

Design hydroponického systému

Bc. Jakub Charvát

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Ateliér Průmyslový design

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Jakub Charvát
Osobní číslo:	K23466
Studijní program:	N0212A310007 Multimédia a design
Specializace:	Průmyslový design
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Design zahradnických potřeb

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Analýza řešené problematiky
3. Cíle práce
4. Výrobní parametry
5. Variantní designérské návrhy
6. Finální designérské řešení
7. Ergonomická studie
8. Technická dokumentace
9. Fyzický model / prototyp / realizovaný výrobek
10. Shrnutí přínosů práce
11. Závěr
12. Výsledek výzkumu
13. Seznam použité literatury a zdrojů
14. Seznam použitých symbolů a zkratek
15. Seznam obrázků a grafů
16. Seznam tabulek
17. Seznam příloh
18. Zmenšené postery

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BRAMSTON, Dave. *Design výrobků: hledání inspirace*. Brno: Computer Press, 2010. Základy designu. ISBN 978-80-251-2914-2.

GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:56a59ea0-f15c-11e8-a5a4-005056827e52>

KOLEŠÁR, Zdeno. *Kapitoly z dějin designu*. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2004. ISBN 80-86863-03-4.

PELCL, Jiří. *Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization*. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

SURMAN, Martin. *Metodika designérské práce a výuka průmyslového designu v České a Slovenské republice*. Zlín: Radim Bačuvčík – VeRBuM, 2015. ISBN 978-80-87500-73-6.

Vedoucí diplomové práce: **doc. MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

Oponent diplomové práce: **Ing. Jiří Kučera**
Ateliér Průmyslový design

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2025**

L.S.

Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan

doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem domácího hydroponického systému pro pěstování rostlin v podmínkách městského prostředí. Vychází z rostoucí poptávky po udržitelných, prostorově úsporných a uživatelsky přívětivých řešeních, která podporují soběstačnost a zdravý životní styl. Analytická část mapuje aktuální komerční produkty a identifikuje jejich nedostatky. Na základě těchto zjištění a potřeb uživatelů byl navržen modulární systém, jenž kombinuje více pěstitelských metod, čímž prodlužuje životní cyklus produktu. I přes nezastupitelnou roli plastů reflektuje práce environmentálně odpovědný přístup. Kombinace polypropylenu s příměsí kávové sedliny dává produktu vizuální charakter a zároveň snižuje svou ekologickou stopu využitím odpadní suroviny. Výsledný návrh propojuje funkčnost, ergonomii a estetickou hodnotu s ohledem na konstrukční, výrobní i ekonomické aspekty.

Klíčová slova: hydroponie, vertikální pěstování, urbanizace, průmyslový design

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of a home hydroponic system for growing plants in urban environment. It is based on the increasing demand for sustainable, space-saving and user-friendly solutions that promote self-sufficiency and a healthy lifestyle. The analytical part maps current commercial products and identifies their shortcomings. Based on these findings and user needs, a modular system was designed. It combines multiple cultivating methods to extend the products life cycle. Despite the irreplaceable role of plastics, the design reflects an environmentally responsible approach. The combination of polypropylene with the addition of spent coffee grounds gives the product visual character while reducing its ecological footprint by using waste raw material. The resulting design combines functionality, ergonomics and aesthetic value while considering engineering, manufacturing and economic aspects.

Keywords: hydroponics, vertical farming, urbanization, industrial design

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu doc. MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za odborné vedení této diplomové práce a cenné rady během tvůrčího procesu. Poděkování také patří společnosti Plastia s. r. o., zejména paní jednatelce Lence Novotné, za vstřícnost, čas věnovaný konzultacím a podnětné připomínky, které významně přispěly k podobě výsledného návrhu.

OBSAH

1	ÚVOD	12
1.1	PŘEDSTAVENÍ ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE	12
1.2	MOTIVAČNÍ FAKTORY PRO VOLBU TÉMATU	12
1.3	OBEZNÉ UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY ŘEŠENÉ PRODUKTOVÉ KATEGORIE	12
2	ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	14
2.1	REŠERŠNÍ METODY	14
2.2	HISTORICKÝ VÝVOJ	15
2.3	CELOSVĚTOVÁ ANALÝZA	29
2.3.1	Rise Garden 3	29
2.3.2	AeroGarden Farm 24	31
2.3.3	Gardyn Home 4.0	32
2.3.4	IKEA KRYDDA/VÄXER	34
2.3.5	Supragarden	36
2.3.6	Ahopegarden	38
2.3.7	Nutraponics Tower Garden	40
2.3.8	Urban Hydro 108	41
2.3.9	Click & Grow Smart Garden 27	42
2.3.10	Click & Grow 25	44
2.4	DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA	45
2.4.1	Výhody a nevýhody hydroponie	45
2.4.2	Typy hydroponických systémů	46
2.4.3	Pěstební médium	52
2.4.4	Živný roztok	52
2.4.5	Technologické komponenty	54
2.4.6	Ergonomické parametry	55
2.4.7	Vizuální parametry	56
2.4.8	Materiálové parametry	57
2.4.9	Ekonomické parametry	57
2.4.10	Sociální parametry	58
2.4.11	Enviromentální parametry	58
2.4.12	Etické parametry	59
2.5	VÝZKUM	60
2.6	SHRNUTÍ	64
3	CÍLE PRÁCE	65
3.1	HLAVNÍ CÍLE PRÁCE	65
3.2	VEDLEJŠÍ CÍLE PRÁCE	65
3.3	OBLASTI MOŽNÝCH INOVACÍ	66
3.4	CÍLOVÍ UŽIVATELÉ A TRH	66
4	VÝROBNÍ PARAMETRY	69
4.1	VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	69

4.1.1	Obrábění	69
4.1.2	Zpracování plastů	69
4.1.3	Zpracování kovů	70
4.1.4	Zpracování dřeva	71
4.2	MATERIÁLY	72
4.2.1	Plasty	72
4.2.2	Kovy	73
4.2.3	Dřevo	74
4.3	VÝROBNÍ NÁKLADY	75
4.4	DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	76
5	VARIANTNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ	79
6	FINÁLNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ	84
7	ERGONOMICKÁ STUDIE	94
8	TECHNICKÁ DOKUMENTACE	98
8.1	ROZMĚROVÝ NÁČRT NAVRŽENÉHO PRODUKTU ČI ZAŘÍZENÍ	98
8.2	ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ SCHÉMA NAVRŽENÉHO PRODUKTU ČI ZAŘÍZENÍ	98
8.3	POPIS JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ	102
8.4	ODHAD VÝROBNÍCH NÁKLADŮ	108
9	FYZICKÝ MODEL / PROTOTYP / REALIZOVANÝ VÝROBEK	112
10	SHRNUTÍ PŘÍNOSŮ PRÁCE	114
10.1	REKAPITULACE DESIGNÉRSKÉHO PROCESU	114
10.2	PŘÍNOSY A INOVACE DESIGNÉRSKÉHO ŘEŠENÍ	114
10.3	KRITICKÉ ZHODNOCENÍ	115
11	ZÁVĚR	116
12	VÝSLEDEK VÝZKUMU	117
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	119
14	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	135
15	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	140
16	SEZNAM TABULEK	143
17	SEZNAM PŘÍLOH	144
18	ZMENŠENÝ POSTER	145

1 ÚVOD

Rostoucí tlak na ekologickou zodpovědnost, urbanizaci a soběstačnost v produkci potravin otevírá prostor pro nové přístupy v oblasti domácího pěstování. Hydroponie, metoda pěstování rostlin bez půdy v živném roztoku, představuje jednu z perspektivních alternativ, která je zejména vhodná pro městské prostředí s omezeným prostorem a absencí přístupu k úrodné půdě. Cílené dávkování živin, při současném snížení spotřeby vody a eliminaci pesticidů, dělá z hydroponie efektivnější a zdravější formu pěstování oproti tradičnímu zemědělství. Lokální pěstování v domácím prostředí nejen zvyšuje soběstačnost a snižuje environmentální dopady spojené s logistikou a balením, ale přispívá i k duševní pohodě a zdravému životnímu stylu díky přímému kontaktu s rostlinami a procesu růstu.

1.1 Představení zadání absolventské práce

Tématem diplomové práce je návrh interiérového modulárního hydroponického systému pro domácí použití. Zadání zdůrazňuje funkčnost, uživatelskou jednoduchost a vizuální kvalitu celého řešení. Návrh má odpovídat reálným podmínkám malých městských bytů, zahrnovat úvahu o výrobních technologiích, materiálovém řešení a dlouhodobé udržitelnosti. Výsledný produkt má ambici stát se nejen funkčním nástrojem pro pěstování, ale i estetickým a kulturním prvkem každodenního prostředí.

1.2 Motivační faktory pro volbu tématu

Volba tématu vychází z osobního zájmu o udržitelné technologie, urbanizaci a vzájemné propojení s průmyslovým designem. Kombinace environmentální relevance a komplexního produktového návrhu nabízí výzvu, která spojuje funkční i estetickou stránku designérské profese. Motivací byla i snaha vytvořit produkt, který má potenciál reálné výroby a uplatnění na trhu. Projekt navíc přímo navazuje na současné společenské výzvy spojené s klimatickou změnou, potravinovou bezpečností a hledáním udržitelnějších způsobů života ve městech.

