

Fakulta strojního inženýrství
Ústav konstruování / Odbor průmyslový design

Faculty of Mechanical Engineering
Institute of Machine and Industrial Design / Department of Industrial Design

Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin

[Diplomová práce]
[Master's Thesis]

Autor práce: **Bc. Tomáš Novotný**
Author

Vedoucí práce: **doc. Ing. arch. Jan Rajlich**
Supervisor



ABSTRAKT

Výzkum v oblasti hydroponického pěstování rostlin druhé poloviny 20. století a 21. století popsal vztahy mezi jednotlivými složkami těchto systémů a poskytl pevný základ pro návrh a provozování komplexních a spolehlivých systémů hydroponického pěstování rostlin. Tyto systémy jsou nejčastěji konstruovány pro masovou zemědělskou produkci, nebo pro využití na zahradě, či ve skleníku, rukami jednotlivce. Průnik designu do této kategorie zařízení je velmi omezený.

Úlohou této práce je představit hydroponii jako komplexní systém navzájem provázaných parametrů, a proniknout do problematiky hydroponických systémů z pohledu designu. Cílem práce je navrhnout takové řešení, které v sobě skloubí všechny prvky tvořící systém hydroponického pěstování rostlin a design samotný. Toto řešení má respektovat nejen požadavky na poskytnutí vhodného prostředí pro produkci rostlin, ale i požadavky energetické účinnosti, ergonomie a designu.

KLÍČOVÁ SLOVA

hydroponie, design, automatizace

ABSTRACT

Research in the field of hydroponics from the second half of 20th century and 21st century described how the components of hydroponic systems are related to each other and established a basis for construction and operation of complex and reliable systems of hydroponic agriculture. These systems are predominantly constructed as means for mass production in agriculture or are built by individuals to be used in their garden or greenhouse. The role of design in production of these devices is rather limited.

The goal of this work is to introduce hydroponics as a complex system of many interconnected parameters and to assess hydroponic systems from the perspective of design. The objective is to design such a solution that would incorporate all the elements that make up a hydroponic system and design itself. This design ought to respect not only the need to provide a suitable environment for plant growth but also the need of efficiency, ergonomics and design.

KEYWORDS

hydroponics, design, automatization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOMÁŠ, N. *Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 104 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing.arch. Jan Rajlich.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že tato diplomová práce na téma design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin, byla zpracována mnou, a to za použití zdrojů v této práci uvedených.

bc. Tomáš Novotný

V Brně dne 17. května 2013

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing.arch. Janu Rajlichovi nejen za cenné rady, ale i podporu v rozhodnutích ovlivňujících směr práce.

OBSAH

OBSAH	11
1 ÚVOD	15
1.1 Proč toto téma	15
1.2 Hydroponie	15
1.3 Cíle práce	15
2 VÝVOJOVÁ ANALÝZA	17
2.1 Objevy 18. a 19. století	17
2.2 První polovina 20. století a vznik hydroponie	17
2.3 Plastová revoluce	19
2.4 Současný stav hydroponie a budoucnost	19
3 TECHNICKÁ ANALÝZA	21
3.1 Typy hydroponických systémů	21
3.2 Technologie zavlažování	21
3.3 Ukotvení rostlin	22
3.4 Rozvody vody a systémy její úpravy	22
3.5 Umělé osvětlení	24
3.6 Vzduchotechnika	26
3.7 Automatizace systému	27
4 DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA	28
4.1 General Hydroponics	28
4.2 American Hydroponics	29
4.3 Qualiplast	30
4.4 B-Pod	31
4.5 Spinner Hydroponics	32
4.6 AeroGrow	32
4.7 SuperCloset	34
4.8 UrbanCultivator	35
4.9 Koncepty	36
5 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	39
5.1 Přístup k návrhu designu	39
5.2 Varianta A	40
5.3 Varianta B	44
5.4 Varianta C	49
6 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	54
7 TVAROVÉ ŘEŠENÍ	55
7.1 Proporce	55
7.2 Tvar	56
7.3 Detaily	59
8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ	61
7.1 Rozsah funkcí systému	61
7.2 Jednotlivé funkce systému a zařízení je zajišťující	62
7.3 Automatizace systému	70
7.4 Spotřeba systému	71
7.5 Konstrukce a materiály	73

9 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	74
9.1 Manipulace se systémem a možnosti jeho modifikace	74
9.2 Displej	77
9.3 Dvířka	78
9.4 Přístup k zařízením v systému	80
10 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	83
10.1 Barevné řešení	83
10.2 Grafické řešení	85
11 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU	87
11.1 Psychologická funkce	87
11.2 Ekonomická funkce	88
11.3 Sociální funkce	88
ZÁVĚR	89
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	93
SEZNAM OBRÁZKŮ	95
SEZNAM PŘÍLOH	99
SUMARIZAČNÍ POSTER	100
DESIGNÉRSKÝ POSTER	101
ERGONOMICKÝ POSTER	102
TECHNICKÝ POSTER	103

1 ÚVOD

1

1.1 Proč toto téma

1.1

Nejsem člověk, který je motivován prožitkem a který se pouští do různých aktivit jen proto, že si jich užívá. Pokud něco dělám, pak je mi to většinou prostředkem k dosažení nějakého konkrétního cíle. Tato moje vlastnost měla i zásadní vliv na výběr tématu této práce.

System hydroponického pěstování rostlin není statkem, jehož pouhé vlastnictví a provozování přináší potěšení, ale je svému majiteli prostředkem k zajištění jeho potřeb či cílů.

1.2 Hydroponie

1.2

Hydroponií se rozumí pěstování rostlin v živném roztoku, mimo půdu. Pokud jsou rostliny pěstovány v substrátu, pak v takovém, který je inertní (nedochází z něj k uvolňování žádných látek do roztoku). Koncentrace látek obsažených v roztoku je tedy kontrolována člověkem, a je tedy eliminována závislost na vlastnostech půdy. Možnost zcela kontrolovat vlastnosti prostředí, ve kterém jsou rostliny pěstovány, umožňuje maximalizovat jejich produkci.

System hydroponického pěstování rostlin je prostředkem vhodným pro produkci ovoce, zeleniny, bylinek, ale i okrasných květin. Je to system, který může částečně, či zcela, osvobodit domácnost od závislosti na zemědělské produkci státu. System, který pěstíteli umožňuje být nezávislý na ročních obdobích, na podnebních podmínkách, na kvalitě půdy v místě provozování... Hydroponie je způsob pěstování plodin, který může pomoci řešit problémy s dostupností vody na Zemi. Je snad i odpovědí na neustálé zmenšování plochy půdy vhodné pro zemědělskou produkci, na rapidně rostoucí populaci naší planety a neustále se zvyšující nároky na objem produkce zemědělství. Hydroponie je díky možnosti úplné kontroly nad prostředím výbornou platformou pro experimenty a vývoj. Díky hydroponickým systémům se můžeme vydat i na dlouhé cesty k dalším planetám naší Sluneční soustavy.

1.3 Cíle práce

1.3

Ačkoliv je hydroponie rozšířeným způsobem pěstování rostlin a snad každý z nás, komu ovoce či zelenina nejsou cizí, si již pochutnal na hydroponicky pěstované plodině, málokdo ví, co to hydroponie je, a jak hydroponické systémy pěstování rostlin vypadají a fungují.

Prvním cílem této práce je představit hydroponii jako způsob pěstování rostlin a popsat z jakých prvků se skládají systémy využívající této metody. Pouhý popis může být dostatečný pro vytvoření představy o problematice, ale aby bylo možné navrhnout hydroponický systém, či zhodnotit jeho funkčnost, je nutné porozumět procesům probíhajícím v těchto systémech a spojitostem mezi nimi.

Toto porozumění umožňuje realizovat další cíl této práce - návrh designu systému hydroponického pěstování rostlin pro využití v interiéru domácnosti, který bude nejen obsahovat všechny prvky potřebné pro provoz, ale zároveň zajistí, aby vazby mezi nimi odpovídaly vazbám mezi procesy, které tyto prvky řídí.

Aby bylo možné dosáhnout tohoto propojení, bude nutné neustále kontrolovat parametry systému (pH živného roztoku, jeho teplotu a elektrickou vodivost; teplotu vzduchu v systému a další) a integrovat do něj prvky aktivně korigující procesy mající vliv na tyto parametry.

Vzhledem ke komplexnosti celého systému a potřeby zajistit snadné ovládání uživatelem, je mým cílem automatizovat provoz systému a to při zachování vysoké energetické účinnosti a šetrnému využití vody a nutrientů systémem. Vysoký stupeň automatizace však znamená vysokou závislost na neustálé dodávce elektrické energie, jejíž přerušení by mohlo mít katastrofální dopad na pěstované rostliny. Součástí návrhu tedy bude i řešení tohoto problému.

2 VÝVOJOVÁ ANALÝZA

Hydroponie je poměrně mladá technika pěstování rostlin, která vznikla ke konci první poloviny 20. století, a to především díky objevům 18. a 19. století. Byly to až okolnosti 2. světové války, které daly impuls tyto znalosti spojit v jednom systému pěstování rostlin, a vize letů na další planety, která tyto systémy dovedla do stavu plné funkčnosti. Lze očekávat, že to budou problémy s nedostatkem čisté vody a úrodné půdy a stále rychleji rostoucí populace země, které budou hnacím motorem pokroku v hydroponii v budoucnosti.

2.1 Objevy 18. a 19. století

Již starověcí myslitelé si pokládali otázku „Jak rostliny rostou?“. Jejich závěrem bylo, že přijímají živiny z půdy. V 16. století, díky svému pokusu s vrbou, dokázal van Helmont, že rostliny získávají veškeré živiny z vody. Na vodu samotnou se na konci 16. století zaměřil John Woodward a zjistil, že jím pěstovaná máta rostla rychleji ve vodě více znečištěné. [1]

Na přelomu 18. a 19. století zjistil DeSaussure, že rostliny spotřebovávají CO_2 ze vzduchu a vylučují O_2 , když jsou vystaveny světlu. Objevil proces, který dnes nazýváme fotosyntéza. [1]

V polovině 19. století zkoumal Jean-Baptiste Boussingault, francouzský vědec, růst rostlin a jejich složení v závislosti na typu půdy, ve které rostly. Tento experiment vedl k řadě pokusů demonstrujících možnosti úpravy půdy přidáním humusu či jiných chemikálií, a jejich vliv na růst rostlin. [1]

Další snaha se obrátila na identifikaci látek v půdě, nebo látek do ní přidávaných, které optimalizují růst rostlin v požadovaném směru. Testy Lawese a Gilberta v Anglii vedly ke konceptu, podle něhož i látky mimo těch v půdě obsažených mohou ovlivnit růst rostlin. Byly definovány prvky nezbytné pro rostlinný život, a z nich Knopem navržený živný roztok, z poloviny 19. století, lze s úspěchem používat i dnes. Bylo prokázáno, že rostliny získávají C, H a O, prvky nezbytné pro syntézu karbohydrátů, fotosyntézou z CO_2 a H_2O . Role kořenů při absorpci prvků procesem výměny iontů byla potvrzena také na konci 19. století. Většina těchto objevů byla učiněna za využití hydroponie. [1]

2.2 První polovina 20. století a vznik hydroponie

Na počátku 20. století existovaly základy pro provoz prvních hydroponických systémů. Rostliny bylo možné zavlažovat mechanicky a automaticky, bylo je možné pěstovat ve sklenících vytvářejících vhodné podmínky pro růst, a to i za využití umělého osvětlení. Růst rostlin a role elementů při růstu byly popsány a první formule živných roztoků byly úspěšně odzkoušeny.

Až do roku 1936 bylo pěstování rostlin v živném roztoku praktikou omezenou využitím pouze do laboratoří, kde tyto systémy sloužily ke studiu růstu rostlin a vývoje kořenových systémů. Frederick Gericke, z university v Berkeley, prosazoval od konce 20. let pěstování rostlin v živném roztoku, svoji metodu nazýval aquaponickou. Ačkoliv byl jeho systém vskutku působivý, nebyl zcela vhodný pro komerční využití, či pro využití neznalými. Byl to systém velmi citlivý a vyžadoval neustálou technickou

kontrolu. Gerickův systém se skládal z řady kanálů či nádob přes které bylo nataženo jemné pletivo. Toto pletivo bylo pokryto vrstvou slámy, nebo jiného média, která sloužila, společně s pletivem, k ukotvení kořenového systému pěstovaných rostlin. Inspirováni úspěchy Gericka, se o jeho metodu začali zajímat komerční pěstitelé a výzkumníci z dalších univerzit. Pokoušeli se zjednodušit a zefektivnit Gerickovu metodu. Zanedlouho vyrostlo po celém světě mnoho, často velmi rozlehlých, hydroponický farem. [2]

Gerickův způsob hydroponie se prokázal být úspěšným na počátku 40. let, kdy díky němu byli vojáci nasazení na neobhospodařovatelných ostrovech v Tichém oceánu zásobováni plodinami. Triumfem pak bylo rozhodnutí Pan American Airways o založení „hydroponika“ na pustém Wake Island uprostřed Tichého oceánu za účelem produkce čerstvé zeleniny pro pasažéry a posádky svých letů. [2]



Obr. 2-1 Hydroponicum na Wake Island

Na konci čtyřicátých let vyvinuli zaměstnanci Purdue University Robert B. a Alice P. Withrow praktičtější metodu hydroponie. Jako kořenicího média využili inertního štěrku. Střídáním zatopení a odvodnění štěrku v nádobě zajistili, aby kořeny rostlin dostávaly nejen maximální množství nutrientů, ale i kyslíku. Metoda se stala známou jako „hydroponická metoda štěrku“, a byla ve velkém nasazena americkou armádou na ostrovech v Atlantiku a britskou armádou v Iráku. [2]

Jeden z mnoha problémů, s nimiž se průkopníci hydroponie setkávali, byl způsoben betonem, ze kterého byly vyráběny kanály pro pěstování rostlin. Vápno a další prvky se z betonu rozpouštěly do živného roztoku, měnící jeho vlastnosti. Problém představovaly i kovové prvky používané v těchto systémech – pokovované či železné trubky. Nejenže při kontaktu s roztokem rychle korodovaly, ale zároveň do roztoku uvolňovaly škodlivé nebo toxické látky, které ničily úrodu. Přesto zájem o hydroponii nepoklesl – a to z několika prostých důvodů. Nebyla potřeba půda a bylo možné pěstovat mnohem více rostlin na menší ploše oproti pěstování na poli. Zadruhé, v případě správného

provozu a korektní výživy rostlin, bylo možné dosáhnout výborné produkce - rychlosti růstu, kvalitou produktu i jeho trvanlivostí překonávaly hydroponické systémy klasické polní hospodářství. [2]

2.3 Plastová revoluce

S vývojem plastů došlo k dalšímu kroku hydroponie kupředu. Unikání různých prvků do roztoku z betonu a dalších materiálů bylo s příchodem plastů eliminováno. Až na bronzové ventily byly všechny kovové a betonové prvky nahrazeny plasty. Spolu s využíváním inertních substrátů nadešel čas, kdy měl pěstitel stoprocentní kontrolu nad prostředím ve svém systému. [2]

Díky plastům již nebylo nutné stavět masivní konstrukce podpírající betonová koryta, neboť ta byla nahrazena plastovými. S příchodem vhodných pump, časovačů, plastového potrubí, elektromechanicky ovládaných ventilů a dalšího vybavení bylo možné provoz hydroponických systémů automatizovat a tím snížit provozní náklady. V cestě za „dokonalým“ systémem už zbývalo pouze vytvořit vyvážený živný roztok a dále rozvinout možnosti kontrolování a úpravy prostředí hydroponických systémů. K ohřívání klimatu systému byla zpočátku využívána pára, ale opravdový zlom přinesly až jednotky spalující propan, či butan. Vysokootáčkové ventilátory a elektrická topná tělesa umožnily přesnější a bezpečnější kontrolu teploty. [2]

V 70. letech přišel Allen Cooper se zcela novým a pro hydroponii klíčovým způsobem zavlažování – systémem NFT, který spočívá v neustálém průchodu roztoku systémem. Přes svoji kompletní závislost na dodávce elektrického proudu se tento systém stal brzy nejpoužívanějším. V sedmdesátých letech začaly být pro podporu růstu rostlin využívány silné HID lampy. [3]



Obr. 2-2 NASA Hydroponic display, EPCOT Center

Dalším krokem byl vývoj aeroponie – metody, kdy jsou kořeny rostlin zavěšeny v prostoru, který je díky rozprašovačům sycen mlhou. Tato metoda přinesla nejen snížení provozních nákladů, ale i zvýšení produkce. Vznikla v roce 1970 a jejím tvůrcem byl Franco Massantini. Na konci osmdesátých let tutu techniku vylepšil Hillel Soffer – jeho aero-hydroponie zachovává princip rozprašování nutrientu, ale zároveň ponechává na dně nádob pro pěstování i vrstvu roztoku. [3]

V devadesátých letech pokračoval vývoj systémů kontroly prostředí – úprava teploty a humidity vzduchu se stala snadnou záležitostí a přibyla možnost úpravy obsahu CO₂ ve vzduchu. [3]

2.4 Současný stav hydroponie a budoucnost

Snaha o zjednodušení a zefektivnění celého procesu hydroponického pěstování rostlin pokračuje. S tím, jak se hydroponické systémy stávají přístupnější širšímu okruhu uživatelů dochází k posunu vnímání těchto systémů. Již na ně není nahlíženo pouze jako na experimentální či průmyslová zařízení, ale stávají se reálným vybavením domácnosti. Lze očekávat, že se bude nadále zvyšovat míra automatizace těchto systémů, které budou schopny udržovat stále přesněji a účinněji vhodné prostředí pro rostliny.

3 TECHNICKÁ ANALÝZA

Základní funkcí hydroponických systémů je zavlažování rostlin. Existuje mnoho způsobů zavlažování, a každý z nich má své výhody a nevýhody. Sekundární funkcí hydroponických systémů je kontrola prostředí v systému. Je možné korigovat vlastnosti živného roztoku po stránce chemické (koncentrace rozpuštěných látek, pH) i fyzické (obsah O₂, teplota); je možné kontrolovat teplotu vzduchu v systému, koncentraci CO₂ a humiditu; a v pokročilých systémech se lze setkat i se zajištěním umělého osvětlení a řízením délky jeho svitu. Toto uzavřené prostředí podléhá neustálým změnám, které nejsou izolované, ale komplexně provázané. Změna jednoho z parametrů systému vede ke změně parametrů ostatních. Pro správnou funkci hydroponických systémů je nutné založit jejich návrh na komplexní znalosti problematiky růstu rostlin a to včetně vazeb mezi růstem rostlin a prostředím, v němž rostou.

3.1 Typy hydroponických systémů

Hydroponické systémy lze rozdělit do dvou velkých skupin podle toho, jakým způsobem je v nich nakládáno s roztokem.

3.1.1 Otevřené systémy

V otevřených systémech je pro každý cyklus zavlažování připravena nová várka živného roztoku. Výhodou tohoto typu je nenáročnost na technické vybavení, ale velikou nevýhodou je plýtvání vodou a nutrienty.

3.1.2 Uzavřené systémy

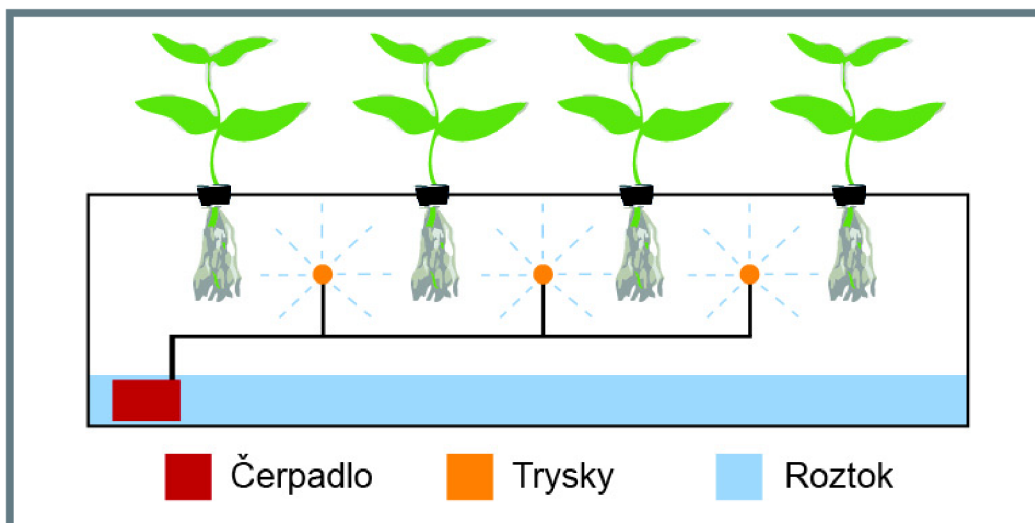
Vytyčené cíle této práce mohou splnit pouze systémy uzavřené, v nichž živný roztok cirkuluje a je recyklován. Nevýhodou těchto systémů je jejich technologická náročnost, zatímco výhodou je maximální využití nejen vody, ale i živin.

3.2 Technologie zavlažování

V praxi se používá řada technologií zavlažování. Kořeny rostlin jsou v nich v mnoha případech ponořeny v roztoku nepřetržitě (static culture, deep water culture, NFT), nebo periodicky (ebb and flow). V případě technologie wick system je roztok ke kořenům dopravován za využití kapilarity, a u drip systémů je roztok pozvolně odkapáván k bázi rostliny. Pravděpodobně nejúčinnější technologií zavlažování je aeroponie. [1]

3.2.1 Aeroponie

Kořeny rostlin pěstovaných aeroponicky volně visí ve vzduchu nasyceném vodní párou. Aeroponie nevyužívá žádných substrátů a je náchylná na přerušení zavlažování, neboť dochází k rychlému usychání kořenů. Největší výhodou aeroponie je maximální přísun kyslíku ke kořenům rostlin a schopnost udržet prostředí v oblasti kořenů stabilní a čisté. Další výhodou je účinné využívání vody a nutrientů. Nevýhodou aeroponických systémů je vyšší pořizovací cena a technologická složitost. [4]



Obr. 3-1 Schéma aeroponického systému

3.3 Ukotvení rostlin

Většina rostlin využívá k ukotvení své kořeny, kterými se fixují v půdě. Jelikož se v hydroponii rostliny v půdě nepěstují, je nutné je ukotvit jiným způsobem. Nejčastěji jsou rostliny ukotveny v inertním substrátu, popřípadě za využití různých mechanismů. [4]



Obr. 3-2 Neoprenová zátka pro ukotvení rostlin

3.4 Rozvody vody a systémy její úpravy

Dá se říci, že hydroponie je celá o vodě a o tom, jak s ní zacházet, jak ji upravovat, a jak ji dostat ke kořenům rostlin. Zajištění maximální kvality roztoku dodávaného rostlinám je složitý proces vyžadující implementaci mnoha zařízení. [5]

Tato kapitola popisuje hydroponické systémy uzavřené a využívající aeroponie, neboť navrhovaný systém bude odpovídat této specifikaci.

3.4.1 Sběrná nádrž

Množství vody cirkulující v hydroponickém systému by mělo být větší, než teoreticky postačuje pro projití jedním cyklem zavlažování. Důvodem je nejen odpařování vody ze systému, kolísání odběru vody rostlinami a problematičnost další práce s tak malým množstvím roztoku, ale především fakt, že čím větší je objem roztoku, tím jsou jeho parametry stabilnější. Základem každého hydroponického systému je tedy odstíněná nádrž (aby se v ní nemnožily řasy), obvykle z plastu, ze které je živný roztok dopravován k rostlinám. [5]

3.4.2 Rozvod vody

Ze sběrné nádrže je roztok čerpán ke kořenům rostlin uzavřených ve vodotěsné komoře. Rozprašovače v aeroponických systémech jsou náchylné k zanášení sedimenty a je nezbytné kontrolovat jejich funkčnost. Přebytečný roztok z komory je, většinou samospádem, odváděn zpět do sběrné nádrže. [5]

3.4.3 Doplnění živin a vody

V uzavřených systémech je roztok s živinami neustále recyklován a znovu upravován pro další zavlažování. Je tedy nutné doplňovat jak nutrienty, tak vodu. [5]

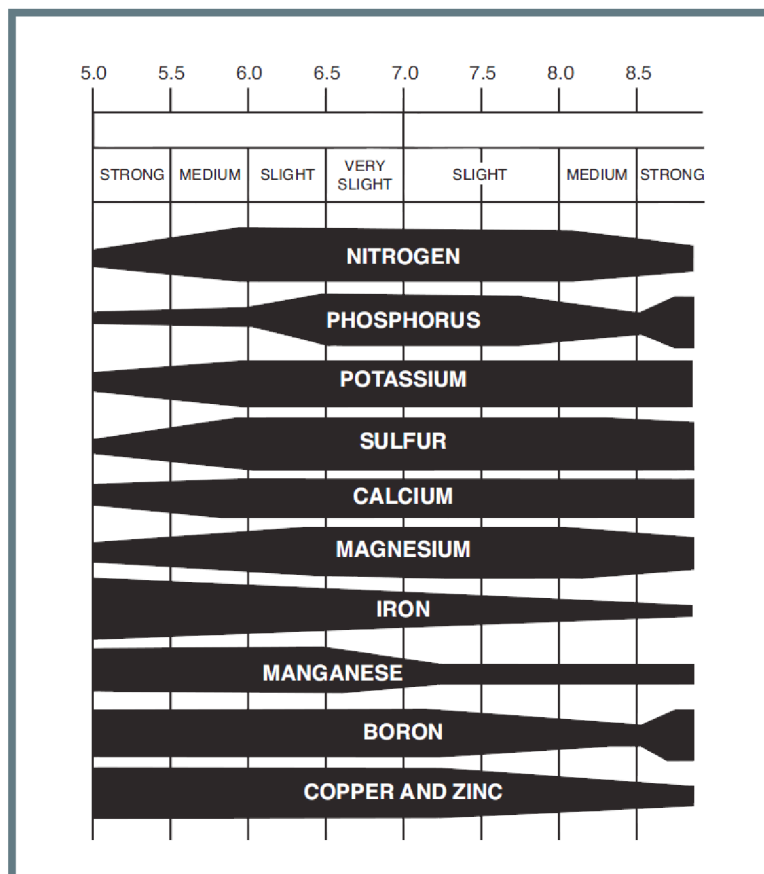
Měření koncentrací jednotlivých nutrientů v roztoku v reálném čase není v domácích systémech realizovatelné, a je tedy nutné při určování poměrů nutrientů vycházet z modelů založených na experimentálně získaných datech. Poměry nutrientů se liší druh od druhu rostliny, i v rámci fázi růstu rostliny. [6]

Obsah nutrientů v roztoku je tak v hydroponických systémech měřen jako množství částic na milion (PPM), nebo za pomoci vodivosti roztoku. Na základě znalosti koncentrací nutrientů v původním roztoku a modelů popisujících jejich využití rostlinami, je pak možné s dostatečnou přesností zhodnotit stav recyklovaného roztoku a podle něj ho dále upravit. Úprava může probíhat ručně přimícháváním jednotlivých složek do roztoku, nebo automaticky za využití pump. [5]

3.4.4 Měření pH roztoku a jeho úprava

To, že mají kořeny rostlin k dispozici dokonalý mix nutrientů neznamená, že je jsou schopny využít. Využitelnost jednotlivých prvků rostlinami je výrazně ovlivněna pH roztoku. pH roztoku lze měřit indikačními papírky nebo digitálními pH metry. [5]

Klasické metody regulace pH využívají přidávání zásad či kyselin do roztoku. Tyto metody nejsou dostatečně přesné a jsou nebezpečné. Pokročilejším řešením kontroly pH je využití elektrolýzy. pH je tedy přímo ovlivňováno produkcí iontů OH^- a H^+ . Vzhledem ke snadnosti kontroly směru reakce a její síly díky polaritě a voltáži lze korigovat pH s vysokou přesností. U této metody není nutné v systému skladovat nebezpečné zásady a kyseliny. [7]



Obr. 3-3 Využitelnost nutriëntů v závislosti na pH roztoku

3.4.5 Úprava teploty

Na růst rostlin nemá vliv pouze pH roztoku a množství nutriëntů v něm rozpuštěných, ale i jeho teplota a množství kyslíku v něm rozpuštěné. [8] Teplota roztoku by neměla být nižší než teplota okolního vzduchu, čehož lze snadno dosáhnout díky termostatu. [1]

3.4.6 Desinfekce

Nejúčinnějšími metodami desinfekce roztoku jsou tepelná desinfekce a použití UV záření. Jejich nevýhodou je extrémní finanční náročnost. Desinfekce ozonem, či desinfekce přes membránu, jsou také výborné možnosti, a především využití ozonu je již cenově přijatelné. Nejméně nákladné je využití mechanického filtru využívajícího písek. [9]

3.5 Umělé osvětlení

Pěstování v umělých podmínkách s umělým osvětlením umožňuje udržovat potřebně dlouhou fotoperiodu i konstantní intenzitu osvětlení. V podmínkách kontrolovaného prostředí hydroponického systému lze korigovat intenzitu osvětlení několika způsoby. Výkonem použitého světla, vzdáleností světla od rostliny a dalšími prvky jako jsou různé odrazivé plochy kolem světla. [5]

3.5.1 Typy světel

Zářivky

Na trhu existuje velmi široký výběr zářivek lišících se výkonem, délkou a vyzářovaným spektrem [10]. Kromě uniformity osvětlení a nízké pořizovací ceny jsou však zářivky již nekonkurenceschopnou technologií. [11]

Výbojky

Výbojky, vzhledem k jejich velmi vysoké energetické účinnosti, jsou zdroji světla vhodnými pro celodenní provoz. Jejich vlastnost - produkce velkého množství odpadního tepla může být využita k ohřevu vzduchu v systému. Ta samá vlastnost však vyžaduje, aby byla udržována relativně velká vzdálenost mezi nimi a rostlinami (podle výkonu výbojek až 60cm u 1000W výbojek). [5]

Vybrat si lze mezi MH (metal-halide) a HPS (high pressure sodium) výbojkami. Přestože jsou HPS výbojky energeticky účinnější, z hlediska kvality světla na MH výbojky ztrácí. [10]

LED

Zásadní výhodou LED oproti výbojkám i zářivkám je jejich energetická účinnost, dlouhá životnost a mnohostrannost. Jejich vlastnosti z hlediska podpory růstu jsou velmi podobné výbojkám. Produkují velmi málo odpadního tepla a tedy je možné je umístit velmi blízko k rostlinám a tím zvýšit hustotu osázení na jednotku objemu. [10]



Obr. 3-4 LED osvětlení pro využití v hydroponii

3.5.2 Zajištění uniformity osvětlení

Světlo se ze samotných zdrojů světla (výbojky, zářivky i LED) šíří téměř všemi směry. Této distribuci osvětlení je obtížné přizpůsobit rozmístění pěstovaných rostlin, které jsou obvykle umístěny pouze pod zdrojem světla. Nejenže takto není využito všeho produkovaného světla, ale i jeho intenzita není stejná ve všech bodech plochy pokryté vegetací. Z tohoto důvodu jsou v hydroponických systémech instalovány nejen reflektivní plochy usměrňující světlo, ale i konstrukce umožňující pohyb osvětlení nad osázenou plochou, které dokonce mohou pomoci šetřit energii. [10]



Obr. 3-5 Lineární systém posuvu osvětlení

3.6 Vzduchotechnika

Složení vzduchu - koncentrace CO_2 a vodní páry v něm - a jeho teplota, jsou parametry ovlivňující růst a zdraví rostlin.

