 2 - nádoba s kompresorem s elektromotorem, 3 - kondenzátor, 4 - expanzní ventil, 5 - průhledítka, 6 - expanzní ventil



Obr. 1.4 Venkovní kompaktní provedení



Obr. 1.5 Rozdělené provedení



Obr. 1.6 Vnitřní provedení



Obr. 1.7 Příklad interiérového regulátoru

s kompresorem, elektromotorem, kondenzátorem, oběhovým čerpadlem atd. Obě části jsou spojeny izolovanými měděnými trubkami. Někteří výrobci integrují do společné vnitřní skříně i akumulční nádrž s teplou vodou.

Vnitřní provedení

Vnitřní provedení se vyznačuje umístěním všech komponent systému uvnitř vytápěného objektu (nejčastěji v technické místnosti). Výměna vzduchu je realizována přes izolovaná potrubí napojená na otvory sání a výdechu v obvodové zdi objektu. Otvory musí být vzdáleny minimálně 2 m od sebe, výhodné bývá umístění „přes roh“ z důvodu ušetření délky přívodného potrubí.

1.3.1.3 Regulátor

Uvnitř objektu je regulační jednotka propojená s tepelným čerpadlem kabelem nebo i bezdrátově (technologie wifi nebo bluetooth). Regulátor bývá namontován na stěně, časté je též provedení pro montáž do rozvaděče.

Hlavní funkce regulátoru:

- volba typu otopné soustavy (na ní závisí výstupní teplota TČ - podlahové topení typicky kolem 30 - 35°C, klasické radiátory 50 - 70°C)
- volba teplotního a časového programu (vytápěcí křivka)
- volba okruhů vytápění
- aktuální venkovní a vnitřní teplota vzduchu
- poruchová diagnostika
- další funkce - souvisí především s kombinací ovladače pro jiné přístroje v domě (rekuperace, vytápění bazény, klimatizace, apod.)

Možnosti řešení ovládacího rozhraní:

- 1) číslicový displej, tlačítka pro jednotlivé funkce, tlačítka +,-
- 2) grafický displej, tlačítka menu, tlačítka rychlé volby pro nejpoužívanější funkce
- 3) grafický displej, tlačítka menu, tlačítka pro dynamické volby na displeji
- 4) dotykový displej, tlačítka jen pro zapnutí, reset apod.

Regulátor disponuje komunikačním rozhraním, které obsahuje ovladače a sdělovače. Při jejich návrhu je nutno dbát obecných zásad ergonomie (viz. příloha 7.5.1).

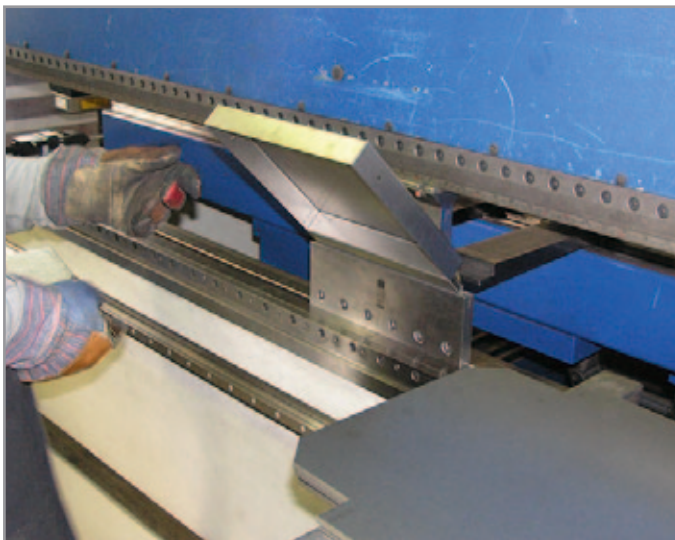
1.3.2 Materiály a výrobní technologie

V této kapitole budou stručně popsány možné výrobní technologie a materiály používané v současné produkci a představeny progresivní metody.

1.3.2.1 Kovy

Konstrukce a krytování z kovů (nejčastěji ocel, korozi-vzdorná ocel a slitiny hliníku) jsou u zařízení typu tepelných čerpadel používány často. Mezi hlavní výhody patří dobrá odolnost materiálů, dostupnost technologií a efektivnost zvláště při menších sériích. Předností může být u korozi-vzdorné oceli dobrá odolnost vůči povětrnostním vlivům, běžná ocel musí být opatřena ochranným nátěrem, což má své výhody i nevýhody v závislosti na typu povrchové úpravy.

Mezi nevýhody kovového krytování obecně patří limitace v tvarování (možnosti tvarování nízko-sériovými a středně-sériovými technologiemi jsou značně omezené). Dále se pak v konkrétních případech může jednat o horší odolnost vůči povětrnostním vlivům a obtížnější recyklovatelnost (zvláště u kovů opatřených nátěry). U větších sérií se už výroba klasickými metodami jako je ohýbání, svařování, řezání apod. nevyplatí, zvláště u tvarově složitějších prvků.



Obr. 1.8 Zpracování kovů - CNC ohraňování

1.3.2.2 Plasty

Fyzikální vlastnosti a výrobní požadavky jednotlivých materiálů se značně liší, pozornost bude věnována pouze materiálům aktuálně používaným či potenciálně vhodným pro užití u TČ.

Rotační odlévání

Rotační odlévání je technologie tváření plastů, jejíž proces probíhá následovně. Do studené formy se vloží předem odměřené množství granulového plastu. Forma se uzavře a začne zahřívat, současně s tím rotuje plynule kolem dvou os. Roztavený plast pak pokryje rovnoměrně vnitřní stěny formy, čímž se vytvoří dutá skořápka. Potom díl chladne a nakonec se forma chladí vzduchem nebo vodou.

Limitujícím faktorem je úroveň detailů, která nemůže konkurovat vstřikováním plastů kvůli nízkému tlaku. Toto se dá optimalizovat užitím vhodné směsi granulátu. Technologie se nejvíce hodí pro výrobu dutých tvarů (kanystry, nádoby, apod.), ale lze vyrobit i skořepiny a jiné tvary. Pakliže je forma vhodně navržena, díly se dají po vyjmutí z formy rozřezat.

Ostatní aspekty jsou: nízké náklady na výrobu formy a přípravků (oproti vstřikováním plastů), dobré mechanické vlastnosti dílů, zaformování grafiky - nápisy, logo, možné negativní úkosy, síla stěny je rovnoměrná - nevznikají zeslabeniny na kritických místech (což může být problém vakuového lisování), zaformování



Obr. 1.9 Rotační odlévání

vložených spojovacích prvků, široká nabídka povrchových textur a barev.

Možnými materiály pro použití při rotačním odlévání s ohledem na požadavky krytování exteriérových zařízení jsou: polyetylen (HDPE) a polyuretan.

Vakuové lisování

Vakuové lisování plastů je metoda tváření plastů, při které je deskový polotovar z termoplastu, nahřátý na správnou teplotu, přiložen na formu, z které je následně odsán vzduch, čímž je dosaženo dobrého okopírování tvarů.

Metoda se hodí především na výrobu relativně mělkých tvarů, přičemž úroveň detailů je srovnatelná s rotačním odléváním, stejně jako ekonomičnost pro sérii 100 až 10000 kusů. Vakuové lisování je vhodné více pro tenkostěnné vylisky, u větších tlouštěk by mohly vznikat při nevhodném tvaru problematická místa z hlediska pevnosti.

Pro vakuové lisování se používá celá řada plastů, ovšem z hlediska fyzikálních a mechanických vlastností (za předpokladu určení pro krytování venkovních zařízení) je nevýhodnější skupina materiálů ABS.

Vstřikování plastů

Tato technologie disponuje nejvyšší přesností tvarů a kvality povrchů, vyplatí se pro série nad 10 000 kusů.

1.3.2.3 Kompozitní materiály

Obecná definice charakterizuje kompozity jako materiály složené ze dvou nebo více složek, které se výrazně liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Typickým zástupcem v oblasti průmyslového designu je sklolaminát (skelná vlákna + pryskyřice). Dalšími zástupci jsou kompozity z vláken uhlíkových a aramidových, ze kterých se vyrábějí extrémně pevné a lehké díly pro konstrukce letadel a raket, užití mají i v automobilovém průmyslu.

Díly z kompozitních materiálů vynikají oproti konvenčním materiálům (ocel) hlavně lehkostí při stejné nebo lepší pevnosti a pružnosti.



Obr. 1.10 Kryt vyrobený z kompozitu z uhlíkových vláken

1.4 Designérská analýza

1.4.1 Úvod

V designérské analýze bude systematicky rozebrán design dvou referenčních výrobků českých výrobců. Mezi posuzované aspekty patří: estetické kvality (tvarová a kompoziční čistota, vizuální adekvátnost, apod.), užití materiálů, řešení detailů a adekvátnost formy vzhledem k určení zařízení.

1.4.2 Tepelné čerpadlo PZP Komplet

Tepelné čerpadlo od firmy PZP Komplet a.s. - Split systém (tzn. rozdělené provedení) bylo navrženo ve spolupráci s designérem Martinem Tvarůžkem (obr. 1.11 a 1.12). Výrobek byl oceněn v soutěži Design Centra ČR cenou Vynikající design 2007.

Z hlediska vizuální atraktivnosti upoutá především venkovní jednotka s výparníkem. Ta vyniká kultivovanou formou, čistým a kompaktním tvarem. Firma udělala velký krok kupředu oproti minulému modelu. Došlo k efektnímu vyřešení „zastřešení“ ventilátoru velkým mírně prohnutým polykarbonátovým plátem. Ten působí nehmotně díky své průhlednosti a design tak příjemně odlehčuje. Navíc kontrast průhledného materiálu a konvenčního plechového krytování působí zajímavě.

Minimalisticky pojatá vnitřní jednotka je o poznání méně inovativní. Ve srovnání s venkovní jednotkou, je zde už poměrně složité jasně vidět funkci přístroje. Podobá se všem běžným přístrojům v kotelně, z jeho vizuálního vyznění lze těžko usoudit, že se jedná právě o tepelné čerpadlo.

Jako celkově nejkontroverznější prvek lze označit polykarbonátovou stříšku nad ventilátorem. Nejvýraznější výtvarný prvek se pravděpodobně dostává na hranu, kde funkčnost ustupuje estetické hodnotě výrobku. Polykarbonát nebude jistě tak odolný jak plech či jiné materiály a jeho použití na části nejvíce namáhané povětrnostními vlivy je diskutabilní.

1.4.3 Tepelné čerpadlo TC Mach

Tepelné čerpadlo firmy TC Mach s označením „E“ je ve své podstatě rozdělené provedení. Venkovní jednotka obsahuje 2 výměníky s ventilátory a výkonově se jedná o střední výkon – od 8,5 do 40kW. Na designu se podílelo designérské studio Faktum Design Brno.

U tohoto designu je charakteristickým výrazovým prvkem především užití kartáčovaného nerezového plechu jako dominantního materiálu. Tvar venkovní jednotky je střídmý, i když poměrně originální a odlišný od konkurenčních produktů. Na druhou stranu působí trochu strnulým a nevyváženým, možná až



Obr. 1.11 PZP Komplet, výparník - venkovní jednotka



Obr. 1.12 PZP Komplet, vnitřní jednotka



Obr. 1.13 TC Mach, výparník - venkovní jednotka



Obr. 1.14 TC Mach, vnitřní jednotka

labilním dojmem. Střední sloupek, který je jedinou mohutnější podporou, je totiž podepřen tenkou stojkou. Vnitřní jednotka je ve stejném materiálovém provedení, což se pozitivně odráží na vizuální soudržnosti dvou oddělených jednotek.

Předností vnitřní jednotky jsou její malé půdorysné rozměry, díky čemuž zabírá v místnosti málo místa. Venkovní jednotka má rovnou zadní stranu, vhodnou k přisazení k obvodové zdi objektu. V tomto ohledu se zdá, že problematika instalace je poměrně dobře zvládnutá.

1.4.4 Závěr

TČ PZP Komplet

Tepelné čerpadlo Split systém od firmy PZP působí z hlediska designu solidním dojmem, kvalita zpracování je také nadprůměrná. Využití spolupráce s designérem na vývoji nového modelu přineslo pozitivní efekty. Sporným prvkem je užití polykarbonátu u venkovní jednotky. Vnitřní jednotka má naopak problém s výrazovým vyjádřením a souvislost s ostatními prvky systému není příliš jasná.

TČ Mach E

Tepelné čerpadlo Mach E působí dobrým dojmem, který odpovídá technologické vyspělosti přístroje. Pozitivně působí použití nerezového plechu v jeho surové podobě, i když celkový výraz by pozvedlo např. nápaditější ztvárnění konstrukčně-funkčních detailů. Venkovní jednotka by při svých rozměrech měla působit stabilnějším dojmem.

Variantsní studie designu

2 Variantní studie designu

Oddíl 2 systematicky mapuje vývoj designu, který finálnímu řešení předchází.

2.1 Vymezení problémů

Funkční flexibilita

Jedním z problematických aspektů v současné koncepci tepelných čerpadel je jejich poměrně nízká flexibilita a adaptibilita (což s rychlým vývojem v této oblasti v posledních letech platí méně často než v minulosti).

Vizuální charakter TČ

V designérské analýze (kap. 2.4 a v předdiplomovém projektu) byl naznačen častý problém s vlastním vizuálním charakterem a identitou daných TČ. Mnoho modelů se vyznačuje nejasným technickým vzhledem, který napovídá málo o funkci těchto přístrojů. Taktéž rozlišitelnost od např. klimatizačních jednotek není často dostatečná.

2.2 Vývoj designérského řešení

2.2.1 Zhodnocení přínosu předdiplomového projektu



Obr. 2.1 Předdiplomový projekt

Výstupem předdiplomového projektu byl design kompaktní venkovní jednotky TČ s důrazem na formální ztvárnění při kaskádovém zapojení a řazení více jednotek vedle sebe.

Pozornost byla věnována především pochopení funkce tepelných čerpadel a navrženy 3 varianty, z nichž jedna byla propracována.

V oblasti inovativního přínosu bylo předností především kultivované ztvárnění a využití tvaru šasi při řazení jednotek vedle sebe. Nejednalo se však o modulární systém, ten byl rozvinut až v diplomové práci.