1.3 Obecné uvedení do problematiky řešené produktové kategorie

Hydroponické systémy pro domácnosti tvoří dynamicky se rozvíjející segment trhu, který je ale stále poznamenán technologickou i cenovou bariérou. Výrobci často využívají trend hydroponie k maximalizaci svých výnosů na úkor ergonomie, estetiky i zdravého růstu rostlin. Vznikají tak nedořešené produkty, které se spíše předhání mírou chytrých senzorů a kapacitou pěstebních míst. Na druhém protipólu s nacházejí zjednodušené DIY

konstrukce, které postrádají jak designovou, tak funkční integritu. Právě tento rozpor je východiskem návrhu nového řešení, které chce skloubit technickou funkčnost, estetickou hodnotu, ale i materiálovou zodpovědnost v rámci jednoho soudržného konceptu.

2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Detailní rešeršní a analytická činnost v rámci řešené produktové kategorie tvoří důležitou část designérského procesu. Kapitola zahrnuje popis použitých rešeršních metod, včetně definice kritérií pro výběr relevantních zdrojů, strategie jejich vyhledávání, třídění a metodiky vyhodnocení informací. Následuje samotná rešerše produktové kategorie nevyjímaje historický vývoj hydroponických systémů. Dokumentovány jsou klíčové milníky, které ukazují technologickou i společenskou evoluci tohoto odvětví od starověku po současnost. V části věnované celosvětové analýze jsou představeny soudobé konkurenční realizace, významní výrobci, technologie a materiály, které definují současný stav poznání hydroponických systémů. Následující designérská analýza shrnuje a hodnotí řešenou produktovou kategorii z funkčního, technologického, ergonomického, vizuálního, materiálového, ekonomického, marketingového, sociálního, environmentálního i etického hlediska. Součástí je taktéž publikování vlastního realizovaného výzkumu zaměřeného na ekonomickou rentabilitu domácí hydroponie. Cílem analýzy je vytvořit poklady pro stanovení cílů diplomové práce a následný návrh vhodného designérského řešení.

2.1 Rešeršní metody

Rešeršní metoda použita v této diplomové práci byla strategie osekávání, tedy zužování kladených dotazů a specifikování klíčových slov, čímž byl snížen počet vyhledaných dokumentů a jiných záznamů. Informační zdroje byly považovány za relevantní, pokud se přímo vztahují k řešenému tématu hydroponie, obsahují konkrétní údaje o principu, konstrukci a aplikaci v produktech a poskytují ověřitelné a podložené informace. Primární rešerše byla prováděna v digitálních akademických, vědeckých a knihovních archivech a databázích, v odborných publikacích a dále v oficiálních zdrojích výrobců. Využity byly také kvalitní mediální prameny, pokud obsahovaly relevantní a doložitelné informace. Z rešerše naopak byly vyloučeny reklamní a marketingové texty, blogy a diskuzní fóra, kde není možno ověřit daná tvrzení. Shromážděné materiály byly roztříděny a vyhodnoceny dle míry relevance a následně z časového hlediska, technických principů a parametrů a dle oblasti použití.¹

¹ UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ, *Rešeršní strategie*, 2022.

2.2 Historický vývoj

Historie hydroponických systémů sahá až do starověku. Kolem roku 600 před naším letopočtem byly údajně postaveny visuté zahrady v Babyloně. Rostliny byly pěstovány v kanálech, kterými proudila neustále voda. Nicméně tyto bájně zahrady zcela nesplňují definici hydroponie, rostliny totiž byly zasazeny v půdě.²



Obrázek 1 Vyobrazení babylonských visutých zahrad³

Prvním plně doložitelným hydroponickým systémem jsou aztécké plovoucí vory, tzv. chinampas. Tímto způsobem si původní Indiáni rozšiřovali zemědělské plochy v oblasti Jižní Ameriky a Mexika okolo roku 1100 našeho letopočtu. Jedná se o malé ostrovy spletené ze stonků kukuřice a rákosu, které pluly po jezerech. Aztékové na ně nanесли vrstvu bahna ze sopečných území. Plodiny získávaly potřebné živiny z bahnité zeminy, ale i skrze své kořeny, které byly ponořeny ve vodě. V tamních jezerech je vydatná koncentrace solí a dostatečně okysličená voda. Tato zemědělská technika byla rozšířena do celého světa, v druhé polovině 13. století našel Marco Polo podobné plovoucí záhony v Číně. Není tedy přesně známo, kdy a kde byla tato pěstitelská metoda použita, jedná se však o průkopnickou techniku hydroponie.⁴

² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

³ KNAB, *Hanging Gardens of Babylon*, 1886.

⁴ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

V dnešní době se můžeme s chinampas setkat v jezerní oblasti Xochimilco, v jižní části hlavního města Mexika, Ciudad de México.⁵



Obrázek 2 Zemědělský systém chinampas, Xochimilco⁶

První experimentální důkaz o tom, že právě pomocí vody extrahují rostliny živiny z půdy, popsal roku 1969 britský botanik a historik John Woodward. Při svém hydroponickém pokusu zjistil, že se rostlinám daří lépe ve vodě z řeky než v destilované. Jeho závěrem tedy bylo, že rostliny získávají z vody něco, co podporuje jejich růst. V dalším vědeckém pozorování si všiml, že čím víc půdy do vody přidá, tím rychleji rostliny rostou, takže dokážou ze zeminy určitým způsobem získávat živiny.⁷

K popsání fotosyntézy, chemických reakcí a mechanismů při růstu rostlin pak významně přispěl anglický vědec Joseph Priestley, který v roce 1771 zjistil, že rostliny mění složení vzduchu ve svém okolí. Následně objevil kyslík a že ho rostliny jsou schopny produkovat. Později v roce 1779 navázal nizozemský botanik a lékař Jan Ingenhousz zjištěním, že rostliny právě za přítomnosti světla absorbují oxid uhličitý a uvolňují kyslík. Ve tmě naopak vyrábí oxid uhličitý, ale mnohem menší množství než kyslíku za světla. Poté švýcarský fytochemik Nicolas-Théodore de Saussure v následujících letech dokázal, že přírůstek kyslíku a organické hmoty je větší než hmotnost pohlceného oxidu uhličitého. Usoudil tedy, že rostliny spotřebovávají také vodu.^{8,9}

⁵ *The chinampas agricultural system*, 2021.

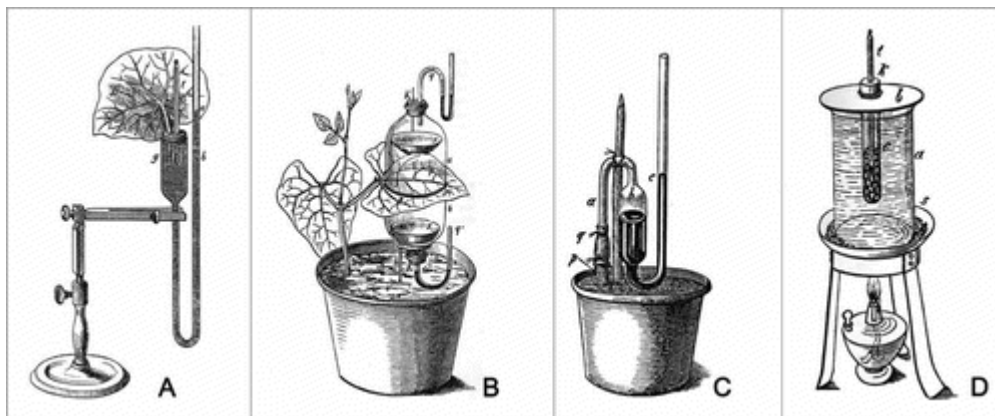
⁶ *Chinampas in Mexico is an indigenous and highly sustainable agriculture system*, 2021.

⁷ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

⁸ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

⁹ *Hydroponické pěstování a jeho historie – Žádná novinka!*, 2015.