3.6.1 Měření teploty a její korekce

U systémů provozovaných v interiéru domácnosti lze očekávat, že teplota vzduchu v nich bude neustále přesahovat $20\text{ }^\circ\text{C}$ a navíc budou po značnou část dne ohřívány odpadním teplem z umělého osvětlení. Z kapitoly o teplotě roztoku je zřejmé, že teplota vzduchu by měla být nižší, než teplota roztoku. Ohřívání vzduchu v domácím systému tedy není nutné. Postačuje zamezit přehřívání - v prostoru systému by tedy měl být umístěn teploměr a ventilátory.

3.6.2 Měření relativní vlhkosti a její úprava

Příliš vysoká humidita vede ke hnití, šíření plísní a přehřívání rostlin. Nízká humidita vede k dehydrataci. K udržení vlhkosti ve vhodném rozmezí lze využít ventilátorů řízených daty naměřenými hygrostatem. [5]

3.6.3 Sycení vzduchu CO_2

Spotřeba CO_2 rostlinami je přímo úměrná intenzitě osvětlení. Koncentrace CO_2 pod 200 ppm může zastavit fotosyntézu, koncentrace až 4x vyšší než průměrná (400 ppm) má výrazně pozitivní vliv na růst rostlin a ppm nad 2000 je pro rostliny toxická. [1]

Zvyšovat hladinu CO₂ je možné jeho připouštěním z tlakové lahve a snižovat jeho koncentraci lze díky ventilátorům. Procesy připouštění a ventilace jsou řízeny na základě naměřené koncentrace CO₂ metrem. [5]



Obr. 3-6 Systém kontroly ovzduší

3.7 Automatizace systému

3.7

Hydroponické systémy umožňující naprostou kontrolu nad prostředím jsou složitá zařízení jejichž provoz je velmi obtížné, ba nemožné, řídit uživatelem, jenž postrádá potřebné znalosti z oborů jako botanika a chemie, a jenž není technicky zdatný. Nejen pro využití v domácnostech je tedy vhodné tyto systémy automatizovat do maximální možné míry.

Automatizovat jednotlivé procesy v systému nezávisle na sobě je obvykle snadné. Procesy probíhající v hydroponických systémech však na sobě nezávislé nejsou. Tento problém lze vyřešit softwarově - propojením systému s počítačem, či implementací počítače do samotného systému.

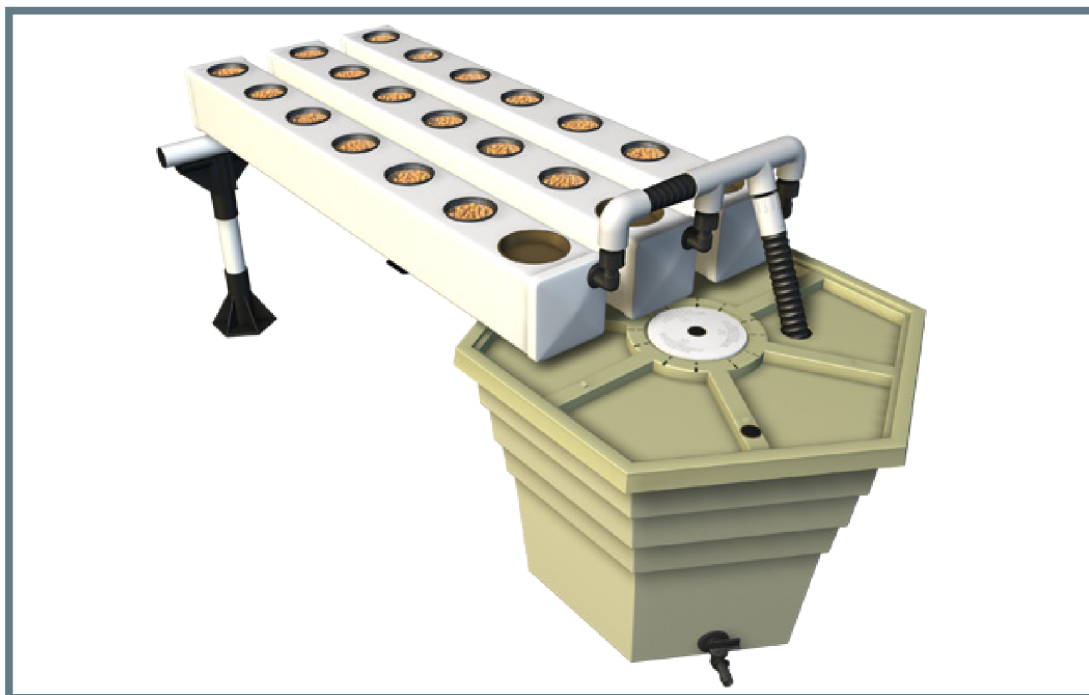
4 DESIGNERKÁ ANALÝZA

První systémy hydroponického pěstování rostlin vznikaly v laboratořích biologů již v 16. století, kde sloužily jako prostředky pro zkoumání růstu rostlin. Tyto systémy zůstaly v laboratořích až do počátku 20. století, kdy výzkum dospěl tak daleko, že se z experimentu stal prakticky využitelný, avšak ne bezchybný, prostředek pěstování rostlin. Experiment se z velké části přesunul z malých laboratoří do obrovských skleníků.

Z těchto požadavků se odvíjel i vzhled systémů, který byl až na posledním místě. Absenci designu si lze oddůvodnit tím, že každý skleník a každé zařízení byly originálem využívajícím ty prostředky, které vyhovovaly aktuálním potřebám. Nutnost častých zásahů do těchto systémů byla důvodem druhým. Design je záležitostí sériové produkce a prostředí, kde existuje vybíravý uživatel. V případě hydroponie tato situace nastala teprve nedávno. Prvním předpokladem byl rozvoj hydroponických systémů do takové míry, kdy jejich užívání nevyžaduje odborné znalosti, a tedy může proniknout na širší trh. Druhým předpokladem pro průnik designu do návrhu zařízení je vznik konkurence na vzniklém trhu, která vede k souboji výrobců o uživatele. A jednou ze zbraní v tomto boji je i design prodáváného výrobku. Prvním, kdo vstoupil do této bitvy byl americký General Hydroponics.

4.1 General Hydroponics

Všechny systémy tohoto amerického výrobce mají velmi podobný charakter - funkčnost a jednoduchost je u nich na prvním místě a mají vzhledem velmi blízko k podobě vyrobeným systémům, ze kterých všechny dnes prodávané systémy vzešly. General Hydroponics vyrábí sedm řad systémů, které se liší použitým druhem zavlažování, nebo tvarem a rozložením růstových kanálů.



Obr. 4-1 Jedna z variant AeroFlo

4.1.1 AeroFlo

Všechny systémy AeroFlo využívají stejného uspořádání, které je pro systémy tohoto výrobce typické. Růstové kanály jsou na jedné straně podepřeny nádrží a na druhé straně stavitelnými podporami. Z hlediska funkčnosti nabízí pouze zavlažování rostlin.

Jak již bylo zmíněno, systémy tohoto výrobce jsou zaměřeny na jednoduchost a funkci. Přesto by jejich design mohl být lepší, aniž by došlo k navýšení složitosti, zhoršení funkčnosti, či zvýšení ceny. Jako hlavní problém lze považovat nesourodost tvarů využitých v rámci systému - objevují se zde striktně hranaté prvky vedle prvků kruhových. Objemy jednotlivých prvků působí nevyváženě, avšak tyto jsou dány funkcí produktu.

4.2 American Hydroponics

Většina produkce tohoto výrobce je zaměřena na větší odběratele a zařízení větších rozměrů. Nabízejí i dva systémy určené pro hobby pěstitele, které se liší pouze velikostí.

4.2

4.2.1 Bigfoot

Obdobně jako produkty General Hydroponics, i tento systém zajišťuje pouze zavlažování rostlin.

Jako celek působí tento systém z hlediska objemů jednotlivých částí vyváženě. Hlubší nádrž je dole a mělčí nahoře. Toto uspořádání dává dojem stability a odsazení horní nádrže díky ocelovému stolku celý systém vizuálně odlehčuje. Zvolená barevná kombinace je hydroponickým systémům příhodná - neupoutá zbytečnou pozornost. Celý systém je velmi jednoduchý a není přítomen žádný zbytečný dekor. Přesto by celý systém mohl působit kompaktněji a uceleněji - spodní nádrž je jen volně položena pod stolkem.



Obr. 4-2 Bigfoot

4.3 Qualiplast

Qualiplast je kanadská společnost produkující několik typů hydroponických systémů. Patří mezi ně systémy Apollo a Ecosystem.

4.3.1 Apollo 3

Jedinou funkcí tohoto systému je zavlažování rostlin, ale počítá s umístěním přídavného osvětlení.

Zvolená barevná kombinace je možná až příliš kontrastní, ale alespoň je rozdělení barevnosti prvků logické a konstantní v rámci celého produktu. I tvaroslovím si jednotlivé prvky systému odpovídají. Skrytí rozvodů tak, že nejsou vidět, propůjčuje Apollu relativně čistý vzhled. Jako celek však systém působí, jako by se skládal z více částí, než se ve skutečnosti skládá.

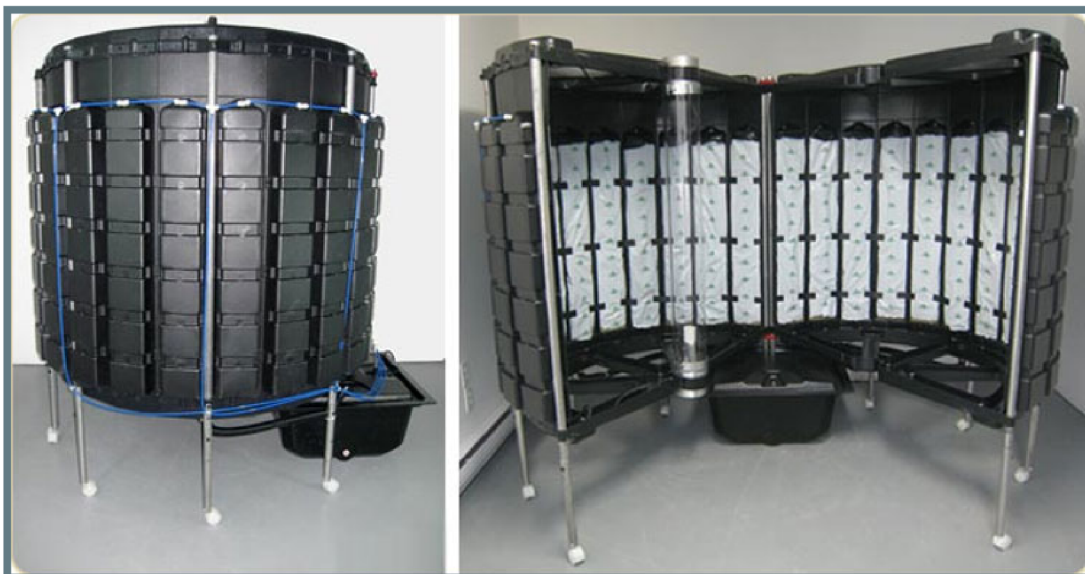


Obr. 4-3 Apollo 3

4.3.2 Ecosystem 2

V Ecosystemu jsou pláty kamenné vlny vertikálně zavěšeny kolem stěn válce v jehož ose je umístěna lampa. Roztok je odkapáván na vrch plátů kamenné vlny, kterými za působení gravitace protéká až do sběrného kanálu, který zbylý roztok odvádí do sběrné nádrže. Systém je navržen tak, aby co nejlépe využíval světlo - jeho umístění ve středu válce zajišťuje rovnoměrné nasvětlení všech rostlin bez použití odrazivých ploch.

Drobná bílá kolečka a subtilní konstrukce působí vůči ohromné mase zbytku systému velmi křehce. Profily plastových stěn působí zvenku až příliš rušivě a komplikovaně. Větším trnem v oku je však nádrž, jejíž tvar neodpovídá ostatním prvkům, a která je jen volně položena pod systémem.



Obr. 4-4 Ecosystem 2

4.4 B-Pod

4.4

B-Pod je kanadská firma produkující systémy založené na jejich patentované rotující konstrukci.

4.4.1 B-Pod

Narozdíl od jiných Ebb and Flow systémů, není v tomto voda přečerpávána do prostoru kořenů, ale kontejnery s kořeny, rotující kolem osvětlení, jsou periodicky spouštěny do nádrže s roztokem.



Obr. 4-5 B-Pod

Ani v tomto případě se návrh nevyhnul již mnohokrát zmíněným neduhům jako je umístění komponent mimo tělo přístroje, kde působí cizím dojmem. V tomto případě se jedná o motor otáčející válcem, který je umístěn mimo přístroj a zcela volně vedenou kabeláž k němu a k osvětlení. Jako v mnoha dalších příkladech, i tento systém působí velmi komplikovaně a je příliš členitý.

4.5 Spinner Hydroponics

Kanadská firma, která produkuje jediný rotační hydroponický systém určený pro domácnosti a hobby uživatele.

4.5.1 Spinner

Krom zavlažování zajišťuje tento systém i umělé osvětlení a nabízí, do jisté míry, i kontrolu ovzduší – systém je uzavřen a je odvětráván dvojicí ventilátorů. Hlavním funkčním prvkem je však systém rotace jednotlivých květináčků s rostlinami tak, aby bylo co nejlépe využito světla ze zdroje, jenž je umístěn ve středu tohoto válcového systému.

Barevnost tohoto řešení působí velmi kladně - převládá černý lesklý plast, který je doplněn hliníkovými prvky. Po zavření hliníkových dvířek však působí celý objekt až moc mohutně a jen ztěží lze odhadnout, o jaký typ zařízení se jedná. Proporce jednotlivých částí jsou vůči sobě vyvážené a jejich jednoduché tvarování dává Spinneru jasně čitelný nekomplikovaný výraz.



Obr. 4-6 Spinner

4.6 AeroGrow

AeroGrow je kanadská firma, která je zaměřena čistě na produkci aeroponických systémů hydroponického pěstování rostlin určených pro domácnosti. Jejich systémy mají

několik společných znaků – mají teleskopické rameno s osvětlením a využívají organického tvarování. Krom těchto funkcí se také jedná o systémy částečně automatizované – všechny nabízí automatizované zavlažování a osvětlovací cyklus a automaticky uživatele upozorňují na potřebu doplnit vodu či nutrienty. Toto doplnění však musí uživatel provádět ručně.

4.6.1 AeroGarden 3

Všechny segmenty systému využívají stejného tvarování a tvoří kompaktní, opticky uzavřený objekt, bez jakýchkoliv rušivých elementů. Podstava, ačkoliv většího průměru než růstový segment a kryt osvětlení, nepůsobí dominantně, a zároveň je dostatečně velká, aby celá jednotka působila stabilně.



Obr. 4-7 AeroGarden 3

4.6.2 AeroGarden Ultra

Oproti AeroGarden 3 tento systém nabízí dálkový ovladač se software umožňujícím nastavení některých parametrů systému (zavlažovací cyklus, osvětlovací cyklus) a obsahující sadu tipů pro pěstitele, které je, včetně informací o systému, možné zobrazit na jeho displeji.

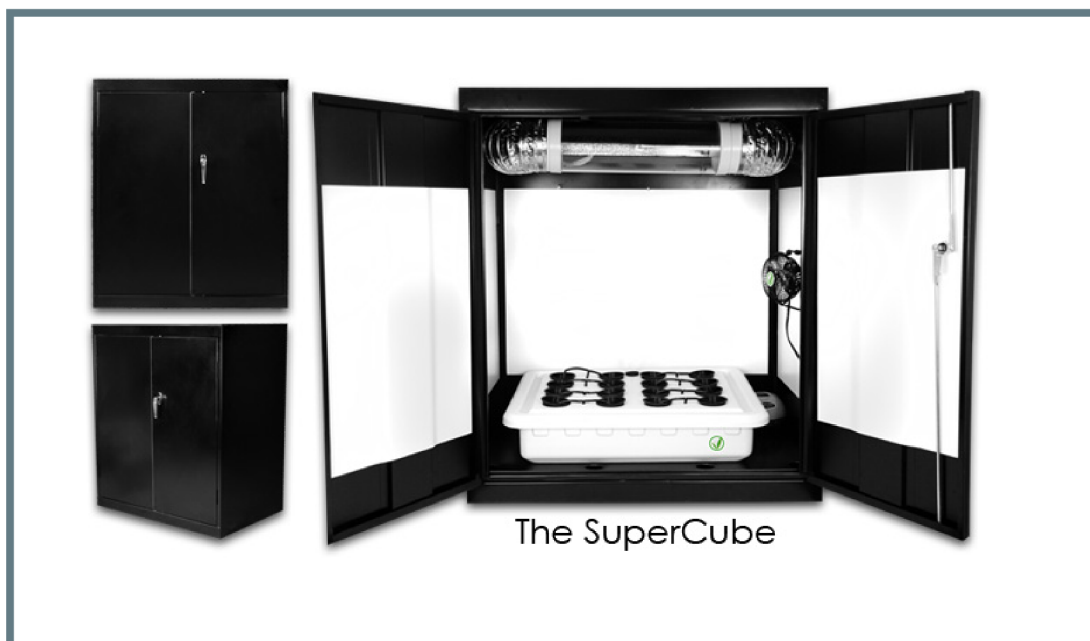
Jednotlivé prvky systému nejsou tak tvarově podobné jako u předchozího modelu, ale vzhledem k velikosti celé jednotky je to vhodné řešení – tři víceméně stejně velké moduly stejného tvaru by při této velikosti působily pravděpodobně příliš masivně, nevyrovnaně a nudně. Přesto by mohl panovat větší soulad mezi tvarem odsazení na krytu osvětlení a na růstovém modulu. Logo výrobce je možná až příliš velké a tvarování ovladače není v souladu se zbytkem systému.



Obr. 4-8 AeroGarden Ultra

4.7 SuperCloset

SuperCloset je californská firma založená v roce 2002, která je nejznámější pro svoje pěstitelské boxy – automatizované uzavřené hydroponické systémy. Krom těchto boxů produkují i hydroponické systémy velmi podobné těm od General Hydroponics. Pěstitelské boxy, které jsou pro tuto firmu typické, jsou všechny velmi podobného vzhledu a uspořádání. Jedná se o černé kvádry s neprosklenými dvířky, za nimiž jsou



Obr. 4-9 Supercube

uzavřeny růstové moduly stejného výrobce, které jsou bílé barvy. Boxy mohou být přímo od výrobce vybaveny filtry vzduchu, CO₂ dávkovači a senzory kontrolujícími kvalitu roztoku.

4.7.1 Supercube, Deluxe 3.0

Jen velmi těžko lze odhadnout, že se jedná o hydroponické systémy – připomínají spíše trezor či skříň. Vnitřní uspořádání trpí podobnými neduhy, jako mnohé z již zhodnocených systémů – volně položené komponenty, které si neodpovídají tvarem ani materiálem. Zevnitř se jedná o jakýsi slepenec několika rozličných prvků.



Obr. 4-10 Deluxe 3

4.8 UrbanCultivator

4.8

Je americká firma produkující dva hydroponické systémy. Jeden z nich je určený pro domácí využití a druhý z nich je určený pro nasazení v kuchyních restaurací či podobných zařízeních. Obě zařízení mají společné dvě vlastnosti – jsou to striktně geometricky tvarované systémy, jež mají prosklená čelní dvířka.

4.8.1 Urban Cultivator Home

Jedná se o systém, který je stejně, jako například myčka na nádobí, napojen na rozvod vody v bytě a obsahuje software, který řídí zavlažovací cyklus, osvětlovací cyklus a ventilátory pro výměnu vzduchu.

Vzhledem k zamýšlenému použití do kuchyně zvolil výrobce jednoduchý tvar, který na sebe nepoutá pozornost a nevybočuje z designu moderních kuchyňských spotřebičů a kuchyňských linek, kdy kombinuje čisté plochy s nezdobenými ovládacími prvky. Svrchní deska, jejíž materiál může být přizpůsoben požadavkům zákazníka, umožňuje dále sladit tuto jednotku s již existující kuchyní. I při pohledu dovnitř působí systém velmi čistě a nekomplikovaně.

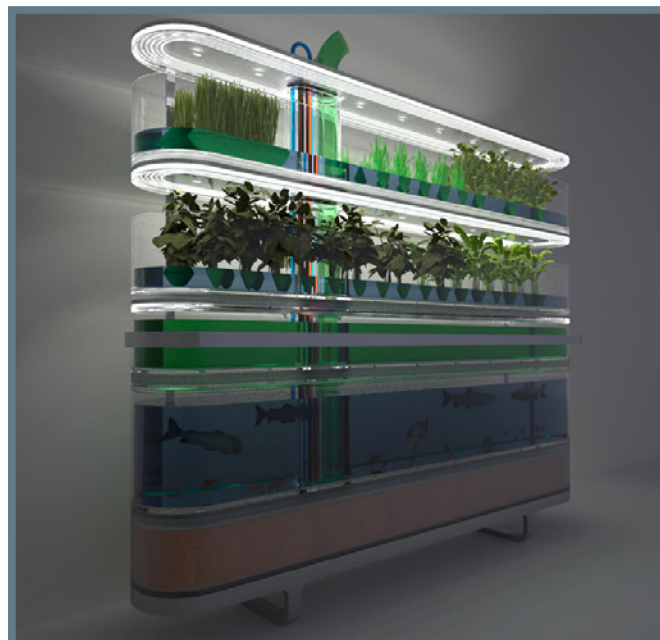


Obr. 4-11 Urban Cultivator Home

4.9 Koncepty

4.9.1 Phillips Biotower

Phillips navrhl domácí jednotku produkující jídlo aniž by znečišťovala prostředí. Její součástí byl i modul produkující rostliny – a to za využití hydroponie. Tato věž od Phillipsu se skládá z pěti vrstev, které jsou svojí funkcí provázány. Vrstvy, směrem shora, jsou následující – dvě hydroponické jednotky, modul s řasami, modul s akváriem a oddíl pro organický odpad.



Obr. 4-12 Phillips Biotower

Z hlediska designu se jedná o velmi simplistické řešení, jehož estetické kvality netkví v jeho tvarech, ale spíše v tom, že umožňuje pozorování organismů, které v něm žijí. Bohužel, v případě nádrží s řasami a organickým odpadem, není tato transparentnost systému nejšťastnější.

4.9.2 Hyundai Nano Garden

Gromo, korejské studio, vytvořilo v roce 2010 ve spolupráci s Hyundai koncept hydroponického systému pro městské domácnosti, který zprostředkovává nejen zavlažování, ale i osvětlení a automatickou úpravu roztoku pro rostliny pěstované ve výsuvných policích.

Svým pojetím se tento systém hodí do moderních kuchyní, kde může sloužit jako vertikální prvek členící prostor na více částí. Přes svoji velikost však nepůsobí mohutně, ale je naopak díky velkým proskleným plochám velmi vzdušný. Kombinace světlého hliníku se svěží zelenou pěstovaných rostlin působí příjemně.



Obr. 4-13 Hyundai Nano Garden

4.9.3 Hydro G

Je koncept modulárního hydroponického systému, jehož jedinou funkcí je zavlažování rostlin. Systém, při použití více modulů, připomíná šroubovici DNA, ve které je každá příčka právě jeden modul.

Jedná se o velmi zajímavý koncept po stránce estetické, která přináší zcela nový pohled na hydroponické jednotky jako na objekty tvořící charakter prostoru, spíše než jako na objekty co nejvíce nenápadné. Počátek a konec šroubovice, nebo spíše jejich absence, přidává na dojmu nekompletnosti a nestability. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o koncept, je těžké hodnotit systém po stránce funkční a technologické. Přesto lze konstatovat, že koncepce hydroponického systému jako objektu středu pozornosti

vede alespoň v tomto případě k ústupkům v hustotě sadby rostlin a využití prostoru rostlinami.



Obr. 4-14 Hydro G

5 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

5

5.1 Přístup k návrhu designu

5.1

5.1.1 Definice výchozích požadavků

Samotný proces návrhu designu hydroponického systému do interiéru začal definicí cílů, které by měl výsledný návrh splňovat, a shrnutím nedostatků systémů zhodnocených v rešeršní části této práce. Některé z požadavků na výsledný návrh nebyly z hlediska designu nikterak omezující - jako například požadavek na automatizaci systému, která je zajištěna na prostor nenáročnou řídicí jednotkou, pro kterou je snadné v návrhu zajistit dostatečný prostor. Další požadavky však měly na výsledný design výrazný vliv.

Určujícím a design nejvíce omezujícím požadavkem se ukázal být cíl navrhnout systém uzavřený nejen z hlediska využití živného roztoku, ale i z hlediska kontroly prostředí. Kontrola prostředí - teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a koncentrace CO₂ v něm vyžadují, aby bylo prostředí systému odděleno od prostředí okolního. Jestliže je nejsnazším řešením tohoto problému navržutí systému podobného těm od společnosti SuperCloset, požadavek na co nejlepší využití energie a prostoru tuto cestu dále podporoval. Takové řešení - jednoduchý kvádr - by však nebylo z hlediska designu dostatečné a o naplnění tématu práce by se ve zmíněném případě dalo pochybovat, neboť pokud má systém hydroponického pěstování rostlin tvořit součást interiéru domácnosti, jeho design již není soupeřem zařízením schovaným v kotelně či garáži domu, ale ledničkám, pračkám či televizorům - zařízením, která dělají domov domovem.