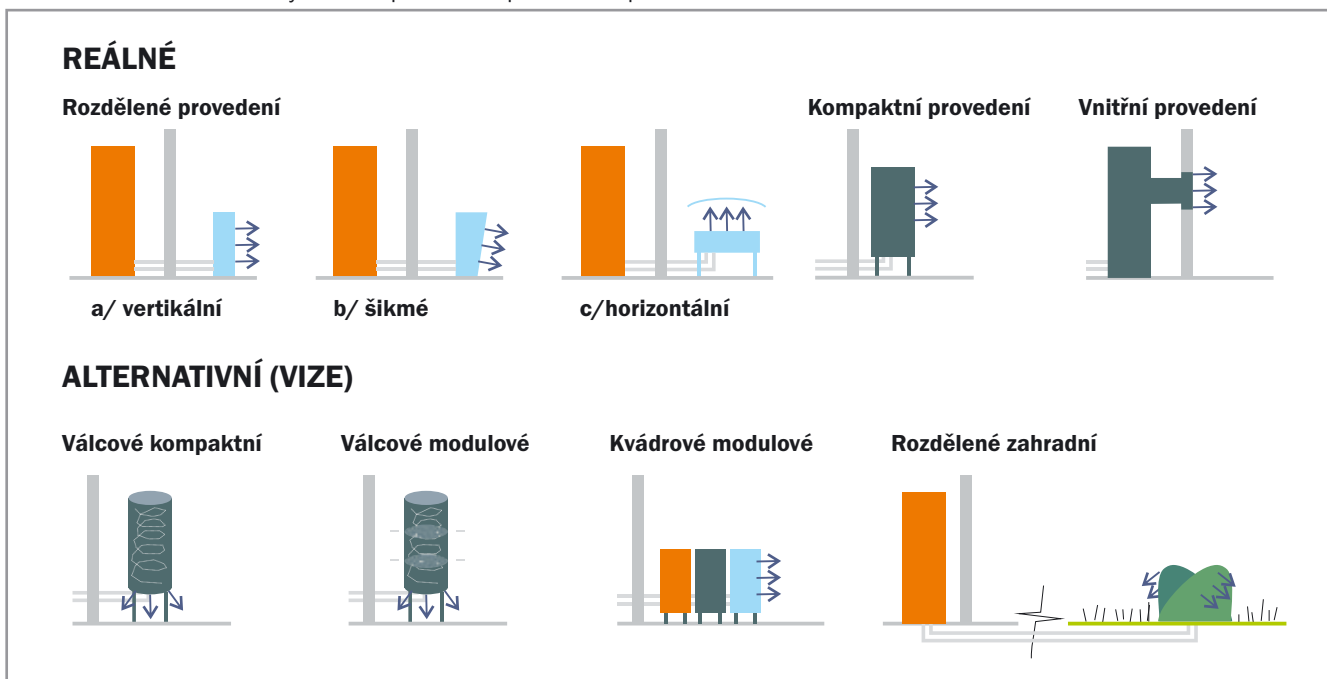
Jedním z cílů předdiplomového projektu bylo dosáhnout poměrně jednoduché konstrukce. Tento cíl zůstal i pro diplomový projekt, přičemž byla snaha o lepší využití krytů z hlediska samotné funkce zařízení.

Z hlediska výtvarného řešení bylo u předdiplomového projektu problematické ztvárnění mřížky ventilátoru. Působila neadekvátně robustně (přičemž ani funkčně není taková robustnost opodstatnitelná) a navíc úplně zakrývala kruhový ventilátor pod čtvercovým tvarem.

2.2.2 Analýza funkčních konceptů TČ

Následující schéma zobrazuje využívané a potenciálně využitelné funkční koncepty tepelného čerpadla vzduch-voda. Jedná se o souhrn přístupů, který byl během řešení designu brán v potaz.

Obr. 2.2 Schémata současných konceptů a vizí tepelného čerpadla



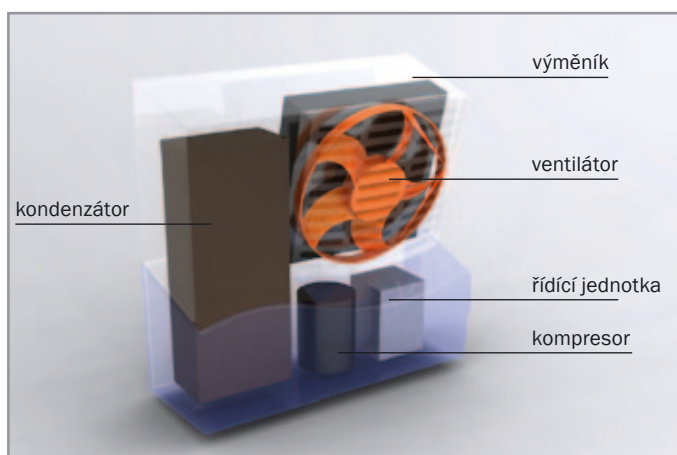
2.2.3 Varianta 1

Charakter konceptu navazuje na předdiplomový projekt, jehož výsledkem byl návrh TČ v kompaktním venkovním provedení. Inovativním posunem je změna kompozice technických komponent tak, aby ventilátor byl v minimální výšce cca 350 mm na zemi. Toto uspořádání je výhodné, jelikož už není třeba žádná přídavná konstrukce a přístroj může stát přímo na zemi. U předdiplomového projektu tomuto aspektu nebyl dáván takový význam a navržená konstrukce by mohla přispívat k většímu namrzáni výměníku při venkovních teplotách pod bodem mrazu.

Krytování jednotky je navrženo ze dvou materiálů: spodní kryt je plastový (rotační odlévání, HDPE), horní kryty jsou z plechu z korozivzdorné oceli bez další povrchové úpravy, případně z vnější strany opatřené práškovým lakem nebo polymerovým nástřikem pro zvýšení odolnosti. Ochranná mřížka ventilátoru je řešena většími otvory, které jsou vypáleny laserem přímo do krytu. Záměrem bylo vyhnout se řešení se vsazenou mřížkou. Krytí pro vniknutí cizího předmětu do ventilátoru je pak řešeno buď standardní mřížkou dodávanou s ventilátorem nebo jemnější mřížkou vloženou mezi ventilátor a kryt.

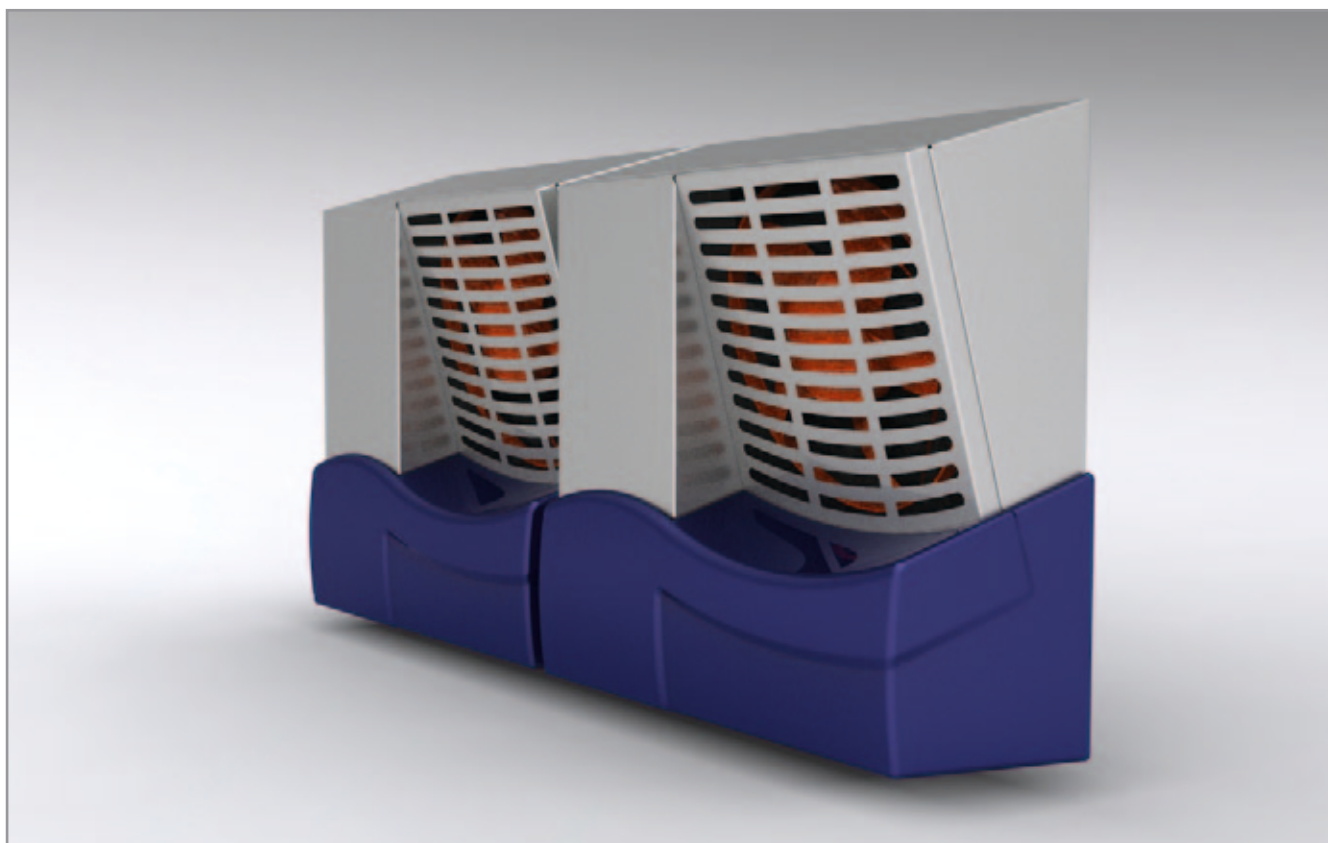


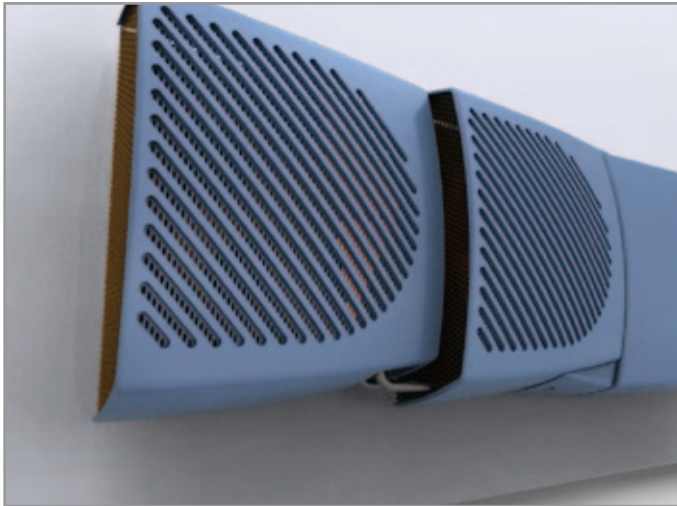
Obr. 2.3 Var. 1 - perspektivní pohled, proporce vzhledem k člověku



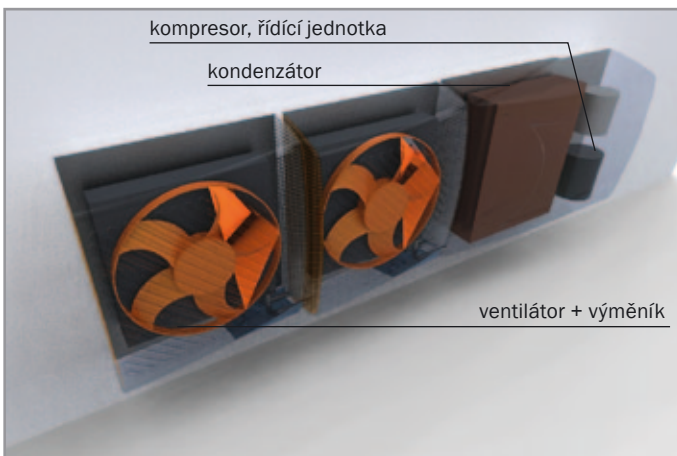
Obr. 2.4 Var. 1 - vnitřní uspořádání,

Obr. 2.5 řazení více jednotek vedle sebe



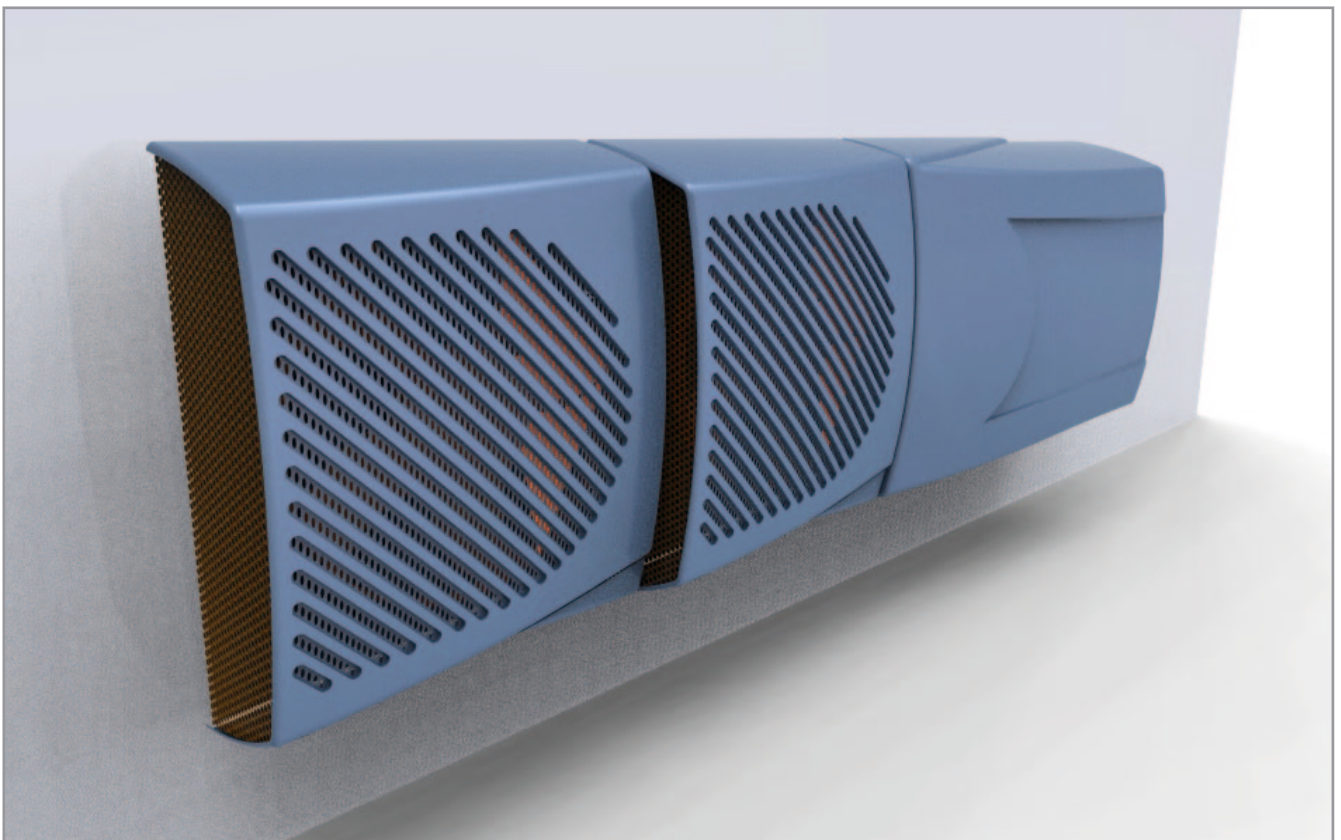


Obr. 2.6 Varianta 2 - detail napojení



Obr. 2.7 modulový systém, 2 výměníky + jednotka TČ

Obr. 2.8 (dole) celkový pohled



2.2.4 Varianta 2

Varianta 2 je postavena na odlišném konceptu. Navržen je modulový systém, který zahrnuje 2 typy krytů - jeden pro ventilátor, druhý pro samotnou jednotku TČ s kompresory, kondenzátorem, expanzním ventilem a řídicí jednotkou. Kryt jednotky je větší a umožňuje i osazení výkonnějšími komponentami pro pokrytí potřebného výkonu. K ní pak bude připojen potřebný počet výparníků (1,2, max. 3 - záleží na konkrétních specifikacích komponent a požadovaném výkonu).