Základní kameny pro moderní hydroponii položili němečtí vědci Julius von Sachs a Wilhelm Knop v letech 1859–1865. Dokázali, že technika růstu suchozemských plodin v roztoku minerálních živin bez půdního média, je velmi účinná a z pohledu sklizně výnosná. Von Sachs, absolvent Univerzity Karlovy v Praze a asistent Jana Evangelisty Purkyně, v roce 1860 také zveřejnil první postupy a vzorce dávkování živin a uvedl seznam vhodných rostlin pro pěstování v živných roztocích.¹⁰



Obrázek 3 Adaptace aparatur Juliuse von Sachse¹¹

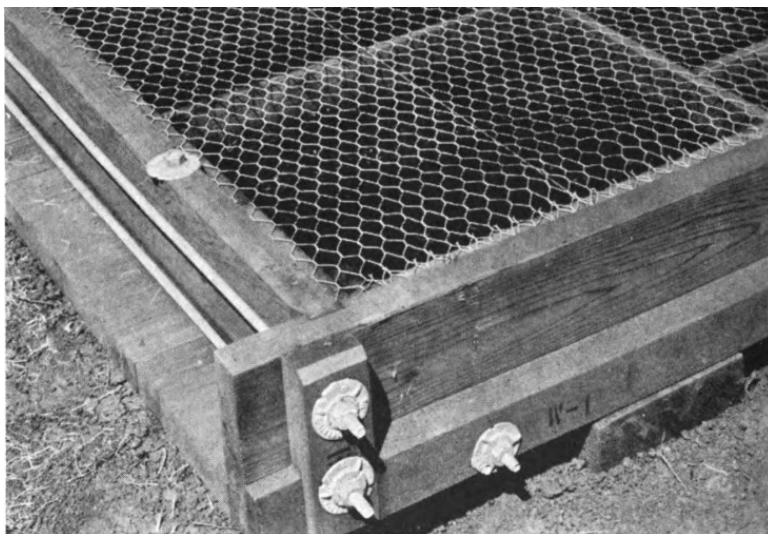
Američan William F. Gericke se pak ve 20. letech 20. století stal prvním komerčním pěstitel metodou hydroponie. Přišel také se samotným názvem hydroponie, když spojil dvě řecká slova – hydros (voda) a ponos (práce). Gericke nepěstoval přímo ve vodě, ale použil dřevěné piliny jako pěstební médium. Svými výsledky zaujal širokou veřejnost, novináři dokonce psali o konci klasického zemědělství v půdě. Mnoho nadšenců se snažilo osvojit hydroponii, což však později naopak vedlo k široké kritice, jelikož nebyli schopni bez vysoce odborných znalostí vypěstovat dostatečně kvalitní potraviny. Nicméně tento veřejný zájem nastartoval další rozvoj laických i odborných výzkumů. Gericke pokračoval ve zdokonalení mechanismu a jeho součástí a v roce 1940 také vydal knížku Kompletní průvodce pro pěstování bez půdy. Zhruba ve stejné době vyvíjel další americký vědec složení živin pro hydroponii. V roce 1933 byla publikována jeho receptura, tzv. Hoaglandův roztok. Tento vzorec nadále slouží jako reference při dnešních výzkumech a je stále používán v komerční sféře díky nenáročné a levné výrobě.^{12, 13}

¹⁰ *Hydroponické pěstování a jeho historie – Žádná novinka!*, 2015.

¹¹ *Adaptace aparatur Juliuse von Sachse*, 2015.

¹² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹³ *William F. Gericke: The Inventor Of Hydroponics*, 2023.



Obrázek 4 Základní konstrukce hydroponického systému¹⁴

Ve 40. letech 20. století se k hydroponickému pěstování ve větším měřítku uchýlila americká armáda. Důvodem bylo komplikované zásobování vojáků na oceánských základnách a kamenitá a neúrodná půda lokálních ostrovů. Metodu Nutriculture vyvinuli Robert a Alice Withrow z Purdeovy univerzity v Indianě. Jednalo se o síť uměle vybudovaných kanálů, které byly naplněny šterkem. Ty se zaplavovaly živným roztokem a po vyschnutí byly kanály opět napuštěny novým roztokem. Tento princip byl východiskem pro dnešní známý systém Flood and drain, tedy v překladu zaplavení a odvodnění.¹⁵



Obrázek 5 Hydroponická farma na ostrově Ascencion¹⁶

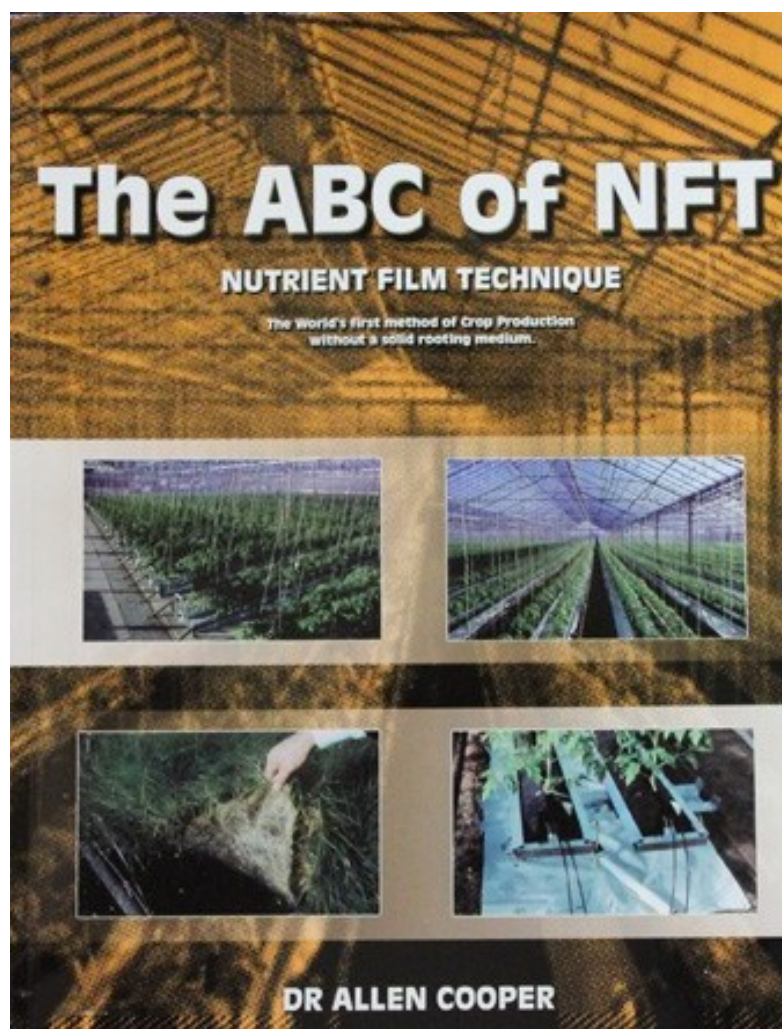
¹⁴ GERICKE, *Základní konstrukce hydroponického systému*, 1940.

¹⁵ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹⁶ *Hydroponická farma na ostrově Ascencion*, 2011.

Další velký technologický posun se odehrál až v 60. a 70. letech 20. století. Jako pěstební médium se začala využívat minerální vlna Rockwool, původně stavební materiál určený k izolaci. V průmyslovém množství byla zahájena výroba chemických látek, které účinně rozpouští stopové prvky v roztoku. Revoluci také způsobil rozmach plastů, jenž nahradil kanály z betonu.¹⁷

V 60. letech také Allen Cooper vyvinul metodu Nutrient film technique (NFT), kterou popsal ve své knize *The ABC of NFT* (1979). Jedná se o tenkou vrstvu živného roztoku proudícího v kanálech ke kořenům rostlin. Voda s tímto roztokem je neustále čerpána a recirkulována.¹⁸



Obrázek 6 Obálka knihy *The ABC of NFT*¹⁹

¹⁷ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹⁸ MULLINS et al., *Hydroponic Production of Edible Crops: Nutrient Film Technique (NFT) Systems*, 2023.

¹⁹ PUREHYDROPONICS, *Cover of the book The ABC of NFT*, 2015.

Důležitým momentem pro rozkvět hydroponie, zejména v komerční sféře, bylo založení společnosti General Hydroponics roku 1976 v Kalifornii. Zakladatel Lawrence Brooks vylepšil stávající systémy a pracoval na optimalizaci živných roztoků. Autorem dosud používané receptury firmy General Hydroponics je Carl Herrmann, tehdejší chemik americké vesmírné agentury NASA (National Aeronautics and Space Administration). General Hydroponics je i dnes jedním z lídrů hydroponického odvětví s nutrienty a zřejmě také nejúspěšnější hydroponickou firmou v historii. Sám Lawrence Brooks je i tvůrcem prvotního hydroponického systému pro domácí použití Aquafarm, který se stále nachází na trhu. Jedná se o květináč skládající se z reservoáru na vodu s nutrienty a v něm vložené perforované pěstební nádoby. Zde je zasazena rostlina v inertním médiu, v tomto případě to jsou jílové kuličky, tzv. keramzit. Vzduchové čerpadlo okysličuje a přivádí živný roztok do kapkové závlahy, odkud kapalná směs steče ke kořenům rostliny. Přebytečné množství díky gravitaci skončí opět v zásobníku a neustále recirkuluje. Tento systém tedy využívá metodu Drip (volný překlad: kapat, odkapávat) s uzavřeným oběhem, která je velmi podobná technice NFT, jen místo souvislé vrstvy roztoku je zde použita kapková závlaha.²⁰



Obrázek 7 General Hydroponics Aquafarm²¹

²⁰ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

²¹ *General Hydroponics Aquafarm*, n.d..