Průnikem všech zmíněných požadavků je systém, který rozsahem svých provozních funkcí zasahuje do profesionálních zařízení využívaných ve výzkumu a průmyslu, zatímco jeho nároky na estetičnost dokonce přesahují hranice dosud vytyčené systémy určenými pro domácnosti. Vzniká zařízení zcela nové kategorie. Neprozkoumanost tohoto nového segmentu dává zcela volnou ruku tvořivosti. Možnost navrhnout zcela nové zařízení nezatížené žádnými zvyklostmi a stereotypy je zcela určitě lákavá, avšak zrádná cesta, na jejímž konci může být úspěch, ale i slepá ulička. Absence ikon jimiž se lze inspirovat a ze kterých si lze vzít ponaučení, i sama nejistota volby správného kurzu sloužily během návrhu designu nejen jako zdroj odvahy experimentovat, ale především jako neutuchající hlas vyzývající k neustálému přehodnocování a zpochybňování vlastního úsudku.

5.1.2 Definice základních problémů designérského návrhu

I přes absenci systémů, které by bylo možné přímo srovnávat se systémem navrhovaným, je nezbytné existující systémy zhodnotit a identifikovat nedostatky, kterých by se měl návrh vyvarovat. Analýza existujících zařízení ukázala, že množství kvalitativních nedostatků není příliš vysoké, ale četnost jejich výskytu je vysoká. Z hlediska kvality lze nedostatky systémů rozdělit do pouhých tří skupin. Snad nejčastějším nedostatkem systémů je neucelenost jejich designu způsobená použitím dílů, které si neodpovídají tvarem, materiálem či barvou. Je patrné, že mnoho systémů nevzniká jako nový samostatný návrh, ale spíše kombinací návrhů již existujících.

Druhým nedostatkem je přílišná složitost zařízení, která na první pohled vypadají komplikovaněji, než doopravdy jsou. Systémy takto působí především kvůli nadbytečné členitosti a uložení zařízení, jako jsou například čerpadla a nádrže, mimo tělo zařízení, nebo tam, kde jsou vystavené oku uživatele. O příčině tohoto jevu je možné polemizovat - možná se jedná o důsledek snahy navrhnout systém co nejlevnější, nebo zcela prostě proto, že design není velmi často při návrhu těchto zařízení brán na zřetel. Za třetí problém lze považovat nesoulad mezi funkcí a vzhledem. Některé systémy, nebyť částečně prosklené, umožňující nahlédnutí na rostliny uvnitř, by bylo možné zaměnit za trezory či plechové šatní skříně. Vyvarovat se prvního problému není při návrhu zcela nového zařízení, nezatiženého zvyklostmi, velký problém. Druhý problém lze s úspěchem vyřešit na základě provedené technické analýzy, díky níž je možné se již od prvních skic vyhnout takovým konceptům, jež by se později ukázaly být v konfliktu s nároky na funkci a konstrukci zařízení.

Poslední problém je v tomto konkrétním případě snad tím nejhůře uchopitelným - zatímco automobily se svými čtyřmi kolami, jasně definovaným předkem s výraznými čelními světly a maskou chladiče, brázdí cesty a silnice již déle než století, hydroponické systémy určené do interiéru domácnosti jsou zatím pouhým konceptem.

Po vytyčení cílů a definování problémů bylo možné přistoupit k samotnému návrhu designu. Všechny návrhy měly mít společné rysy - měly to být systémy do interiéru zajišťující zavlažování rostlin, úpravu živného roztoku, kontrolu a řízení parametrů vzduchu v systému a umělé osvětlení. Z tohoto základu vycházely všechny další koncepty, ze kterých vykryštalizovaly tři kategorie systémů lišící se účelem v rámci interiéru - některé návrhy byly zamýšleny jako zařízení do rohu místnosti, některé k umístění podél zdi a některé jako samostatné prvky do středu místnosti, kde by nebyly součástí seskupení nábytku. V rámci těchto kategorií byly jednotlivé koncepty navrhovány na základě přidané funkce, která se ve většině případů týkala práce s vnitřním uspořádáním systému a vztahem tohoto uspořádání vůči vnějšku systému a uživateli z hlediska ergonomie používání.

5.2 Varianta A

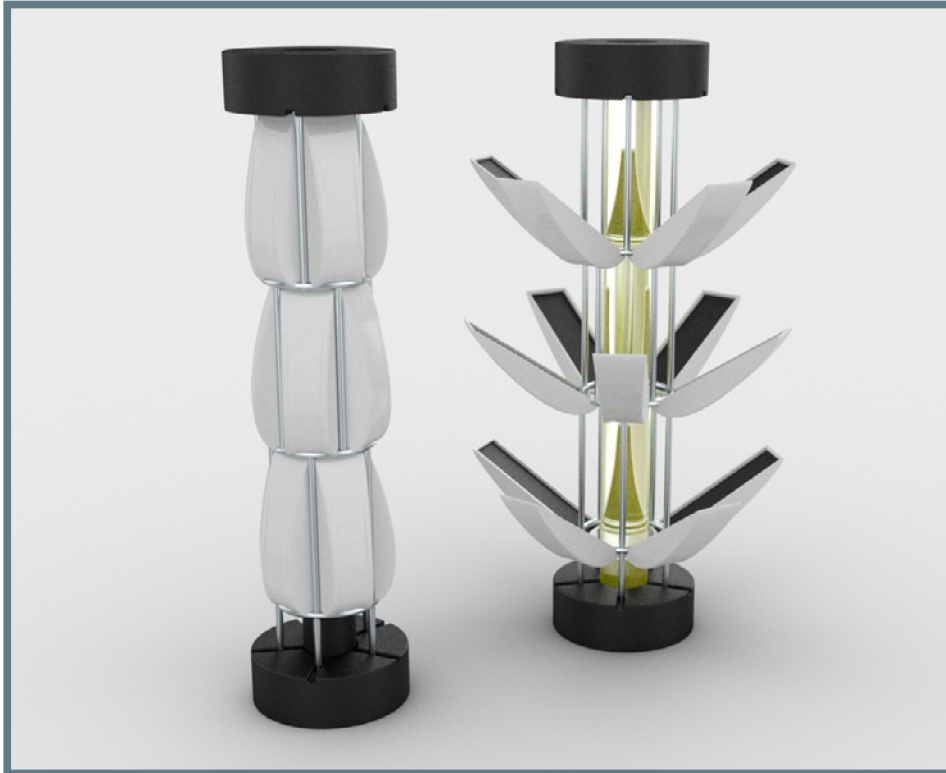
5.2.1 Výchozí koncept

Varianta A vznikla úpravou konceptu založeného na vertikálním způsobu pěstování rostlin kolem centrálního jádra tvořeného vertikálně uloženými zářivkami, nebo LED pásy. Inspirací se pro tento koncept stal květ a jeho okvětní lístky, které se zavírají o otvírají. Jednotlivá patra systému tvoří květ z pěti okvětních lístků, které se nezávisle na sobě otvírají. Tento systém by našel uplatnění především jako centrální prvek interiéru, neboť způsob otvírání by nedovolil umístění ke stěně. V zavřeném stavu se však jedná o systém zabírající velmi málo prostoru. Patra systému jsou vůči sobě natočena, aby při pohledu na zavřený systém okvětní lístky netvořily pruhy, které by způsobily, že by systém působil příliš technicky a vykonstruovaně. Jednotlivé lístky jsou uchyty na konstrukci, která je vsazená mezi podstavou a střešou systému.

Přes jisté kvality návrhu z hlediska designu, jakými jsou například využití měkké formy, která je v souladu s funkcí a využitím systému, a zachování jasného a jednoduchého výrazu, byl návrh v této podobě pouhou skicou. Při takovýchto proporcích by

systém umožňoval pěstování rostlin pouze do výšky růstu necelých deseti centimetrů a vzhledem k proměnné tloušťce okvětních lístků by nebylo možné využít jejich celou plochu kvůli nedostatku místa pro kořeny rostlin. Kromě problémů s využitím prostoru pro rostliny nabízel systém příliš málo prostoru i pro ostatní zařízení, která by, v případě těch umístěných na vrcholku systému, nebyla uživateli přístupná.

Přes tyto technické a funkční nedostatky byl tento princip „květu“ dále prozkoumán, neboť se z hlediska designu jednalo o výraznou myšlenku.



Obr. 5-1 Koncept A

Varianta A myšlenku konceptu A nijak nerozvíjí, ale je pouhou snahou o její převedení do takové formy, která by vyhovovala požadavkům na funkčnost a technické zpracování.

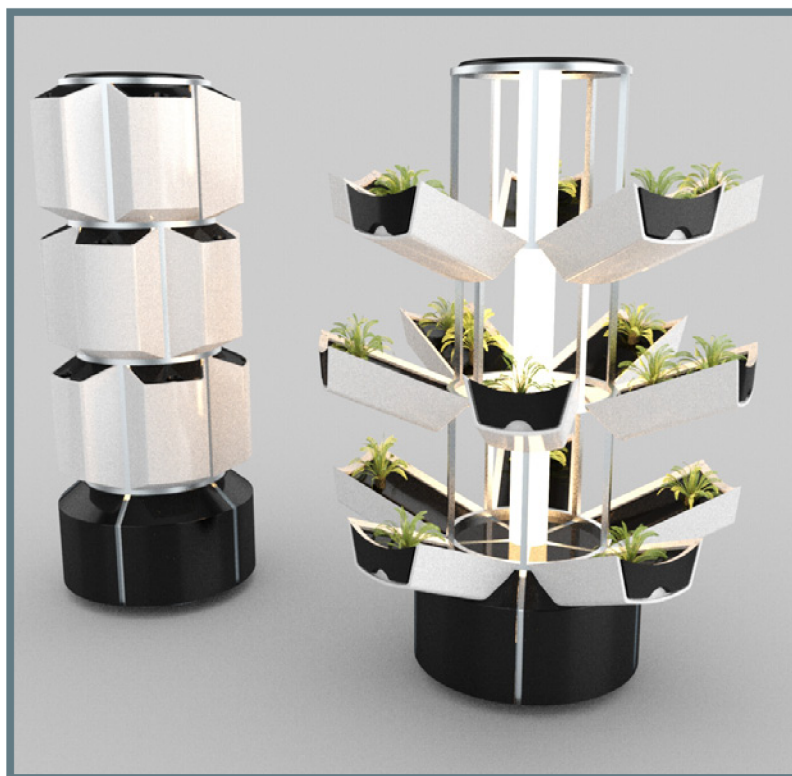
5.2.2 Problematika konceptu

Již ve fázi navrhování konceptu bylo zřejmé, že systém založený na principu otvírání květu má potenciál být systémem s výborným poměrem množství osázených rostlin ku velikosti samotného zařízení. Kromě kvantitativního využití prostoru by přínosem této myšlenky bylo i kvalitativní využití prostoru takovým systémem, který by působil jako pohyblivá interaktivní socha, a ne jako nehybná uzavřená vitrina či skříň - tak jako tomu je u ostatních hydroponických systémů. Hlavními problémy, které bylo nutné při další práci na návrhu vyřešit, byly proporce systému a jeho velikost. Jak již bylo zmíněno, koncept A nabízel příliš málo prostoru jak pro rostliny, tak pro potřebná zařízení, ale jeho proporce a celková velikost byly z hlediska využití prostoru v interiéru téměř ideální. Zvětšení celého systému při zachování stejných proporcí tak, aby byl

dostatečně prostorný, nebylo možné, protože jeho výška by překročila čtyři metry. Jedinou možností úpravy bylo systém rozšířit a narušit tím jeho proporce. Toto zvětšení průměru systému vyřešilo další problém konceptu A - nedostatek místa pro potřebná zařízení - která bylo možné umístit do podstavy systému. Odstranění třetího nedostatku výchozího konceptu, jímž byla nemožnost využití celé plochy okvětních lístků pro osázení rostlinami, znamenalo nutnost použití lístků symetrických ve dvou osách. Tato úprava však znamenala odklon od designu inspirovaného přírodou a zavedla do návrhu více symetrie a řádu. Jediným prostředkem narušení této monotónnosti tak zůstalo natočení pater systému.

5.2.3 Vlastní řešení problému

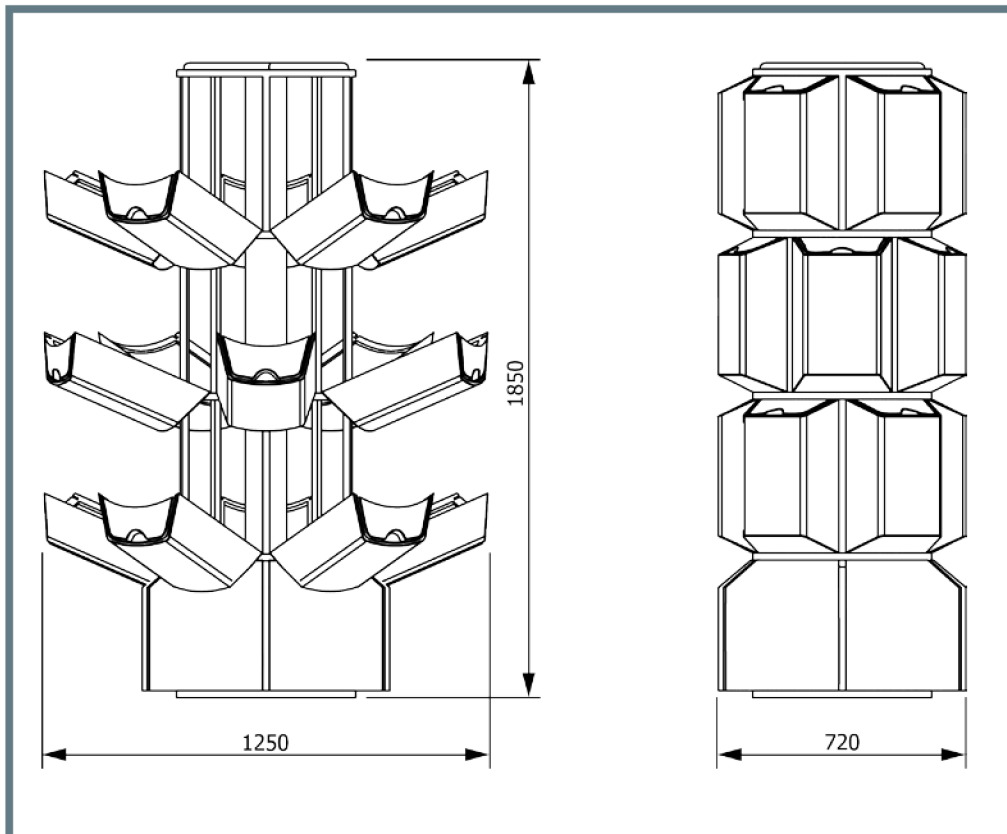
Varianta A je tvaru válce, který je rozdělen na čtyři patra. Tři z těchto pater slouží k pěstování rostlin a jsou tvořena pěti samostatnými moduly, které je možné nezávisle na sobě vyklápat z vertikální do vodorovné polohy. Aby moduly při stavu zavření netvořily jednu celistvou plochu, jsou jejich stěny zkoseny a jednotlivá patra jsou vůči sobě otočena o 36°. Moduly jsou uchyceny na rámu, který vizuálně přechází až do posledního, čtvrtého patra, které tvoří podstavu zařízení. Podstava je tvaru válce se sraženou horní hranou a je od vrchní části dále odlišena černou barvou. V zavřeném stavu nelze do systému nahlédnout. Po otevření celý systém připomíná květ či strom a dochází k obnažení rostlin a zdroje umělého osvětlení.



Obr. 5-2 Varianta A

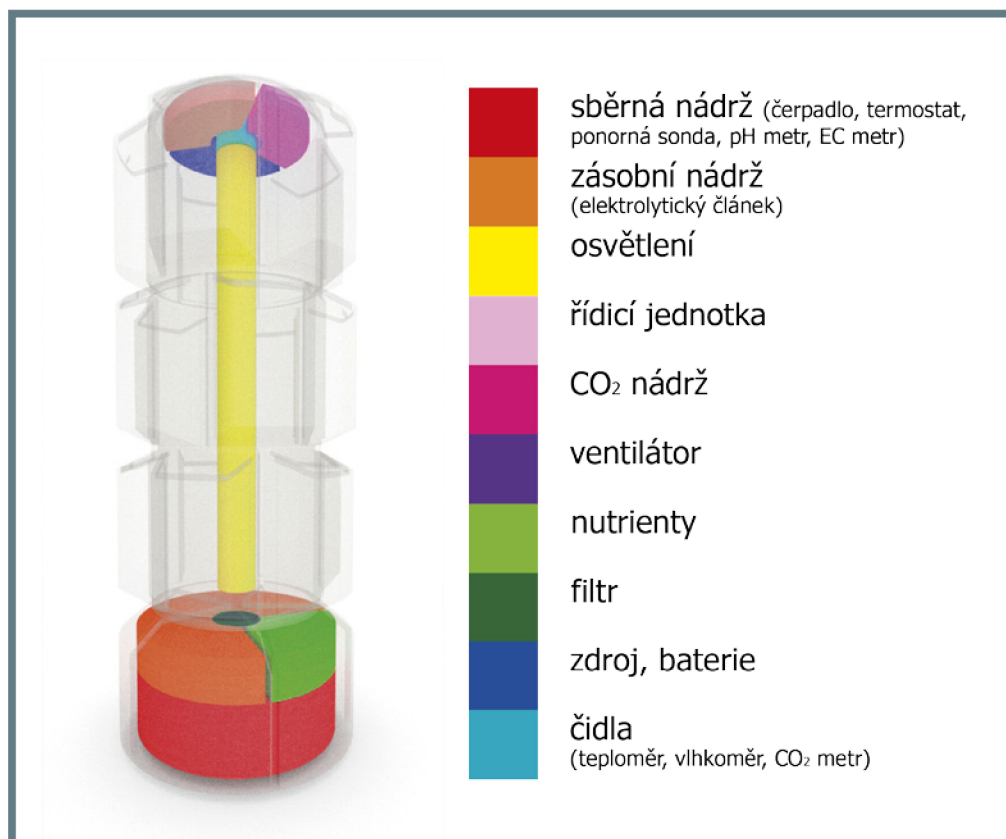
Vrchní patro je v případě jeho otevření tohoto 185 cm vysokého systému ve výšce 140 cm a je tedy možné s rostlinám v něm pěstovanými pracovat ze stoje bez nutnosti využití židle. Průměr systému v zavřeném stavu je 72 cm a v otevřeném 125 cm.

Jednotlivé moduly s rostlinami je možné na sobě nezávisle vyklápět. K vyklápění modulu slouží madlo v jeho svrchní části. Ovládání systému probíhá pomocí software na zařízeních běžně využívaných v domácnosti jako jsou mobilní telefony či počítače, se kterými je tento systém propojen. Samotný systém tedy postrádá jakýkoliv displej či tlačítka. Všechny komponenty vyžadující periodický zásah uživatelem, s výjimkou zásobníku CO_2 , jsou uloženy v podstavě zařízení, která je vespod vybavena kolečky pro možnost snadného posunutí systému.



Obr. 5-3 Varianta A, základní rozměry

Vespod válcové podstavy zařízení je umístěna sběrná nádrž v níž je umístěno čerpadlo čerpající živný roztok do jednotlivých modulů rozvody, které jsou vedeny konstrukcí zařízení. Krom čerpadla je v nádrži termostat, EC metr, pH metr a ponorná sonda. Živný roztok se do sběrné nádrže vrací přes filtr nad otvorem v jejím středu. Čerstvá voda a voda sloužící pro korekci pH roztoku je do sběrné nádrže odpouštěna ze sekundární nádrže obklopující filtr. Zbytek prostoru nad sběrnou nádrží vyplňují zásobníky s nutrienty. Jádrem systému tvoří sloupek tvořený zářivkami, nebo LED pásy, jehož středem vedou vodiče propojující veškerá zařízení se zdrojem napětí a řídicí jednotkou, které jsou umístěny na vrcholku systému společně s nádrží se stlačeným CO_2 a senzory měřícími teplotu vzduchu v systému, jeho relativní vlhkost a koncentraci CO_2 v něm. Nosná konstrukce systému je hliníková, zatímco zbytek těla systému je plastový. Moduly jsou ke konstrukci připevněny pomocí pantů.



Obr. 5-4 Varianta A, uspořádání komponentů

Tato varianta nebyla vybrána jako finální varianta. Její nejsilnější stránkou byla její (v kontextu hydroponických systémů) unikátní myšlenka - otvírajícího se květu. Systém v otevřeném stavu působil jednoznačně, vzdušně a jeho forma byla v souladu s funkcí. Bohužel, systém by byl většinu času provozu kompletně zavřený a jednotlivé moduly by byly vyklápěny pouze v případě potřeby práce s rostlinami. V zavřeném stavu by systém neumožňoval výhled na rostliny a ani by nebylo možné dle jeho vzhledu usoudit, že se jedná o systém hydroponického pěstování rostlin. Z hlediska náročnosti na výrobu systému se jednalo o příliš složitý návrh s mnoha dalšími nedostatky. Vnitřní prostor systému by vzhledem k množství modulů, jejich tvaru a uchycení, bylo velmi obtížné zcela uzavřít a tedy by bylo problematické řídit ovzduší v něm. Komponenty v systému by byly kvůli nutnosti jejich uložení do tvaru válce obtížně dostupné a vyjímatelné - především filtr, osvětlení a všechna zařízení v jeho vrchní části.

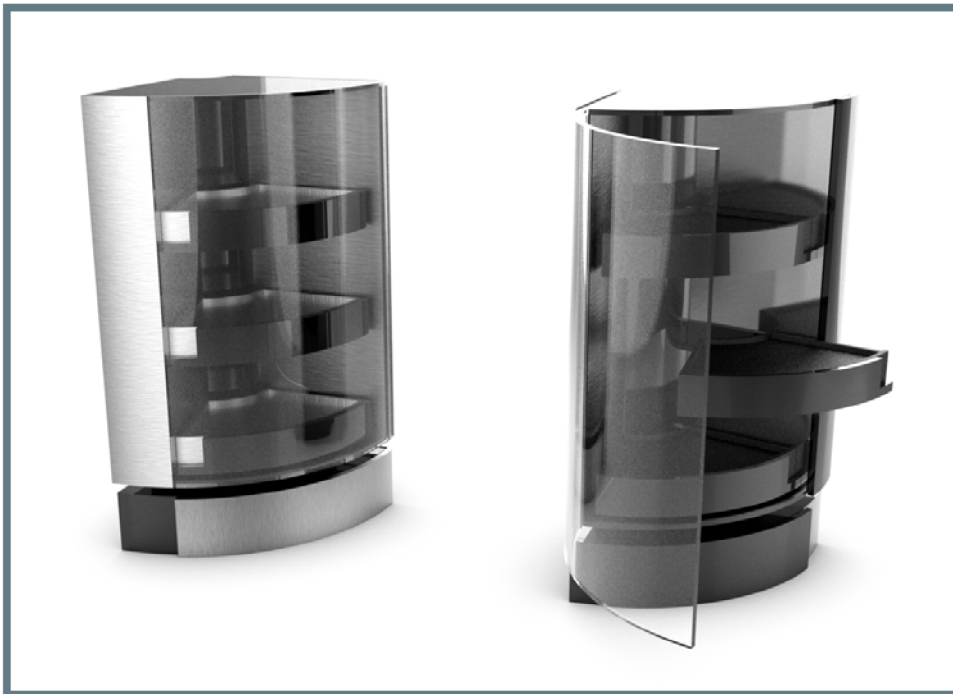
5.3 Varianta B

5.3.1 Výchozí koncept

Tato varianta vychází z konceptu systému určeného k umístění do rohu místnosti, který je rozdělen na několik pater s vlastním zdrojem osvětlení. Design nebyl v tomto případě založen na žádné inspiraci a ani nehrál na počátku tohoto konceptu výraznou roli - návrh toho konceptu vycházel striktně z technických požadavků, které určovaly samotný vzhled systému. Cílem bylo navrhnout takový systém, který by v maximální možné míře využil prostoru a tento prostor co nejlépe osvětlil. Výsledkem byl systém čtvrtkruhového průřezu z vnějšku členěného prostým odsazením rozdělujícím systém

na dvě části - na podstavu s nádrží a na tělo s rostlinami. Při stěně systému byl vyhrazen prostor pro další zařízení a patra s rostlinami byla výsuvná podél lyžin na protilehlé stěně. Celá čelní stěna systému byla tvořena průhlednými dvířky. Jako jediný ozdobný prvek sloužilo barevné členění, které mělo návaznost na samotnou funkci systému - snímatelné kryty a dvířka byly oproti jinak černému provedení světlé.

V této fázi byl zmíněný koncept velmi jednoduchý a splňoval veškeré technické a konstrukční požadavky, avšak z hlediska designu se jednalo o nezpracovaný návrh. Přes dostatečnou velikost prostoru vyhrazeného pro potřebná zařízení, by vzhledem ke zvolenému přístupu k němu, z čela přístroje, nebyla zařízení v něm uložená snadno přístupná. Hlavním nedostatkem tohoto konceptu byla práce s hmotou, která působila příliš tvrdě, mohutně a staticky. I proporce jednotlivých ploch a celého systému tento dojem pouze zveličovaly.



Obr. 5-5 Koncept B

Přes zásadní nedostatky designu byl koncept B dále rozvinut, neboť jeho jednoduchost a důraz na funkčnost představovaly pevné a jisté základy, ke kterým by bylo možné se vrátit v případě neúspěchu s odvážnějšími variantami. Varianta B přímo navazuje na koncept B v tom, že je určena pro umístění do rohu interiéru, kde na sebe nemá poutat mnoho pozornosti, a je založena na maximálním využití vnitřního prostoru systému. Přidaným kritériem, které vyplynulo při vyhodnocování konceptu B, byla možnost tvorby sestav několika těchto systému jejich skládáním stěnami k sobě.

5.3.2 Problematika konceptu

Hlavním přínosem tohoto přístupu k návrhu hydroponického systému je samozřejmě propojení funkce se vzhledem a to v systému velmi jednoduchém, jehož výroba by byla velmi levná a rychlá. Čtvrtkruhový půdorys a s ním spojená možnost tvorby

větších sestav by také umožňovala využití takového systému jako základní jednotky pro stavbu větších hydroponických zahrad například v kuchyňích restaurací, hotelů a jiných rozlehlějších prostor, kde by tyto sestavy mohly plnit funkci stěny a dokonce dominanty interiéru.