Změnou oproti variantě 1 je možnost montáže, ta je v základu předpokládána pouze na stěnu. V případě nutnosti postavení na zem by se musela použít přídatná konstrukce.

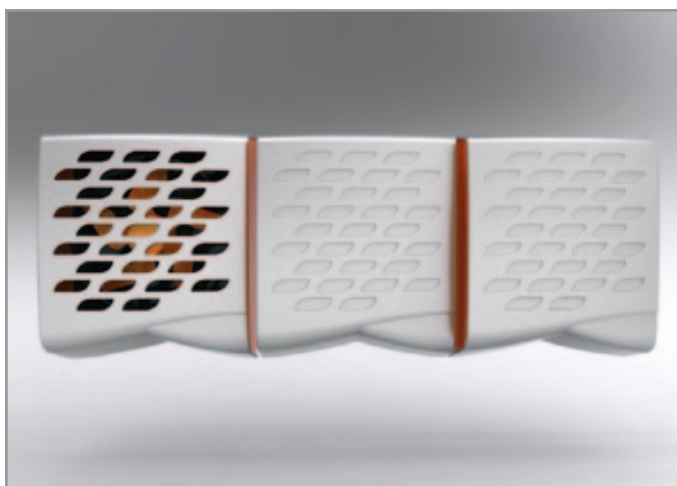
Napojení jednotek je řešeno na spodní straně modulů (obr. 2.6) a je překryto menším plastovým dílem, který je snadno a rychle demontovatelný. To usnadňuje instalaci na budově před uvedením do chodu a není již třeba manipulovat s hlavním krytem.

2.2.5 Varianta 3

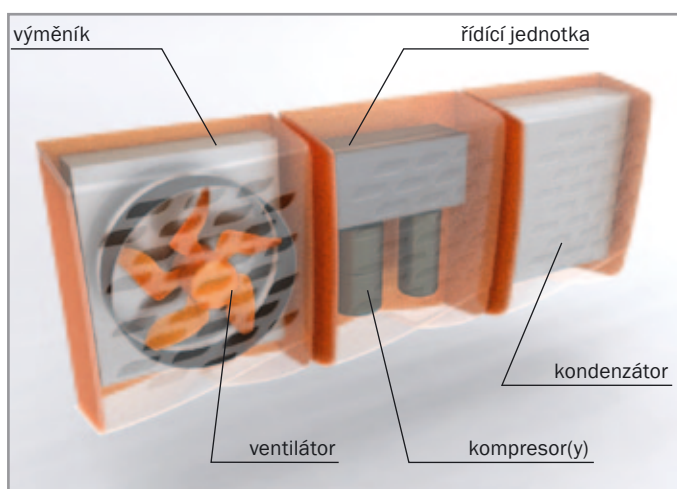
U třetí varianty došlo k redukci počtu typů krytů - je použit pouze jeden tvar krytu ve 2 provedeních: 1) s průduchy (pro výparník) a 2) bez průduchů (2a. kondenzátor, 2b. kompresor, expanzní ventil, řídicí jednotka). Přínosem je levnější výroba (užití jedné formy - více kusů v sérii - nižší náklady). Diskutabilním aspektem je modulární napojení mezi kryty 2a a 2b, které přirozeně zesložituje konstrukci, protože všechny komponenty by mohly být pod jedním krytem. Výhodou řešení je naopak rozdělení krytů na menší díly (kryt dvojnásobné velikosti by byl dražší na výrobu a manipulace a montáž by také přinesla určité komplikace). Optimalizací uspořádání komponent pod kryty 2a a 2b by se dala eliminovat nevýhoda rozdělení do dvou modulů.

Varianta 3 doznala také změn ve ztvárnění mřížky. Tvarování a velikost otvorů působí dynamičtěji a z funkčního hlediska nebylo nutné dodržet jemné děrování (z hlediska krytí - bezpečnosti), jelikož krytí ventilátoru je řešeno samostatně (buď předsaženou jemnou mřížkou nebo standardním ochranným drátovým košem dodávaným s ventilátorem).

Větší vzduchové otvory dávají čerpadlu jistější a robustnější ráz, více adekvátní tomuto technickému exteriérovému zařízení.

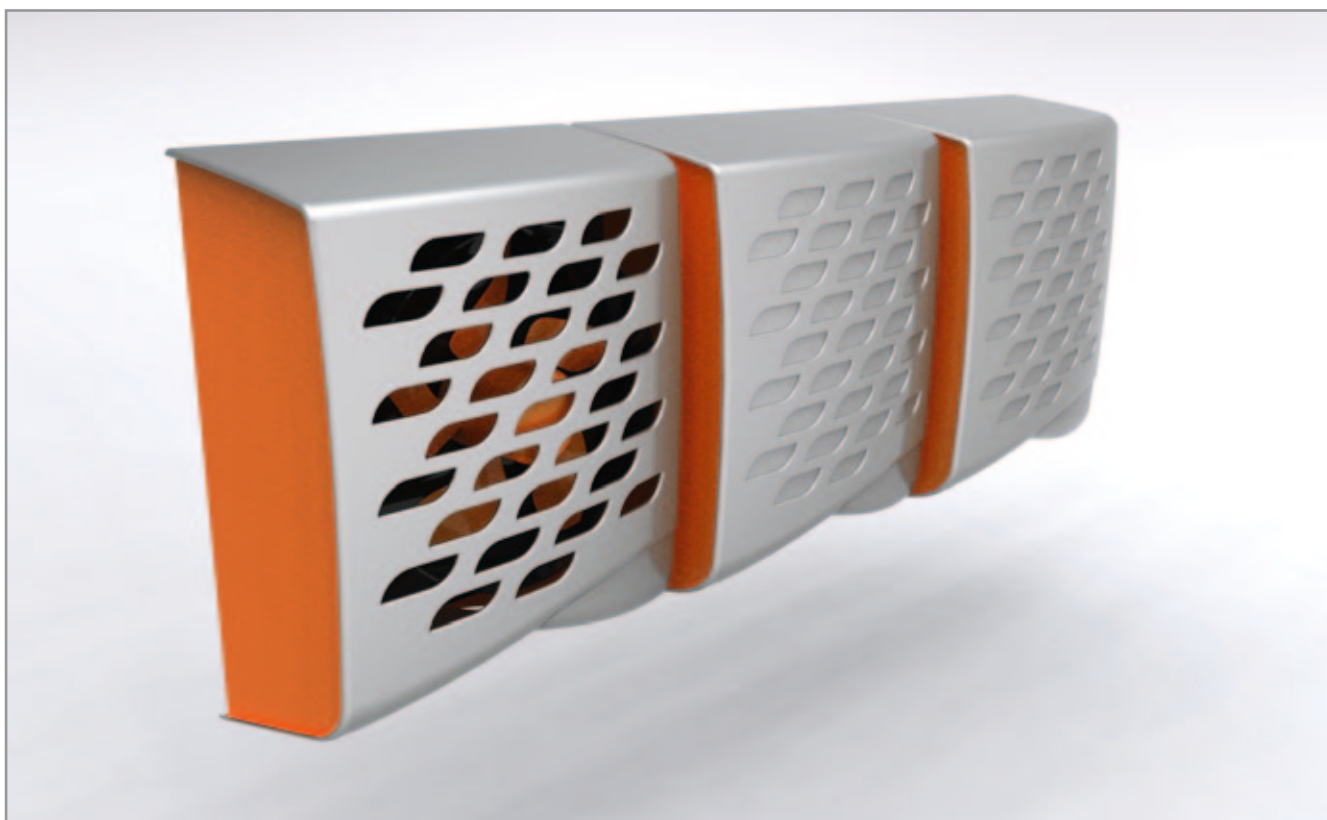


Obr. 2.9 Varianta 3



Obr. 2.10 Varianta 3 - vnitřní uspořádání (nahore)

Obr. 2.11 (dole) celkový pohled



2.2.6 Zhodnocení a výběr varianty pro finální řešení

Inovativnost

Varianty 2 a 3 nabízí originální vizi modulového konceptu tepelného čerpadla. Toto řešení je zatím neprozkoumané v praxi, ale dá se předpokládat, že by mohlo přinést jisté výhody, které byly popsány výše.

Varianta 1 se naopak opírá o prověřenou koncepci kompaktní venkovní jednotky a navíc toto řešení esteticky posouvá zajímavým ztvárněním a zvýrazněním motivu sériového řazení jednotek vedle sebe.

Technické a ekonomické aspekty

Varianta 1 vychází z klasických výrobních postupů a má zřejmě nejméně nedostatků ohledně technologie výroby. Stejně tak se dá očekávat, že výroba by byla ekonomicky realizovatelná a produkt by si našel místo na trhu.

Slabou stránkou varianty 2 je především otázka ekonomičnosti výroby (dva typu krytů z plastu). Z technického hlediska koncept nepředstavuje žádné větší rizika. V případě varianty 3 je riziko neekonomické výroby minimalizováno redukováním počtu krytů.

Estetické aspekty

Varianta 1 z výtvarného hlediska působí kultivovaně a jejím přínosem je zejména čitelná kompozice a jasná tektonika. Přesto tvarování horních plechových krytů celkový dojem mírně snižuje a nepředstavuje výrazný inovativní posun od současné produkce. Nejviditelnějším nedostatkem varianty 2 je pravděpodobně ztvárnění mřížky, které není adekvátní typu přístroje a vytváří dojem levného provedení. Celkový tvarosloví je dynamické, odskoky na čelní straně podporují ráz modulového řazení. Varianta 3 vycházející z varianty 2 dále posouvá design k větší čistotě tvarů. Ztvárnění průduchů/ mřížky je zvládnuté, což je podstatný aspekt, jelikož se jedná o velmi charakteristický prvek přístroje.

Závěr

Pro další vývoj a finální zpracování byla vybrána varianta 3. Důvodem byl především inovativní technický koncept, který byl hlavní předností oproti ostatním variantám.

2.2.7 Další vývoj vybrané varianty

2.2.7.1 Modulový koncept

V dalším vývoji vybrané varianty jsem se soustředil na způsob napojení krytů jednotlivých modulů. Ve variantě 2 se kryty (půdorysně) mírně překrývaly a měly poměrně velký normálový odstup (vyplněný perforovaným plechem). Varianta 3 naopak počítala s těsným doléháním krytů „natupo.“ Toto řešení je z praktického hlediska nevhodné. Kryty by nedosedly přesně a vždy by mezi nimi byla mezera. Aby se vykryly montážní a výrobní nepřesnosti, musela by spára být široká minimálně 5 mm. Toto řešení má však řadu nevýhod - např. mezi dvěma moduly by musely být dvě bočnice, aby se zabránilo vniknutí cizích předmětů zvenku, což komplikuje a prodražuje konstrukci.

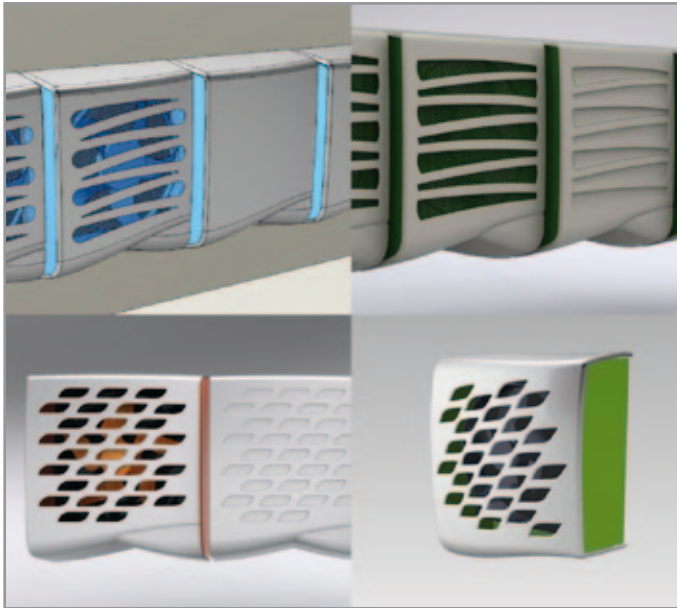
Postupným vývojem jsem dospěl k řešení, kdy kryt svým levým okrajem překrývá kryt modulu nalevo od něj o asi 15 - 17 mm. Bylo tedy dosaženo jak dostatečného krytí proti vniknutí předmětů, navíc by tvarování napojení nemělo přitahovat vodu stékající mezi kryty.