V rámci otevření EPCOT (Experimental Prototype Community of Tomorrow) centra společnosti Walt Disney roku 1982 na Floridě byly prezentované hydroponické systémy v pavilonu The Land (v překladu půda, či země). Na Obrázku 8 je k vidění atypické provedení metody Flood & Drain, případně také označována jako Ebb & Flow. Principem této techniky je zatopit kořeny rostlin na určitou dobu a následně živný roztok vypustit. V tomto případě však byly rostliny zasazeny do děrovaného dutého válce a podobně jako u mlýnského kola proud vody s nutrieny otáčel válcem, čímž se živiny dostaly ke všem rostlinám. Eventuálně bylo možné válec pohánět i elektromotorem. Na Obrázku 9 je pak vidět metoda NFT – hydroponická věž tvořená opět perforovaným dutým válcem, tentokrát ve vertikální poloze. Roztok přivedený čerpadlem stéká po celé vnitřní straně válce a dodává nutrieny kořenům rostlin, které se zde nacházejí. Přebytek díky gravitaci odteče zpátky do rezervoáru a opět znovu koluje. Na Obrázku 10 je vyobrazena metoda DWC s využitím raftů. Rostliny jsou zde zasazeny do pěstebních košíčků, které jsou vloženy do perforovaných desek z extrudovaného polystyrenu, např. Styrofoam. Tyto plovoucí desky se volně vznášejí na hladině nádrže naplněné živným roztokem, jenž je kontinuálně okysličován a recirkulován pomocí čerpadla. Raftový systém je často využíván pro intenzivní průmyslovou produkci salátu a směsných listových plodin, zejména tam, kde je kladen důraz na ekonomiku provozu a rychlost.^{22, 23}



Obrázek 8 Hydroponický systém, The Land Pavilion, EPCOT²⁴

²² PANWAR, *The origins of hydroponics*, 2020.

²³ ROBERTO, *How to Hydroponics*, 2003.

²⁴ *Hydroponický systém, The Land Pavilion, EPCOT*, 1982.



Obrázek 9 Hydroponické věže, The Land Pavilion, EPCOT²⁵



Obrázek 10 Raftový systém, The Land Pavilion, EPCOT²⁶

V izraelském výzkumném centru Ein Gedi vyvinul v roce 1982 doktor Hillel Sofer jeden z prvních funkčních aeroponických systémů. Jeho konstrukce vycházela z pěstební komory, ve které byly rostliny zasazeny do síťovaných košíčků umístěných nad hladinou živného roztoku. Kořeny se nacházely ve vzduchové komoře a byly opakovaně skrápěny jemnou mlhou z tryskového systému, což umožnilo vysoké provzdušnění. V roce 1986 Sofer technologii dále rozšířil o tzv. vortexovou zónu – ve spodní části systému proudil živný roztok ve vířivém pohybu, čímž se zvyšovalo okysličení živného roztoku v nádobě, do kterého jsou kořeny namočené, jakmile prorostou mlžnou vrstvou. Tento dvouzónový přístup, mlžící trysky v horní části a aktivně vířená lázeň ve spodním rezervoáru, představoval inovaci spojující výhody aeroponie i hydroponie. Na obdobném principu byla o několik let

²⁵ *Hydroponické věže, The Land Pavilion, EPCOT, 1982.*

²⁶ ROBERTO, *Lettuce raft system at Disney Epcot Center's Listen to the Land*, 2017.

později postavena řada RainForest od společnosti General Hydroponics. Využívá patentovanou jednotku Vortex Sprayer, která čerpá živiny do rotační turbíny a rozstříkuje je směrem vzhůru na kořeny umístěné v pěstebních košíčkách s keramzitem.²⁷



Obrázek 11 General Hydroponics Rainforest 66²⁸

Na přelomu 80. a 90. let uvedla firma General Hydroponics na trh hydroponickou farmu AeroFlo. Jednalo se o první modulární systém kombinující princip NFT a vysokého okysličení roztoku. Rostliny jsou umístěny ve víku nad mírně nakloněnými plastovými kanály, jimiž je čerpadlem neustále cirkulován živný roztok. Ten proudí tenkou vrstvou kolem volně visících kořenů a je před vstupem do systému silně provzdušněn. Výsledkem je údajně rychlejší růst rostlin oproti klasickým pasivním NFT systémům. Po rebrandingu evropské divize General Hydroponics na značku Terra Aquatica byl AeroFlo v roce 2019 nahrazen novou generací systému pod názvem GrowStream. Ten vychází z totožného principu, ale přináší ergonomičtější konstrukci žlabů, snadnější přístup k čerpadlu i pěstebním košíčkům a modulární systém vík pro čištění. Výrobce i někteří distributoři označují AeroFlo i GrowStream za aeroponické systémy, což je však technicky nepřesné. Skutečná aeroponie využívá trysky, které vytvářejí aerosol jemné mlhy, zatímco v systému GrowStream proudí volný živný roztok v tenké vrstvě. Termín aeroponie byl při vzniku AeroFlo používán volněji, stejně tak některé NFT systémy byly označovány jako kapková závlaha a dodnes se tyto typy technologií překrývají. AeroFlo se postupně stal standardem pro domácí i profesionální indoor pěstování a dodnes se používá v komerčním průmyslovém pěstování jahod či rajčat.²⁹

²⁷ ROBERTO, *How to Hydroponics*, 2003.

²⁸ General Hydroponics Rainforest 66, 2020.

²⁹ TERRA AQUATICA, *GrowStream*, 2022a.



Obrázek 12 General Hydroponics Europe AeroFlo³⁰



Obrázek 13 GrowStream³¹

³⁰ GROWGARDEN, *GHE AeroFlo 10*, 2022.

³¹ TERRA AQUATICA, *GrowStream*, 2022a.

Od 80. let se hydroponie stala nedílnou součástí kosmického výzkumu. V rámci programu CELSS (Controlled Ecological Life Support System) vybudovala NASA v Kennedyho vesmírném středisku hermeticky uzavřený pěstební skleník nazvaný Biomass Production Chamber. Tato komora obsahovala čtyři vertikální regály s hydroponickými zásobníky a umělým osvětlením. Cílem bylo vytvořit plně kontrolované prostředí umožňující pěstování potravin bez půdy, přirozeného světla a s recyklací vody. Komora byla provozována koncem 80. let až do roku 2000 a pěstovaly se zde například salát, pšenice nebo brambory. Šlo o první funkční vertikální farmu svého druhu, kde NASA poprvé otestovala použití LED osvětlení s optimalizovanými spektry pro fotosyntézu a techniku NFT v kosmických podmínkách. Získaná data se stala základem nového odvětví Controlled Environment Agriculture a inspirovala vývoj dnešních indoor farem na Zemi. Na tuto éru navázal projekt Veggie, který byl v roce 2014 instalován na palubě Mezinárodní vesmírné stanice (ISS). Jedná se o kompaktní hydroponický systém určený pro mikrogravitaci, využívající textilní kazety s řízeným uvolňováním živin a LED osvětlením. V srpnu 2015 astronauti poprvé ochutnali čerstvý římský salát vypěstovaný přímo na orbitě, experiment tak potvrdil možnost bezpečného pěstování jedlých plodin ve vesmíru a stal se klíčovým milníkem pro budoucí mise na Měsíc a na Mars.^{32, 33, 34}

³² HALL, *NASA Research Launches a New Generation of Indoor Farming*, 2021.

³³ AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE, *Growing Plants in Space*, 2021.

³⁴ NASA, *Veggie*, 2020.



Obrázek 14 The interior of the Biomass Production Chamber³⁵



Obrázek 15 Final harvesting operations for the Veg-03 experiment³⁶

³⁵ NASA, *The interior of the Biomass Production Chamber*, 2021.

³⁶ WHITSON, *Final harvesting operations for the Veg-03 experiment*, 2021.

První hermeticky uzavřená komerční vertikální farma s plně umělým LED osvětlením byla otevřena v roce 2009 v jihokorejském Suwonu a v japonském Kjótu (2010). Základem těchto farem je vícepatrová konstrukce osazená hydroponickými (nejčastěji NFT, DWC Raft systém) nebo aeroponickými systémy, řízené klima a optimalizované světelné spektrum podporující fotosyntézu. Výnosy těchto systémů dosahují až desetinásobku běžného zemědělství na stejnou plochu, nezávisle na ročním období či klimatických podmínkách. V roce 2016 otevřela v Newarku (New Jersey, USA) společnost AeroFarms největší vnitřní vertikální farmu světa. Objekt bývalé ocelárny o rozloze 6 500 m² je vybaven patentovanou aeroponickou technologií, při níž jsou rostliny umístěny v textilií z recyklovaných PET lahví. Kořeny zavěšené ve vzduchu jsou pravidelně mlženy jemnou vrstvou živného roztoku. Systém eliminuje potřebu půdy, snižuje spotřebu vody až na 5 % oproti konvenčním metodám a umožňuje bezpesticidní pěstování v plně kontrolovaném prostředí. Přestože provoz těchto farem zůstává ekonomicky náročný, model AeroFarms ukazuje, že kombinace pokročilé hydroponie, vertikálního uspořádání, precizního řízení prostředí a eliminace transportu do obydlených oblastí představuje jednu z klíčových cest k udržitelnému městskému zemědělství 21. století.^{37, 38}

³⁷ CRAIG, *New Crop City*, 2011.

³⁸ VYAWAHARE, *World's largest vertical farm grows without soil, sunlight or water in Newark*, 2016.



Obrázek 16 Scientists at a vertical farm in Suwon, South Korea³⁹



Obrázek 17 AeroFarms grows its greens using a nutrient-rich mist⁴⁰

³⁹ INSUNGTEC, Scientists at a vertical farm in Suwon, *South Korea*, 2011.

⁴⁰ VYAWAHARE, *AeroFarms grows its greens using a nutrient-rich mist*, 2016.