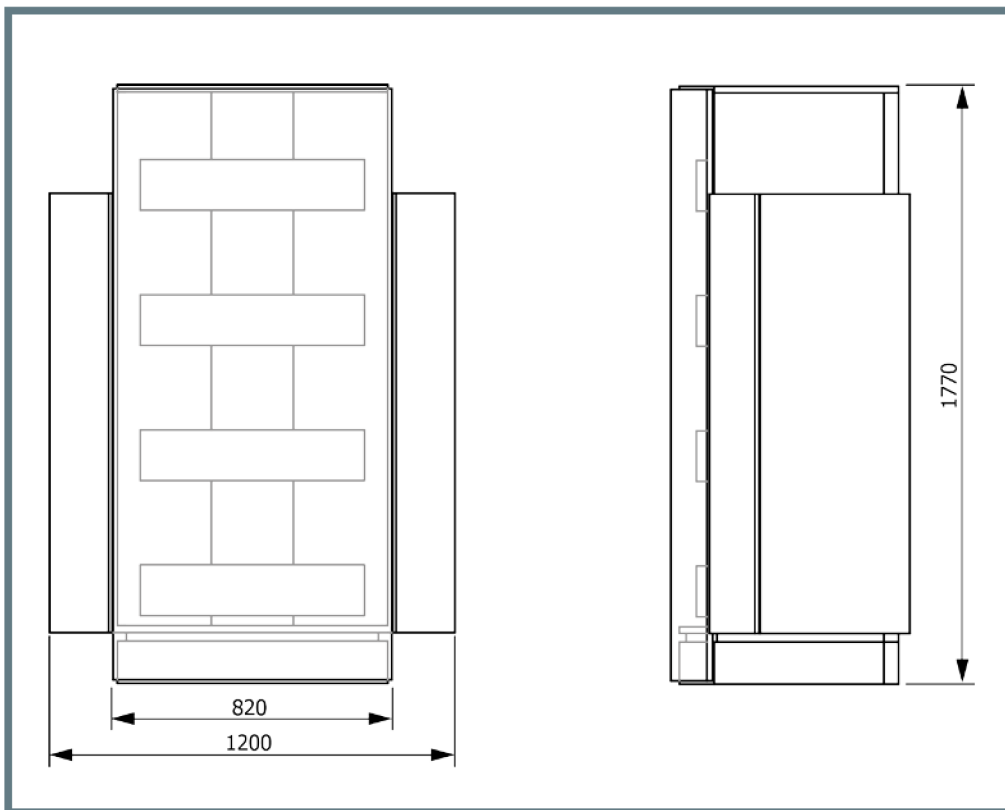
Za úskalí takového konceptu lze považovat nalezení rovnovážného bodu, kde mezi designem, funkcí a vyrobiteľností nedochází ke střetu, a kde nedochází k žádným kompromisům mezi těmito aspekty. Z hlediska designu se konkrétně jedná o nalezení takových proporcí a takového členění hmoty, které zbytečně nekomplikují konstrukci a neomezují obslužitelnost systému. Práce s těmito parametry je však v tomto případě velmi limitována, neboť již základní myšlenka této varianty dovoluje pracovat pouze v rámci objemu výseče válce. Aspekt funkčnosti se týká především vnitřního uspořádání systému - jeho členění na patra a vymezení dostatečně velkého a zároveň přístupného prostoru (směrem z čela systému) pro potřebná zařízení a ovládací prvky. Nároky na vyrobiteľnost se v tomto případě soustředí na složitost a množství ploch tvořící systém - tyto by měly být ideálně co největší a čistě rovinné. Cestou, jak všechny tyto požadavky uspokojit, je zaměřit se na práci s proporcemi celku vůči proporcím menších prvků systému, které by měly vznikat ideálně členěním ploch a ne složitou výstavbou hmoty v prostoru.



Obr. 5-6 Varianta B

5.3.3 Vlastní řešení problému

Řešení těchto problémů vycházelo z rozboru konceptu B a zhodnocení jeho slabín i vhodně řešených partií. Při pohledu na koncept B bylo patrné, že jeho proporce dávají dojem mohutnosti a statičnosti. Jednoduchým řešením by bylo celý systém zvýšit, ale toto zvýšení by bylo nepřijatelné z hlediska ergonomie. Bylo zřejmé, že řešení se skrývá ve vertikálním členění čelní plochy a jejím odsazení - bylo nutné zajistit, aby při pohledu zepředu systém nebyl pouhým obdélníkem. Ideálním se ukázalo být rozdělení na tři vertikální obdélníky - jeden velký se dvěma menšími po stranách. Tyto dva menší obdélníky jsou panely, za nimiž jsou skryty ovladací prvky a přístupové body k jednotlivým zařízením. Hlavní část systému je po vzoru konceptu B horizontálně rozdělena na dvě části. Tímto dělením vzniká podstava a systém je díky ní vizuálně usazena. Oproti konceptu B byl počet pater zvýšen na čtyři a barevné členění bylo odstraněno, neboť jeho funkci ve variantě B zastávají výrazná odsazení a spáry. Problém s přístupem k zařízením byl vyřešen zvětšením celkové přístupové plochy a rozdělením prostoru pro tato zařízení, zatímco složitost systému z hlediska použitých ploch a jejich velikostí zůstala obdobná jako v konceptu B.



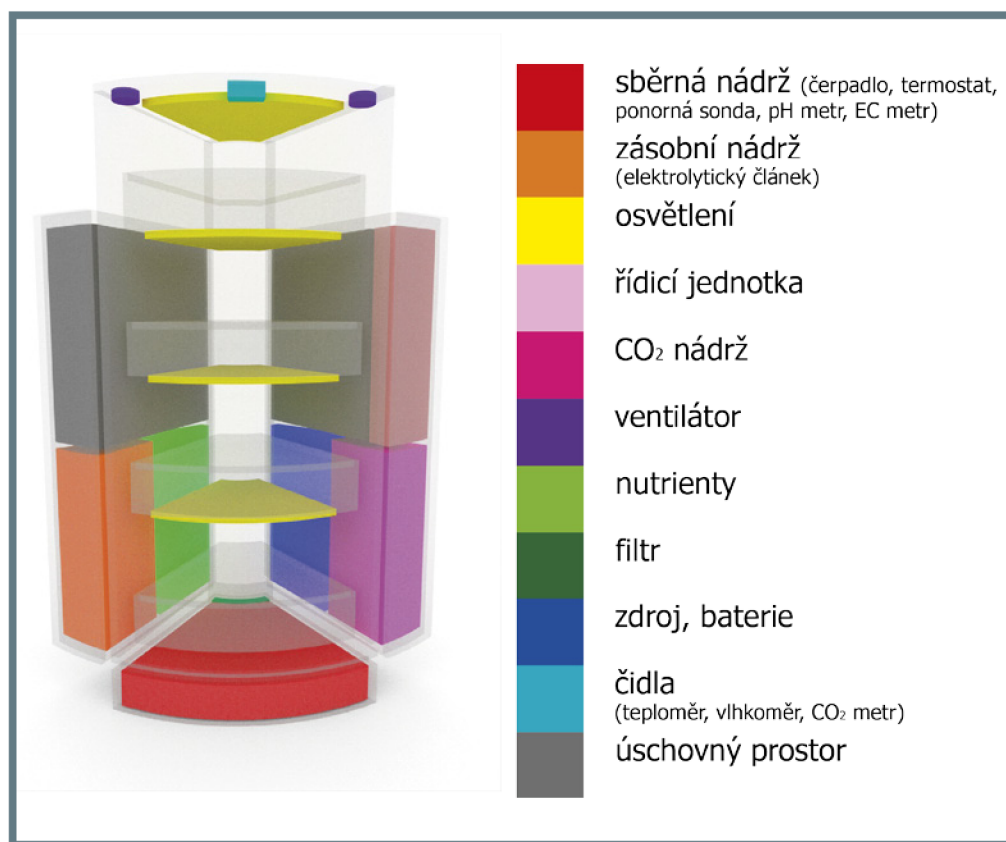
Obr. 5-7 Varianta B, základní rozměry

Varianta B je stejně jako koncept ze kterého vychází čtvrtkruhového půdorysu s hlavním prostorem rozděleným na horizontální patra a s odsazením vytvářejícím podstavu. Design je pojat minimalisticky a využívá čistých geometrických tvarů. Po bocích těla systému jsou vertikálně odsazené prostory pro potřebná zařízení. Tyto prostory jsou vůči středu těla systému posazeny níže, aby podpořily dojem stabilnosti. Při pohledu zepředu jsou patrné vertikální a horizontální obdélníky díky nimž a jejich proporcím

je dosaženo lehkosti a vzdušnosti designu systému. Aby byly tyto vlastnosti designu podpořeny, je celý systém vyveden ve světlé barvě se světle modrým akcentem.

Celé čelo těla systému je kryto průhlednými dvířky, které kryjí i panel, za nímž se skrývá sběrná nádrž, která je vysunutelná pro snadný přístup. Ovladačí prvky jsou ukryty pod neprůhlednými dvířky po bocích systému. Pod těmito dvířky jsou i volný prostor umožňující skladování potřeb používaných při pěstování rostlin (nástroje pro úpravu rostlin, ale i zásoby nutrientů či semena rostlin), zásobníky s nutrieny, hrdlo nádrže s čerstvou vodou a nádoba s oxidem uhličitým. V případě potřeby servisního zásahu do systému by však bylo nutné k zařízením přistoupit po vysazení bočnic systému. Celý systém je vysoký 177 cm a maximální hloubka patra je 60 cm.

Sběrná nádrž s čerpadlem, termostatem, pH metrem, EC metrem a ponornou sondou je umístěna v podstavě systému. Z této nádrže je živný roztok čerpán do čtyř pater s rostlinami. Z pater se roztok vrací do nádrže systémem hadic vedených zadním prostorem systému. Nádrž se stlačeným CO₂, zdroj a baterie jsou umístěny vespod pravého oddělení. Baterie jsou pouze záložním zdrojem napájení pro čerpadlo a řídicí jednotku v případě výpadku elektrického proudu. Nad nimi je řídicí jednotka, ovládání a úložný prostor. Na levé straně je nahoře úložný prostor a dole nádrž s čerstvou vodou a nádoby s živinami. Umělé osvětlení zajišťují LED panely umístěné na stropu systému a vespod jednotlivých pater. V čelním rámu systému, v čele systému, jsou umístěny



Obr. 5-8 Varianta B, uspořádání komponentů

sensory měřící vlastnosti ovzduší - teploměr, vlhkoměr, CO₂ metr a pár ventilátorů, které zajišťují cirkulaci vzduchu v systému i výměnu vzduchu systému s vnějším prostředím.

Varianta B nebyla vybrána ke zpracování jako finální varianta. Jednalo se o nejjednodušší ze všech variant, která nabízela pravděpodobně nejlepší využití prostoru a světla. Tvarem, pojetím a konstrukcí se nejvíce blížila systémům již dostupným a byla by snadná a levná na výrobu. Nevýhodou této varianty byl její omezený potenciál k dalšímu rozvoji designu, který by byl omezen na drobnou hru s proporcemi a malými detaily. Nutnost manipulace s celým zařízením v případě nutnosti zásahu do systému, který je určen pro trvalé umístění do rohu místnosti, pak byla ergonomickým problémem, který by se již těžko řešil. Snad největší výhradou k této variantě byl však fakt, že její design nepřináší nic nového s výhledem do budoucnosti.

5.4 Varianta C

5.4

5.4.1 Výchozí koncept

Varianta C vychází z konceptu s vertikálně umístěnými zářivkami. Design tohoto systému je inspirován Sci-Fi kulturou a využívá diagonál a částí kružnic k vytvoření dynamicky působícího systému vhodného pro umístění do středu místnosti. System je



Obr. 5-9 Koncept C

čtvercového půdorysu se zaoblenými rohy. Dvě sousedící stěny jsou pevné a zevnitř osázené zářivkami tvořícími při pohledu shora čtvrtkruh. Ve středu tohoto čtvrtkruhu, jednom z rohů čtverce, je sloupek na němž jsou upevněna patra, která jsou nakloněna kvůli lepšímu využití světla zářivek. Stěny vycházející ze sloupku jsou částečně prosklené a spolu s patry jsou vůči sloupku otočné. Toto vytočení celé části systému zajišťuje dobrý přístup k rostlinám. Sloupek s patry i panely se zářivkami spočívají na podstavě, ve které jsou umístěny potřebné nádrže a další zařízení.

Tento koncept byl však v této fázi zcela nereálný. Využití prostoru rostlinami bylo velmi slabé, rovnoměrnost osvětlení také a samotný prostor systému by kvůli použitému systému vytáčení bylo velmi obtížné uzavřít. Krom těchto technických problémů byl návrh nesmyslný i z hlediska designu - výhled na rostliny v systému byl příliš omezený kvůli naklonění pater a uživatel by byl oslňován světlem ze zářivek. Dvě zcela neprůhledné stěny, tvořící většinu plochy systému působily moc mohutně a zcela odporovaly myšlence využití zařízení jako centrálního prvku interiéru, který je hodnocen ze všech pohledů, nejen z čelního.

Přesto práce na tomto konceptu dále pokračovaly, neboť v sobě skrýval značný potenciál. Výsledkem této práce je varianta C.

5.4.2 Problematika konceptu

Varianta C navazuje na myšlenku konceptu, ze kterého vychází - má se jednat o hydroponický systém, který nemusí být nutně umístěn v rohu místnosti, nebo u stěny, ale který má potenciál být centrálním prvkem interiéru na který je kladen značný důraz. Tato vize s sebou nese řadu příslibů, ale i mnoho překážek - některé z nich byly patrné již na konceptu C. Pravděpodobně největším příslibem tohoto typu systému je jeho všestrannost - může být umístěn kamkoliv v rámci interiéru - jak na pozici sekundární, jako pouhý doplněk, tak na pozici centrální, kde může přebrat roli dominanty interiéru. S touto dominantní rolí je však spojena celá řada problémů, které je potřeba vyřešit, a které nejsou relevantní při návrhu systémů, které v interiéru zaujímají roli sekundární. Zásadním problémem je navrhnout systém tak, aby nabízel ze všech stran vyrovnaný, zajímavý a nemonotónní vzhled.

Lze konstatovat, že rostliny pěstované uvnitř hydroponických systémů jsou nedílnou součástí jejich designu a měly by být i nejvýraznějším prvkem těchto systémů. Jestliže je systém hodnocen a pozorován ze všech stran, měly by být tedy i rostliny viditelné z každého pohledu. Vzhledem k množství zařízení, která jsou v hydroponických systémech umístěna, a objemu, který v něm zaujímají, je zajištění viditelnosti rostlin ze všech stran obtížným úkolem. V případě umístění všech zařízení do podstavce, či na samotný vršek systému, by sice bylo možné eliminovat většinu materiálu blokujícího výhled dovnitř systému, ale samotný prostor pro rostliny by byl omezen na maximálně dvě patra a systém by již nesplňoval vytyčené cíle týkající se využití energie a prostoru.

Dalším problémem při navrhování tohoto systému se stala práce s hmotou a tvarem zařízení tak, aby nepůsobilo ze všech stran stejně a bylo alespoň trochu dynamické. Bylo zřejmé, že je do návrhu nutné zavést jistou asymetrii a zaměřit se na využití kontrastu nejen mezi použitými tvary, ale i objemy. V neposlední řadě bylo nutné zaměřit

se na uložení zařízení v systému tak, aby byla snadno dostupná, a aby přístupová místa k nim nenarušovala celistvost a jednoduchost designu.

5.4.3 Vlastní řešení problému

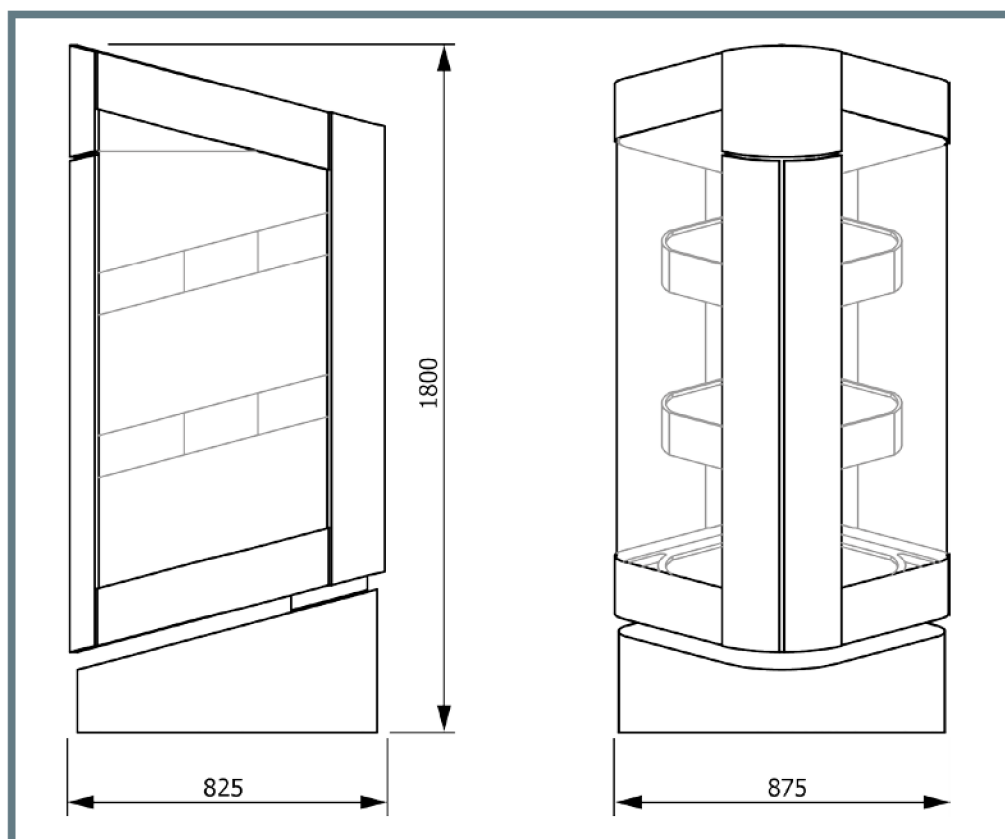


Obr. 5-10 Varianta C

Problém výhledu dovnitř systému byl vyřešen kompromisem mezi zmíněnými možnostmi - část zařízení je umístěna v podstavci systému, menší část ve vertikální příčce spojující spodek systému s vrškem a další zařízení byla umístěna do svrchní části zařízení. Výsledkem se stal třípatrový systém umožňující výhled dovnitř ze všech úhlů pohledu. Aby systém zabízel ze všech stran trochu odlišný pohled, byl systém ve spodní části rozdělen výraznou diagonální linií, která se pod opačným úhlem opakuje na vrchní hraně systému. Tyto proti sobě běžící diagonály dávají celému systému směrovost, dynamizují ho a zajišťují, že linie tvořící jednotlivé díly s úhlem pohledu

mění svoji polohu. Tyto změny, včetně sklonění pater opačným směrem v porovnání s konceptem C a odstranění funkce vytáčení a jejího nahrazení obyčejnými dvířky, odstranily nedostatky konceptu C.

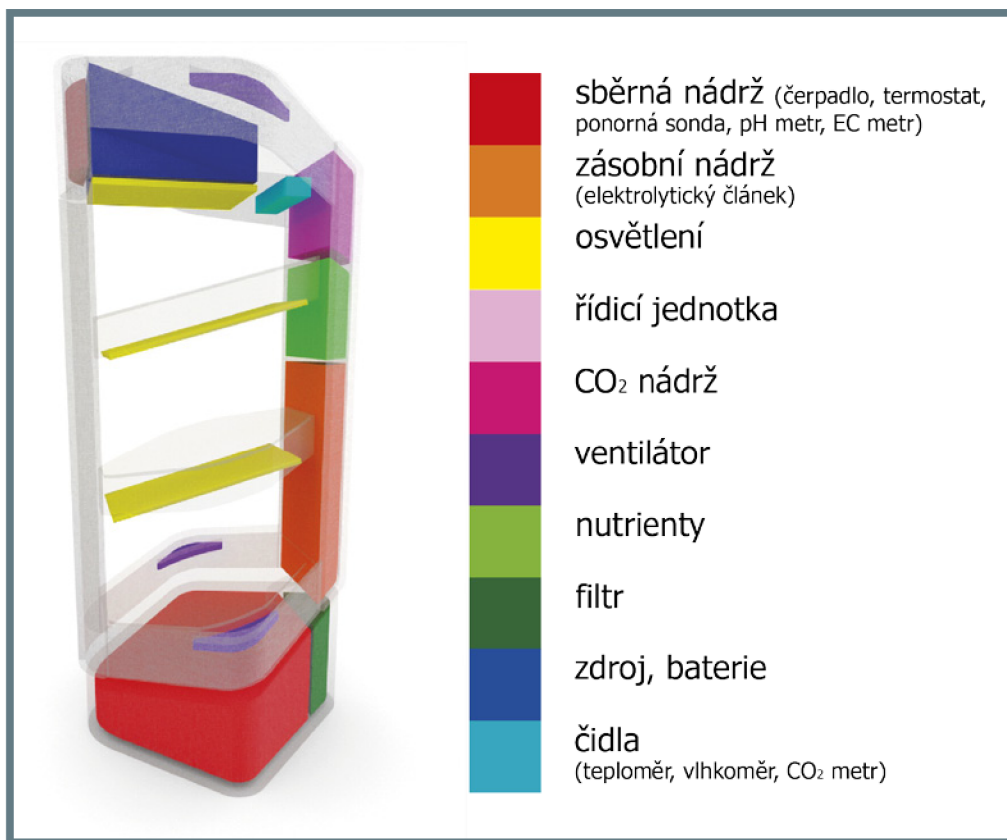
Varianta C je vizuálně rozdělena odsazením pomocí krčku na dva základní díly. Spodní díl půdorysu čtverce se zaoblenými rohy slouží jako základna a je velmi prostého tvaru, sešlzlá pod úhlem 15° . V nejvýše položeném rohu je umístěn krček na kterém stojí vrchní část zařízení, která je tvořena spodním a vrchním rámem, které jsou spojeny příčkami v protilehlých rozích. Vnitřek tohoto segmentu je patry rozdělen na tři části. Sklon pater odpovídá sklonu spodního rámu. V rámci celého návrhu jsou použity pouze vertikální přímky, přímky jdoucí pod sklonem 15° nebo -15° a části kružnic. Díky zmíněným diagonálám je celý tvar dynamizován a uveden do jistého napětí či kontrastu, které jsou dány použitím oněch opačných úhlů. Vnitřek a vnějšek systému jsou postaveny do kontrastu použitím černé a bílé barvy, které jsou zároveň aplikovány tak, aby horní, objemem dominantní, část systému nepůsobila příliš mohutně.



Obr. 5-11 Varianta C, základní rozměry

Z hlediska ergonomie bylo dbáno především na zajištění snadného přístupu k rostlinám a zařízením. Systém je vysoký 180 cm a tedy je možné ve stoje dosáhnout i do nejvzdálenější části horního patra. Přístup k nejvzdálenějším místům pater je ulehčen i jejich nakloněním. Na čelní straně zařízení je na vrchním panelu umístěn dotykový displej zobrazující informace o systému a umožňující jeho řízení a nastavení. Všechna zařízení v systému jsou umístěna pod sňímatelnými panely.

V základně je umístěna již zmíněná sběrná nádrž s čerpadlem, termostatem, pH mětrem, EC metrem a ponornou sondou. Z této nádrže je čerpán roztok do jednotlivých pater vedením uloženým v zadní příčce zařízení. Z pater se roztok do nádrže vrací vedením v čelní příčce. V zadní příčce je dostatek prostoru pro uložení sekundární nádrže s čerstvou vodou, zásobníků s nutrienty a nádoby s CO_2 . Na spodní straně každého patra jsou připevněny LED panely a na stropě vnitřku systému jsou umístěna čidla měřící vlastnosti ovzduší - teploměr, vlhkoměr, CO_2 metr. Aby tato čidla měřila správně, a aby byly vlastnosti ovzduší v rámci celého systému konstantní, je vzduch uvnitř cirkulován sadou ventilátorů. Všechna aktivní zařízení jsou propojena s řídicí jednotkou umístěnou za displejem zařízení v čelní části systému. Zdroj a baterie zajišťující chod systému v případě výpadku elektrického proudu jsou umístěny ve svrchním segmentu zařízení.



Obr. 5-12 Varianta C, uspořádání komponentů

Varianta C byla vybrána k vypracování do finální podoby z několika důvodů. Jednalo se o pravděpodobněji nejodvážnější z návrhů, který posunul design ze všech variant nejdále aniž by tím trpěly další aspekty řešení jako jsou ergonomie, využití prostoru a především náročnost na technologii výroby a montáž. Tento velmi jednoduchý a jasně čitelný návrh měl však stále některé nedostatky - výhled do systému nebyl zcela dostatečný a tvarové řešení dvířek nebylo v souladu se zbytkem systému. Po dalším zhodnocení bylo patrné, že prostor vyhraněný pro sekundární nádrž by byl nedostatečný, zatímco v horní části systému bylo prostoru nadbytek. I samotné proporce systému nebyly zcela vyvážené.

6 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Finální řešení vzniklo evolucí varianty C. Myšlenky a rozhodnutí, které vedly k tomuto řešení jsou popsány v předešlé kapitole.



Obr. 6-1 Finální řešení

7 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální varianta designu se od varianty C, ze které vychází, liší pouze několika upravenými proporcemi a detaily. Tyto úpravy byly provedeny s cílem dále rozvinout a podpořit vlastnosti, které měl návrh z hlediska vzhledu splnit, a které byly definovány již při práci na prvním konceptu, ze kterého tento návrh vychází. Vlastnostmi nadřazenými těm aspektům, které souvisejí s konkrétním konceptem, jsou funkce a minimalismus. Aby tyto byly splněny, výsledný návrh se musel vyhnout dekoru, přílišné komplikovanosti a všechna rozhodnutí týkající se tvaru a velikosti musela být učiněna ne na základě pocitu či od oka, ale na základě racionálního úsudku. Další vlastnosti designu, vyplývající z konkrétního konceptu - systému vhodného jako centrální prvek interiéru - měly vliv především na práci s hmotou v prostoru, na proporce systému a jeho členění. Těmito vlastnostmi jsou zajištěny maximální výhled na rostliny v systému, vícehledovost a dynamičnost.

7.1 Proporce

Základní proporce a velikost systému odpovídají požadavkům vyplývajícím z jeho umístění v interiéru a potřeby s ním v rámci interiéru manipulovat. Výška systému - 190 cm - zajišťuje, že je systém možné pronést dveřmi standardní velikosti a umožňuje snadnou obsluhu systému stojícím člověkem. Šířka systému - 74 cm - je maximální možnou šířkou, která splňuje požadavky na zachování oku příjemných proporcí a na snadnou manipulaci nejen se systémem samotným, ale i s rostlinami v něm pěstovanými. Toto vertikální uspořádání se také ukázalo být ideálním z hlediska využití prostoru uvnitř systému. Půdorys čtverce byl zvolen, neboť na rozdíl od kružnice nabízí z každého úhlu jiný pohled, je více kontrastní a nabízí více možností k dalším úpravám. Další výhodou čtvercového půdorysu je samozřejmě lepší využití prostoru tímto tvarem (většina potenciálních uživatelů tohoto systému žije v místnostech se stěnami svírajícími úhel 90°, které jsou zaplněny nábytkem taktéž většinou přizpůsobeným tomuto tvaru) i nepoměrně snazší práce s uložením komponent v takovém tvaru.



Obr. 7-1 Pohled shora

7.2 Tvar

Samotný kvádr takových rozměrů by však působil příliš mohutně, staticky a tvrdě. Aby systém působil dynamicky, bylo využito diagonálních linií, které jsou využity nejen pro vymezení jeho obrysu, ale i k jeho členění. Úhel těchto diagonál vůči vodorovné rovině je 15° . Tento úhel byl zvolen jako finální z několika důvodů - větší úhly způsobovaly, že systém vypadal příliš ostře, agresivně a nestabilně a navíc kvůli nim trpělo i samotné využití prostoru uvnitř systému jak rostlinami, tak veškerými zařízeními. Menší úhly pak působily příliš staticky a mohly být zaměněny spíše za nerovnosti a chybu návrhu, neboť nebyly příliš výrazné a kontrastní vůči horizontálním liniím. Tento úhel, vertikální linie, horizontální linie a části kružnic jsou jedinými prvky použitými pro výstavbu systému - jedná se tedy o velmi geometrický a systematický přístup k návrhu designu. Pod tímto úhlem je seříznut vršek systému a je jím systém rozdělen na dva segmenty. Toto členění má význam funkční, neboť rozděluje systém na podstavu se sběrnou nádrží a na tělo s rostlinami, i význam vizuální, kdy jasně definuje spodek zařízení, které je tím usazeno a stabilizováno. Aby vrchní segment nepůsobil nestabilním dojmem (pocit sesunutí), je úhel členění opačného směru oproti úhlu seříznutí vršku systému. Aby bylo členění zřejmější a výraznější, jsou segmenty o několik centimetrů vertikálně odsazeny.