2.2.7.2 Moodboard

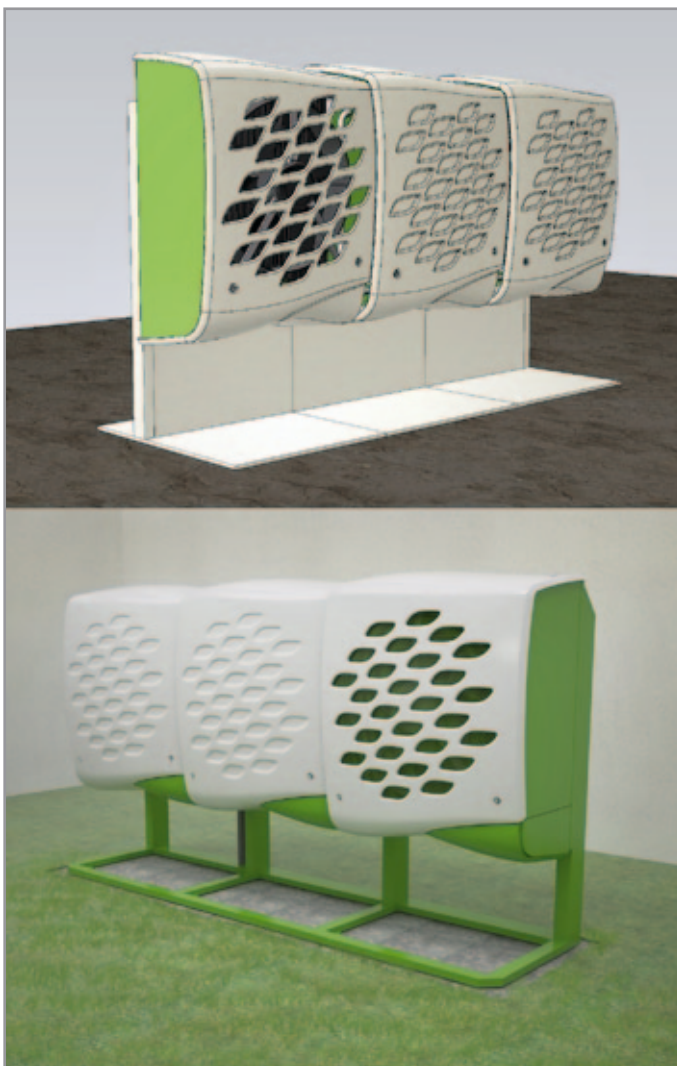
„Moodboard“ označuje tabuli inspiračních motivů, které ovlivnily podobu navrhovaného designu. U tohoto návrhu je jedná především o motivy z přírody, ale i z technického světa.

Obr. 2.11 „Moodboard“ pro vybranou variantu





Obr. 2.12 Vývoj designu otvorů krytu výparníku



Obr. 2.13 Studie možnosti postavení na stojan do prostoru

2.2.7.3 Tvarování děr krytu výparníku

Mřížka (vzduchové otvory) jsou jedním z nejvýraznějších prvků navrhovaného designu. Cílem hledání vhodného tvaru, velikosti a rozmístění otvorů v krytu výparníku bylo najít optimální řešení, které by splňovalo tyto požadavky:

- **funkční** (pojmout potřebný průtok vzduchu při nezvýšení hlučnosti)
- **technické** (dostatečná tuhost krytu, odolnost proti nežádoucím vibracím)
- **výrobní** (vyrobitelnost zvolenou technologií výroby krytu)
- **estetické** (adekvátní forma)

Obrázek 2.12 tento vývoj ilustruje.

První dvě varianty využívají velké podélné děrování, které tvarově reaguje na horní a dolní obrysovou linku modulu. Z estetického hlediska je řešení dynamické, avšak pravděpodobně až příliš dominantní v horizontálním směru, který je už tak daným členěním výrazný. V dalším vývoji jsem se zaměřil na rastr menších přesazených děr. Ty rovněž dodávají návrhu dynamiku a svým způsobem i naznačují rotační pohyb ventilátoru pod krytem. Nepravidelné okraje tohoto hrubého rastru oživují celkovou střídmost a plynulost hlavního tvaru. Co se týče technických a výrobních požadavků, jeví se zde jednoznačně výhodněji dvě poslední varianty s menšími otvory - hlavně z hlediska tuhosti a odolnosti vůči vibracím.

Finální řešení krytu vychází ze dvou posledních variant. Vybrány byly otvory s křivkovými hranami (podobně jako vpravo dole na 2.12), avšak pozice děr byla nakonec upravena tak, že horní a dolní hrana jsou horizontální. Dynamičnost tímto neutrpěla, naopak se potlačil další šikmý směr, který už byl nadbytečný.

2.2.7.4 Způsoby montáže

Obě dílčí varianty 2 a 3 počítaly s montáží modulů vedle sebe na obvodovou stěnu vytápěného objektu. Toto řešení není úplně standardní u současných tepelných čerpadel. Ty jsou však koncepčně jiná, mají jinou konstrukci a zavěšení na stěnu by nebylo výhodné.

Zavěšení na stěnu řeší několik problémů:

- umožňuje jednoduše umístit zařízení do požadované výšky nad zem (musí být min. 350 mm od spodní hrany deskového výměníku)
- výška montáže je variabilní - montáž je možné přizpůsobit, je-li na nebo ve stěně nějaká překážka (např. okno)
- řešení je rozměrově kompaktní a umožňuje vyniknout plochému designu modulů - při volném umístění v prostoru by tato výhoda zanikla

Další rozvíjenou možností byla montáž na přídatný stojan tak, aby se dalo TČ postavit jako solitér do prostoru, případně tam, kde nebude z různých důvodů zavěšení na stěnu vhodné nebo možné. Obr. 2.13 stručně ilustruje koncepty konzol pro postavení do prostoru.

Pro finální řešení jsem se rozhodl tento koncept nevyužít. Důvody byly hlavně technického charakteru (složitost konstrukce, dostatečná tuhost vs. subtilnost apod.), ale také formálního. Celkový tvar byl primárně navrhován pro zavěšení na stěnu a proto tvarování nejlépe odpovídá této možnosti. Ve výsledku bude tedy možnost samostatného postavení kompromisní řešení, které by přispělo především k operativnosti při instalaci.

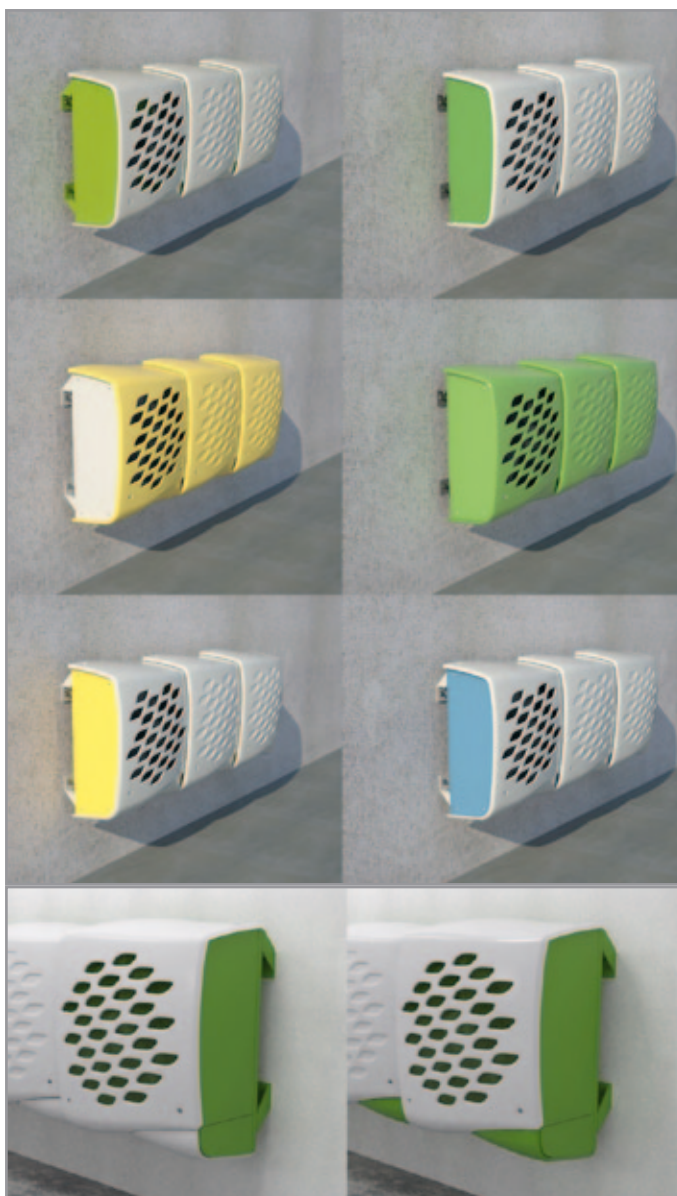
2.2.7.5 Barevné a grafické řešení

Při studiích barevného řešení šlo především o nalezení vhodné skupiny barev z hlediska estetického a psychologického působení. Jako výhodnější se ukázaly světlejší a pastelové tóny. Ve věci barevného členění bylo TČ rozděleno na čtyři celky:

- 1) velký plastový kryt,
- 2) krytka napojení modulů,
- 3) rovinné bočnice a nosný rám a
- 4) profily k uchycení na stěnu.

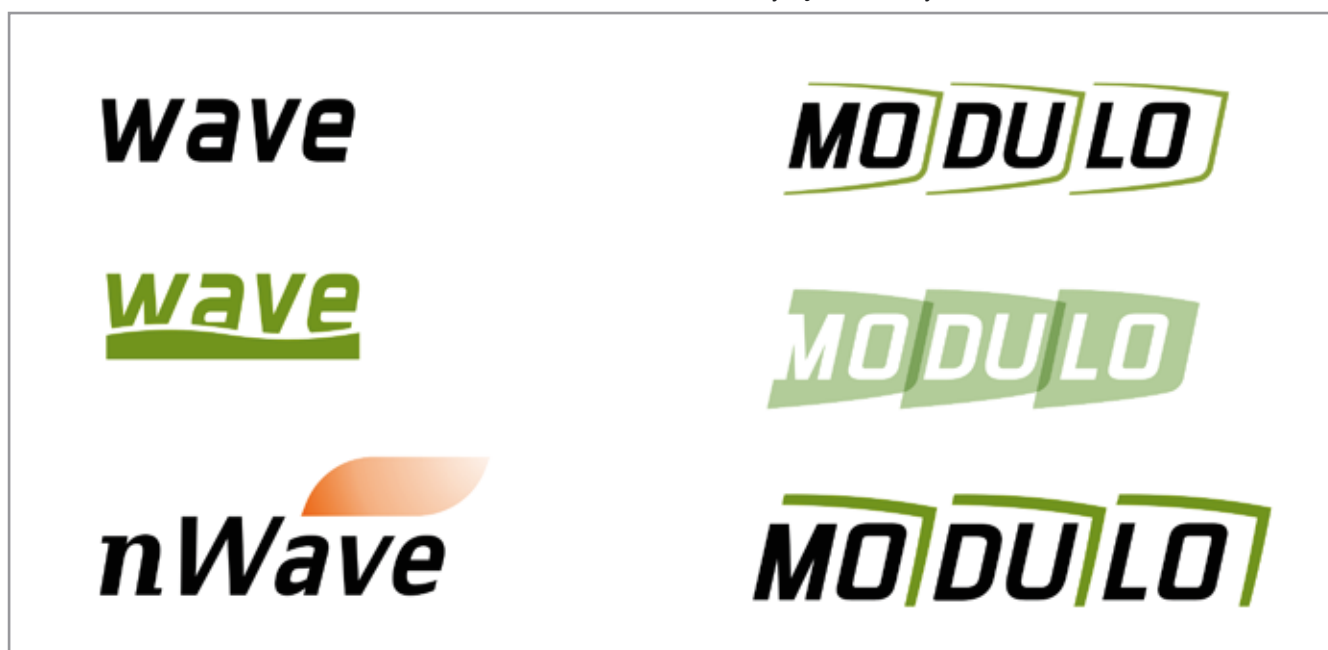
Byly prozkoumány různé kombinace barevného členění těchto celků. Opticky nejvyváženější se ukázala varianta, kde všechny plastové díly jsou ve světlé neutrální barvě a kovové jsou výraznější barvou.

Logotyp se vyvíjel postupně s designem. U prvotních variant jsem vycházel z tvaru v čelním pohledu, kde byla hlavním prvkem vlna. U modulového systému jsem uplatnil naopak motiv řazení modulů.



Obr. 2.14 Studie barevného řešení

Obr. 2.15 Vývojové varianty značek



Finální řešení

3 Finální řešení

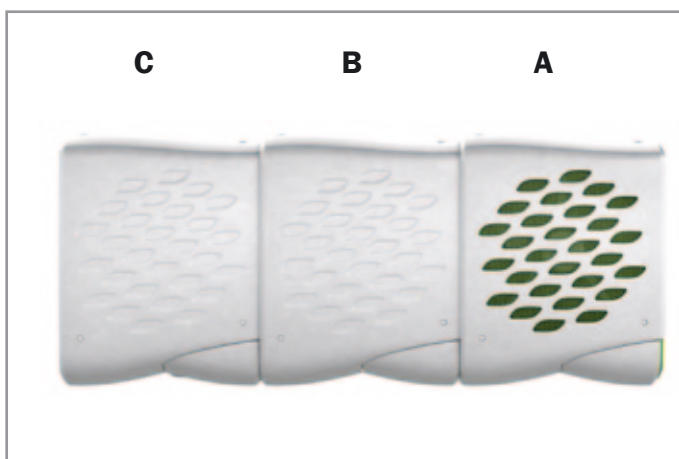
Oddíl 3 popisuje designérský koncept, technické, ergonomické, tvarové a kompoziční, provozně technologické, barevné a grafické řešení finálního návrhu.

3.1 Filozofie konceptu

Základní myšlenka konceptu vychází z řešení problému nedostatečné flexibility současných řešení. Návrh se opírá o ideu spojování modulových elementů, která byla prozkoumána ve vývojových variantách 2 a 3 a dále rozvedena. Toto řešení přináší možnost sestavování systému TČ o různých výkonech, podle potřeb vytápěného objektu. Dnešní nabídka tepelných čerpadel obvykle představuje několik modelů s odstupňovaným výkonem. Navržené řešení by mělo nabídnout systém, který by zredukoval takto široké portfolio produktů (obvykle 2 až 5 modelů daného typu vzduch-voda) využitím modulového systému.