2.3 Celosvětová analýza

Rešerše současných konkurenčních realizací, významných výrobců, designérů, výrobních technologií a materiálů, které definují současný stav poznání hydroponických systémů.

2.3.1 Rise Garden 3

Americká firma Rise Gardens vstoupila na trh v roce 2019 a nyní již prodává 3. generaci své indoor hydroponické zahrady. Ač to není na první pohled zřetelné, Rise Garden využívá metodu NFT. Z nádrže o objemu 34 l, která je skryta ve skřínce, přivádí čerpadlo živný roztok do nejvyššího patra, kde je umístěn plastový žlab s nakloněnou rovinou. Zde se díky gravitaci dostanou nutrienty ke každé rostlině. Přebytek odteče do nižší úrovně a následně zpět do spodní nádoby a recirkuluje. To bohužel neumožňuje rozdílné složení živin a hodnotu pH v jednotlivých stupních systému. První patro o nevariabilní výšce 450 mm umožňuje pěstování vyšších rostlin, jako jsou například cherry rajčata, chilli papričky i lilek. Nadstavbové úrovně nabízí vždy fixní výšku 250 mm od světelného zdroje, což je vhodné zejména pro produkci listové zeleniny. Přísun energie zajišťuje rostlinám LED (Light-Emitting Diode) osvětlení o celkovém příkonu 195 W s celým světelným spektrem doplněné o LED s modrým spektrem podporující vegetativní fázi růstu a o červené spektrum důležité pro vývoj kvetení a plodů. Jako pěstební médium je použito kokosové vlákno smíchané s rašelinovým mechem. Hydroponická zahrada je také propojena s aplikací do chytrých telefonů, která uživatele provede celým procesem pěstování, upozorní na nedostatek vody a doplnění živin. V aplikaci je také možné upravit délku světelného cyklu, který je standardně 16 hodin denně. Celková spotřeba elektrické energie za jeden měsíc činí přibližně 40 kWh pro jednopatrovou, 70 kWh pro dvoupatrovou a 100 kWh pro třípatrovou farmu. Rozměry (v pořadí $\bar{s}$ x h x v) jsou (921 x 413 x 953) mm a s každým dalším patrem vzroste výška o 346 mm na maximálních 1645 mm. Na jednotlivé úrovni je možné vypěstovat 16 až 36 rostlin, celkem tedy na ploše 0,380 m² až 108 rostlin. Tento počet je spíše teoretický, ve skutečnosti zde totiž není dostatek místa pro kořenové ani nadzemní části rostlin a jejich zdravý a efektivní růst.⁴¹

Rám a pěstební opora Rise Garden 3 je zkonstruován ze svařených železných profilů s povrchovou úpravou, police pak z ohýbaných ocelových plechů. Ostatní komponenty, jako je nádrž, žlab, pěstební deska s otvorem pro pH metr, hydroponické košíčky a jejich krytky,

⁴¹RISE GARDENS, *The Rise Garden 3*, 2023.

jsou vyrobené z plastu. Stěny a dvířka skřínky pak z laminované dřevotřísky, či překližky. Předchozí generace s dřevěným rámem a ocelovou skřínkou esteticky působila jako hodnotný prvek interiéru zaměnitelný s nábytkem. Na výběr byla dvě provedení, v bílé Cloud a černé Charcoal. Promyšleným detailem byla vyfrézovaná drážka v dřevěném rámu pro schování elektrického kabelu k osvětlení. Současnou verzi lze koupit pouze s bílým železným rámem a dřevěným dekorem skřínky, což navozuje lacinější a industriálnější pocit, což je umocněno i přiznanými šroubovými spoji. To se však příjemně projevilo do výše ceny, nová generace se základním jedním patrem startuje na 699 \$ (zhruba 16 000 Kč) a každá další nadstavbová úroveň stojí 250 \$ (6 750 Kč). Starší generace byla zhruba o 100 \$ ($\approx$ 2 300 Kč) dražší, stejně tak i rozšiřující stupně farmy.^{42, 43}



Obrázek 18 The Rise Garden 3⁴⁴

⁴² RISE GARDENS, *The Rise Garden 2*, 2022.

⁴³ RISE GARDENS, *The Rise Garden 3*, 2023.

⁴⁴ RISE GARDENS, *The Rise Garden 3*, 2023.

2.3.2 AeroGarden Farm 24

Firma AeroGarden ze Spojených států amerických působila na trhu již od roku 2002, na podzim roku 2024 oznámila ukončení své činnosti, zřejmě kvůli rostoucí konkurenci a ekonomickým tlakům. Modelová řada Farm 24 nabízí 3 různé maximální výšky pro růst rostlin: 305 mm při celkových rozměrech (914 x 356 x 610) mm, 610 mm při (914 x 356 x 864) mm nebo 914 mm při (914 x 356 x 117) mm. Pěstební moduly Farm 24 jsou rozděleny do dvou oddělených zón, které fungují nezávisle na sobě, takže umožňují rozdílné dávkování živin. Každá půlka disponuje místem pro 12 rostlin v pěstebním médiu na bázi rašeliny, která se však obecně nepovažuje jako obnovitelný zdroj. Obě poloviny mají i samostatně výškově nastavitelné plnospektrální LED panely o příkonu 60 W. Standardní délka světelného cyklu je nastavena na 16 hodin, ale lze ji upravit přes integrovaný digitální displej nebo v mobilní aplikaci, kde lze rovněž sledovat hladinu živného roztoku, interval doplňování a celkový stav. Hydroponický systém pracuje na principu DWC, kdy kořeny rostlin jsou nepřetržitě ponořeny, kombinuje však i kapkovou závlahu. Roztok je pumpován do víka s dvojitým dnem, odkud je rovnoměrně distribuován ke každé rostlině. Díky tomuto cirkulování je zajištěno dostatečné okysličování. Spotřeba elektrické energie je 91 kWh.⁴⁵

Konstrukce Farm 24 je kovová s plastovými prvky a ostatními komponenty ve dvou barevných provedeních, bílá a černá. Vzhledem k modulární konstrukci lze více zařízení stohovat nad sebe pomocí tzv. Stacking Kit, čímž je možné vytvořit vertikální farmu až pro 72 rostlin na ploše 0,325 m². Doporučená maloobchodní cena se pohybuje dle výšky od 799 \$ (18 400 Kč) pro nejmenší, přes 999 \$ (23 000 Kč) pro střední, do 1 149 \$ (26 500 Kč) pro největší verzi. V případě rozšíření na 48 rostlin je potřeba dokoupit další celou jednotku a Stacking Kit za 50 \$ (1 150 Kč), takže cena vystoupá téměř k 40 000 Kč u verze s nejmenší výškou, respektive k 60 000 Kč při rozšíření na 72 rostlin. Zřejmě právě kvůli ekonomickým tlakům firma ukončila činnost a prodej. Na trhu se nachází pouze doprodej skladových zásob.⁴⁶

⁴⁵ AeroGarden Farm 24, 2020.

⁴⁶ AeroGarden Farm 24, 2020.

Obrázek 19 AeroGarden Farm 24Basic⁴⁷

2.3.3 Gardyn Home 4.0

Americká společnost Gardyn představuje autonomní indoor hydroponickou farmu Gardyn Home 4.0 využívající metodu NFT s uzavřeným oběhem živin. Z dolní 19litrové nádrže čerpadlo přivádí živný roztok do horní části, odkud je rozveden kapilárním systémem k jednotlivým rostlinám. Díky tomu mají kořeny lepší přístup ke kyslíku a živinám. Tekutina, která se nespoteřebuje, stéká zpět do nádrže a recirkuluje. Systém umožňuje pěstovat až 30 rostlin na ploše 0,190 m², přičemž každá z nich je zasazena do samostatného plastového košíčku s pěstebním médiem z minerální vlny Rockwool. Osvětlení zajišťují dvě samostatné LED lišty, každá o příkonu 60 W s celým světelným spektrem. Celkový denní světelný cyklus je nastavitelný, standardně na 14 až 16 hodin. Gardyn Home je zcela autonomní díky senzoru hladiny vody, kamerám a připojení k aplikaci, která prostřednictvím AI (artificial intelligence, v překladu umělá inteligence) asistenta sleduje zdravotní stav rostlin a zasílá doporučení.⁴⁸

⁴⁷ AeroGarden Farm 24Basic, 2025.

⁴⁸ Gardyn Home, 2024.

Vertikální farma se skládá z bílé plastové nádoby s dřevěným víkem, rostliny jsou umístěny v plastových tubusech a světelné lišty jsou uchyceny na kovovém rámu. Celkové rozměry činí (617 x 308 x 1542) mm a spotřeba elektřiny se pohybuje kolem 47 kWh za měsíc. Cena systému začíná na 899 \$, přibližně 20 700 Kč.⁴⁹



Obrázek 20 Gardyn Home 4.0⁵⁰

⁴⁹ Gardyn Home, 2024.

⁵⁰ Gardyn 4.0 Hydroponics Growing System, 2025.