Obr. 7-2 Pohled zepředu, z boku a zezadu

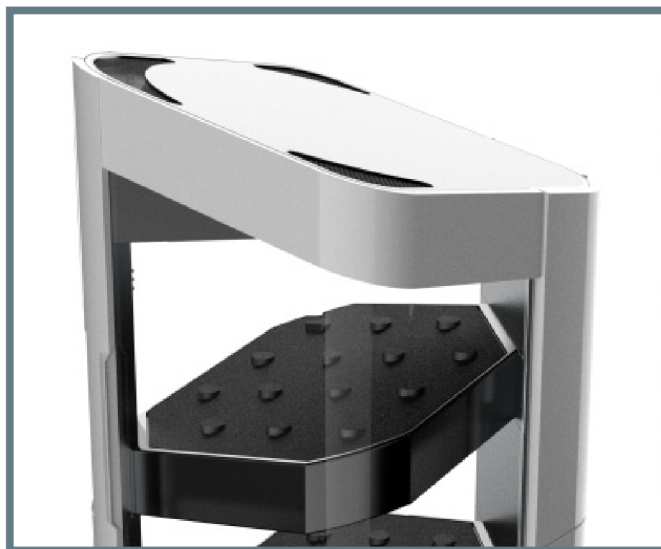
Vnější vertikální hrany systému jsou zaobleny proto, aby systém nepůsobil tvrdě. V kombinaci se zmíněnými diagonálami vytváří tato zaoblení při pohledech z různých směrů výrazné a dynamicky se měnící křivky, které dávají systému jasný a konkrétní výraz. Radiusy těchto zaoblení nejsou ve všech hranách identické. Přestože má tato asymetrie význam z hlediska vzhledu, kterým je zvýšení dynamičnosti a zajištění již zmíněné vícehledovosti, vychází především z požadavků technologických. Radiusy na bocích systému jsou nejmenší aby byl maximalizován vnitřní prostor systému urč-

ný pro rostliny. Radius zadní hrany je menší než té přední, aby mohla být sekundární nádrž s vodou zde umístěná co největšího objemu. Na čelní hraně je radius největší, neboť je zde umístěn rovinný dotykový display, který by v případě vsazení do menšího radiusu působil rušivě a v této oblasti by docházelo k výraznému konfliktu tvarů a geometrie.



Obr. 7-3 Radiusy vertikálních hran

Aby systém působil vzdušně a umožňoval výhled na rostliny, je z velké části prosklen. Velikost prosklení je omezena dvěma sloupky, které zajišťují tuhost systému a ve kterých jsou umístěny rozvody roztoku a display v případě čelního sloupku, a sekundární nádrž a zásobníky s nutrienty v zadním sloupku. Tyto sloupky ohraničují společně s horním a spodním rámem oblast prosklení. Šířky horního a spodního rámu jsou



Obr. 7-4 Vrchní rám dvířek

identické a jsou dány tloušťkou spodního patra a svrchního prostoru vyčleněného pro zdroj, záložní baterii, nádobu s CO₂ a řídicí jednotku. Šířka čelního rámu je větší nejen z důvodu rozměru sloupku za ním schovaným, ale i z důvodu vytvoření dojmu stability a pevnosti celého systému. Zadní panel systému je největší souvislou neprůhlednou plochou na celém zařízení. Její plochu nebylo z technických důvodů možné redukovat. Přesto pomáhá definovat směrnost systému a je dalším kontrastním a vizuálně zpevňujícím prvkem.

Interiér systému je rozdělen patry na tři úrovně. Patra jsou skloněna pod úhlem 15° nejen proto, že tento úhel je charakteristickým procelý návrh, ale i proto, že toto naklonění zajišťuje rychlý odvod kondenzovaného roztoku z jednotlivých pater. Patra jsou stejného půdorysu, jako je celý systém, ale jsou odsazena tak, aby mezi nimi a dveřmi systému byla dostatečné mezery umožňující dostatečné proudění vzduchu, které je zajištěno ventilátory v bočních rozích zařízení. Interiéru se týká i nejproblematictější oblast celého návrhu, kterou se nepodařilo ani ve finální variantě zcela ideálně vyřešit. Jedná se o prostor mezi vrchním patrem a stropem systému, kde proti sobě běží dvě zrcadlově symetrické plochy. Tato asymetrie způsobuje, že prostor v jednotlivých patrech není identický, a že ani světelné podmínky v horním patře neodpovídají těm v patrech nižších. Otázkou však zůstává, zda se opravdu jedná o problém. Rovnoměrnost intenzity osvětlení lze v tomto případě odlišné geometrie prostoru zajistit vhodně zvoleným počtem LED diod v horním patře či intenzitou jejich svitu; a různá výška prostoru pro rostliny (odchylka do 20% v extrémech) není při smíšené sazbě podstatná.



Obr. 7-5 Vnitřní prostor systému

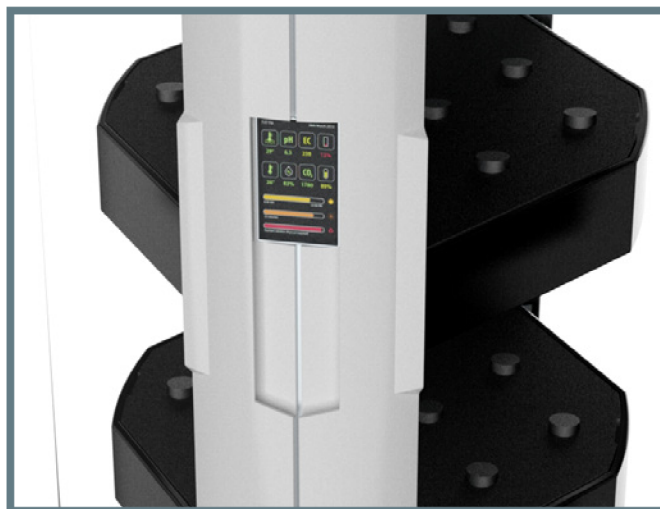
7.3 Detaily

System je umístěn na kolečkách, která systém odsazují od podloží a tím jen nadlehčují. Podstava je členěna výraznými vertikálními spárami podél bočních hran. Tyto spáry jasně vyznačují výsuvné panely a pomáhají ozvláštnit jinak jednolitý objem podstavy. Na zadním panelu je jasně patrný prolis, který slouží jako madlo pro jeho vysunutí. Prolis, jehož horní okraj tvarem odpovídá radiusu horní hrany nad ním, je umístěn pod horní hranou podstavy, čímž je jasně definován směr, kterým se panel vysouvá.



Obr. 7-6 Detail podstavy

Spára mezi dvířky systému je úmyslně výrazná, aby pod ní pronikal lesklý hliníkový povrch sloupku, a aby bylo zřejmé, kde se systém otvírá. V necelých dvou třetinách výšky se spára zdánlivě rozdvouje a dává vzniknout lichoběžníkovému poli, které svým okrajem vymezuje madla a oblast displeje. Toto pole rozděluje tělo systému při-



Obr. 7-7 Madla dvířek, display

bližně v poměru zlatého řezu a i ono samotné je ve stejném poměru rozděleno na část madla a část displeje. Spodek pole je z čelního pohledu zarovnán ke spodku vrchního patra systému a úhel zkosení jeho spodního okraje odpovídá úhlu typickému pro tento návrh - patnácti stupňům.

Zadní panel systému je přesně v polovině horizontálně rozdělen. Poloha dělení, přesně v polovině, a tedy na dvě totožné poloviny, je výhodná z hlediska výroby a ergonomie. Horizontální směr dělení má v tomto případě oproti vertikálnímu dělení dvě výhody - toto dělení více odpovídá uložení komponentů za těmito panely a rozděljuje zadní plochu zařízení na dvě proporčně vyrovnané části (při vertikálním rozdělení byla zadní část systému až příliš vertikálně členěná a to na díly, které si byly příliš podobné a proporcemi nevyrovnané). Na krajích panelů jsou, stejně jako v případě zadního panelu na podstavě, prolisy, které svojí polohou jasně definují směr vysunování příslušných panelů.



Obr. 7-8 Zadní panely - detail

8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

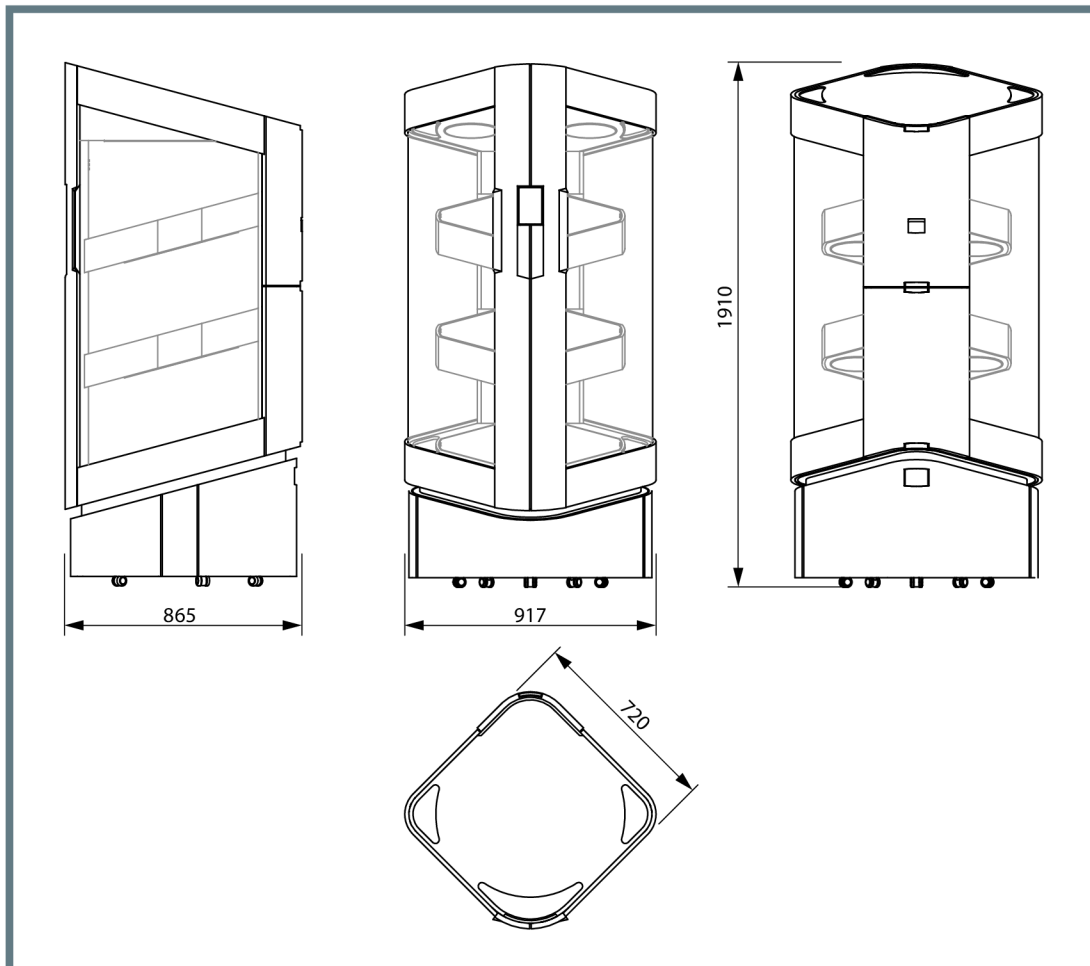
8

Technická analýza řešeršní části této práce byla zaměřena na zmapování možností technického zabezpečení správné funkčnosti komplexních hydroponických systémů. Tato analýza objasnila nejen které procesy probíhající v hydroponických systémech je nutné řídit, ale i které parametry hydroponických systémů jsou s těmito procesy spjaty. V řešeršní části této práce jsou také zmíněny technologické možnosti, jak tento systém provázaných procesů a parametrů řídit a udržovat. Nicméně, vzhledem k tomu, že základní parametry navrhovaného systému byly definovány již na počátku práce, jsou v analytické části zmíněny pouze ta řešení, která jsou v rámci tohoto návrhu aplikovatelná.

8.1 Rozsah funkcí systému

8.1

Nejen design zařízení, ale i jeho technické a konstrukční zpracování, vychází z jeho funkce. Aby bylo možné navrhnout konkrétní řešení, bylo nutné v první řadě přesně definovat rozsah funkcí navrhovaného systému, a v kroku druhém vybrat taková technická řešení, která jsou jako celek schopna tyto funkce zajistit.



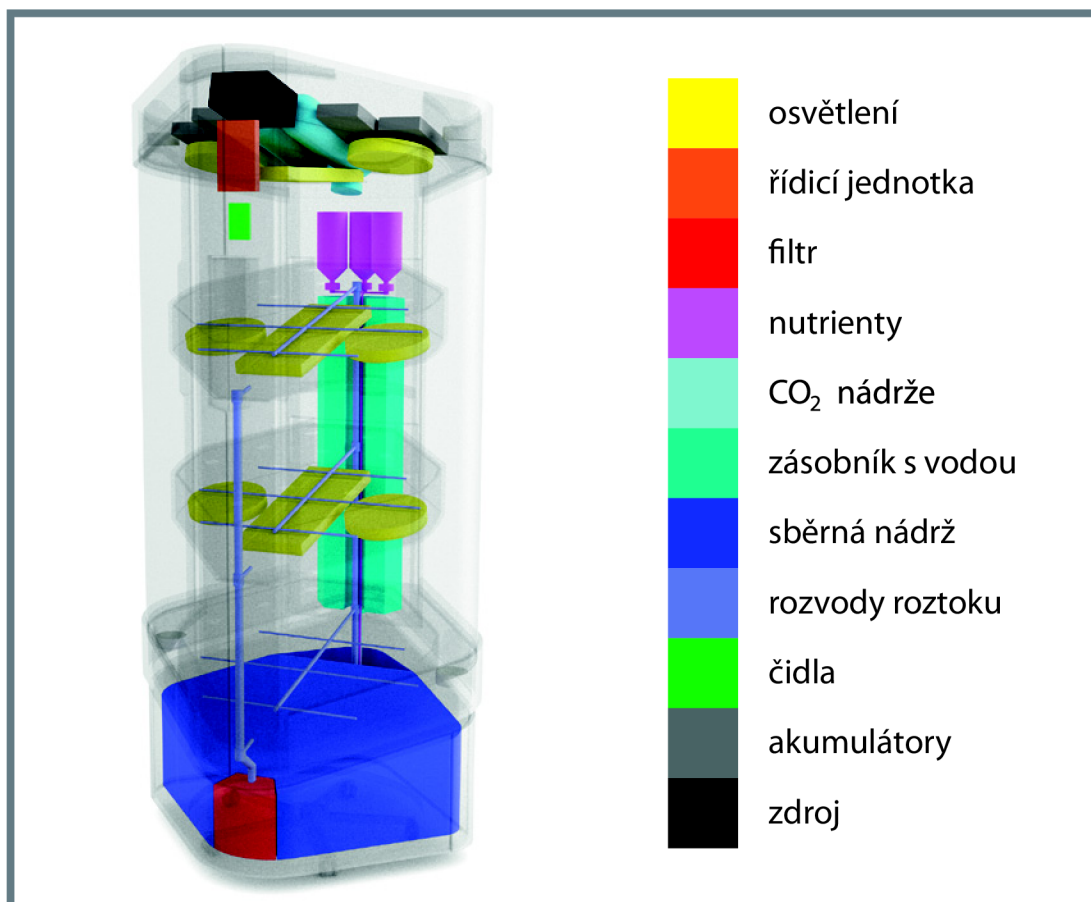
Obr. 8-1 Základní rozměry systému [mm]

Navrhovaný systém zajišťuje tyto funkce:

Zavlažování
Úprava pH živného roztoku
Doplňování živin do roztoku
Udržování konstantního objemu roztoku v systému
Úprava teploty roztoku
Filtrace roztoku
Okysličování roztoku
Dosycování vzduchu v systému oxidem uhličitým
Úprava teploty vzduchu
Úprava relativní vlhkosti vzduchu
Zajištění umělého osvětlení
Ochrana proti výpadku elektrického proudu

8.2 Jednotlivé funkce systému a zařízení je zajišťující

Většinu funkcí hydroponického systému lze zajistit několika způsoby. Účinnost konkrétních způsobů řešení závisí na kontextu, v jakém jsou použity. Některá řešení mohou být vhodná do velkých systémů, některá do menších, a některá není vhodné použít v kombinaci s jinými.



Obr. 8-2 Umístění komponentů v systému

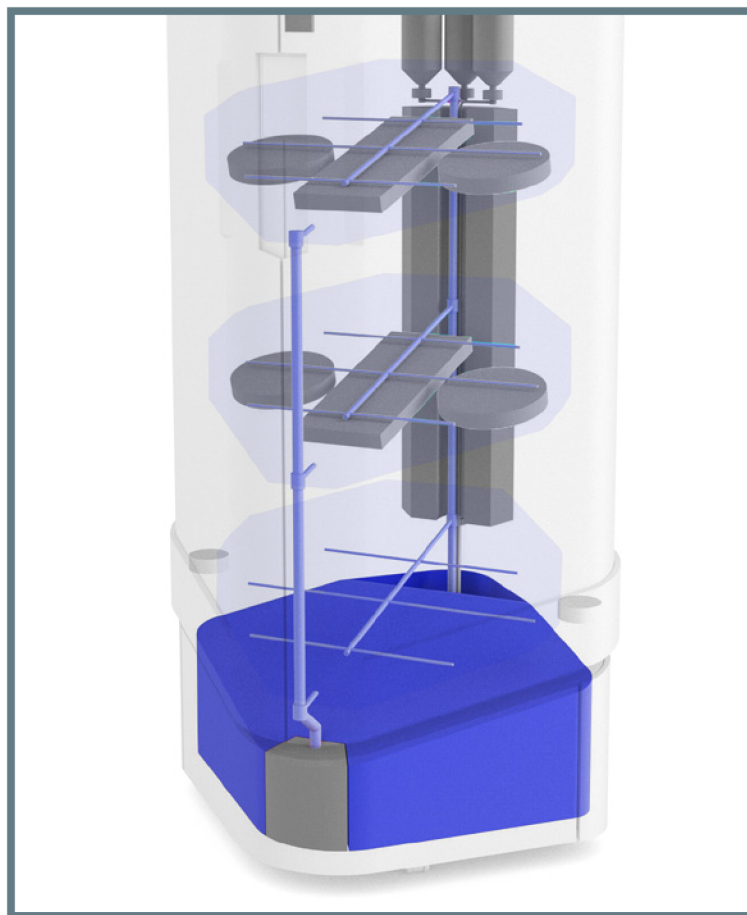
8.2.1 Zavlažování

Jako způsob zavlažování rostlin v navrhovaném systému byla zvolena aeroponie. Důvodem pro její výběr byly závěry rešeršní činnosti, které prokázaly, že se jedná o způsob zavlažování podporující nejrychlejší růst rostlin, který udržuje prostředí kořenů rostlin nejčistší, umožňuje vynechání substrátu a zajišťuje maximální provzdušnění roztoku, který tedy není nutné dále okysličovat.

Dalším důvodem k výběru aeroponie, který se vztahuje k samotnému návrhu, je nízká spotřeba vody a dobré využití nutrientů při použití této technologie zavlažování. Tyto vlastnosti umožňují zmenšit objem sběrné nádrže i sekundární nádrže, čímž dávají větší prostor designu a nepřímo zlepšují ergonomii systému (frekvence zásahů uživatelem do systému, provozní náklady).

8.2.2 Rozprašovače a komora s kořeny

Živný roztok je do sady rozprašovačů, ve třech patrech systému, čerpán čerpadlem ze sběrné nádrže. Prostor s kořeny a rozprašovači je, aby nedocházelo k vypařování vody, vodotěsný. Stonky rostlin jsou těsně nad jejich kořeny vloženy do neoprenových špunťů, které jsou vsunuty do otvorů v panelech, které po přiklopení na jednotlivá patra prostor utěsní svou vlastní vahou.



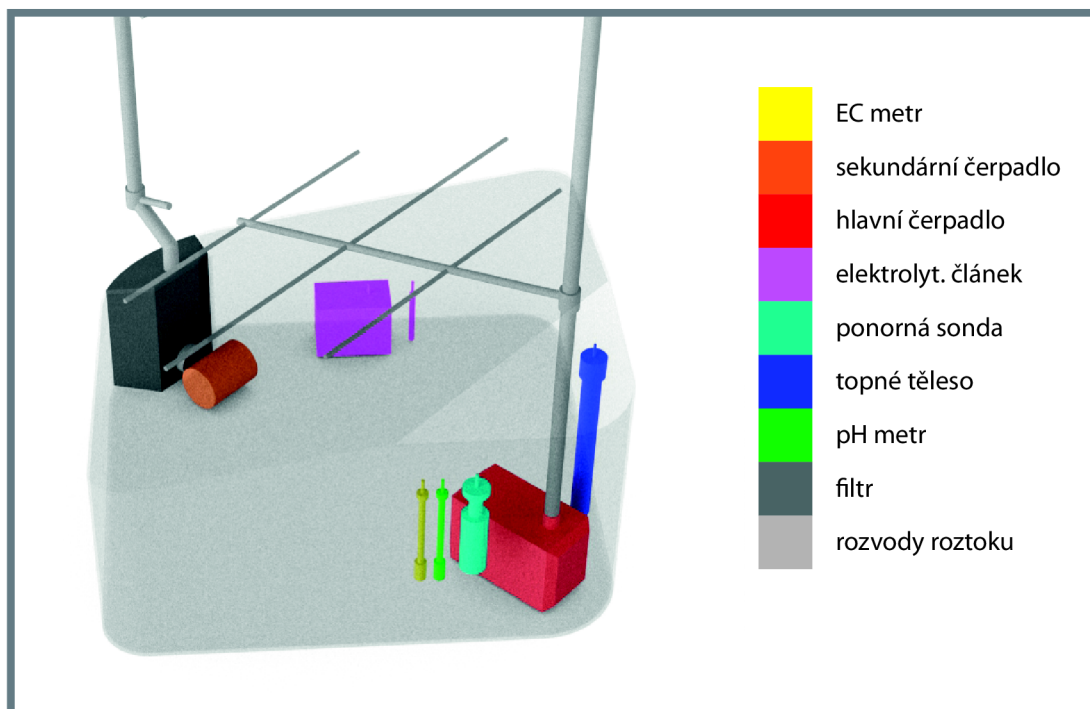
Obr. 8-3 Rozvody roztoku v systému, světle modrou je vyznačen zavlažovaný prostor

8.2.3 Přívod roztoku k rozprašovačům a jeho odvod z komory

Roztok je k rozprašovačům dopravován trubicí v zadním sloupku systému, která je napojena na čerpadlo umístěné ve sběrné nádrži. Tyto trubice jsou přístupné po vysazení zásobníku s čerstvou vodou, která je kryje. Nevyužitý roztok v komoře s kořeny kondenzuje a stéká trubicí v čelním sloupku systému zpět do sběrné nádrže. Přístup k této trubicí je přímo pod čelním panelem čelního sloupku. Před vrácením do sběrné nádrže roztok prochází filtrem. Toto stékání je urychleno nakloněním pater systému.

8.2.4 Sběrná nádrž

Je umístěna v podstavě systému. Je zamezeno přístupu světla k ní, aby zde nedocházelo k množení řas a bakterií a je v ní shraňován a upravován živný roztok. Dochází v ní k úpravě pH roztoku a úpravě teploty roztoku. Je v ní umístěno čerpadlo čerpající roztok do pater (příkon 30W), menší čerpadlo míchající roztok (příkon do 10W), topné těleso, pH metr, EC metr, elektrolytický článek a ponorná sonda. Všechna tato zařízení jsou propojena s řídicí jednotkou, která vyhodnocuje data jimi nasbíraná (teplota, pH, vodivost roztoku, hladina vody), popřípadě řídí jejich chod (nastavení topného tělesa, čerpacího cyklu a spuštění elektrolytického článku). Objem sběrné nádrže je 90 litrů, nicméně přibližně 5 litrů jejího objemu je využito již zmíněnými zařízeními a dalších přibližně 10 litrů je kvůli ergonomii a geometrii nádrže rezervováno pro vzduch. Krom roztoku cirkulujícího systémem jsou do sběrné nádrže připouštěny nutrienty a čerstvá voda ze zásobníku čerstvé vody. Nádrž je přístupná po odsunutí zadního panelu podstavu a je celá vysunutelná ze systému po jeho vypnutí a odpojení od rozvodů roztoku.



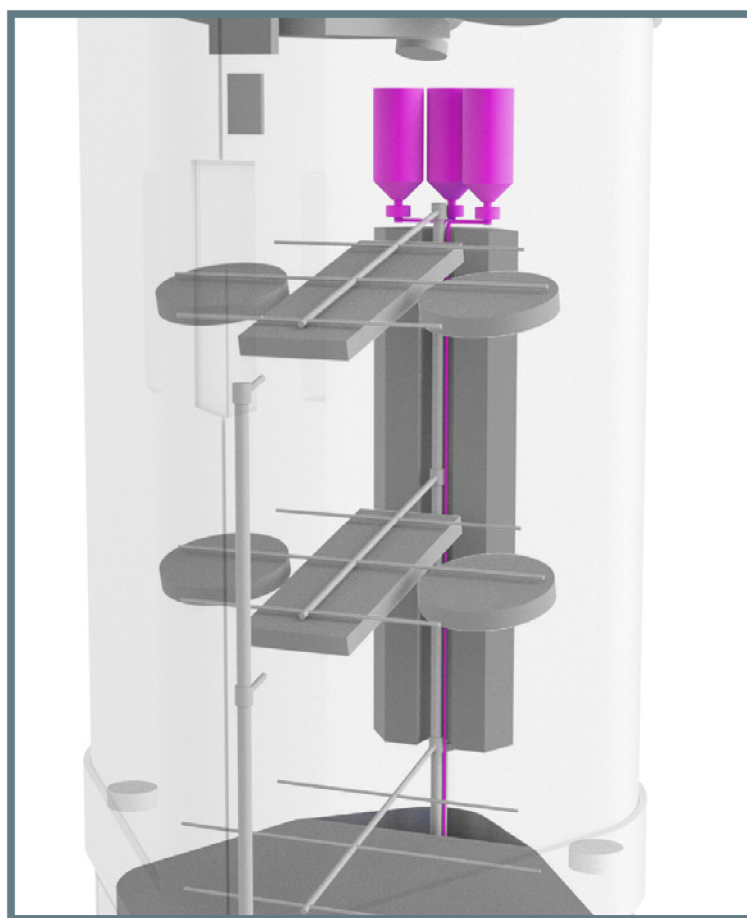
Obr. 8-4 Sběrná nádrž

8.2.5 Úprava pH živného roztoku

K úpravě pH živného roztoku slouží elektrolytický článek umístěný ve sběrné nádrži. Článek je spouštěn řídicí jednotkou na základě periodického vyhodnocování pH roztoku pH metrem umístěným také ve sběrné nádrži. Aby bylo pH živného roztoku konstantní a aby jeho úprava byla přesná, je roztok ve sběrné nádrži míchán zmíněným menším čerpadlem. Dle analýzy této problematiky je možné článek umístit do přívodu vody do systému (v tomto případě zásobníku s čerstvou vodou), do sběrné nádrže, nebo kamkoliv do rozvodu roztoku. Umístění do sběrné nádrže bylo zvoleno, neboť v rozvodech roztoku by pro elektrolytický článek nebylo dostatek prostoru a umístění v zásobníku by příliš omezilo jeho objem, vynutilo použití druhého pH metru v zásobníku a vedlo ke zvýšené spotřebě čerstvé vody (vždy by bylo nutné upravit pH veškeré vody v zásobníku - počet takovýchto úprav je omezený [7]). Další výhodou tohoto umístění, jak bylo zmíněno v rešeršní části práce, je možnost využití elektrolytického článku k desinfekci roztoku.