Obr. 3.1 Finální řešení - celkový pohled, zavěšení na stěně





Obr. 3.2 Typy modulů

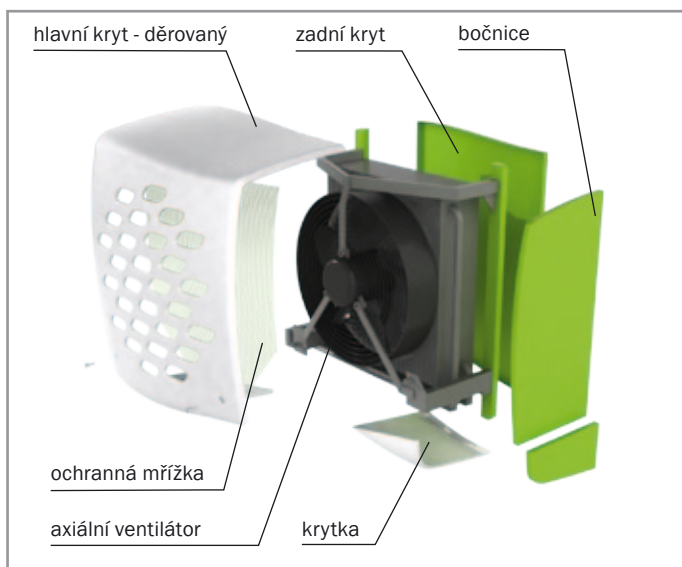
3.2 Technický koncept modulo- vého systému

Aby bylo tepelné čerpadlo plně funkční, musí být spojeny minimálně 3 moduly. Každý obsahuje jiné komponenty, ale jejich vnější rozměry a většina částí nosné konstrukce jsou shodné.

První modul (A) obsahuje výparník, tedy v zásadě deskový výměník tepla s představeným ventilátorem. Tento modul je kryt krytem s ventilačními otvory pro odvod vzduchu od výměníku. Modul B obsahuje kompresor a řídicí jednotku a případné další komponenty menších rozměrů. Modul C pak skrývá kondenzátor, ve kterém dochází k předávání tepla pro vytápění. Na modul C jsou připojeny přívod a odvod vody a elektřiny.

Modul B a C mají kryty tvarově shodné s krytem A, liší se pouze tím, že u krytu A jsou dodatečně vyřezány ventilační otvory.

Okruh tepelného čerpadla je jednotlivými moduly přerušen. Napojení je realizováno pod spodní krytkou každého modulu. Tato koncepce poskytne potřebnou flexibilitu při montáži modulů u zákazníka.



Obr. 3.3 Rozpad dílů - modul A

3.3 Technické řešení

Dále bude popsána skladba a řešení technických prvků jednotlivých modulů.

3.3.1 Modul A

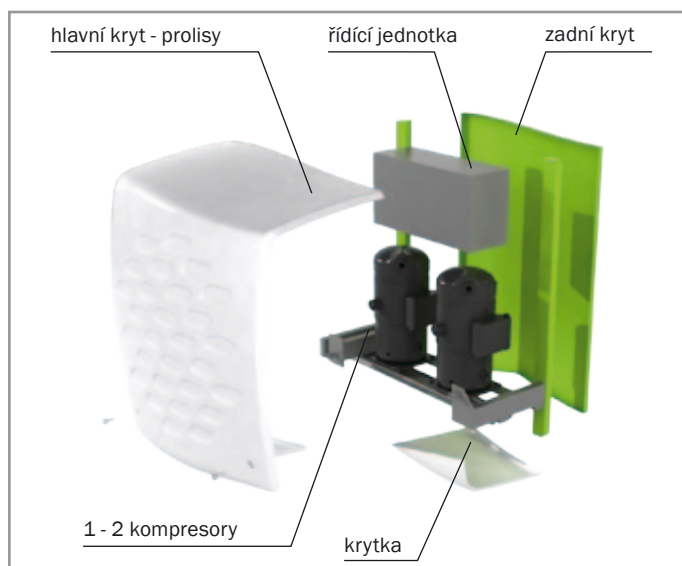
Modul A je v systému vždy umístěn napravo od modulu B. Napojení v tomto směru je nutné kvůli umístění krytky v pravé polovině modulu (pod ni zasahuje vedení z vedlejšího modulu napravo).

Modul A obsahuje výparník, který se skládá z deskového výměníku tepla s představeným axiálním ventilátorem. Řešení počítá s klasickou koncepcí, která by neměla přinést mnoho komplikací.

Deskový výměník je nejtěžší součástí modulu A a je upevněn přímo na nosnou konstrukci svařenou z obdélníkových profilů. Vývody teplovodné kapaliny jsou svedeny dolů pod výměník. Pak jsou napojeny na trubky s koncovkami pro napojení modulu B. Na opačnou stranu jsou vývody zaslepeny z důvodu ponechání možnosti napojit do série další modul s výparníkem.

3.3.2 Modul B

Modul B obsahuje kompresor a řídicí jednotku jako hlavní komponenty. Je napojen zprava na modul A.

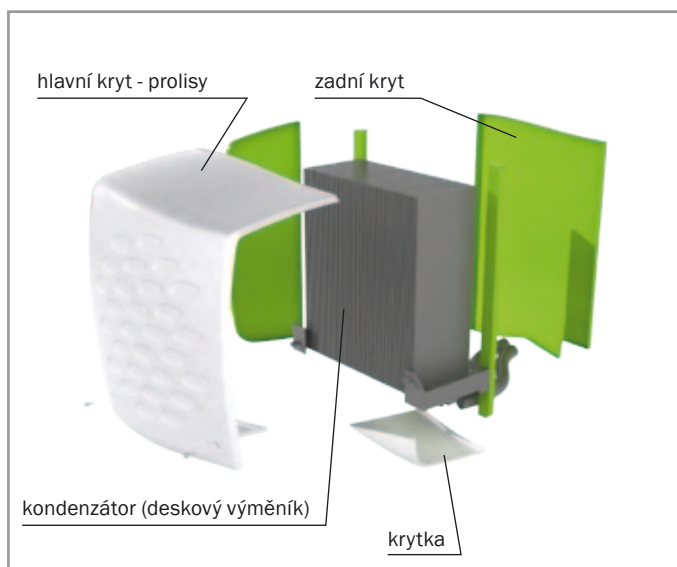


Obr. 3.4 Rozpad dílů - modul B

Nosná konstrukce je stejná jak u modulu A, liší se jen v detailech uchycení vnitřních komponent. Kompressor (případně 2 kompresory u verze se dvěma výparníky - A+A+B+C) je připevněn na rámu v dolní polovině, nad ním je řídicí jednotka.

3.3.3 Modul C

Modul C obsahuje kondenzátor. Kondenzátor má objem přibližně 1,5 až 2 krát větší než deskový výměník z výparníku. Tím bude docíleno potřebného výkonu pro zapojení A+A+B+C. V případě osazení jej jedním výparníkem (A), může být kondenzátor menší. Kondenzátor se dá v podstatě vyrobit v libovolném - nejlépe kvádrovém - tvaru. Při nutnosti většího objemu by případně mohly lamely výměníku kondenzátoru kopírovat příčný průřez krytu (přední vyklenutí).



Obr. 3.5 Rozpad dílů - modul C

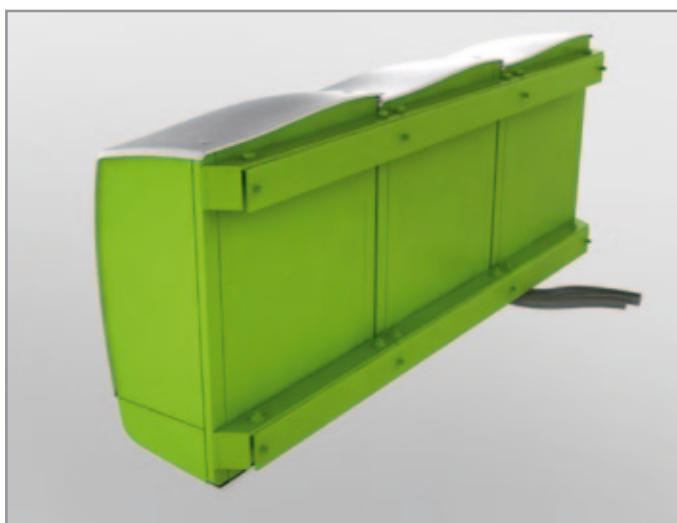
3.3.4 Montáž na stěnu

Moduly jsou postupně namontovány na dvě horizontální lišty z L profilu, které jsou předem přišroubovány na obvodovou zeď objektu. Zavěšení na stěnu je relativně jednoduché a flexibilní - postačují dva L profily v délce pro 3 nebo 4 a více modulů. Výška montáže není striktně dána, ale spodní lišta by měla být ve výšce minimálně 350 mm, optimálně asi 400 - 500 mm nad zemí.

Na zdaní straně každého modulu jsou připevněny zrcadlově obrácené L profily, které dosedají na ty uchycené na stěně. L profily jsou na modulech připevněny na jejich nosný rám, přičemž boky profilu levého a pravého krajního modulu jsou zkosené tak, aby opticky zabíhaly za tělo modulu.

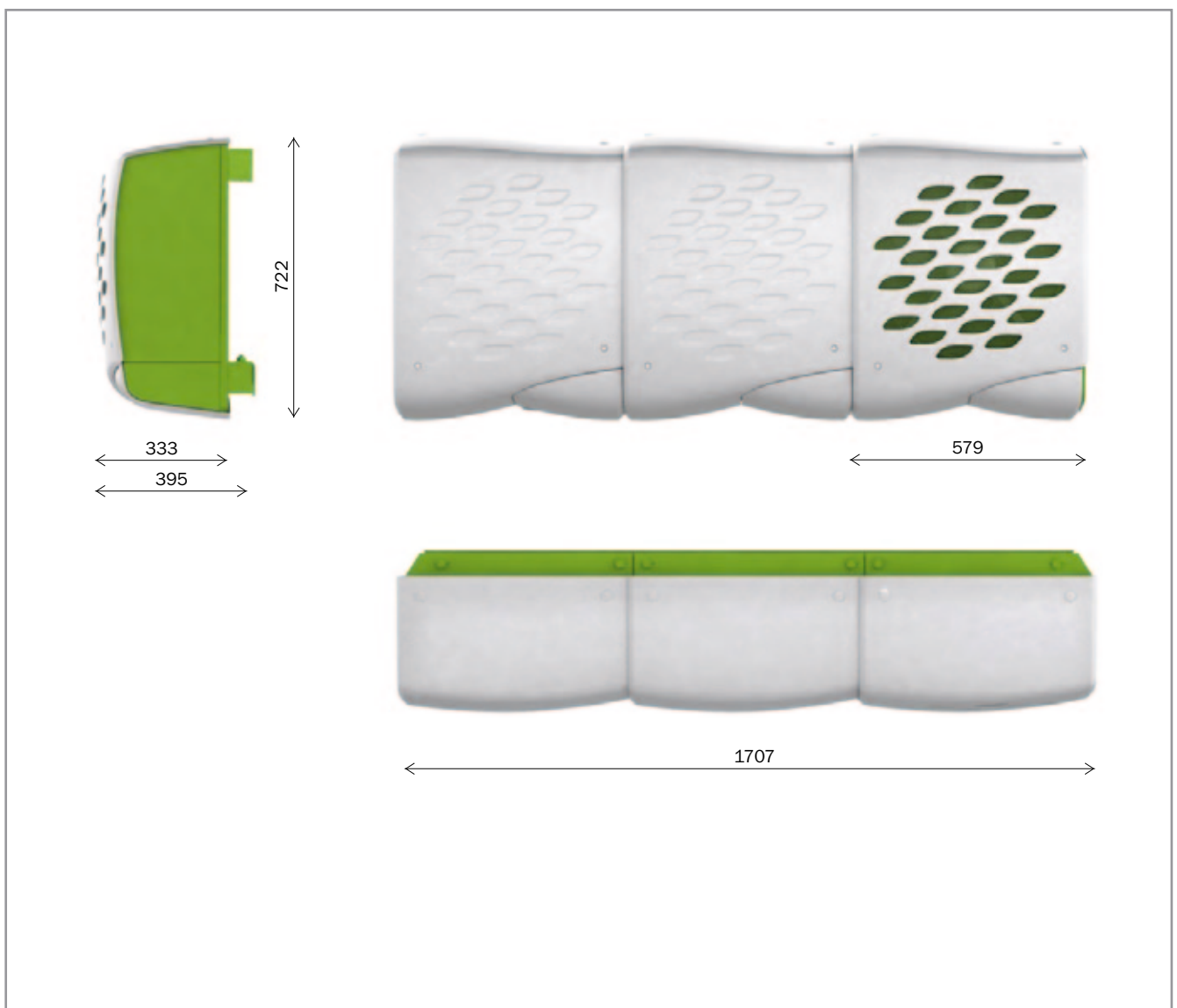


Obr. 3.6 Montáž na stěnu



Obr. 3.8 Zadní pohled - detail prvků pro uchycení na stěnu (stěna je skryta)

3.3.5 Základní rozměry



Obr. 3.9 Základní pohledy a rozměry sestavy se třemi moduly

3.3.6 Požadavek krytí IP

Obecně je krytí IP zajištěno již na samotných komponentách (elektromotor ventilátoru, kompresor, ...), tudíž krytí vnějším krytovaní není tak striktní.

Krytí modulu A: celkově by mělo krytí splňovat pouze první třídu proti vniknutí cizího tělesa do průměru 50 mm (např. hřbet ruky). Ochrana ventilátoru je samostatná, řešena standardní mřížkou dodávanou s ventilátorem. Zde je pak vyšší krytí (min. třída 2 - proti dotyku prstem, vniknutí tělesa do průměru 12,5 mm). Krytí elektrických součástí (hlavně elektropříslušenství ventilátoru a systému odtávání) je řešeno samostatně. Avšak při velikosti ventilačních otvorů cca 90 x 33 mm by mohl vzniknout problém s usazováním nečistot za hlavním krytem. Řešením je vsazení jemné pružné mřížky (tahokov, pletivo, apod.) z rubové strany krytu. Finální návrh s tímto řešením počítá.