2.3.4 IKEA KRYDDA/VÄXER

Švédská nábytkářská firma IKEA uvedla v roce 2016 na trh modulární domácí hydroponický systém KRYDDA/VÄXER využívající pasivní metodu Kratky bez čerpadel či vzduchových kamenů. V jednotlivých patrech s plastovými nádržemi byly kořeny rostlin částečně ponořeny do živného roztoku, zbylý prostor sloužil k okysličení. Každé patro tvořila samostatná vložka s víkem pro 8 nebo 15 pěstebních otvorů. Maximální kapacita tak činila 45 rostlin při rozměrech (570 x 380 x 1250) mm. Klíčení probíhalo odděleně v klíčícím boxu, kde semínka byla vložena do minerální vaty Rockwool. Poté byly rostliny včetně vaty zasazeny do plastových košíčků s pemzou. Pro zajištění růstu bez přirozeného světla bylo nutné každé patro vybavit samostatným LED svítidlem VÄXER o délce 465 mm a výkonu 16 W. To obsahovalo 10 bílých a 5 červených LED.^{51, 52}

Cena kompletního třípatrového systému včetně dokoupeného osvětlení se pohybovala kolem 298 £, při tehdejší kurzu necelých 9 000 Kč, pokud připočítáme průměrnou inflaci, dnes by takový systém vyšel na 13 500 Kč. Rám nesoucí označení KRYDDA byl z práškově lakované oceli, některé části pak z pozinkovaného železného plechu a ostatní příslušenství jako pěstební košíčky a nádoba s víkem z plastu. Tento industriální vzhled byl vnímán uživateli kontroverzně, zejména kvůli pozinkovanému plechu. Výhodou systému ale byla nízká vstupní cena a jednoduchost, nebyly použity žádné pohyblivé části ani elektrické komponenty, což usnadňovalo jeho údržbu a snižovalo náklady na provoz. Spotřeba elektrické energie je pouze 23 kWh za měsíc. Nevýhodou pak mohla být pro určitou skupinu uživatelů chybějící automatizace a nutnost manuálního doplňování živin i sledování hladiny. V roce 2021 byl systém v řadě zemí, včetně Německa a Švýcarska, stažen z nabídky.^{53, 54}

⁵¹ SLATALLA, *New from Ikea: A Hydroponic Countertop Garden Kit*, 2016.

⁵² *Grow lights at HOME: HortiPower Nurser 3 (450mm) vs IKEA Växer Linear LED cultivation*, 2023.

⁵³ SLATALLA, *New from Ikea: A Hydroponic Countertop Garden Kit*, 2016.

⁵⁴ *Grow lights at HOME: HortiPower Nurser 3 (450mm) vs IKEA Växer Linear LED cultivation*, 2023.



Obrázek 21 Krydda/Växer Three-tier Grow Kit⁵⁵



Obrázek 22 Krydda/Växer One-tier Grow Kit⁵⁶

⁵⁵ Krydda/Växer Three-tier Grow Kit, 2016.

⁵⁶ Krydda/Växer One-tier Grow Kit, 2016.

2.3.5 Supragarden

Finský vertikální hydroponický systém Supragarden nabízí v rámci jednoho produktu celou řadu hydroponických metod: NFT, DWC, Flood & Drain (Ebb & Flow) i kapkovou závlahu. Z nádrže o objemu 70 l je čerpadlem přiváděn živný roztok do vrchních částí systému, odkud stéká skrz jednotlivá patra gravitací zpět, tedy NFT systém. V základním patře pak díky vodní pumpě je umožněno využít jakýkoliv z ostatních systémů. Součástí je i vzduchovací kámen napojený na tichou membránovou pumpu, který zajišťuje okysličení. Pěstební médium může uživatel použít kterékoliv, Supragarden na svém webové stránce prodává minerální vaty Rockwool a Stoonwool nebo směs rašeliny a kůry. Osvětlení zajišťují nad jednotlivými částmi plnospektrální i červeno-modrá LED světla, každé o příkonu 12 W. Rozměry základní jednotky činí (780 x 380 x 440) mm, systém je však modulární a umožňuje výškové rozšíření až na 2200 mm.⁵⁷

Pěstební moduly připomínající DIY systémy z PVC trubek jsou tvořeny plastovými tubusy z PE (polyethylen), který je schválený pro kontakt s potravinami. Konstrukce je tvořena hliníkovými tyčemi. Cena systému pro 15 až 22 rostlin na ploše 0,296 m² při výšce 140 mm činí 574 € (přibližně 14 400 Kč). Nejvyšší konfigurace až pro 38 rostlin na stejné ploše při výšce 2200 mm stojí 1194 € (téměř 30 000 Kč). Celková spotřeba elektrické energie se při tomto režimu s devíti světly a vodní pumpou pohybuje okolo 77 kWh za měsíc.⁵⁸

⁵⁷ SUPRAGARDEN, *How does Supragarden work?*, 2020.

⁵⁸ SUPRAGARDEN, *Build Supragarden 3+4*, 2022.



Obrázek 23 Supragarden 3+4⁵⁹



Obrázek 24 Supragarden scheme⁶⁰

⁵⁹ SUPRAGARDEN, *Build Supragarden 3+4 | Vertical Indoor Food garden system*, 2022.

⁶⁰ SUPRAGARDEN, *How does Supragarden work?*, 2020.

2.3.6 Ahopegarden

Kalifornská Společnost Ahopegarden nabízí dvě vertikální hydroponické indoor farmy, které se liší svou velikostí a počtem pěstovaných rostlin. Oba systémy využívají metody DWC, kde jsou kořeny rostlin ponořeny v živném roztoku, který je neustále okysličován pomocí tiché vodní pumpy. První varianta je určena pro 44 rostlin při dvoupatrovém provedení a pro 66 rostlin při třípatrovém provedení, ovšem pěstební košíčky jsou umístěny příliš blízko sobě a v praxi je efektivnější jich pěstovat méně. Celkové rozměry jsou (516 x 315 x 1064) mm a s nadstavbou výška vzroste na 1534 mm, plocha o velikosti 0,162 m² zůstává nezměněna. Verze pro 60 rostlin ve dvou úrovních o ploše 0,242 m² pak měří (930 x 260 x 1210) mm. Rozměry jsou však pouze orientační, jelikož výrobce uvádí různé parametry pro jeden produkt, z nichž jsou některé objektivně nepřesné. Celospektrální LED světla, doplněná o modré a červené diody, jsou výškově plně nastavitelná 20 mm až 368 mm od pěstební nádoby s objemem živného roztoku 10 l. U druhé varianty je horní stupeň rovněž variabilní do 368 mm, spodní patro určené pro větší rostliny pak až do 550 mm. Tomu odpovídají i objemy samostatných nádob: 8 l a 24 l. Jednotlivá patra jsou na sobě nezávislá, takže uživatel může používat odlišná složení živin. Výrobce doporučuje vlákno ze slupky kokosové ořechu jako pěstební médium.^{61, 62}

Farmy Ahopegarden jsou vyrobeny z plastu ABS. Zajímavým prvkem je umístění celého systému na pojízdná kolečka, což mohou někteří uživatelé hodnotit kladně. Příjemná je i cena 379,99 \$ (8 800 Kč) varianty s 44 rostlinami. Za verze s 60 a 66 zaplatí spotřebitel 429,99 \$ (9 900 Kč), respektive 459,99 \$ (10 600 Kč). Díky metodě DWC je i spotřeba elektrické energie relativně nízká: 25,3 kWh, 24 kWh, či 38 kWh dle odpovídajícího provedení.^{63, 64}

⁶¹ AHOPEGARDEN, *66 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2024.

⁶² AHOPEGARDEN, *60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2023.

⁶³ AHOPEGARDEN, *66 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2024.

⁶⁴ AHOPEGARDEN, *60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2023.



Obrázek 25 Ahopegarden 66 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden⁶⁵



Obrázek 26 Ahopegarden 60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden⁶⁶

⁶⁵ AHOPEGARDEN, *66 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2024.

⁶⁶ AHOPEGARDEN, *60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*, 2023.

2.3.7 Nutraponics Tower Garden

Firma Nutraponics sídlící v Kalifornii má ve svém portfoliu indoor vertikální farmu Tower Garden, která využívá metodu Flood & Drain (Ebb & Flow), kdy živný roztok periodicky zaplavuje pěstební patra a následně odtéká zpět do nádrže o objemu 35 l, čímž zajišťuje okysličení kořenového systému. Základní varianta nabízí tři úrovně, každé s kapacitou 16 rostlin, s možností rozšířit o čtvrté patro. Na ploše 0,235 m² s celkovými rozměry (660 x 356 x 1254) mm lze vypěstovat až 64 rostlin. V případě menší varianty výška dosahuje 1004 mm. Osvětlení zajišťují plnospektrální LED světla o příkonu 35 W bez možnosti nastavení výšky.⁶⁷

Materiál konstrukce je polypropylen (PP) schválený pro styk s potravinami. Cena systému je 950 \$ (21 900 Kč) a za nadstavbu si zákazník doplatí navíc 100 \$ (2 300 Kč). Měsíční spotřeba elektrické energie se pohybuje odhadem okolo 55 kWh, či 72 kWh dle počtu pater.⁶⁸



Obrázek 27 Nutraponics Tower Garden⁶⁹

⁶⁷ NUTRAPONICS, *Tower Garden*, 2024.