8.2.6 Doplnění živin do roztoku

V zadním sloupku systému, nad zásobníkem čerstvé vody, jsou umístěny nádrčky s nutrienty v kapalné formě. Na základě měření vodivosti živného roztoku EC metrem ve sběrné nádrži jsou jednotlivé složky nutrientů periodicky do sběrné nádrže dopouštěny. Přesnost dopouštění je zajištěna použitím elektromagnetických ventilů. Množství

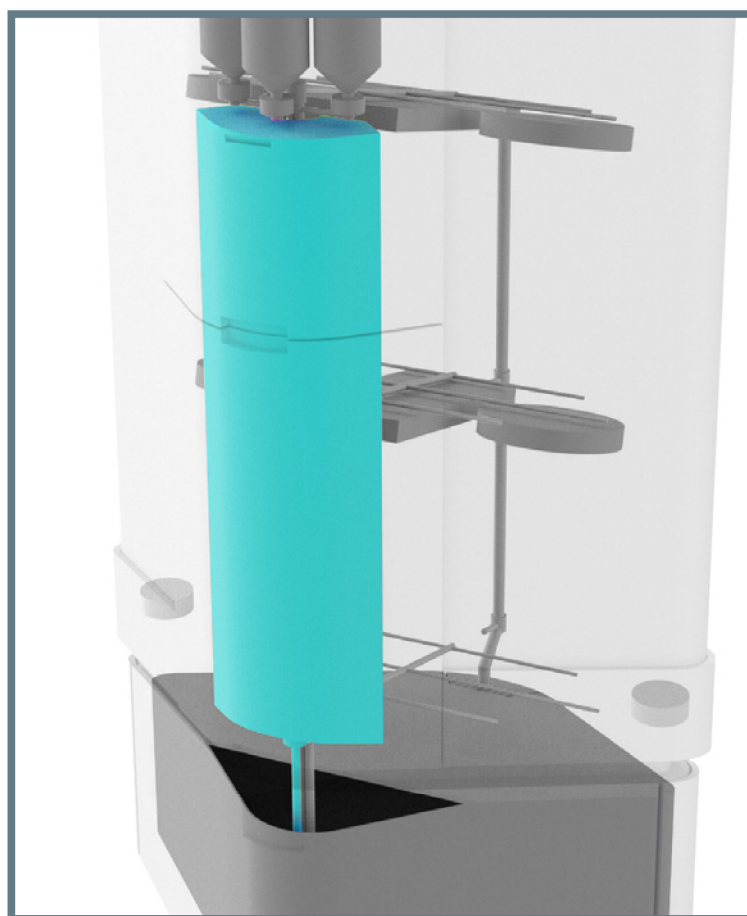


Obr. 8-5 Zásobníky s nutrienty a kanál, kterým jsou nutrienty vedeny do sběrné nádrže

jednotlivých složek je vypočítáváno řídicí jednotkou na základě výpočtu založeného na znalosti změny vodivosti roztoku mezi měřeními, změně objemu roztoku v systému od předchozího měření (dopočítáváno z výšky vodního sloupce v nádrži naměřeného ponornou sondou) a dle vzorců využití jednotlivých nutrientů rostlinami. Tyto tabulky využití nutrientů jsou součástí softwarové databáze programu řídicího systém a jsou interpretovány na základě parametrů zadaných uživatelem (druh osázených rostlin) a dalších parametrů systému (délka umělého osvětlovacího cyklu, relativní vlhkost vzduchu, teplota vzduchu atd.). Nádobky s nutrienty jsou přístupné po sejmutí vrchního panelu v zadní části zařízení.

8.2.7 Udržování konstantního objemu roztoku v systému

Aby nemusel uživatel ručně každý den, či dle potřeby, doplňovat čerstvou vodu do systému, je čerstvá voda do sběrné nádrže doplňována automaticky ze zásobníku čerstvé vody v zadním sloupku zařízení. V zásobníku je umístěna ponorná sonda měřící hladinu vody v zásobníku. Díky tomuto měření zobrazuje systém na displeji množství zbylé vody v zásobníku a upozorňuje uživatele na potřebu jejího doplnění. Čerstvá voda je do sběrné nádrže dopouštěna přes elektromagnetický ventil. Objem zásobníku je přibližně 15 litrů, které by měly dostačovat na dobu dvou týdnů. Zásobník je přístupný po sejmutí zadních panelů systému a je možné do něj doplňovat vodu po vyklopení zátky v horním panelu.



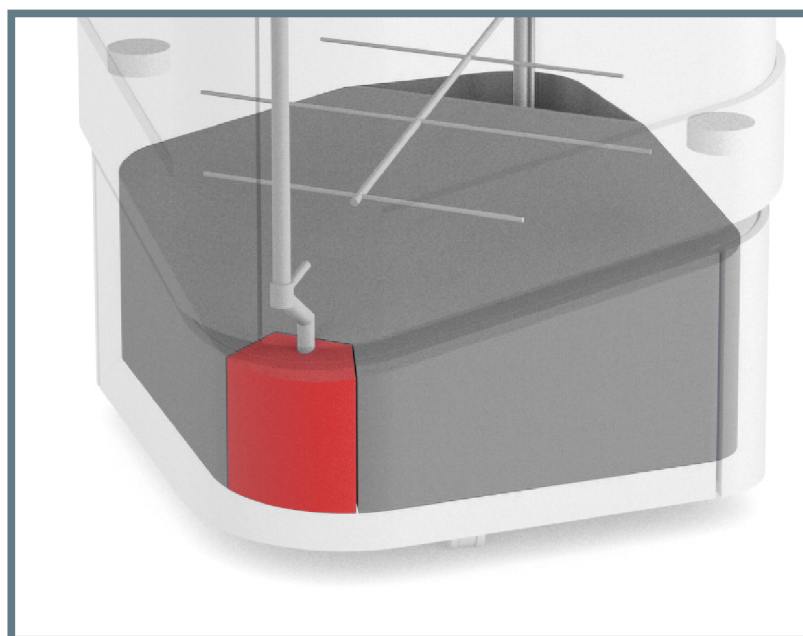
Obr. 8-6 Zásobník s čerstvou vodou a jeho propojení se sběrnou nádrží

8.2.8 Úprava teploty roztoku

Teplota roztoku je upravována topným tělesem ve sběrné nádrži. Nastavit cílovou teplotu je možné ručně, ale systém bude vždy automaticky udržovat teplotu roztoku vyšší, než je aktuální teplota vzduchu v systému. Výkon tělesa, aby spolehlivě a dostatečně rychle ohřívalo roztok v systému (75l), je 100W.

8.2.9 Filtrace roztoku

Roztok v systému je částečně desinfikován díky elektrolytickému článku ve sběrné nádrži. Další odstraňování škodlivých látek z roztoku a filtrace mechanických nečistot (části uhynulých kořenů) probíhá v mechanickém filtru v ústí svodu roztoku do sběrné nádrže. Mechanický filtr byl zvolen z finančních důvodů a díky své spolehlivosti - přestože UV záření, polopropustné membrány a ozon jsou metody účinnější, nejsou pro menší domácí systémy ekonomicky viabilní. Filtr je dostupný po vysunutí čelního panelu podstavy a je možné jej vyjmout po přerušení zavlažovacího cyklu a uzavření propusti sběrné nádrže.



Obr. 8-7 Detail umístění filtru a jeho napojení na svod živného roztoku

8.2.10 Okysličování roztoku

Roztok je okysličován při rozprašování rozprašovači a tedy není nutné použití například vzduchovacích kamenů a kompresoru ve sběrné nádrži.

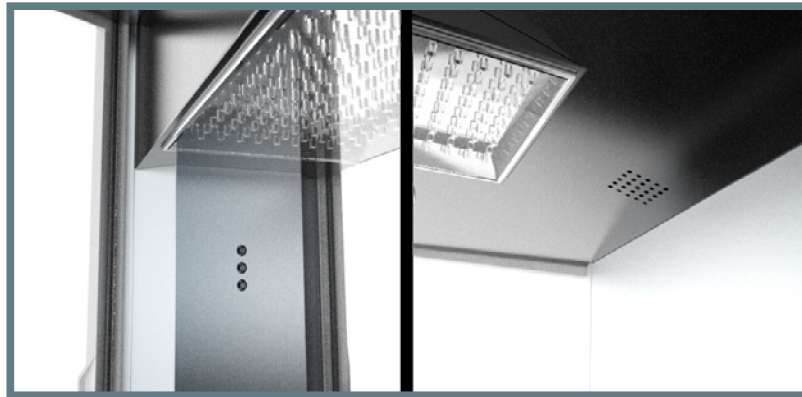
8.2.11 Dosycování vzduchu v systému oxidem uhličitým

Oxid uhličitý je do prostoru rostlin upouštěn z tlakových lahví umístěných v horní části zařízení. Plyn je upouštěn elektromagnetickým ventilem na základě měření CO_2 metrem na vrchu čelní příčky systému. Vzhledem k tomu, že je oxid uhličitý těžší než vzduch, docházelo by bez zajištění proudění vzduchu v systému k jeho sedimentaci vespod systému, kde by jeho koncentrace dosáhla toxických hodnot. Aby byla koncentrace tohoto plynu v celém systému konstantní, a aby i měření čidlem umístě-

ným pod stropem zařízení byla přesná, je vzduch v systému vyháněn směrem nahoru dvojicí ventilátorů o průměru 8 cm, které jsou umístěny pod mřížkou v bočních rozích spodního patra. V temnostní fázi, kdy nejsou rostliny osvětlovány, produkují rostliny CO_2 a tedy může dojít k překročení vhodné koncentrace plynu v systému - v tomto případě je nutné systém vyvětrat. K tomu slouží dvojice ventilátorů v horní části zařízení, které propojují prostor systému s vnějškem. Nutností pro udržování potřebné koncentrace tohoto plynu v systému, ale i teploty vzduchu v systému a jeho relativní vlhkosti, je prostor systému oddělit od prostoru interiéru. Vnitřek systému je tedy hermeticky uzavřen (rám dvířek je mechanicky utěsněn pryžovým těsněním a průduchy v horní části zařízení jsou uzavíratelné clonou). Tlakové nádoby s plynem je možné vyjmout po vysunutí horního panelu zadní strany systému a samotné nastavení požadované koncentrace CO_2 v systému je prováděno buď manuálně uživatelem, nebo automaticky systémem.



Obr. 8-8 Umístění nádob s CO_2 , CO_2 metru a regulačních ventilátorů



Obr. 8-9 Detail umístění čidel (vlevo) a ústí CO₂ dávkovače (vpravo)

8.2.12 Úprava teploty vzduchu

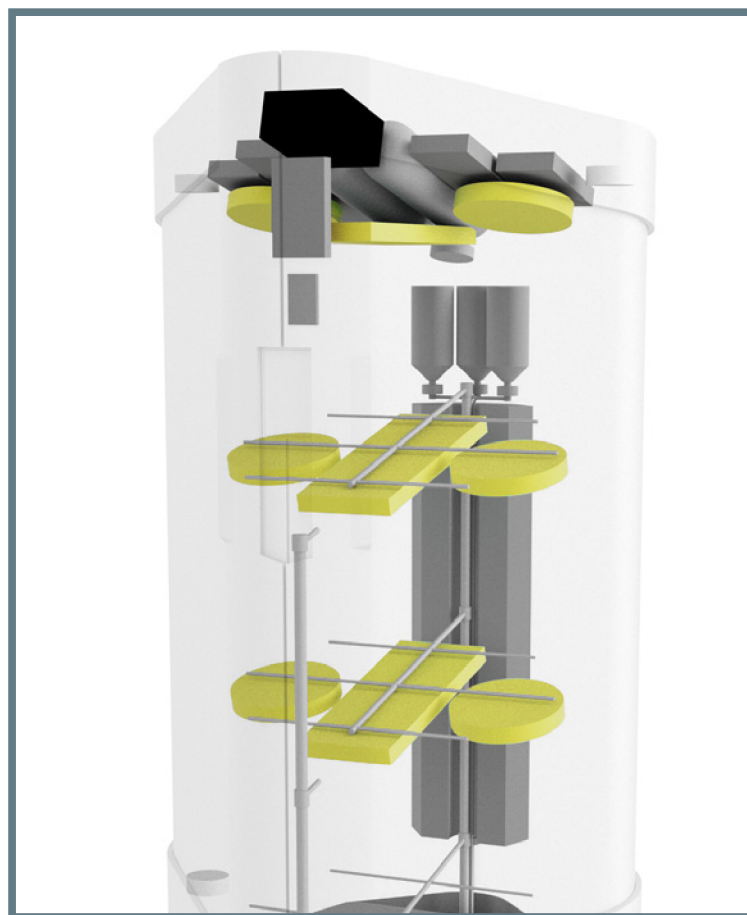
Vzhledem k umístění navrhovaného systému v interiérech není nutné vzduch v systému ohřívat. Teplo produkované zdroji osvětlení a ostatními zařízeními by nemělo být dostatečné na to, aby se vzduch v systému dostal nad povolené hodnoty. Přesto je vevnitř systému, vedle CO₂ čidla, i čidlo měřící teplotu vzduchu v systému. V případě nutnosti vzduch ochladit jsou spuštěny horní ventilátory.

8.2.13 Úprava relativní vlhkosti vzduchu

Vzhledem k uzavřenosti systému a oddělení roztoku od vnitřku systému, jsou jediným zdrojem vodní páry v systému samy rostliny. Vzhledem k tomuto faktoru a k neustálé cirkulaci vzduchu v systému by neměla vlhkost opustit vhodné rozmezí (které je i tak velmi široké) a nemělo by docházet ke kondenzaci vodní páry na prosklených plochách zařízení. Přesto je vlhkost vzduchu v systému měřena čidlem umístěným ve stejné lokalitě jako CO₂ a teplotní čidlo. V systému by relativní vlhkost nikdy neměla klesnout tak, aby bylo nutné ji zvýšit (prostor je uzavřený a dochází k evaporaci vody z rostlin) a v případě jejího nadměrného zvýšení je možné opět využít dvojice ventilátorů v horní části systému.

8.2.14 Zajištění umělého osvětlení

Osvětlení v systému zajišťují LED panely. Použití LED panelů místo výbojek šetří prostorem v systému, energií a eliminuje odpadní teplo. Trojice LED panelů - jednoho obdélníkového a dvou kruhových - je vždy umístěna nad jednotlivá patra systému tak, aby co nejlépe pokryly patro pod nimi. Vzhledem ke geometrii horní části systému, jsou LED panely osvětlující horní patro v jiné poloze vůči ploše patra osvětlovaného, než panely prvních dvou pater. Dosáhnout stejné kvality osvětlení je však možné elektronicky (softwarově) řízením napětí jednotlivých diod. Elektrický proud je do panelů přiváděn ze zdroje umístěného ve vrcholku systému a kabeláž je vedena zadním sloupkem systému. Délka osvětlovacího cyklu je řízena softwarově, stejně jako intenzita osvětlení.



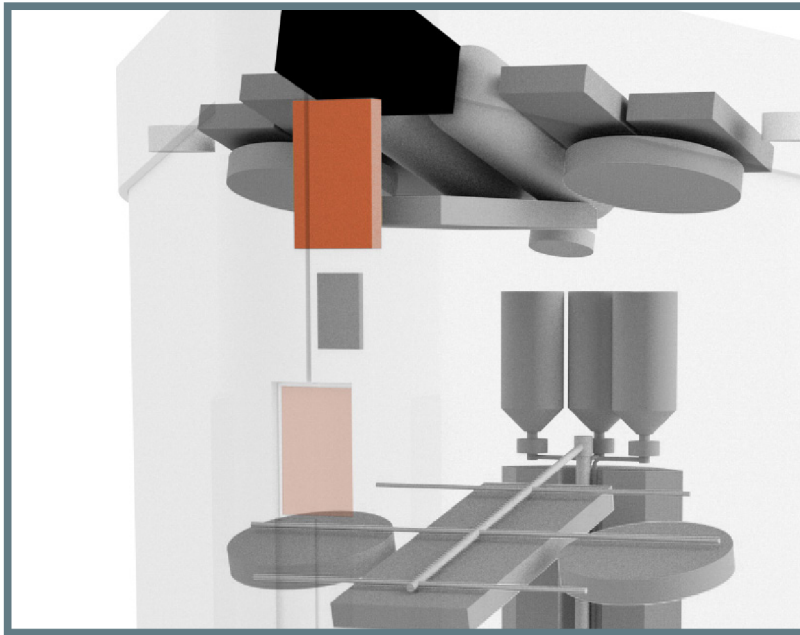
Obr. 8-10 Rozmístění LED panelů v systému

8.2.15 Ochrana proti výpadku elektrického proudu

Závislost navrženého systému na elektrickém proudu je extrémní. Po přerušení zavlažovacího cyklu by vzhledem k použití aeroponie došlo k rychlému uschnutí kořenů rostlin. Proto je nutné zajistit udržení zavlažovacího cyklu i během výpadku proudu. V horní části zařízení, vedle zdroje, jsou umístěny Li-Ion akumulátory, které slouží jako záložní zdroj elektrické energie. Aby byla životnost na tyto akumulátory co nejdelší, jsou jimi napájeny pouze čerpadlo a řídicí jednotka, které by takto měly být schopny provozu celý den.

8.3 Automatizace systému

Vzhledem ke komplexnosti tohoto systému jsou všechny jeho funkce automatizovány. Součástí systému je řídicí jednotka, umístěná v čele systému nad dotykovým displejem. Jednotka je založena na klasické architektuře x86 využívané v dnešních počítačích. Tato jednotka je vybavena softwarem, který vyhodnocuje parametry měřené všemi čidly v systému, a který na základě těchto parametrů a sadě požadovaných parametrů zvolených uživatelem, řídí zařízení systému tak, aby bylo dosaženo požadovaných hodnot. Aktuální parametry systému jsou zobrazovány na zmíněném dotykovém displeji. Je možné nastavovat jednotlivé parametry zvlášť, nebo použít přednastavené sady parametrů.

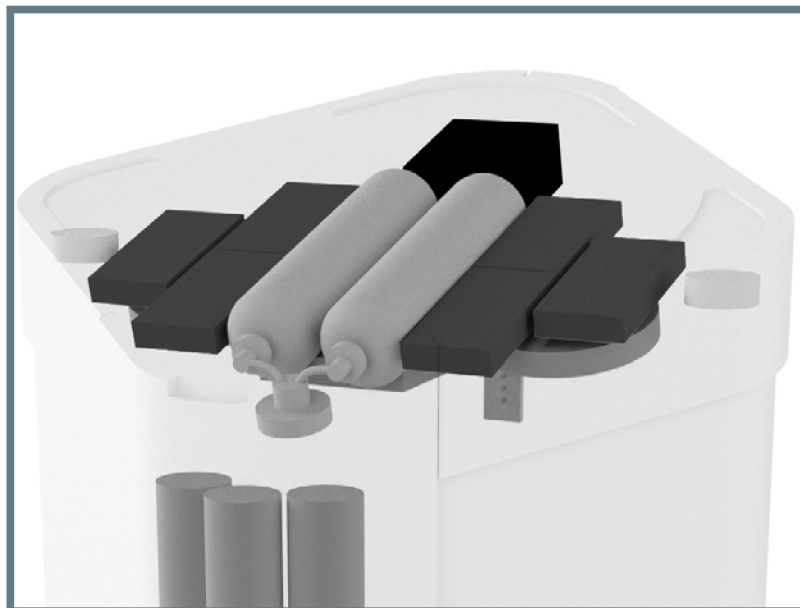


Obr. 8-11 Umístění řídicí jednotky v čele systému a její poloha vůči displeji (světle oranžové pole dole)

8.4 Spotřeba systému

Zařízeními spotřebovávajícími nejvíce energie jsou LED panely, které mají souhrnný příkon přibližně 600W. Druhým v pořadí je topné těleso se 100W a dále hlavní čerpadlo (30W). Všechna ostatní zařízení mají spotřebu v řádech Wattů. Dohromady lze odhadnout maximální příkon celého systému na 800 až 850W, přičemž většina zařízení v systému je v provozu pouze periodicky po krátký časový interval. Průměrný výkon systému lze tedy odhadnout na 400 až 500W. Systém je tedy vybaven 1kW zdrojem umístěným ve vrcholku systému, s ventilátorem směřujícím nahoru, kudy je přes ochrannou mřížku teplý vzduch vyfukován ven ze systému.

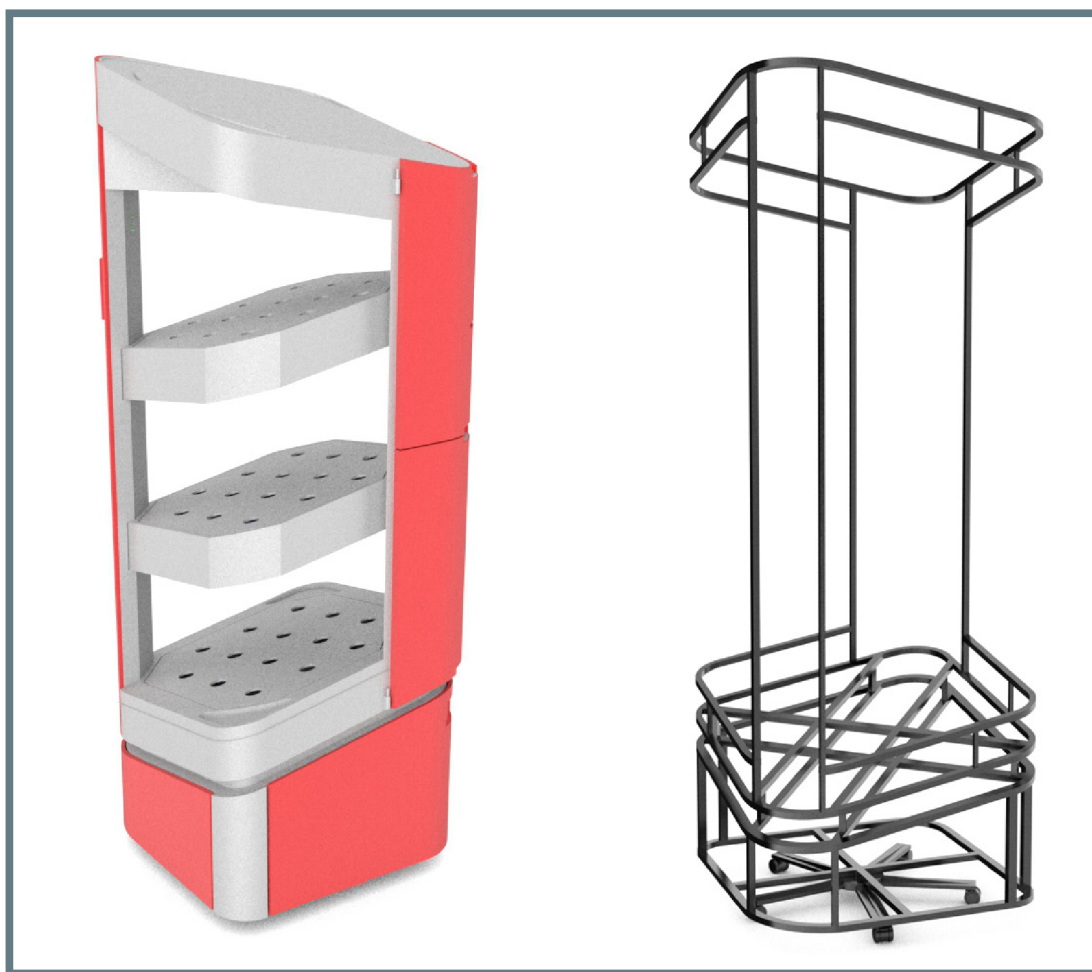
8.4



Obr. 8-12 Umístění zdroje a šestice akumulátorů v horní části systému

8.5 Konstrukce a materiály

Aby bylo dosaženo co nejnižší hmotnosti celého systému, je konstrukce, ke které jsou ukotvena všechna zařízení a krytování, vyrobena svařováním či sešroubováním hliníkových profilů, které zajišťují dostatečnou tuhost konstrukce i při nízké hmotnosti. Veškeré panely kryjící zařízení uvnitř systému jsou vyrobené z plastu a jsou, kde to je možné, uchyceny pouze ve drážkách, aby je bylo možné snadno vysunout. Vysunutelnými panely jsou přední a zadní panel podstavy a oba zadní panely těla zařízení. Za těmito panely jsou přístupná všechna zařízení kromě svodu roztoku, řídicí jednotky, zdroje, čidel pro kontrolu kvality vzduchu a akumulátorů. Tato zbylá zařízení jsou dostupná po sejmutí panelu čelní příčky, která je k rámu přišroubována.



Obr. 8-13 Sejmutelné panely (vlevo) a hliníková konstrukce (vpravo)

Celý systém je posuvný a otočný díky sadě pěti koleček otočných kolem centrálního čepu ve středu systému. Dveře systému jsou uchyceny obyčejným pantem a jsou v zavřené poloze, zajišťující utěsnění vnitřku systému, držena sadou magnetů rozložených po jejich obvodu. Vrchní patra systému jsou zcela vysunutelná a je tedy možné systém přizpůsobit pro pěstování rostlin vyššího vzrůstu. Drážky v sloupcích zařízení je po vysunutí pater možné zakrýt příslušnými plastovými panely.



Obr. 8-14 Otočný rám s kolečky

9 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

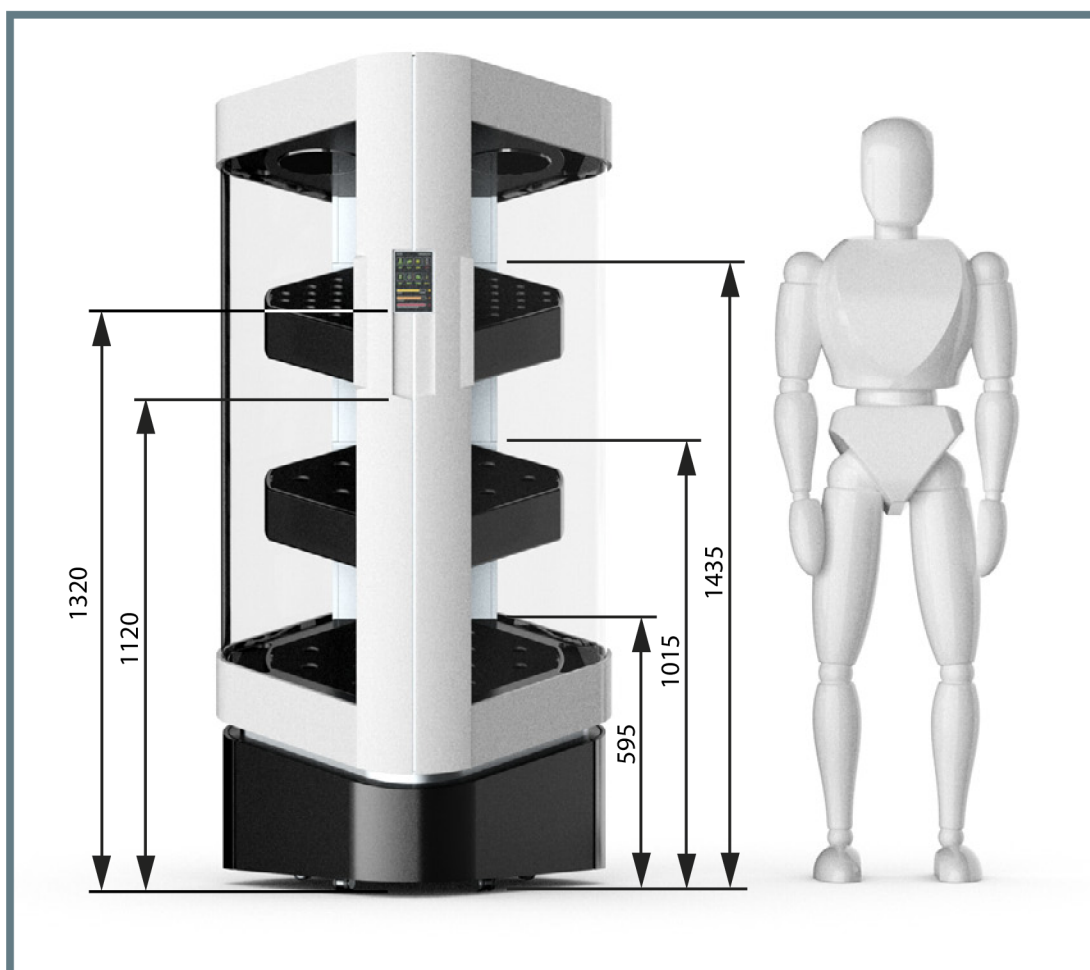
Kromě samotného vzhledu výrobku a jeho vztahu vůči funkci je úkolem designéra zajistit, aby jím navržené zařízení bylo snadno ovladatelné uživatelem. Nebylo by dokonce mylné tvrdit, že je to právě komfort používání, který v nejvyšší míře rozhoduje o úspěšnosti návrhu. Navrhovaný hydroponický systém je relativně složitým zařízením, které vyžaduje mnoho forem manipulace uživatelem. Práce s tímto systémem není omezena na pouhé ovládání ovladačem, ale je rozšířena o jeho modifikaci a změnu jeho polohy. Ergonomické řešení navrhovaného systému vychází nejen z mezních rozměrů uživatele, ale bere v potaz i jeho psychologické vlastnosti.