Krytí modulů B a C bez mřížky je minimálně IP23, což odpovídá třídě ochrany 2 proti vniknutí tělesa do průměru 12,5 mm, ochrana proti vodě by byla na úrovni ochrany proti dešti a postříkání (třída 3).

3.3.7 Výrobní technologie a materiály

Pro dva tvarové kryty byl zvolen jako materiál plast zpracovaný technologií rotačního odlévání. Tato technologie zajistí potřebnou úroveň detailů (která není příliš vysoká), tuhost krytů při relativní ekonomičnosti výroby a ekologické šetrnosti. Z materiálového hlediska splňuje požadavky této aplikace polyethylen (HDPE), alternativním materiálem je polyuretan.

Ostatní prvky konstrukce jsou navrženy z konstrukční oceli. Nosný rám je svařen z tažených ocelových profilů, bočnice a zadní kryt jsou z ocelového plechu, vyrobené řezáním a ohraňováním. Plechové kryty jsou na nosné konstrukci přišroubovány.

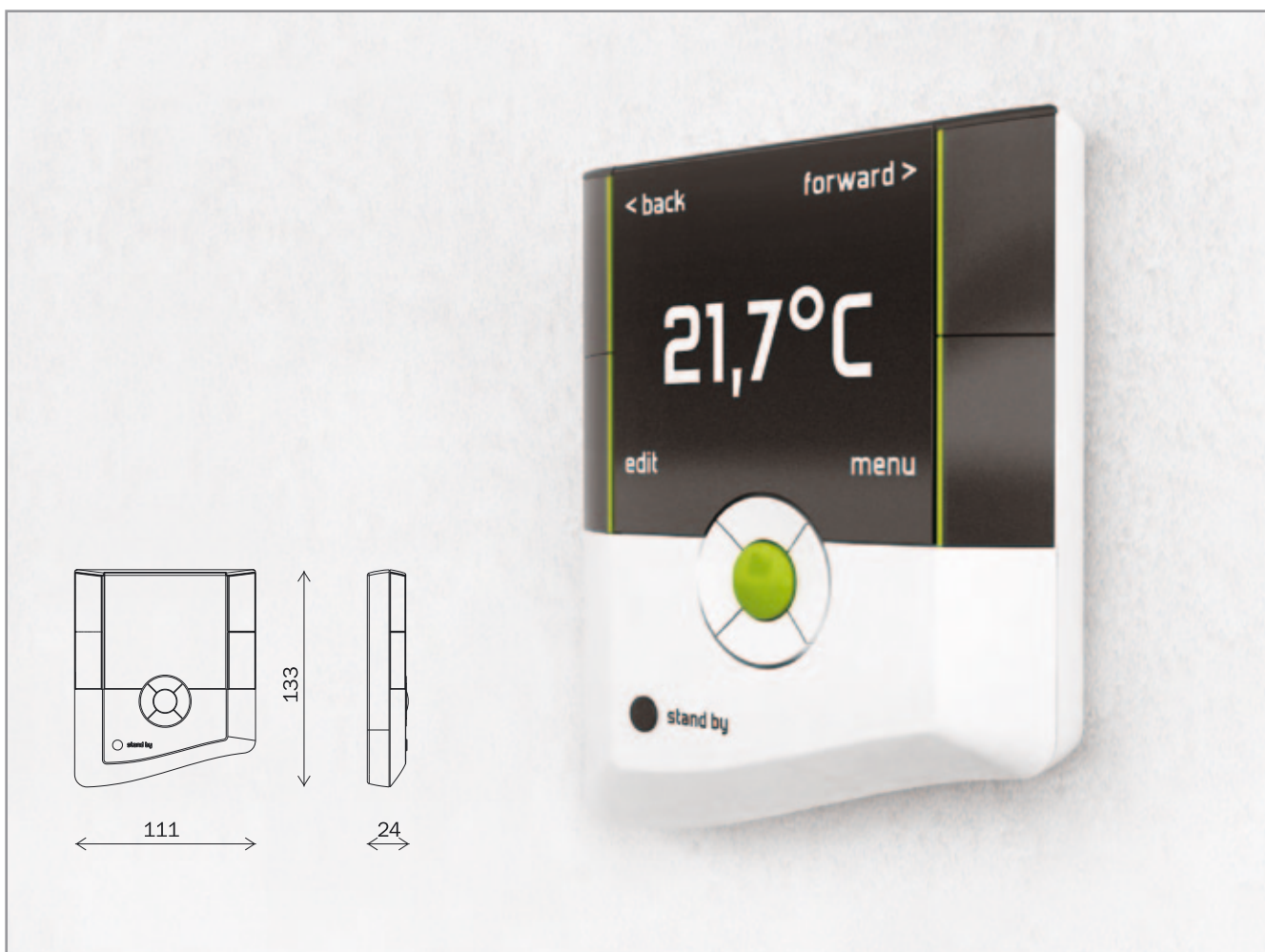
Plechové kryty a profily vnější konstrukce jsou povrchově upraveny práškovým lakováním. To zajistí dostatečnou odolnost proti povětrnostním podmínkám. Tato technologie je relativně šetrná k životnímu prostředí a vzhledem k velmi dobré odolnosti je ideálním řešením.

3.3.8 Regulátor

Pro návrh regulátoru byla zvolena koncepce grafického displeje v kombinaci s čtyřmi tlačítky pro rychlou volbu a čtyřsměrným voličem se středním potvrzovacím tlačítkem. Na displeji se dynamicky zobrazují volby v rozích zobrazovací plochy, těm odpovídají tlačítka rychlé volby po stranách. Aktivní plocha displeje činí 70 x 52,5 mm (poměr stran 4:3). Displej překrývá rovinná polykarbonátová deska z vnitřní strany po okrajích zatištěná barvou. Ostatní díly šasi jsou z vyrobeny vstřikováním plastu.



Obr. 3.10 Přední kryt výparníku s vsazenou ochranou mřížkou



Obr. 3.11 Design regulátoru a základní rozměry

3.4 Ergonomické řešení

3.4.1 Ergonomie regulátoru

Interiérový regulátor slouží k pohodlné obsluze činnosti tepelného čerpadla. Obsahuje několik prvků, kterou jsou z hlediska ergonomie podstatné:

1) Ovladače

Jako ovladače slouží čtyři stiskací tlačítka po stranách displeje. Jejich rozměry jsou 17 x 35 mm, což představuje nadstandardní velikost. K ovladačům se také řadí čtyřsměrný volič (průměr 30 mm) se středovým potvrzovacím tlačítkem (průměr 15 mm). Tyto rozměry a rozmístění byly voleny s ohledem na pohodlné ovládání. Tvarové dispozice a použitý povrch odpovídají ergonomickým kritériím.

2) Sdělovače

Sdělovačem je u regulátoru displej, na kterém se zobrazují požadované údaje. Při návrhu grafického řešení referenční obrazovky byl kladen důraz především na čitelnost a vztah velikosti a důležitost jednotlivých údajů. Proto je například údaj o aktuální teplotě zobrazen největším písmem.



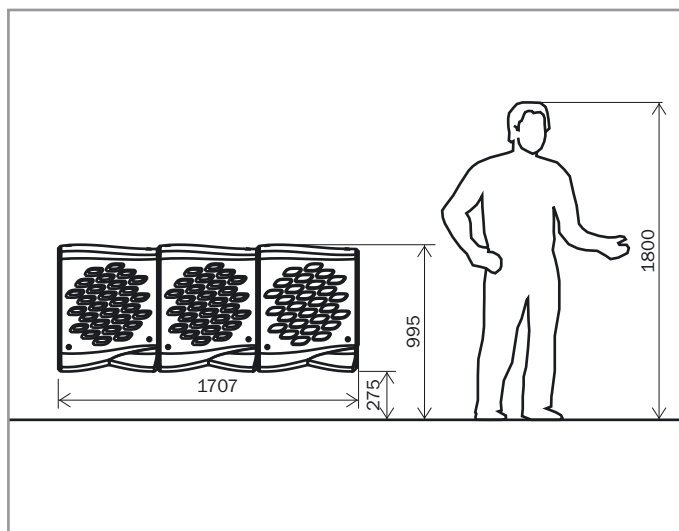
Obr. 3.12 Ergonomie regulátoru

3.4.2 Ergonomie tepelného čerpadla

Samotné venkovní zařízení tepelného čerpadla pracuje automaticky a obejde se bez interakce s člověkem. Ovládání je řešeno dálkově přes regulátor umístěný v interiéru.

Z hlediska ergonomie byly řešeny především tyto aspekty:

- 1) respektování rozměrů a konstituce lidské postavy
- 2) montáž / demontáž: snadná montáž při uchycení na stěnu; možnost jednoduché demontáže krytů při servisním zákroku
- 3) tvarové a barevné řešení - cílem u tvarového a barevného řešení bylo dosažení pozitivního působení na lidskou psychiku
- 4) hlediska bezpečnosti a hygieny - snadná údržba krytů (omyvatelnost), tvar nepřispívající ke zvýšené úrovni hluku (např. nežádoucími vibracemi)



Obr. 3.13 Ergonomická dispozice tepelného čerpadla

Obr. 3.14 Relace s proporcí lidské postavy



3.5 Tvarové a kompoziční řešení

3.5.1 Tvarové řešení modulů



Obr. 3.15 Tvarové řešení modulů

Hlavním motivem celkového tvarového řešení sestavy je průběžná „vlna“ procházející přes moduly. Je to nejvýraznější tvarový prvek, který je promítnut i do tvarování regulátoru.

Jednotlivé moduly objemově vychází z kvádrů, což je dáno jejich vnitřním uspořádáním. Čelní plocha je vyklenutá dopředu, na spodní a horní se staně modulu se promítá průběžná vlna. Na horní hraně je znatelné jen velmi jemné zvlnění, na spodní už výraznější. Obě plochy nejsou tvarované nahodile - výsledný tvar je kombinací funkčních, technologických a estetických požadavků.

Tvarování vzduchových otvorů má dodat celkovému charakteru dynamiku a naznačit pohyb, který se pod krytem odehrává.

Bylo snahou zdůraznit podstatné elementy funkčního designu pomocí výtvarných prostředků a dodat jim emoční náboj. Tento přístup by se dal přirovnat k tzv. esencialismu. Plastové kryty mají organický tvar, jsou ve stejné barvě a jakoby obalují vnitřní technickou část. Ta je vymezena zaprvé barevně, zadruhé také tvarově (rovinné plochy).

Obr. 3.16 Tvarové řešení a kompozice sestavy



3.5.2 Kompozice sestavy

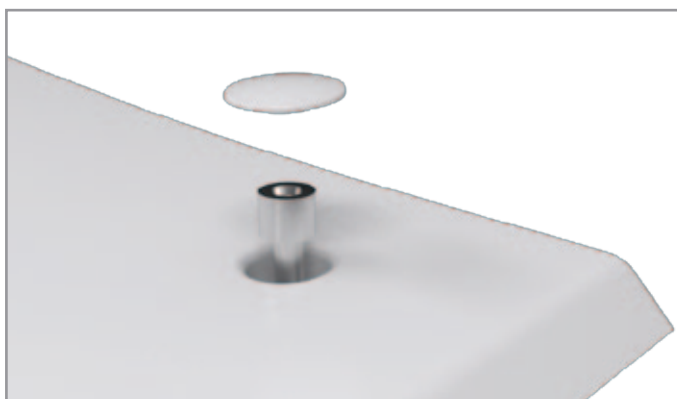
Při řazení modulů bylo z estetického hlediska hlavním cílem dosáhnout plynulé návaznosti mezi moduly. Nejvíce této návaznosti napomáhají přechody ploch ve spodní části. V horní části je naopak dominantním kompozičně propojujícím prvkem zasunutí krytů do sebe.

3.6 Provozně technologické řešení

3.6.1 Demontáž krytů

Všechny kryty jsou uchyceny na nosný rám tak, aby byly snadno a rychle demontovatelné. To přinese efektivnější montáž při výrobě a také pohodovější a pohodlnější údržbu či servis. Hlavní kryt je přišroubován čtyřmi šrouby, horní dva z nich jsou kvůli ochraně před vodou zaslepeny záslepkami (obr. 3.17).

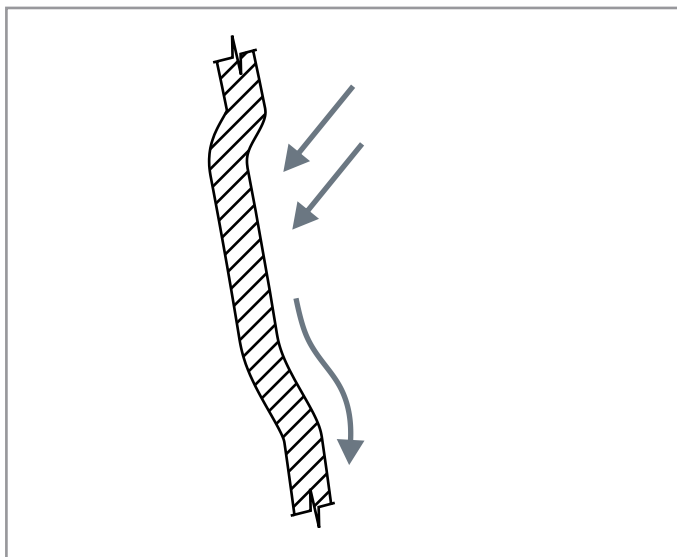
Spodní krytka překrývající napojení modulů je na nosný rám nasazena přes pružné klipy, které jsou integrovány ve tvaru skořepiny. Toto řešení je výrobně jednoduché a výhodné i funkčně, jelikož krytka je rychle demontovatelná, a nároky na pevnost uchycení nejsou tak vysoké jako u velkého krytu.



Obr. 3.17 Detail řešení zakrytí horních šroubů držících hlavní kryt

3.6.2 Ochrana proti nečistotám

Tvarování prolisů na modulech B a C bylo optimalizováno tak, aby se na spodní plošce prolisu usazovalo co nejméně nečistot. Proto je tato ploška, která je nejvíce exponovaná z hlediska usazování nečistot, nakloněná (obr. 3.18).