⁶⁸ NUTRAPONICS, *Tower Garden*, 2024.

⁶⁹ NUTRAPONICS, *Tower Garden*, 2024.

2.3.8 Urban Hydro 108

V České republice je běžně dostupný vertikální systém Urban Hydro 108 využívající metodu NFT. Kapacita systému je 108 pěstebních míst na ploše 0,47 m² při rozměrech (980 x 480 x 950) mm. Ze spodní nádrže o objemu 45 l, kterou je však nutno dokoupit samostatně, je živný roztok čerpán pomocí 25 W ponorného čerpadla do horní úrovně. Následně samospádem protéká malá vrstva nutriční tekutiny trubkami zpět do rezervoáru. Kořeny jsou ponořeny jen částečně, čímž je zajištěno jejich okysličení. Systém neobsahuje žádné osvětlení, nicméně je doporučena montáž alespoň LED světla o příkonu 26 W a délce 540 mm nad každou úroveň. Pro instalaci osvětlení horního patra je však vyžadováno dokoupit či zkonstruovat držáky, originální řešení neexistuje. Pěstební médium standardně dodávané se systémem jsou houbičky z molitanu, který ale není udržitelným materiálem.⁷⁰

Konstrukce je zcela plastová z PVC trubek, což přináší možnost rozšíření. Výrobce ani distributoři ale nadstavby nenabízejí, uživatel si musí materiál obstarat samostatně. Systém působí lacině a připomíná spíše DIY projekt než esteticky přínosný prvek do interiéru. I přes jednoduchou konstrukci je konečná cena včetně osvětlení a nádrže 8 486 Kč. Měsíční spotřeba elektrické energie činí 55,4 kWh.⁷¹



Obrázek 28 Urban Hydro 108⁷²

⁷⁰ *Urban Hydro 108*, 2025.

⁷¹ *Urban Hydro 108*, 2025.

⁷² *Urban Hydro 108*, 2025.

2.3.9 Click & Grow Smart Garden 27

Estonská firma Click & Grow nabízí celou řadu svých chytrých farem, které jsou běžně dostupné v České republice díky distributorům. Nejedná se o hydroponický systém, ale jedná se o přímou konkurenci. Všechny systémy fungují na principu samozavlažovacího květináče, kdy se voda pomocí kapilárního vztlínání skrze knot dostane do půdy s živinami, ve které jsou zasazeny rostliny. Tohoto jevu využívá i hydroponická metoda Wick, rozdíl je však v použití pěstební média, které nutrieny neobsahuje a do vody se tak musí přidávat živný roztok. Dle uživatelských recenzí Click & Grow nejsou košíčky s půdou, tj. směsí rašeliny a kokosového vlákna, dostatečně velké pro zdravé kořenové systémy, což snižuje efektivitu růstu.⁷³

Prvním produktem je Smart Garden 27, který se skládá ze tří samostatných Smart Garden 9 a stojanu. Každý pěstební modul pojme 9 rostlin na ploše 0,111 m² při celkovém rozměru (604 x 184 x 590) mm. LED světlo o příkonu 13 W lze umístit ve dvou výškách nad rostlinami: 250 mm a s nástavci 440 mm. Nádobu má objem 4 l a je vyrobena, stejně jako ostatní části produktu, z materiálu ABS. Rám stojanu je vyroben z tyčí borovicového dřeva, poličky z březové překližky, detaily a spojovací materiál z kovu a ve spodní části se nachází filcová taška pro uložení příslušenství. Kombinace materiálů působí esteticky a uživatel má na výběr z 5 barev plastových dílů: bílá, šedá, béžová a v limitované edici námořnická modř a šalvějově zelená. Kompletní rozměry celé vertikální farmy jsou (1784 x 660 x 262) mm. Spotřeba elektrické energie je vzhledem k absenci pumpy nízká: 18,72 kWh. Doporučená maloobchodní cena je 999,95 €, přibližně 25 000 Kč.⁷⁴

⁷³ CLICK & GROW, *The Smart Garden 27*, 2022.

⁷⁴ CLICK & GROW, *The Smart Garden 27*, 2022.



Obrázek 29 The Smart Garden 27⁷⁵

⁷⁵ CLICK & GROW, *The Smart Garden 27*, 2022.

2.3.10 Click & Grow 25

Druhým zástupcem z portfolia estonské společnosti je Click & Grow 25, který funguje na stejném principu jako Smart Garden 27. Na ploše 0,325 m² vypěstuje uživatel 25 rostlin a tyto moduly o rozměrech (755 x 430 x 510) mm lze na sebe po třech stohovat až do výšky 1530 mm. V případě dokoupení úložného boxu se zásuvkou, díky kterému bude mít uživatel veškeré příslušenství ihned po ruce, dosáhne výška 1845 mm. V každém patře se nachází dvojice LED světél o jednotlivém výkonu 16 W a nádoba disponuje objemem 10-15 l, výrobce tento parametr neuvádí. Konstrukci tvoří dubové dřevo z lepených menších hranolů a plechy, pravděpodobně ocel s práškovým vypalovacím lakem ve dvou barevných provedení, černá a bílá. Tato kombinace je esteticky přínosná a celkový produkt působí jako hodnotný prvek interiéru zaměnitelný s nábytkem. Užitečným prvkem je možnost vysunutí jednotlivých pěstebních jednotek, uživatel se tak snadněji dostane k rostlinám, které jsou umístěny vzdáleněji od čelní roviny. Měsíční spotřeba elektrické energie samostatného modulu je 15,36 kWh, tedy 30,72 kWh při dvou patrech a 46,08 kWh u třístupňové konfigurace. Doporučená cena je přímo úměrná počtu individuálních jednotek, tedy násobky 899,95 € (22 500 Kč). Při kapacitě 50 rostlin tedy zákazník zaplatí přibližně 45 000 Kč nebo při množství 75 rostlin 67 500 Kč. Úložný box pak stojí 319,95 € (8 000 Kč.)⁷⁶



Obrázek 30 The Click & Grow 25⁷⁷

⁷⁶ CLICK & GROW, *The Click & Grow 25*, 2021.

⁷⁷ CLICK & GROW, *The Click & Grow 25*, 2021.

2.4 Designérská analýza

Hydroponie představuje metodu pěstování rostlin bez použití půdy, kdy jsou živiny dodávány ve vodním roztoku přímo ke kořenům. Rostlina může být ukotvena buď v kapalině samotné, nebo v inertním médiu, které neobsahuje nutrienty a slouží pouze jako mechanická opora. Hydroponické systémy mohou fungovat jako otevřené, s jednorázovým průtokem roztoku, nebo jako uzavřené, kde živiny cirkulují a jsou znovu využívány.⁷⁸

2.4.1 Výhody a nevýhody hydroponie

Hydroponie nabízí řadu výhod oproti klasickému pěstování v půdě. Umožňuje přesné dávkování živin přímo ke kořenům rostlin, čímž se minimalizují ztráty a znečištění půdy a spodních vod hnojivem. Díky uzavřeným systémům se výrazně snižuje spotřeba vody. Hydroponické systémy dosahují vyšších výnosů a rychlejšího růstu rostlin. Vertikální uspořádání a pokrok v oblasti LED osvětlení umožňují několikanásobně větší produkci na jednotku plochy a pěstování přímo ve městech, což snižuje použití dopravy. Potřeba pesticidů a herbicidů, zvláště u hermeticky uzavřených farem, je téměř eliminována, výsledkem je technologie šetrnější k životnímu prostředí a rostliny neobsahují škodlivé látky. Celkově jsou rostliny kvalitnější a zdravější oproti konvenčnímu pěstování, které podléhá klimatickým podmínkám, úrodnosti půdy a dalším externím vlivům.^{79, 80}

Hlavní nevýhoda hydroponie je zároveň její předností, přesné dávkování živin. Systém je na rozdíl od půdy značně citlivý na změnu pH, či přehnojení a vyžaduje pravidelnou kontrolu. Celá sklizeň může být relativně rychle fatálně zničena. Ačkoli hydroponie umožňuje celoroční sklizeň, je potřeba v systémech regulovat teplotu, ideálně v rozmezí 18 až 22 °C. Klimatizované nebo naopak vyhřívané prostředí spolu s umělým osvětlením jsou znatelným provozním nákladem. Velkým výdajem je i počáteční investice. Geografická poloha, stejně jako cena elektřiny determinuje ekonomickou návratnost. Důležitým aspektem je i zdroj výroby elektrické energie, který značně ovlivňuje udržitelnost a uhlíkovou stopu. Hydroponie taktéž není vhodný způsob pěstování pro všechny druhy zeleniny a ovoce. Brambory, mrkve a podobné kořenové plodiny vyžadují speciální drahé technologie. Některé plodiny, jako například pšenice, pak nejsou rentabilní i přes příznivý růst. Hydroponii také kazí reputaci průmyslově pěstovaná rajčata prodávaná