Systém hydroponického pěstování rostlin spadá do ergonomické kategorie K, která je definována kontaktem uživatelským prostým a pouze rukou.

9.1 Manipulace se systémem a možnosti jeho modifikace

9.1.1 Manipulace

Vzhledem k tomu, že je navrhovaný systém určený pro umístění v interiéru, jsou jeho maximální rozměry omezeny nejen z důvodu využití prostoru, ale především z důvodů týkajících se transportu zařízení a jeho přesunu na požadované místo. Rozměry



Obr. 9-1 Velikost v porovnání s osobou průměrného vzrůstu

systému a jeho hmotnost umožňují přesun bez nutnosti použití mechanizované síly. Výška systému je 190 cm a jeho šířka je 72 cm a hmotnost přibližně 35 kg. Systém je tedy možné bez problémů pronést dveřmi, či vynést po schodech. Díky možnosti vyjmout řadu zařízení ze systému je možné jeho hmotnost při manipulaci dále redukovat. Vzhledem k celkové výšce systému je jeho ovládání přizpůsobeno stojící osobě.

Systémem je možné snadno manipulovat i v rámci interiéru, a to i při jeho maximální provozní hmotnosti, která činí přibližně 125 kg. Zařízením je možné posouvat a rotovat kolem své osy díky sadě pěti koleček otočných nezávisle na sobě, která jsou upevněna na hvězdicovém ramenu, které je otočné vůči celému systému - jedná se o stejný systém, který se používá u židlí. Díky těmto kolečkám je spodní hrana systému zvednuta 3,5 cm nad podlahu, a tedy nedochází ke kolizi s prsty nohy při pohybu kolem systému. Možnou a jednodušší alternativou by bylo použití čtyř, napevno namontovaných koleček. Argumentem pro zavrnutí této varianty byla domněnka, že při pokusu o otočení systému o maximální hmotnosti by docházelo i k jeho posuvu, který není vždy žádoucí. Použití zmíněného systému koleček umožňuje rotovat systémem použitím pouze jedné ruky. Přestože je systémem možné rotovat uchopením systému kdekoliv, jsou na čelním rámu dvířek umístěna madla, která vizuálně definují ideální místo a směr působení síly pro zajištění nejsnazší rotace. Tato madla plynule vyběhají z rámu dvířek a rozšiřují jeho hranu tak, aby bylo možné za ni systém jistě uchopit. Madla jsou ve stejné výšce jako displej a madla určená k otvírání dvířek systému - 130 cm, a jsou vysoká 28 cm.



Obr. 9-2 Detail bočních madel - pohled z boku a zepředu

9.1.2 Modifikace

Požadavky jednotlivých uživatelů na konkrétní typ zařízení se mnohokrát liší. V případě hydroponického systému se může jednat o úmysl pěstování rozdílných druhů a typů rostlin. Tyto rostliny se mohou lišit vzrůstem a hustotou sadby. Navrhovaný systém lze do značné míry přizpůsobit oběma požadavkům.

Vrchní patra systému jsou vyjmutelná a systém tedy nabízí tři varianty vertikálního členění pro různé výšky pěstovaných rostlin. V základní konfiguraci disponuje zařízením třemi patry - v tomto případě je v patrech možné pěstovat rostliny o maximální výšce 25-30 cm. V konfiguraci s oběma patry vyjmutými je v systému možné pěstovat rostliny o výšce až 110 cm. Třetí variantou je vyjmutí pouze jednoho z pater, čímž vzniknou dva odlišně vysoké prostory - jeden pro rostliny maximálního vzrůstu 25-30 cm a druhý pro rostliny do 75 cm. Patra jsou zasunuta v drážkách čelní a zadní příčky systému a je možné je vysunout po vysunutí zářávek v zadní příčce. Tyto zářáčky jsou vizuálně zvýrazněny prolisy, které zároveň umožňují jejich snadné vysunutí. Aby po vyjmutí patra nebyla obnažena konstrukce systému, a aby byl vnitřní prostor systému oddělen od prostoru se zařízeními, je nutné do volných drážek vsunout záslepky. Vzhledem ke komplikovanosti rozvodné sítě (roztoku i elektrického proudu) je možné s patry manipulovat pouze po vypnutí systému a vyjmutí zásobníku čerstvé vody ze zařízení, neboť pod ním jsou tyto rozvody, které je nutné přemostit, ukryty. Přemostit rozvody roztoku je nutné i v čelní příčce systému.

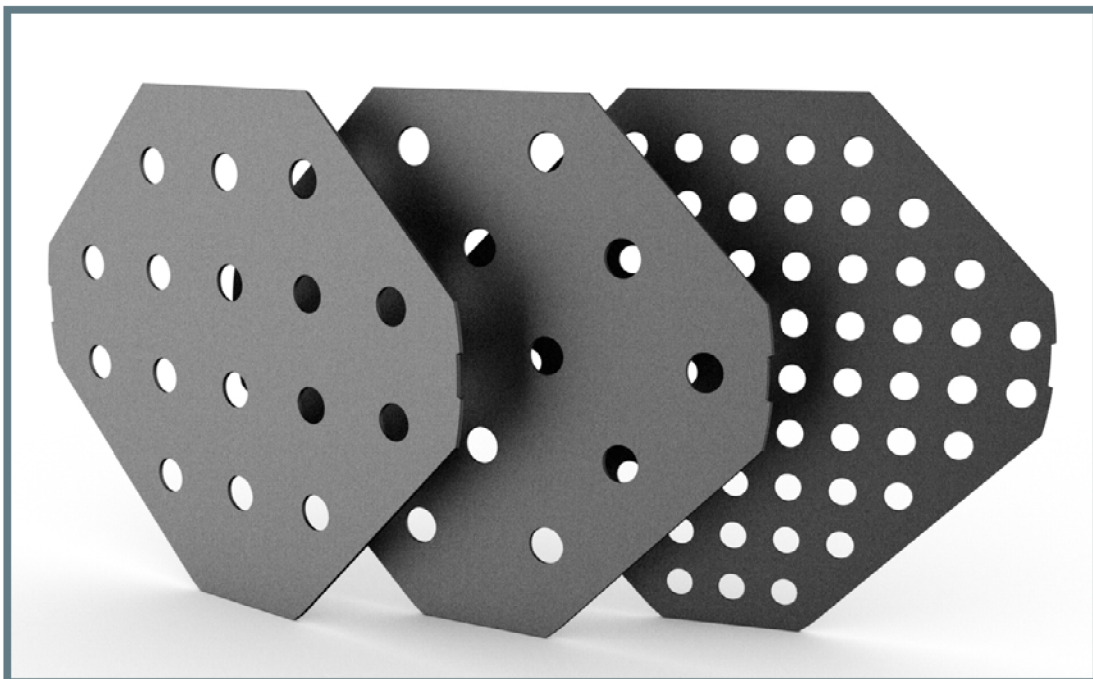


Obr. 9-3 Možné konfigurace pater systému



Obr. 9-4 Záslepky čelní a zadní příčky a zarážky pater

Prizpůsobit systém různé hustotě sadby lze díky vyměnitelnosti panelů uzavírajících jednotlivá patra shora. Do otvorů v těchto panelech se v neoprenových špuntech vkládají jednotlivé rostliny. Vzhledem k tomu, že průměr jednotlivých otvorů a použitých špuntů může být stejný pro rostliny jakéhokoliv vzrůstu, je možné vyrobit sadu několika panelů s různým počtem otvorů. Aby byly panely možné z pater snadno vyjmout, jsou na jejich stranách vybrání poskytující dostatek prostoru pro prsty.

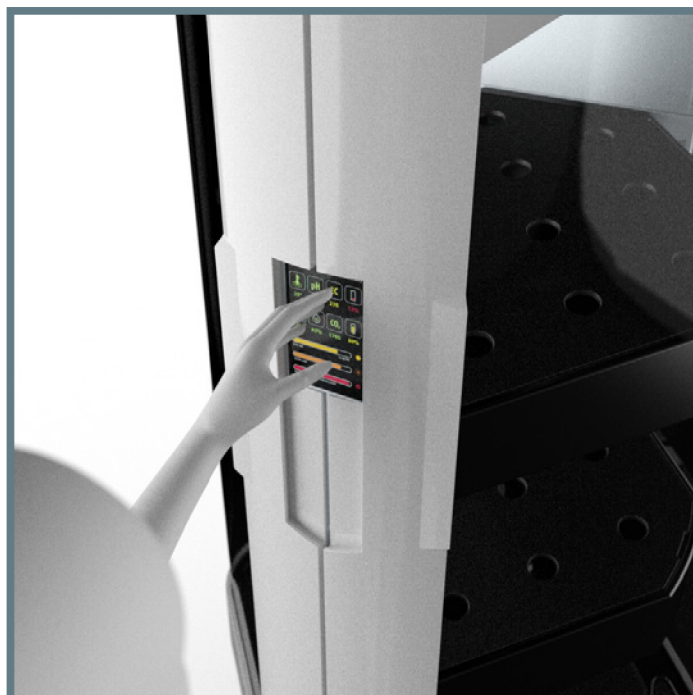


Obr. 9-5 Výměnné panely

9.2 Displej

Informace o stavu systému jsou zobrazovány na dotykovém displeji, který je umístěn na čelní příčce systému ve výšce 140 cm. Rozměry displeje (85 mm na šířku a 135 mm na výšku) jsou přibližně o 30% větší než běžných smartphonů z důvodu dostatečné čitelnosti. Na displeji jsou zobrazovány aktuální hodnoty parametrů systému (pH

živního roztoku, teplota vody a vzduchu atd.) a informace upozorňující uživatele na potřebu zásahu do systému (doplnění vody do zásobníku, kompletní výměna roztoku v systému atd.). Tento displej slouží i k ovládání systému a nastavení jeho parametrů. Uživatelé, kteří mají dostatečné znalosti z oblasti botaniky a chemie mohou nastavit každý parametr systému zvlášť. Ostatní si mohou vybrat ze sady přednastavených profilů.



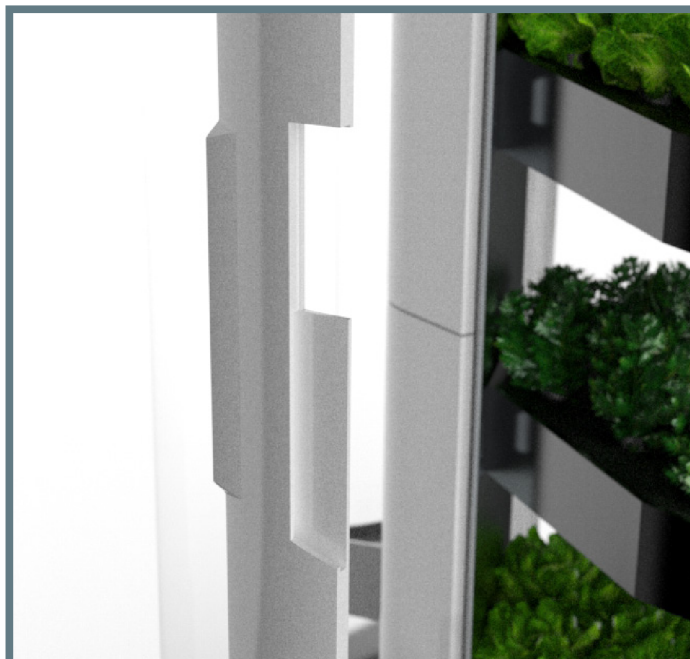
Obr. 9-6 Detail displeje

9.3 Dvířka

Vnitřní prostor systému je od prostředí interiéru oddělen dvěma dvířky, která tvoří přibližně 75% plochy těla systému, a která jsou z velké části prosklená. Je možné je otevřít až o 120° a díky svému tvaru pro jejich otevření postačuje 40 cm prostoru vedle systému. Dvířka jsou v zavřené poloze držena magnety, které jsou uloženy v jejich rámu. Díky použití magnetů není nutné použít žádné mechanické zámky, páčky a tlačítka, která jsou náchylná na poškození. Pro otevření dvířek tedy stačí zatáhnout za madla na čelní příčce dvířek, která jsou umístěna pod displejem ve výšce 110 až 130 cm. Celé madlo probíhá podél jasně patrné hrany a je tedy jak vertikální tak horizontální, umožňující dvojitý uchopení. Stejně jako v případě madel určených pro rotaci systému jsou i tato madla navržena tak, aby nenarušovala tvar celého zařízení a přesto byla při pohledu na systém snadno identifikovatelná jako ovladačí elementy. Dosažení této jasné čitelnosti bylo možné díky dodržení minimalistického vzhledu celého návrhu a nepoužití žádných dekorů a nefunkčních prvků, které by na sebe strhávaly pozornost a mezi kterými by se tyto manipulační prvky mohly ztratit. Pro zlepšení celkové ergonomie používání systému jsou všechny primární ovladače - displej a madla - soustředěny právě v této oblasti, která je oblastí systému vždy nejbližší uživateli.



Obr. 9-7 Systém v otevřeném stavu



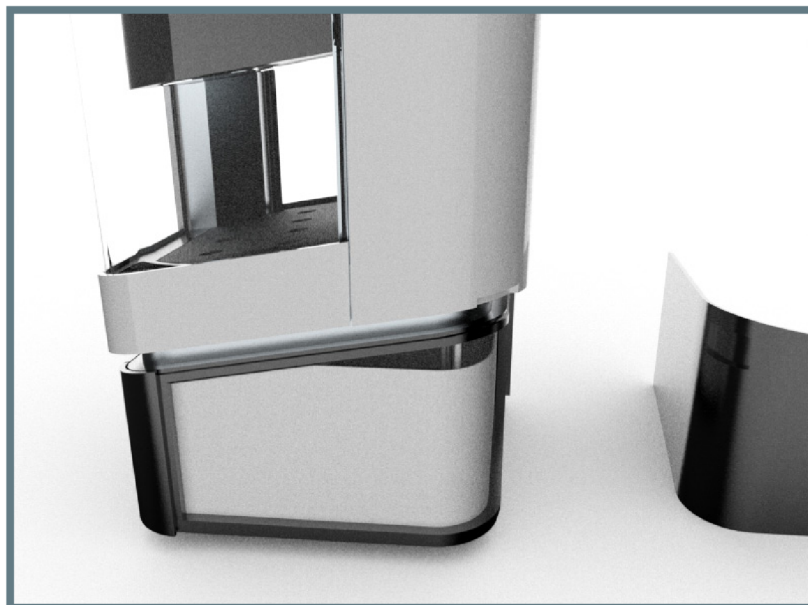
Obr. 9-8 Detail madla dvířek

9.4 Přístup k zařízením v systému

Přes snahu co nejvíce systém zautomatizovat není možné se vyhnout alespoň některým úkonům, které musí vykonat sám uživatel. Některé z těchto úkonů jsou zcela mimo sféru vlivu designéra, jako například nutnost periodické výměny veškerého roztoku v systému, zatímco některé je do určité míry možné ovlivnit. Frekvenci výměny CO₂ lahví lze redukovat vhodným navržením systému nakládání s tímto plynem - omezením úniku plynu ze systému a vhodným způsobem jeho dávkování. Zbavit uživatele každodenní povinnosti doplňovat čerstvou vodu do systému lze přidáním zásobníku s čerstvou vodou, jehož objem je však omezený a frekvenci čištění filtru lze redukovat využitím vhodného způsobu zavlažování rostlin, jejich ukotvení v systému a zajištěním jejich dobrého zdraví.

Kromě interakce s displejem a s madly, které mohou probíhat denně nebo několikrát týdně, je další zásahy do systému nutné provádět s frekvencí přibližně jednou za 14 dní (doplnění čerstvé vody do systému), jednou za 6 až 8 týdnů (výměna veškerého roztoku v systému) či nepravidelně dle potřeby (výměna CO₂ lahve, doplnění nutrientů a vyčištění filtru).

Pro doplnění čerstvé vody do zásobníku, jehož stav je zobrazován na displeji, stačí vyklopit nálevku v zadní části zařízení, která je ve výšce 130 cm a je dostatečně rozměrná pro snadné doplnění vody z běžných plastových lahví, konviček a kanistrů.



Obr. 9-9 Sběrná nádrž pod vysunutým zadním panelem

Sběrnou nádrž v podstavě systému je možné ze systému vysunout po vypnutí systému, vysunutí panelu s madlem v zadní části podstavce a odpojení zařízení v nádrži umístěných. Filtr je přístupný po vysunutí předního panelu podstavce. Vzhledem k velmi nízké frekvenci odsouvání tohoto panelu není panel vybaven madlem, aby nebyl narušen vzhled systému z čelního pohledu.

Nádoby se stlačeným oxidem uhličitým lze ze systému vyjmout po sejmutí horního panelu v zadní části zařízení a po jejich odpojení ze systému. Pod tímto panelem jsou nad zásobníkem s čerstvou vodou umístěny i zásobníky s nutrienty zavěšené v plastových objímkách. Tento horní panel a panel pod ním jsou vybaveny mechanickým zámkem, který se odemýká současným stlačením tlačítek umístěných ve vybráních na jejich horní a spodní hraně. Mechanický zámek byl místo pouhého vysunutí zvolen z důvodu, že především horní panel je relativně vysoko (horní hrana je ve výšce 170 cm) a pro osobu menšího vzrůstu by mohlo být problematické vyvinout jednou rukou dostatečný tlak směrem vzhůru. Výhodou použitých vybrání a tlačítek je i snazší uchopení těchto panelů.



Obr. 9-10 Sejmutý horní panel



Obr. 9-11 Detail madla zadních panelů

Další zásahy do systému jsou omezeny pouze na již zmíněnou změnu konfigurace pa-
ter systému a na servisní potřeby v případě selhání některého ze zařízení.



Obr. 9-12 Sejmутý čelní panel

10 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

10

10.1 Barevné řešení

10.1

Barva může v rámci designu plnit řadu funkcí. Může být prostředkem zvýraznění tvaru zařízení, může být využita k vizuálnímu rozčlenění zařízení, či k optickému potlačení či zvýraznění jeho částí. Základním cílem při návrhu barevného řešení tohoto hydroponického systému bylo zajistit, aby jím byly podpořeny základní cíle samotného designu, jimiž jsou použití systému v interiéru domácnosti, jednoznačnost a jednoduchost designu a absence dekoru.

Byla tedy zvolena velmi omezená paleta skládající se ze tří barev. Barevné členění systému vychází částečně z jeho funkce a částečně z hlediska vzhledu systému. Jedna ze tří barev vychází ze samotné funkce - část vnitřního prostoru systému je tvořena vysoce odrazivými plechovými panely stříbrné barvy, které napomáhají lepšímu využití světla v systému. Tato stejná barva je použita na nosných prvcích systému - čelní a zadní příčce a na odsazení mezi podstavou systému a jeho tělem. Této barvy je využito ke zvýraznění pozice odnímatelných panelů v zadní části zařízení a dvířek systému výrazným rozšířením spar mezi těmito prvky tak, aby v nich byla tato stříbrná barva jasně vidět.



Obr. 10-1 Základní barevné schéma

Zbylé dvě barvy - bílá a tmavě šedá metalíza - rozdělují systém z hlediska vztahu systém-uživatel. Bílá barva vyznačuje oblasti systému, které jsou v častém kontaktu s uživatelem, a které nejsou z hlediska funkce systému pod jeho vlastní správou (dvířka, zadní odnímatelné panely). Tmavě šedá vyznačuje ty funkční části systému, které v sobě ukrývají komponenty řízené samotným systémem a jeho řídicí jednotkou (patra systému, spodní a horní rám systému, podstava). Toto dělení zároveň odpovídá členění systému na vnitřek a vnějšek, a na spodek a vršek. Byla to právě tato optická členění, dle kterých byly tyto barvy přiřazeny. Tmavě šedá je použita na spodku systému - jeho podstavě - aby systém působil stabilně. Bílá barva je tedy použita na mohutné vrchní části systému, čímž dochází k jejímu odlehčení. Použitím tohoto barevného členění



Obr. 10-2 Barevné varianty

pak vzniká i kontrast mezi vnitřní a vnější částí systému a je zachováno logické použití bílé barvy na těch částech zařízení, kde dochází k nejčastšímu kontaktu s uživatelem.

Tyto dvě barvy byly pro finální řešení zvoleny, neboť jsou neutrální, a tedy použitelné do jakkoliv barevného interiéru, a také proto, že rostliny pěstované v systému jsou neodlučitelnou součástí jeho vzhledu - samotný systém se tedy může obejít bez použití dalších výraznějších barev, neboť tyto jsou do systému zavedeny rostlinami, které mohou nabývat mnoha barev.

Z hlediska výroby je samozřejmě možné nabízet řadu barevných variant systému, které tak mohou být přizpůsobeny konkrétnímu vzhledu interiéru. Všechny tyto barevné kombinace se však řídí stále stejnými principy - použitím tmavší barvy na podstavě a vnitřku systému a světlejší barvy na dvířkách a zadních panelech.

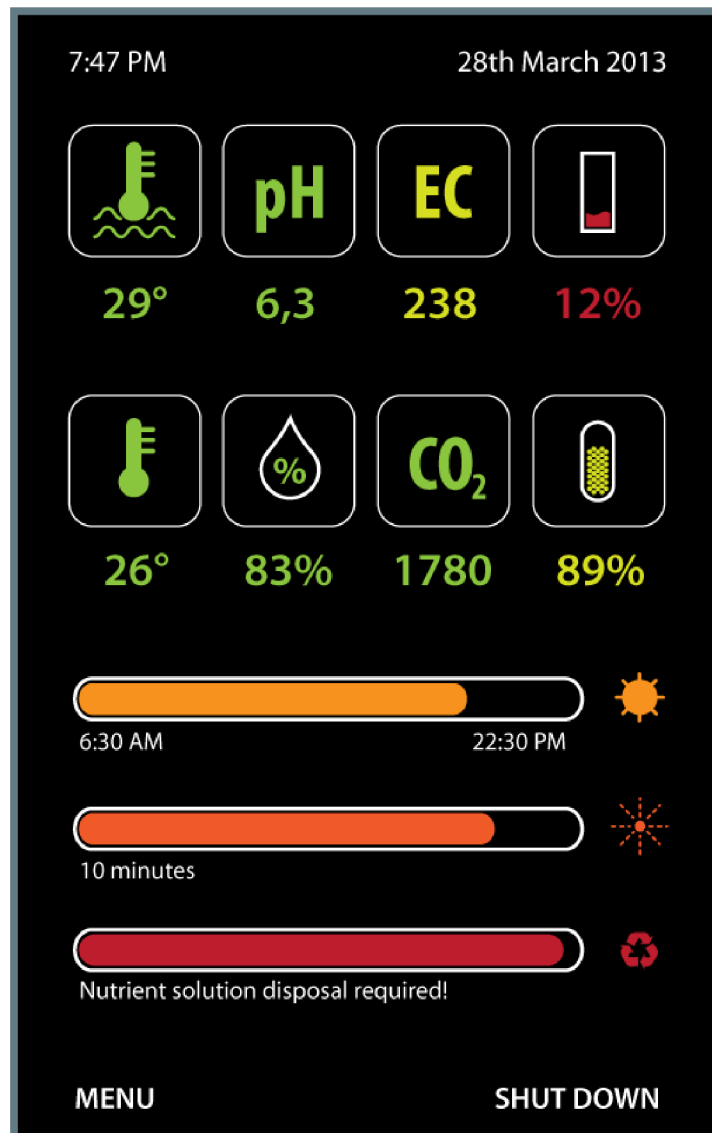
10.2 Grafické řešení

10.2

Grafika má především informativní charakter. Snahou bylo systém navrhnout tak, aby řada informací o systému vyplývala přímo z jeho tvarování - bez použití grafiky, která by na sebe mohla poutat pozornost, a která by narušovala minimalistické pojetí designu. Řada funkčních prvků je tedy zvýrazněna tvarováním (madla na dvířkách a všech zadních panelech) či použitím barevného kontrastu (spáry mezi rámy dvířek a mezi zadními panely).

Výjimkou je pouze dotykový displej, který zobrazuje informace o aktuálním stavu systému. Způsob zobrazení jednotlivých parametrů systému je často velmi zjednodušený, a to proto, aby byly základní informace jasně čitelné, a aby grafické rozhraní působilo jednoduše. Podrobnější informace o systému jsou dostupné z menu softwaru, či po kliknutí na jednotlivé ikony.

Horní řádek displeje zobrazuje čas a datum. První řada ikon značí parametry týkající se roztoku v systému (teplota, pH, vodivost, množství vody v zásobníku) a druhá řada značí vlastnosti vzduchu v systému (teplota, relativní vlhkost, obsah oxidu uhličitého a jeho množství v tlakových lahvích). Další tři grafy znázorňují průběh různých procesů - osvětlovací cyklus, zavlažovací cyklus a cyklus kompletní výměny roztoku v systému. Ve spodní části displeje je možné vstoupit do menu softwaru či jedním stisknutím systém vypnout. Pro přehlednější zobrazení informací je použito barevného kódování, které využívá spektra barev od zelené do červené. Zelená barva značí stav odpovídající nastavení systému a počátek cyklu, zatímco červená značí stav blížící se kritickému a konec cyklu.



Obr. 10-3 Grafické řešení displeje

11 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU

11

11.1 Psychologická funkce

11.1

Systém působí na uživatele nejen přímo skrze smyslové vnímání, ale i nepřímo. První kategorie je do značné míry objektivní a lze ji snadno popsat. V první řadě vnímá uživatel systém zrakem - vnímá jeho tvar a barvu. Systém je z hlediska tvarování velmi ukázněný a omezený na základní geometrické prvky. Pro uživatele je tedy přehledný a snadno čitelný. Druhým stěžejním způsobem smyslového vnímání je hmat. Ruka uživatele přichází do kontaktu především s dotykovým displejem a plastovými díly vnějšku systému. Všechny tyto povrchy jsou lesklé a jemné na dotyk.

Další způsoby působení mohou vycházet z funkce a účelu systému i z jeho vzhledu, a jejich projev závisí na konkrétní osobě a na její způsobu vnímání světa. Cílem práce bylo navrhnout takový design, který by byl neutrální ve svém působení na rozličné uživatele z rozličných kultur a odlišných systémů hodnot. Zařízení má být pouhou schránkou, které přiřadí jistý subjektivní charakter až její uživatel tím, kam ho umístí a tím, jaké rostliny v něm bude pěstovat. Hodnota tohoto, a jakéhokoliv hydroponického systému, nespočívá v systému samotném, ale v tom, co vytváří - systém je pouze prostředkem k získání finálního produktu, kterým mohou být květiny, zelenina či různé bylinky. Výsledkem pak může být dosažení jisté nezávislosti a pocitu soběstačnosti a tato samotná idea systému - zajištění nezávislosti a umožnění vlastního výběru - může být i podnětem k reflexi nad dalšími aspekty života.



Obr. 11-1 Hydroponický systém v interiéru domácnosti

11.2 Ekonomická funkce

Dnes nejčastější aplikace hydroponického pěstování rostlin lze rozdělit do dvou táborů - na obří hydroponické farmy produkující plodiny ve velkém, které kontrolují všechny složky prostředí pěstování rostlin, a na menší hobby systémy, která nabízí pouze základní funkce nezbytné pro pěstování rostlin. V prvním případě je dosaženo zisku díky extrémní produkci, zatímco v druhém případě je zisku dosaženo díky zanedbatelným provozním nákladům. Technicky vyspělých hydroponických systémů pro využití v domácnosti se na trhu moc nevyskytuje. Důvodem je především celkově malá poptávka po hydroponických systémech obecně. Kvůli této situaci se i nejjednodušší systémy, jejichž obdobu si je snadné vyrobit v domácí dílně za 200 Kč (bez čerpadla), prodávají za padesátinásobek (včetně čerpadla, které pro středně velký systém stojí přibližně 1500 Kč). Cena pokročilejších systémů se pak pohybuje ještě mnohem výš - od 50 000 Kč do 100 000 Kč, zatímco marže zůstává přibližně stejná.