Obr. 3.18 Řez horní částí hlavního krytu - pozvolný přechod u spodní plochy zabraňuje nadměrnému usazování nečistot

3.7 Barevné a grafické řešení

3.7.1 Barevné řešení TČ

Technologie výroby plastových krytů (plastový granulát + pigment) umožňuje dosáhnout téměř jakékoliv barvy. Stejně je tomu v případě povrchové úpravy plechových dílů, které jsou opatřeny práškovým lakem.

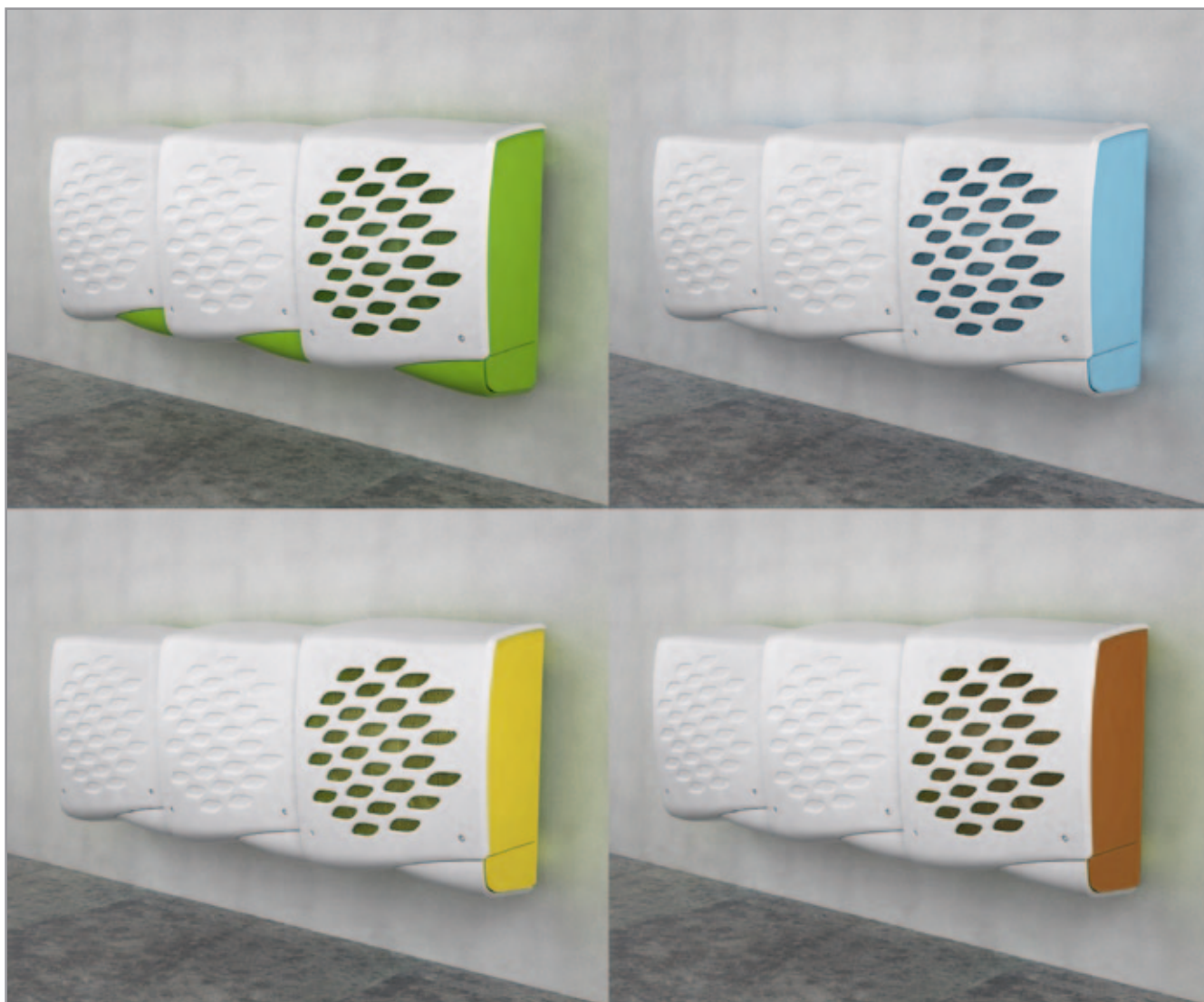
Z vizuálního hlediska byl zvolen koncept zachovávající převážnou část plochy krytů v neutrální barvě. Za tuto barvu byla zvolena bílá, v lesklé úpravě, s velmi jemnou zrninou strukturou. Jako doplňková barva byla zvolena trávově zeleno-žlutá.

V případě, že by se výrobce rozhodl nabízet pouze jednu barevnou kombinaci, spíše by se asi uplatnila zcela neutrální kombinace bílá + šedá, nebo případně bílá + stříbrná (obr. 3.19). Kdyby strategie umožňovala využití více různých barev, byla by nabízena širší škála (obr. 3.20), která by mohla být také doplněna o barvy na přání zákazníka.



Obr 3.19 Neutrální barevné provedení

Obr. 3.20 Alternativní barevná řešení



3.7.2 Barevné a grafické řešení regulátoru

Užití barev na regulátoru vychází z barevnosti tepelného čerpadla. Užití primární barvy (zelená) je redukováno pouze na nejdůležitější tlačítko a linky zvýrazňující hranu bočních tlačítek. Ostatní části jsou v neutrálním černobílém provedení, které odpovídá oblasti určení přístroje. Užití černé barvy ve vysokém lesku dodává přístroji interiérový charakter.

Displej je pouze dvoubarevný, z čehož vychází grafické řešení. Koncept řešení menu nabídek naznačuje referenční obrazovka na obr. 3.21 Nejdůležitější sdělovaná informace je zdůrazněna velikostí a umístěním ve středu displeje.

3.7.3 Značka a jméno produktu

Navržený logotyp slouží k prezentaci produktu, na samotném výrobku však není uplatněn. Tvarově logotyp vychází z konceptu modulového řazení, ze stylizovaného čelního pohledu. Zasunutí modulů do sebe je ztvárněno překrýváním poloprůsvitných ploch. Ztmavené plošky vzniklé překrytím pak celkově rytmitizují logo.

„Claim” loga zní „set up the greener heating.” Volně se dá chápat jako výzva potenciálním zákazníkům jako „Založte (postavte si) zelenější vytápění.” Význam sloganu je víceúrovňový. V prvé řadě se slovo „greener” dá chápat v souvislosti s barevností loga (prvoplánová přímočarost) a s překrýváním zelených polí, kdy jsou zelenější a zelenější. Toto má ovšem i druhou rovinu - ekologický („zelený”) podtext.



Obr. 3.21 Barevné a grafické řešení regulátoru



Obr. 3.22 Logotyp produktu s doplňujícím sloganem

Rozbor navrženého řešení

4 Rozbor navrženého řešení

V oddílu 4 bude analyzován přínos navrženého řešení z hlediska různých kritérií.

4.1 Technické aspekty

Technické řešení je postaveno na invenčním modulovém principu, který zatím v praxi nebyl uplatněn. To přes všechny potenciální výhody nese i jistá rizika. Snažil jsem se technické řešení nepodcenit a problematiku tepelných čerpadel pochopit více do hloubky. Konstrukční řešení pak vychází z konvenčních technologií a nejsou zde tedy žádné podstatné překážky bránící případné realizaci návrhu z technického hlediska.

4.2 Ergonomické aspekty

Charakter zadání diplomové práce není přímo nakloněn hlubšímu řešení ergonomické stránky designu. To vyplývá z povahy zařízení, u kterého je vazba člověk - stoj poměrně slabá. Ohniskem ergonomického řešení byla koncepce interiérového regulátoru a jeho ovládacího panelu. Ačkoliv výsledný design může na první pohled působit docela standardně, v dané oblasti se jedná jistě o inovativní design, především pak z hlediska tvarové a funkční kultivovanosti. Z hlediska ergonomie byl kladen důraz na dobrou čitelnost, pohodlné a rychlé ovládání a jasné vztahy mezi ovladači a sdělovačem (displej).

4.3 Estetické aspekty

Mezi hlavní cíle designu z estetického hlediska patřilo odproštění se od technického, průmyslového vzhledu těchto zařízení a přiblížení jejich charakteru více člověku. Hlavním výrazovým prvkem se stala průběžná vlna na spodní straně modulů, která uceluje celou sestavu. Také samotný koncept zavěšení na stěnu odlišuje charakter zařízení od klasických konceptů, který mají často spíše „díleňský“ charakter.

4.4 Ekonomické aspekty

Vnější konstrukce je celkově o něco složitější než u konvenčních řešení. Tato složitost zvýší výrobní náklady. Ovšem vyšší výdaje jsou objektivně vyváženy (nebo snad i převáženy) výhodami:

1) zjednodušení výroby z hlediska celé produktové řady - koncept modulů je složitější, ale řeší větší oblast produktů, nelze ho poměřovat jen s jedním modelem (zastupuje minimálně 2-4 výkonové modely)

2) poměrně velké výrobní série plastových krytů (cenou bude toto krytování zcela jistě konkurovat celokovovému provedení)

Z důvodů velké odlišnosti koncepce od současných řešení není stanovení konečné prodejní ceny zcela triviální. Dá se ovšem předpokládat, že cena u tří modulového (A+B+C) a především u výkonnějšího čtyřmodulového (A+A+B+C) sestavení by měla konkurovat srovnatelně výkonným výrobkům konvenční konstrukce. U více než 4 modelového provedení by cena patrně nebyla výhodná, u více než 6 modulového provedení by pravděpodobně nebyla konkurenceschopná z důvodu složitosti konstrukce (velké množství dílů, náročnější montáž atd.).

4.5 Sociální a psychologická funkce

Tepelné čerpadlo představuje progresivní a ekologicky šetrnější způsob vytápění budov. Charakter navrženého řešení má působit atraktivně a podpořit tím pádem u potenciálních zákazníků rozhodnutí zvolit tento způsob vytápění.

Z psychologického hlediska byl kladen důraz na zasazení do okolí domu tak, aby tepelné čerpadlo svým tvarem a barvami bylo v souladu s okolím a přitom působilo zajímavě a svébytně. Svým ztvárněním se tepelné čerpadlo Modulo posouvá blíže člověku.

Závěr

5 Závěr

Výsledné řešení designu tepelného čerpadla Modulo se opírá o rešeršní studii v oblasti vývojové, technické a designérské. Z vymezených designérských problémů vzešlo několik odlišných funkčních konceptů řešení. Pár z nich bylo rozpracováno do třech variantních konceptů, z nichž jeden byl dotažen do podoby finálního řešení.

Návrh jsem se snažil od začátku stavět na technologiích běžně používaných a dostupných. Přitom ale mým cílem bylo přijít s originálním a inovativním technickým řešením. Návrh nemá ambice být vizí do budoucna, spíše se snaží nabídnout řešení pro současnost s využitím moderních a progresivních trendů v oboru.

Mým prvním stěžejním cílem byl navrhnout flexibilní a univerzální řešení. Toto řeší snad poměrně efektivně navržený modulární systém.

Druhým cílem byla jasná čitelnost vizuálního charakteru navrženého designu. To v sobě zahrnovalo jednak potlačení čistě technického vzhledu (běžného u současné produkce), návrh dynamického avšak decentního tvarosloví, které by vycházelo z funkčních aspektů zařízení a odpovídalo jeho charakteru. Velkou pozornost jsem tedy věnoval formálnímu ztvárnění ventilačních otvorů a tvarování hlavních krytů.

Navrhování designu tepelného čerpadla se může zdát poměrně nudnou záležitostí, ale v rámci diplomového projektu to byla pro mě dobrá výzva a snažil jsem se z tohoto ne příliš atraktivního zadání vytěžit maximum.

Seznam zdrojů

6 Seznam zdrojů

6.1 Použitá literatura - tištěná média

- [1] ŽERAVÍK, A. Stavíme tepelné čerpadlo - návratnost i za jeden rok, 2003, vlastní náklad autora
- [2] TRUXA, K., SRDEČNÝ, J. Tepelná čerpadla, 2. vydání, 2007, ERA, Brno, ISBN 978-80-7366-089-5
- [3] ASHBY, M., JOHNSON, K. Material and Design - The Art and Science of Material Selection in Product Design, 1. vydání, 2002, Elsevier, Oxford (UK), ISBN-13 978-0-7506-5554-5
- [4] LIDWELL, W., HOLDEN, K., BULTER, J. Universal Principles of Design - 100 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach through Design, 2003, Rockport Publishers Inc., Gloucester (USA), ISBN 1-59253-007-9
- [5] RUBÍNOVÁ, D., Ergonomie, 1. vydání, 2006, CERM, Brno, ISBN 80-214-3313-2

6.2 Použitá literatura - elektronická média

- [6] I-Ekis - Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla
<URL: <http://www.i-ekis.cz/?page=prostredi>>, [cit. 2008-10-01]
- [7] SVOBODA, J. Tepelná čerpadla a možnosti jejich praktického využití
<URL: <http://www.estav.cz/zpravy/tepcer.html>>, [cit. 2008-10-01]
- [8] PZP Komplet a.s., <URL: <http://www.pzp.cz>>, [cit. 2008-10-01]
- [9] AEG tepelná čerpadla, <URL: <http://www.aeg-tepelnacerpadla.cz/>>, [cit. 2008-10-21]
- [10] Technické zabezpečení budov, <URL: <http://www.tzb-info.cz>>, [cit. 2008-10-14]
- [11] Roth, D. Přednáška tepelná čerpadla
<URL: <http://web.fel.zcu.cz/fel/kee/et/www/predtepcerp.pdf>>, [cit. 2008-10-21]
- [12] Informace Českého svazu stavebních inženýrů, číslo 1/2003, ISSN 1213-4112
<URL: <http://fast10.vsb.cz/cssi/files/2003-1/uvod.doc>>, [cit. 2008-10-21]
- [13] ZOGG, M. History of Heat Pumps
<URL: <http://www.zogg-engineering.ch/publi/HistoryHP.pdf>>, [cit. 2008-10-21]
- [14] TVARŮŽEK, M. Portfolio
<URL: <http://www.tvaruzekdesign.com/download/portfolio.pdf>>, [cit. 2008-10-21]
- [15] PZP Komplet a.s., Technické informace k výrobkům (CD zaslané poštou),
verze: aktualizace 04/2008

6.3 Zdroje obrázků

- 1.1 [2]
- 1.2 ilustrace autor, podle: <URL: <http://web.fel.zcu.cz/fel/kee/et/www/predtepcerp.pdf>>, [cit. 2008-11-20]
- 1.3 VALEŠOVÁ, J. Tepelné čerpadlo pro vytápění rodinného domu, bakalářská práce, 2007, Brno, FSI VUT
- 1.4 <URL:<http://www.dimplex.cz/tepelna-cerpadla/Zdroj-tepla-vzduch/>>, [cit. 2008-10-21]
- 1.5 [15]
- 1.6 [15]
- 1.7 <URL: http://www.stavebnictvi3000.cz/obr/clanky2/2008_11_regulus_3.jpg>, [27.2.2009]
- 1.8 <URL: <http://www.kovostanek.cz/obrazky/ohranovakdetail-df4528.jpg>>, [10.4.2009]
- 1.9 <URL: <http://www.fixopanglobal.com/images/pico2.gif>>, [27.2.2009]
- 1.10 <URL: http://www.titaniumpro.cz/cms/modules/fotogalerie/fotogalerie.php?id_product=16&id=13129>, [20.3.2009]
- 1.11 [15]
- 1.12 [15]
- 1.13 TC Mach <URL: www.tepelna-cerpadla-mach.cz>, [cit. 2008-10-01]
- 1.14 TC Mach <URL: www.tepelna-cerpadla-mach.cz>, [cit. 2008-10-01]
- 2.11 koláž autor, zdroje:
 - <URL: <http://www.flickr.com/>>, [15.4.2009]
 - <URL: <http://images.google.com/>>, [15.4.2009]

ostatní obrázky v kapitole 2 a 3: autor

Přílohy

7 Přílohy

Sedmý oddíl obsahuje náhledy prezentačních plakátů (které jsou v originální velikosti A1 součástí práce), textové přílohy rozšiřující a doplňující textovou část vlastní diplomové práce a dále odkazuje na fyzický model návrhu a přiloženou licenční smlouvu.

Seznam příloh

- 7.1 Sumarizační plakát - náhled A4
- 7.2 Designérský plakát - náhled A4
- 7.3 Technický plakát - náhled A4
- 7.4 Ergonomický plakát - náhled A4
- 7.5 Textové přílohy
- 7.6 Model 1:3
- 7.7 Dokumentační CD
- 7.8 Licenční smlouva (volně vložena)

7.1 Sumarizační plakát



MODULO
set up the greener heating!

příloha 7.1

Sumarizační plakát



detail, pohled



vnitřní uspořádání

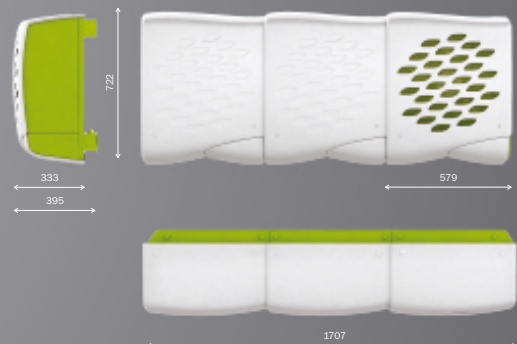
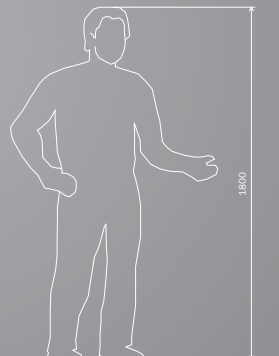
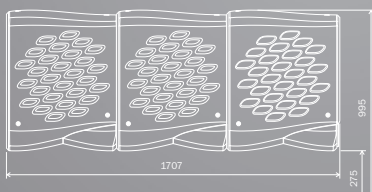
interiérový regulátor



Projekt řeší design tepelného čerpadla typu vzduch-voda pro vytápění budov. Ústřední ideou tepelného čerpadla MODULO je inovativní technický koncept modulového systému, který umožňuje složit sestavu z 3 typů modulů o stejném vnějším tvaru, ale jiným vnitřním uspořádáním. Složením 3 a více modulů lze sestavit různé výkonné systémy schopné pokrýt nároky na vytápění především domů a menších obytných jednotek.

základní pohledy a rozměry

ergonomie



autor Bc. Martin Nečas

název diplomové práce Design tepelného čerpadla

vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, PhD.

obor Průmyslový design ve strojírenství

ústav Ústav konstruování

škola Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

uk ústav
konstruování

7.2 Designéřský plakát

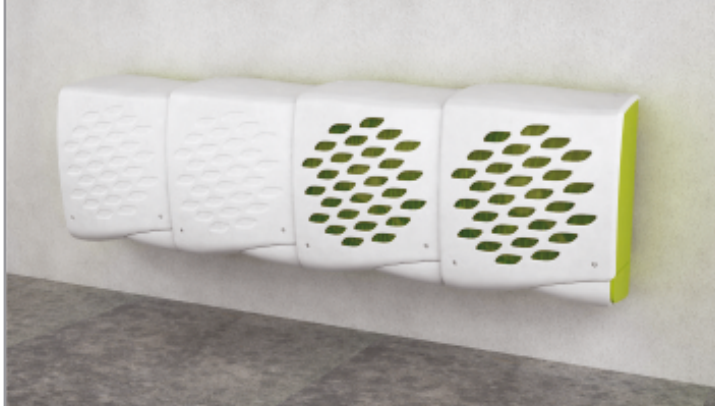


příloha 7.2

Designérský plakát

MODULO
set up the greener heating!

4-modulová konfigurace



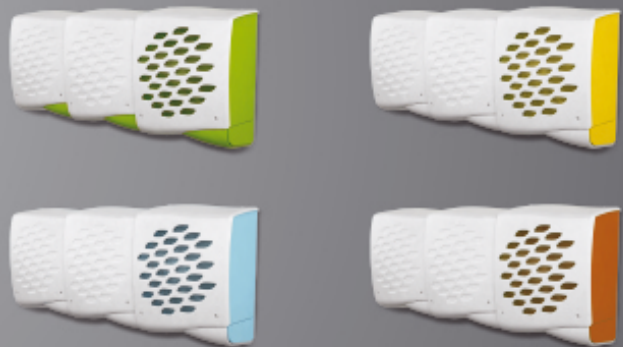
detail překrytí napojení modulů



regulátor



barevné alternativy

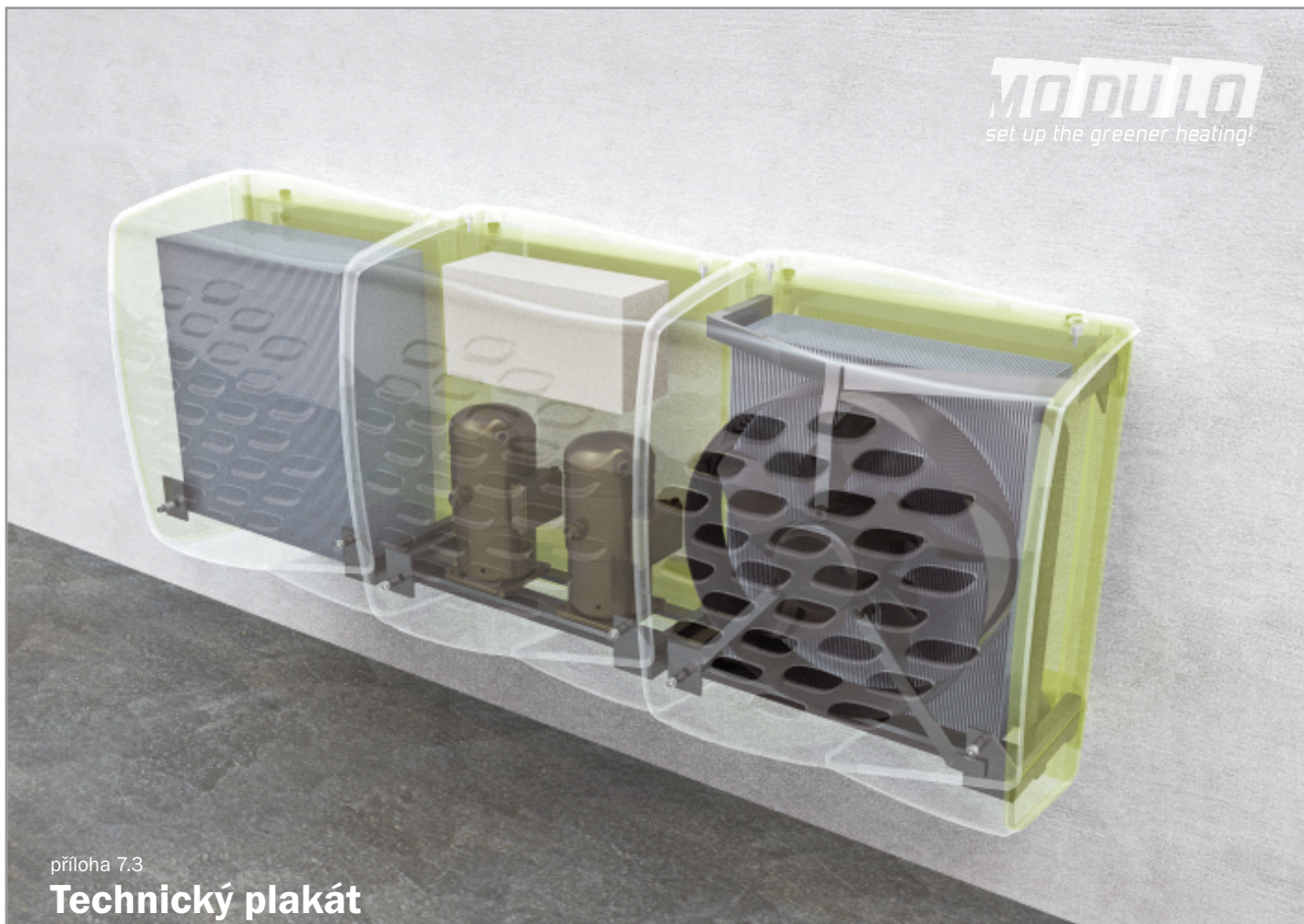


autor Bc. Martin Nečas
název diplomové práce Design tepelného čerpadla
vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, PhD.

obor Průmyslový design ve strojírenství
ústav Ústav konstruování
škola Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně



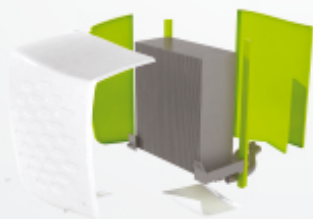
7.3 Technický plakát



příloha 7.3

Technický plakát

modul C



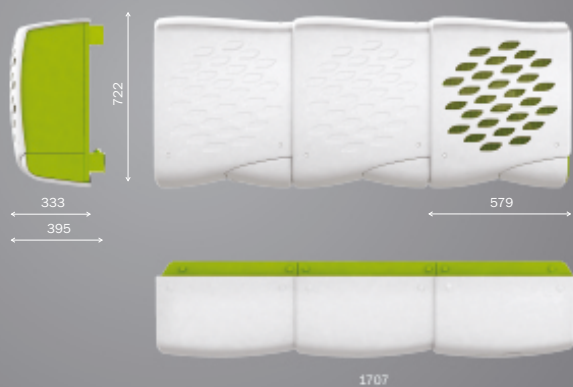
modul B



modul A



základní pohledy a rozměry



montáž na stěnu



autor Bc. Martin Nečas

název diplomové práce Design tepelného čerpadla

vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, PhD.

obor Průmyslový design ve strojírenství

ústav Ústav konstruování

škola Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

7.4 Ergonomický plakát



příloha 7.4

Ergonomický plakát

regulátor



ovladače a sdělovače

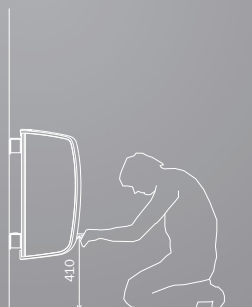
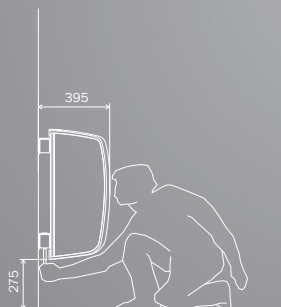


čelní pohled
měřítko 1:1

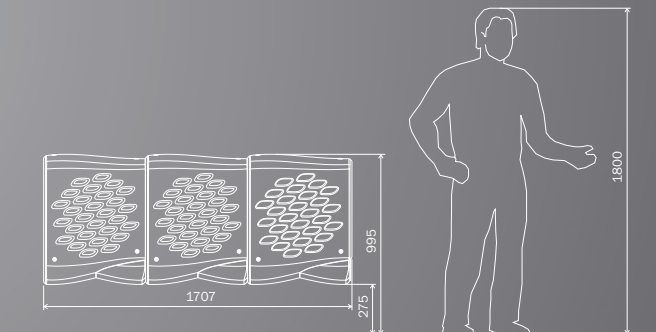
působení tvaru a barev



montáž a servis



situace, stojící postava



autor Bc. Martin Nečas

název diplomové práce Design tepelného čerpadla

vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, PhD.

obor Průmyslový design ve strojírenství

ústav Ústav konstruování

škola Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

7.5 Textové přílohy

7.5.1 Ergonomické požadavky při návrhu ovladačů a sdělovačů

Ovladače

Podle [5] by mělo být při návrhu ovladačů dbáno především na:

- fyziologicky vhodný tvar ovladačů a jejich hmatníků
- přehledné a snadno dostupné umístění
- důležitost jednotlivých ovladačů a přizpůsobit tomu jejich velikost, tvar, umístění apod.
- snadnost ovládání z hlediska fyzické zátěže
- zabezpečení proti samovolnému vychýlení a zapnutí
- pohybový soulad mezi ovladačem a ovládanou strojní součástí
- jasnou rozlišitelnost (tvarem, velikostí, barvou apod.)

Sdělovače

Podle [5] by mělo být při návrhu sdělovačů dbáno na tyto zásady:

- informace musí být předloženy srozumitelně
- počet a charakter sdělovaných informací nesmí přesahovat schopnosti vnímání jednoho smyslového orgánu
- sdělovače musí být co nejjednodušší

Řešení soustavy ovladač (O) - sdělovač (S):

- umístit důležité O a S uprostřed nebo v horní části panelu
- seskupovat příbuzné O a S
- respektovat vazby mezi O a S
- respektovat frekvenci užití
- názornost
- estetická stránka.