Pokud by se navrhovaný systém prodával se stejnou marží jako ostatní systémy, mohla by jeho cena být i dvojnásobná až trojnásobná. Za tuto cenu by však zákazník získal systém technicky neporovnatelně vyspělejší, který by byl schopen produkovat větší množství rostlin za kratší čas a za použití menšího množství energie, nutrientů a vody díky použití nejen nejpokročilejších technologií, ale především díky automatizaci systému. Za předpokladu rozšíření trhu a snížení cen by mohla cena klesnout na úroveň zařízení velmi blízkých navrhovanému systému nejen z hlediska velikosti, ale do značné míry i funkčnosti - high-end ledniček - do pásma mezi 60 000 Kč a 100 000 Kč. Takováto cena pak odpovídá i cílové skupině - navrhovaný systém je určen především pro využití v městských domácnostech, které nemají k dispozici vlastní zahrádku. Po nákupu a uvedení do provozu však systém není prodělečný a za předpokladu maximálního využití výhod, které tento systém nabízí (velmi rychlá produkce - několikanásobně vyšší než při běžném pěstování v půdě), dokonce výdělečný. Za hlavní výhodu systému lze však považovat to, že má uživatel kompletní dohled na sebou pěstované rostliny a že je alespoň do jisté míry nezávislý na zemědělské produkci v oblasti a na nabídce trhu.

11.3 Sociální funkce

Přestože by se dalo polemizovat, zda je zvýšení nezávislosti jednotlivce na svém okolí a na trhu zájmem dnešní společnosti, jedná se o ztěžející sociální funkci navrhovaného hydroponického systému. Díky své vysoké účinnosti a automatizaci šetří systém v porovnání s jinými způsoby pěstování rostlin nejen energii, ale i vodu a nutrienty, a je tedy velmi šetrný k životnímu prostředí. Možná výraznější vliv má však na samotného uživatele, který nemusí do systému vkládat téměř žádný čas a energii a získává suroviny podporující zdravý životní styl. Kromě šetření času uživatele a podporování jeho zdravého životního stylu může hydroponický systém sloužit i jako nástroj pro vzdělávání členů domácnosti systémem vybavené a může pomoci vytvářet kladný vztah k vlastní práci. Tyto aspekty vedou ke zlepšení zdraví a dávají prostor dalšímu rozvoji osoby.

ZÁVĚR

Vůbec první překážka, která se mi postavila do cesty směřující až k těmto několika posledním odstavcům, byla nevěle samotného ústavu schválit zadání práce na téma design hydroponického systému. Ačkoliv se toto hřmění shora rozléhalo celým ateliérem B2/310b, kde rozvrátilo řadu plánů a zaválo hrstku témat jiným než plánovaným směrem, mými zdmi postavenými z idejí, odhodlání a vědomí vlastních schopností, se mu proniknout nepodařilo. Abstraktní myšlenky a snaha o prozkoumání dosud nepoznaných možností, ať už mohou znít sebevíc mimo realitu, jsou hlavními nástroji pokroku a, alespoň z mého úhlu pohledu, každé nové poznání - to, které vede dál a otvírá brány dalšímu porozumění, i to, které po vyčerpávající cestě skončí ve slepé uličce - pomáhá utvářet kompletní obraz světa kolem nás. A právě toto vědomí si toho, že dosáhnu závěru a rozšířím poznání, ať už moje pronásledování této obskurní vize hydroponického systému pro budoucnost skončí úspěšným a v reálném světě aplikovatelným návrhem, nebo zůstane pouhou ideou, je důvodem, proč je výsledkem této diplomové práce nový druh zařízení, a ne pětistá variace kapotáže čtyřkolového vozidla.

Práci nejen na návrhu designu, ale i na rešeršní části této práce předcházelo studium několika knih zabývajících se jak specifiky hydroponického pěstování rostlin, tak růstem rostlin samotných. Přestože v mé hlavě již v tuto fázi krystalizovaly první nápady, jak by mohl systém hydroponického pěstování rostlin vypadat, první koncepty systémů, které jsem zaznamenal formou skic, či zápisků, vznikly až po prozkoumání hydroponických systémů nejen z hlediska jejich technologických možností, ale i z hlediska jejich historického i současného designu.

Vývojová analýza ukázala, že je obtížné navázat na konkrétní směr designu, či na zavedené principy a řešení, neboť se domácí hydroponické systémy nachází stále ve fázi prvotního vývoje. Technická analýza ukázala, jaké možnosti se při návrhu hydroponického systému nabízí, ale že pouze některé z nich mají výrazný vliv na samotný design zařízení. A nakonec designérská analýza pomohla odhalit nedostatky a chyby, kterých je potřeba se při návrhu vyvarovat. S těmito znalostmi bylo možné zkompileovat sadu konkrétních parametrů, které se staly základem pro všechny koncepty. Základními parametry, které směřovaly a definovaly design byly uzavřenost systému vůči vnějšímu prostředí a zajištění umělého osvětlení.

I přes vymezení konkrétních požadavků se bylo možné s designem vydat mnoha směry. První koncepty se zabývaly způsobem využití vnitřního prostoru systému a také vztahem mezi systémem a svým okolím. Vznikly koncepty, které se vyznačovaly jednoduchostí a přízemností i koncepty odvážné a na hranici dnešních možností. Koncept, který byl vybrán k finálnímu zpracování byl kompromisem mezi těmito směry - jeho design posunul hydroponické systémy do nové oblasti použití - jako centrálního prvku interiéru - aniž by tím utrpěla technologická náročnost.

Finální řešení se snaží o vytvoření systému vhodného k použití nejen jako doplňku interiéru, ale i jako základního prvku interiéru. Aby byl systém do této role vhodný, bylo nutné zajistit vyváženou variabilitu ve vzhledu systému z různých pohledů tak, aby systém nepůsobil příliš mohutně a staticky. Tomuto účelu posloužily diagonální linie v kombinaci s vertikálními a maximální prosklení celého systému, které zároveň zajišťuje dobrý výhled na rostliny v systému pěstované, jenž jsou výraznou a neodmysl-

slitelnou součástí hydroponického systému. Aby zůstal důraz na samotných rostlinách, byl celý design pojat minimalisticky.

Z hlediska technologického nabízí systém úpravu všech parametrů prostředí - živného roztoku i vzduchu a zajišťuje umělé osvětlení. Sběrná nádrž v podstavě systému, ve které dochází k úpravě vlastností živného roztoku je doplňována čerstvou vodou ze zásobníku v zadní příčce systému, ve které jsou, pod snímatelnými panely i nádoby s nutrienty. Zařízení zajišťující kontrolu a řízení vlastností vzduchu v systému jsou pak umístěna v horní části systému, kde jsou i zdroj a Li-Ion baterie, které zajišťují provoz systému v případě výpadku elektrického proudu. Celý systém je plně automatizovaný díky řídicí jednotce.

Ergonomii zařízení byla věnována vysoká pozornost a to především na způsob manipulace se systémem a na zajištění zjednodušení vykonávání periodických zásahů do systému jako je doplňování čerstvé vody do systému a doplňování nutrientů. Otázka manipulace se systémem byla vyřešena díky systému koleček a madel a přístup k jednotlivým komponentům byl zjednodušen díky použití snímatelných či výsuvných panelů. Celý systém je také modifikovatelný - je možné ho přizpůsobit pěstování rostlin různého vzrůstu díky výsuvným patrům a různé hustotě výsadby díky možnosti výměny svrchlých panelů kryjících jednotlivá patra.

Řešením zadání této diplomové práce se stal hydroponický systém založený na vizi blízké budoucnosti, kdy by se technologicky pokročilé a automatizované hydroponické jednotky mohly stát elegantními zařízeními v srdcích interiérů domácností, ve kterých by sloužily nejen jako vizuální prvek, ale především jako zelená oáza přinášející užitek a volnost. Směrů, kterými jsem se mohl vydat bylo mnoho. Mohl jsem zůstat věrný předlohám a šablonám, které existují. Možná by v nich nešlo šlápnout vedle, ale hlavně by z nich nebylo možné vykročit kupředu a nalézt další výzvu. Výsledkem této práce je právě takový krok kupředu do neznáma. Krok, který se může ukázat být krokem správným, ale i krokem nesprávným.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JONES, JB. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, Second edition*. CRC Press, 2005.
- [2] *History of Hydroponics* [online]. [cit. 2012-10-12]. URL: <<http://www.rain.org/global-garden/hydroponics-history.html>>.
- [3] *The History of Hydroponics* [online]. [cit. 2012-10-12]. URL: <http://open.salon.com/blog/dannydanko/2009/06/23/the_history_of_hydroponics>.
- [4] *Hydroponics* [online]. [cit. 2012-10-28]. URL: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>>.
- [5] ROBERTO, K. *How To Hydroponics, 3rd Edition*. FutureGarden, Inc., 2000.
- [6] SAVVAS, D. *Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models*. Bio-systems engineering, Volume 83, 2002.
- [7] SPINU, VC., ALBRIGHT, LD., LANGHAN, RW. *Electrochemical pH control in hydroponic systems*. Acta horticulturae, Issue 456, 1998.
- [8] POKLUDA, R., KOBZA, F. *Effect of climate conditions on properties of hydroponic nutrient solution*. Acta horticulturae, Issue 559, 2001.
- [9] VAN OS, EA. *Comparison of Some Chemical and Non-Chemical Treatments to Disinfect a Recirculating Nutrient Solution*. Acta horticulturae, Vol. 843, 2009.
- [10] *Lighting* [online]. [cit. 2012-10-28]. URL: <<http://www.hydroponics.com/hardware/lighting.html>>.
- [11] ZHENG, YB., ZHANG, P., DIXON, M. *Evaluation of four lamp types for the production of tomato plants in controlled environments*. Horttechnology, Volume 15, Issue 3, 2005.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Hydroponicum na Wake Island

Hydroponics, Pan-Am and WWII [online]. [cit. 2012-10-12]. URL: <http://3.bp.blogspot.com/-0_1_e9roYFY/T9YApqvg7vI/AAAAAAAAADI/5FjXHxODimU/s1600/WakePanAm.gif>

Obr. 2-2 NASA Hydroponic display, EPCOT Center

ROBERTO, K. *How To Hydroponics, 3rd Edition*. FutureGarden, Inc., 2000.

Obr. 3-1 Schéma aeroponického systému

Obr. 3-2 Neoprenová zátka pro ukotvení rostlin

Hydroponics in orange county [online]. [cit. 2013-02-15]. URL: <<http://beachcitieshydroponics.com/images/BCPTNEOPC.jpg>>

Obr. 3-3 Využitelnost nutrientů v závislosti na pH roztoku

JONES, JB. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, Second edition*. CRC Press, 2005.

Obr. 3-4 LED osvětlení pro využití v hydroponii

LED plant growing lights [online]. [cit. 2012-10-28]. URL: <http://www.hydroponic-ledgrowlight.com/photo/pl574477-eco_friendly_red_dimmable_300w_hydroponic_led_grow_light_panels_ac85_264v_50_60_hz.jpg>

Obr. 3-5 Lineární systém posuvu osvětlení

Grow Light Movers [online]. [cit. 2012-10-28]. URL: <<http://media.hydroponics.net/images-products/solarola/136519/solasola.jpg>>

Obr. 3-6 Systém kontroly ovzduší

Environment control [online]. [cit. 2012-10-28]. URL: <<http://www.hydro916.com/images/ATCDN603.jpg>>

Obr. 4-1 Jedna z variant AeroFlo

General Hydroponics [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://cdn2.bigcommerce.com/server2600/abaff/products/1485/images/3154/proding_aeroflo_af18_01__48588.1333982792.1024.1024.png>

Obr. 4-2 Bigfoot

American Hydroponics [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://cdn1.bigcommerce.com/server2600/abaff/products/1065/images/2338/Bigfoot_System_C_01__89278.1327335042.1024.1024.jpg>

Obr. 4-3 Apollo 3

Apollo 3 Aeroponics System [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<https://www.4hydro.com/image/cache/data/apollo3-500x500.jpg>>

Obr. 4-4 Ecosystem 2

Ecosystem 2 [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://www.1-hydroponics.co.uk/hydroponic-systems/large-images/ecosystem2.jpg>>

Obr. 4-5 B-Pod

B-POD MODEL 240 [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://www.b-pod.ca/components/com_virtuemart/shop_image/product/B_Pod_model_240_4e431bd2a6240.jpg>

Obr. 4-6 Spinner

The Spinner revolution hydroponique [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://www.passion-hydroponique.com/wp-content/uploads/2012/07/the_spinner_systeme_hydroponique.jpg>

Obr. 4-7 AeroGarden 3

AeroGarden 3 - Black [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://media.aerogardenimages.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/g/ag3_blk_800x800.jpg>

Obr. 4-8 AeroGarden Ultra

AeroGarden ULTRA [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://media.aerogardenimages.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/u/l/ultra_ff_gh_1.jpg>

Obr. 4-9 Supercube

Supercube - Grow Box [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://www.supercloset.com/wp-content/uploads/2012/06/Grow-Box-CUBE-1.png>>

Obr. 4-10 Deluxe 3

Deluxe 3.0 - Grow Box [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <http://cdn1.bigcommerce.com/server2600/abaff/products/63/images/3498/DLX_FullofPlants_copy__16977.1337629404.1024.1024.jpg>

Obr. 4-11 Urban Cultivator Home

Urban Cultivator indoor garden blends seamlessly into your kitchen [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://www.homechunk.com/wp-content/uploads/2012/08/Urban-Cultivator-Home.jpg>>

Obr. 4-12 Phillips Biotower

Phillips Biotower [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://cache.gawkerassets.com/assets/images/4/2012/01/1c2cf642ca803b9c203faf5db9e1eb80.jpg>>

Obr. 4-13 Hyundai Nano Garden

Hyundai's Kitchen Nano Garden [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://www.lovesfoodandart.com/hyundai-kitchen-nano-garden-hydroponic-brilliance/kitchen-nano-garden-3/#main>>

Obr. 4-14 Hydro G

Hydro G Modular hydroponic system [online]. [cit. 2012-11-11]. URL: <<http://interiordesignhouses.com/wp-content/uploads/2010/11/Hydro-G-Modular.jpg>>

Obr. 5-1 Koncept A

Obr. 5-2 Varianta A

Obr. 5-3 Varianta A, základní rozměry

Obr. 5-4 Varianta A, uspořádání komponentů

Obr. 5-5 Koncept B

Obr. 5-6 Varianta B

Obr. 5-7 Varianta B, základní rozměry

Obr. 5-8 Varianta B, uspořádání komponentů

Obr. 5-9 Koncept C

Obr. 5-10 Varianta C

Obr. 5-11 Varianta C, základní rozměry

Obr. 5-12 Varianta C, uspořádání komponentů

Obr. 6-1 Vlastní řešení

Obr. 7-1 Pohled shora

Obr. 7-2 Pohled zepředu, z boku a zezadu

Obr. 7-3 Radiuasy vertikálních hran

Obr. 7-4 Vrchní rám dvířek

Obr. 7-5 Vnitřní prostor systému

Obr. 7-6 Detail podstavy

Obr. 7-7 Madla dvířek, display

Obr. 7-8 Zadní panely - detail

Obr. 8-1 Základní rozměry systému [mm]

Obr. 8-2 Umístění komponentů v systému

- Obr. 8-3** Rozvody roztoku v systému, světle modrou je vyznačen zavlažovaný prostor
- Obr. 8-4** Sběrná nádrž
- Obr. 8-5** Zásobníky s nutrienty a kanál, kterým jsou nutrienty vedeny do sběrné nádrže
- Obr. 8-6** Zásobník s čerstvou vodou a jeho propojení se sběrnou nádrží
- Obr. 8-7** Detail umístění filtru a jeho napojení na svod živného roztoku
- Obr. 8-8** Umístění nádob s CO₂, CO₂ metru a regulačních ventilátorů
- Obr. 8-9** Detail umístění čidel (vlevo) a ústí CO₂ dávkovače (vpravo)
- Obr. 8-10** Rozmístění LED panelů v systému
- Obr. 8-11** Umístění řídicí jednotky v čele systému a její poloha vůči displeji (světle oranžové pole dole)
- Obr. 8-12** Umístění zdroje a šestice akumulátorů v horní části systému
- Obr. 8-13** Sejmутelné panely (vlevo) a hliníková konstrukce (vpravo)
- Obr. 8-14** Otočný rám s kolečky
-
- Obr. 9-1** Velikost v porovnání s osobou průměrného vzrůstu
- Obr. 9-2** Detail bočních madel - pohled z boku a zepředu
- Obr. 9-3** Možné konfigurace pater systému
- Obr. 9-4** Záslepky čelní a zadní příčky a zarážky pater
- Obr. 9-5** Výměnné panely
- Obr. 9-6** Detail displeje
- Obr. 9-7** Systém v otevřeném stavu
- Obr. 9-8** Detail madla dvířek
- Obr. 9-9** Sběrná nádrž pod vysunutým zadním panelem
- Obr. 9-10** Sejmутý horní panel
- Obr. 9-11** Detail madla zadních panelů
- Obr. 9-12** Sejmутý čelní panel
-
- Obr. 10-1** Základní barevné schéma
- Obr. 10-2** Barevné varianty
- Obr. 10-3** Grafické řešení displeje
-
- Obr. 11-1** Hydroponický systém v interiéru domácnosti

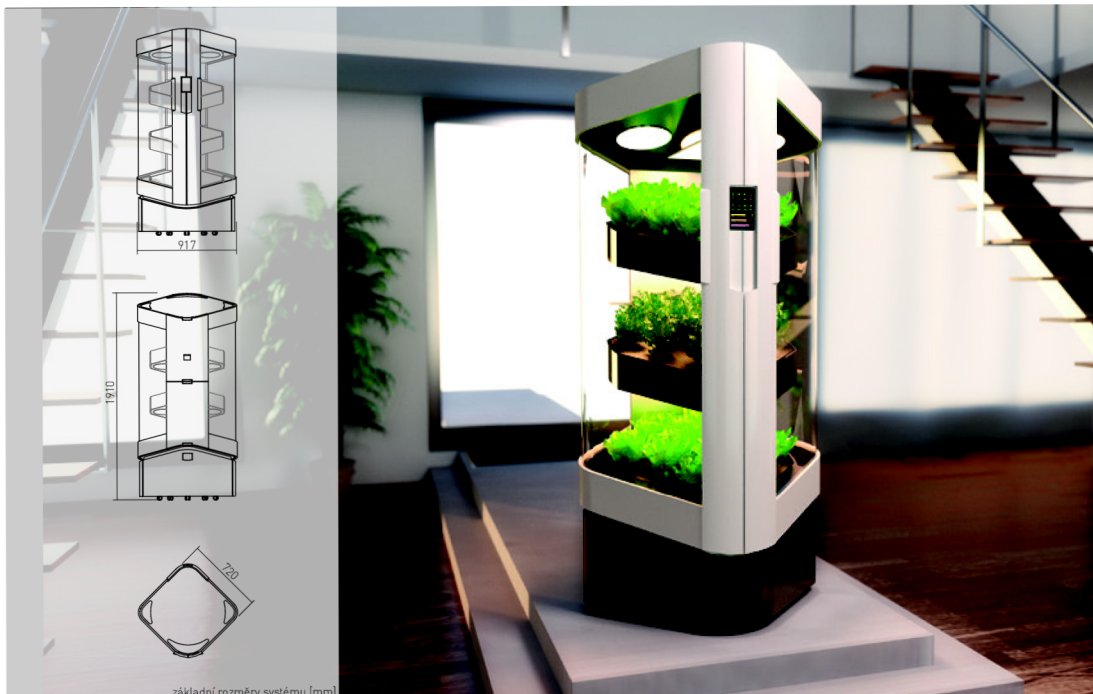
SEZNAM PŘÍLOH

- Model návrhu v měřítku 1:4
- Postery formátu A1
 - Sumarizační poster
 - Designérský poster
 - Ergonomický poster
 - Technický poster
- CD s digitální podobou diplomové práce

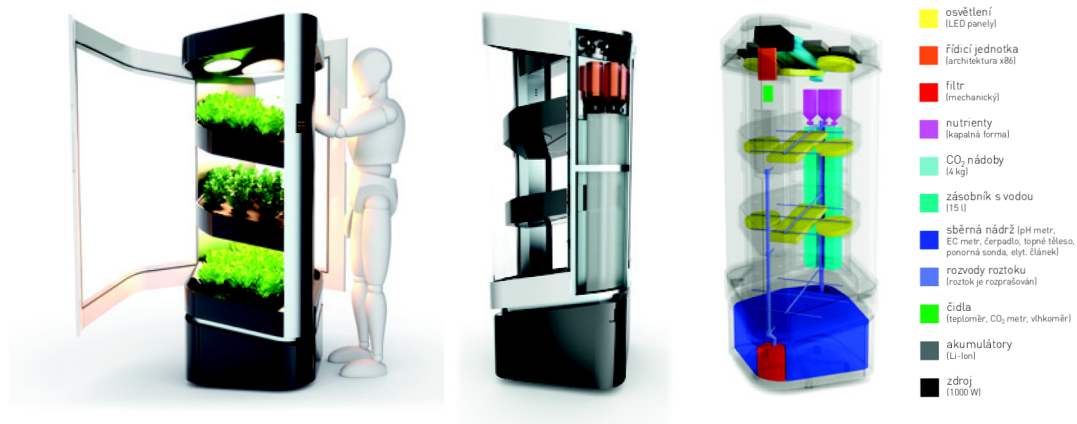
SUMARIZAČNÍ POSTER

Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin sumarizační poster

Vize hydroponického systému pro domácnosti, který lze použít i jako centrální prvek interiéru. Systém je plně automatizován a řídí všechny parametry prostředí, které mají vliv na růst rostlin. Systém, se kterým je snadné manipulovat jak v rámci interiéru, tak při údržbě a provozu, nabízí i možnosti konfigurace vnitřního prostoru pro pěstování rostlin různého vzrůstu a hustoty sadby.



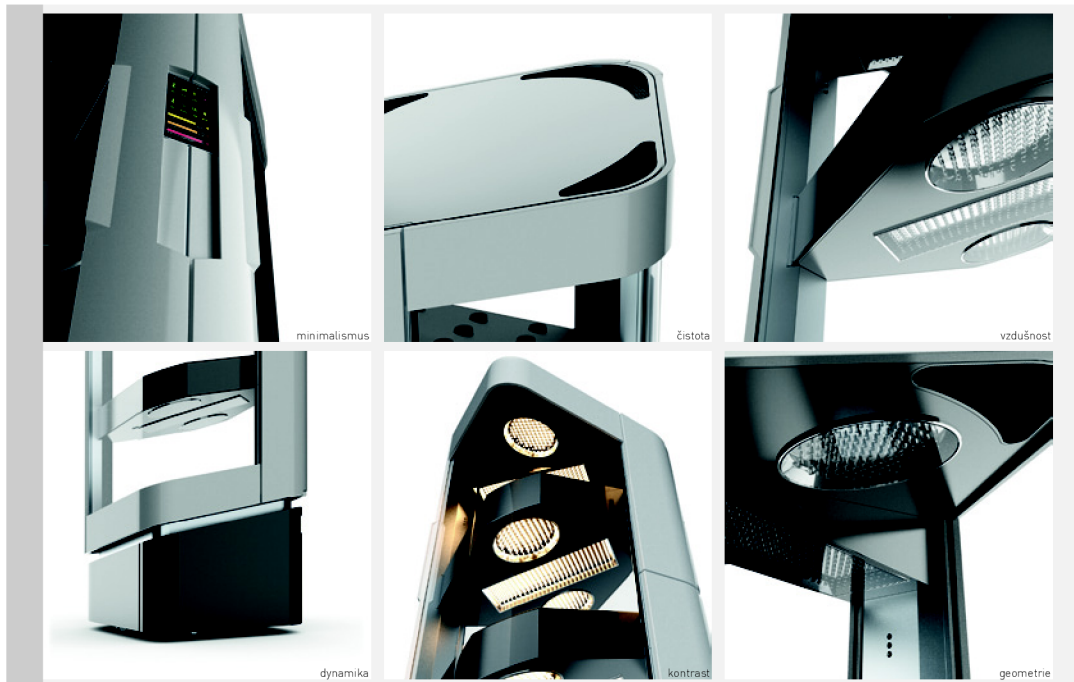
základní rozměry systému [mm]



DESIGNÉRSKÝ POSTER

Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin designérský poster

Minimalisticky pojatý design využívající systému diagonál, vertikál, částí kružnic a kontrastu barev a tvarů k vytvoření dynamicky působícího systému pro interiéry domácností. Důraz je kladen na maximální prosklenost systému a na jeho vícehledovost.



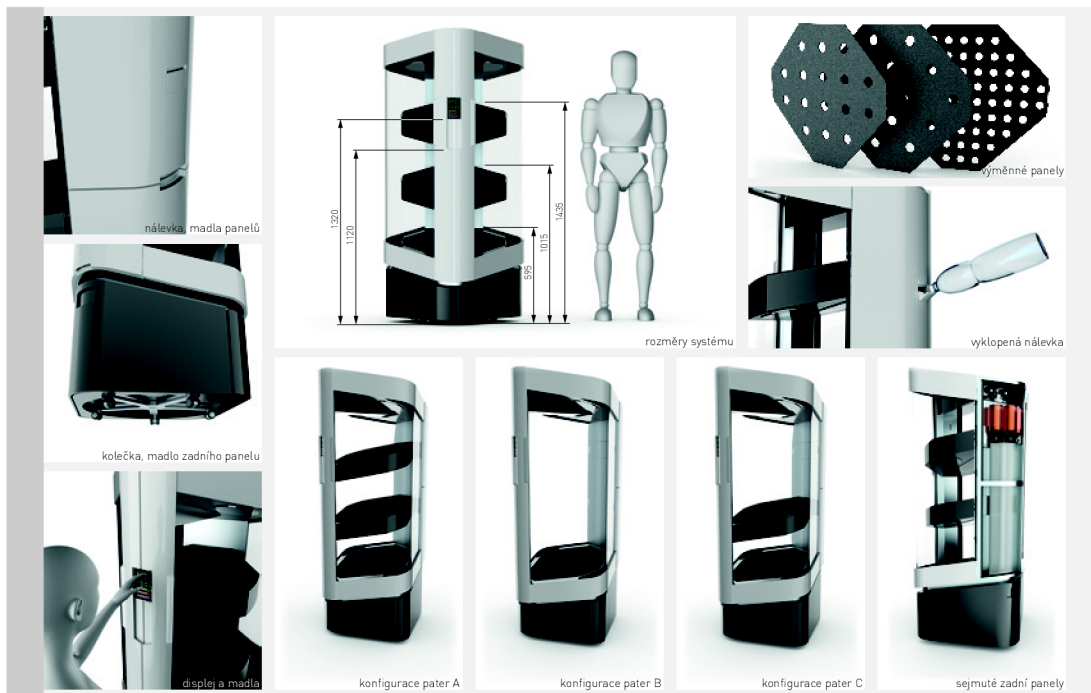
autor: Bc. Tomáš Novotný / vedoucí práce: doc. Ing. arch. Jan Rajlich / červen 2013
Vysoké učení technické v Brně / Fakulta strojního inženýrství / Ústav konstruování / obor Průmyslový design ve strojírenství

Institute of Machine
and Industrial Design
www.vutbrno.cz

ERGONOMICKÝ POSTER

Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin ergonomický poster

Hlavním cílem návrhu z hlediska ergonomie bylo zajistit snadnou manipulovatelnost se systémem a maximální usnadnění úkonů spojených s údržbou a provozem systému. Systémem lze snadno manipulovat díky sadě otočných koleček a madlům na jeho čelní straně. Všechny komponenty systému jsou snadno přístupné po sejmutí příslušných panelů. Systém je možné konfigurovat.



autor: Bc. Tomáš Novotný / vedoucí práce: doc. Ing. arch. Jan Rajlich / červen 2013
Vysoké učení technické v Brně / Fakulta strojního inženýrství / Ústav konstruování / obor Průmyslový design ve strojírenství

Institute of Machine
and Industrial Design

TECHNICKÝ POSTER

Design domácího systému pro hydroponické pěstování rostlin technický poster

Systém využívající aeroponického zavlažování rostlin zajišťuje automatizovanou kontrolu a úpravu nejen vlastností živného roztoku, ale i vlastností vzduchu. Zdrojem umělého osvětlení jsou LED panely a systém je chráněn proti výpadku elektrického proudu díky záložním akumulátorům. Krom sběrné nádrže, ve které je roztok upravován, je součástí systému i zásobník s čerstvou vodou.