⁷⁸ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

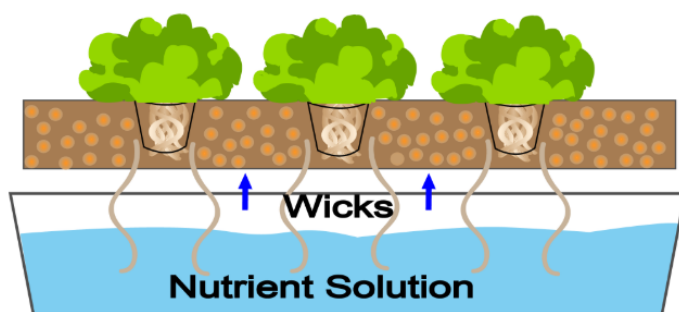
⁷⁹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁸⁰ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

v supermarketech, která postrádají chuť a mají slabé nutriční hodnoty. Velkopěstitelé kvůli ekonomickým tlakům a konkurenceschopnosti upřednostňují odrůdy, jež zaručují stejný tvar a barvu dle norem. Kromě toho používají levnější, méně kvalitní živné roztoky.^{81, 82}

2.4.2 Typy hydroponických systémů

Metoda Wick patří mezi nejjednodušší hydroponické metody a funguje na základě pasivního přesunu živného roztoku kapilárním jevem, podobně jako u samozavlažovacích květináčů. Rostlina je zasazena v inertním médiu, které je umístěno nad nádrží s roztokem. Mezi obě části je vložen knot, který přirozeně nasává živný roztok směrem ke kořenům. Systém nevyžaduje žádné čerpadlo, elektřinu ani pohyblivé součásti, což ho činí technicky nenáročným a tichým. Nejlépe funguje s médii s dobrou kapilární schopností, jako je perlit, kokosové vlákno. Vzhledem k pomalému toku roztoku a omezené dodávce kyslíku se hodí spíše pro pěstování nenáročných druhů, jako je salát, pažitka, rukola nebo máta. Pro větší nebo rychleji rostoucí plodiny, které vyžadují vyšší přísun živin a vody, například rajčata a papriky, není systém vhodný, protože knot není dostatečně efektivní.^{83, 84}



Obrázek 31 Wick systém⁸⁵

⁸¹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

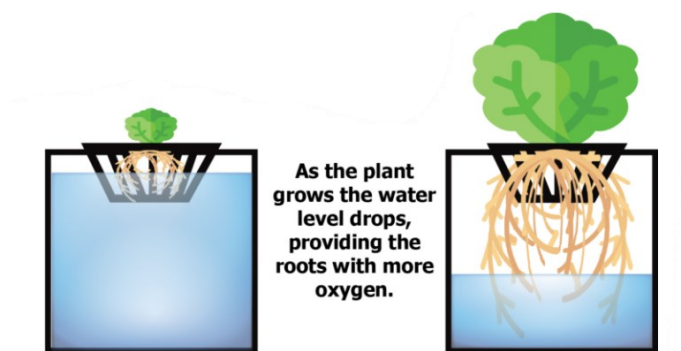
⁸² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

⁸³ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁸⁴ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

⁸⁵ NOSOILSOLUTIONS, *Wick system*, 2014a.

Kratkyho metoda představuje další pasivní hydroponický systém, který funguje bez čerpadla a bez cirkulace živného roztoku. Rostlina je zasazena do košíčku a oproti Wick systému zde není knot, ale kořeny jsou částečně ponořeny přímo do živného roztoku v nádobě. Na rozdíl od DWC není roztok provzdušňován, ale hladina vody postupně klesá, jak rostlina spotřebovává živiny a vodu. Tento proces vytváří mezi hladinou roztoku a spodkem košíčku vzdušnou mezeru a tím zaručuje kořenům přístup ke kyslíku. Nádoba by měla být navržena pro dostatečný objem živného roztoku na celý růstový cyklus dané plodiny bez nutnosti doplňování. Metoda je vhodná zejména pro pěstování salátu, špenátu a jiných listových druhů s kratší vegetační dobou. U rostlin s vyššími nároky na vodu a kyslík, například rajčata a okurky, naráží metoda na svá omezení. Výhodou je naprostá jednoduchost, nízké náklady a pěstování bez elektřiny.^{86, 87}



Obrázek 32 Kratky metoda⁸⁸

Drip systém je obdoba kapkové závlahy. Živný roztok je přiváděn ke každé rostlině pomocí tenkých hadiček z hlavního rezervoáru. Každá rostlina je zasazena v samostatné nádobě naplněné inertním médiem. Díky přítomnosti substrátu je systém stabilní i při krátkodobých výpadcích závlahy. Přebytný roztok je odváděn zpět do nádrže, v případě uzavřeného systému. Výhodou systému je možnost přesného řízení závlahy a hnojení pro každou jednotlivou rostlinu a její fázi růstu, což je vhodné zejména u plodin s delším vegetačním cyklem a vyššími nároky, jako jsou rajčata, papriky nebo okurky.^{89, 90}

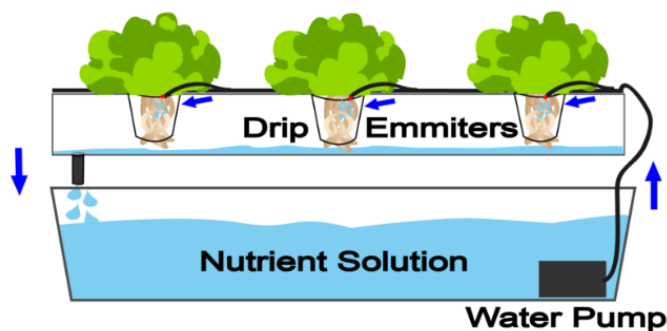
⁸⁶ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁸⁷ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

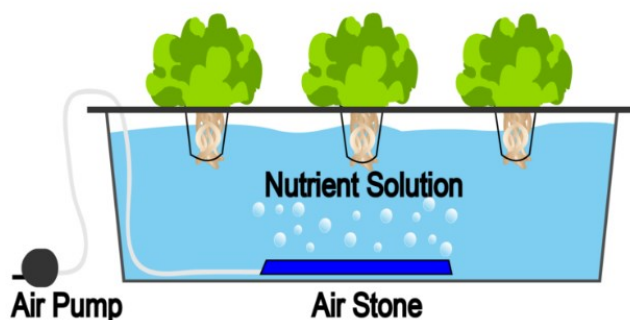
⁸⁸ NOSOILSOLUTIONS, *Kratky method*, 2014b.

⁸⁹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁹⁰ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

Obrázek 33 Drip systém⁹¹

Metoda Deep Water Culture (DWC) pracuje na principu trvalého ponoření kořenového systému rostlin do vodního roztoku obsahujícího živiny. Rostliny jsou zasazeny do inertního média v perforovaných pěstebních košíčkách, které jsou uchyceny ve víku pěstební nádoby. Část kořenů je neustále potopena v živném roztoku, který je nepřetržitě okysličován pomocí vzduchovacího kamene. Správná hladina živného roztoku by měla dosahovat přibližně do jedné třetiny až poloviny výšky pěstebního košíčku. Zbylá část kořenů je díky proudění vzduchu dostatečně provzdušněná. DWC se běžně využívá pro pěstování salátů, bylinek a podobných druhů s kratším vegetačním cyklem, a to jak v domácích, tak i průmyslových podmínkách. Díky jednoduché konstrukci a minimálním nárokům na údržbu se tento systém stal jedním z nejrozšířenějších typů hydroponie.⁹²

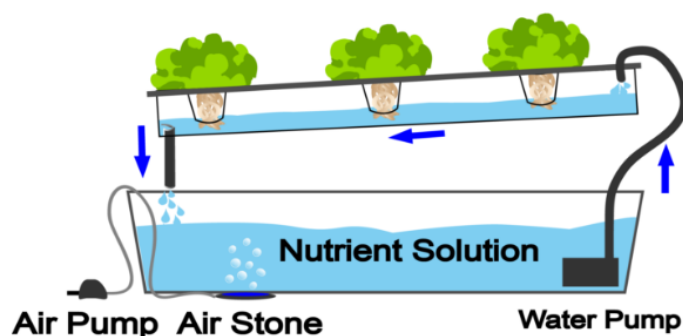
Obrázek 34 Deep Water Culture (DWC)⁹³

⁹¹ NOSOILSOLUTIONS, *Drip system*, 2014c.

⁹² RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁹³ NOSOILSOLUTIONS, *Deep Water Culture*, 2014d.

System Nutrient Film Technique (NFT) funguje na bázi nepřetržité cirkulace živného roztoku v mírně nakloněném kanálu, kde po dně proudí tenká vrstva vody s nutrienty. Kořenový systém rostlin je částečně ponořen v této vrstvě, přičemž horní část kořenů zůstává velmi dobře provzdušněna, což je největší výhoda systému. Kanály bývají nejčastěji vyrobeny z plastu a mají průřez přizpůsobený tak, aby film roztoku proudil rovnoměrně. Správný sklon pěstebního kanálu se pohybuje v rozmezí přibližně 1 až 2 %. Výška samotného filmu roztoku by neměla přesáhnout 5 mm. Tento systém se často využívá pro pěstování salátů, bylin nebo jahod. Slabou stránkou NFT je nutnost nepřetržitého chodu čerpadla, protože v případě výpadku elektřiny, či selhání vodní pumpy hrozí rychlé vyschnutí kořenů.^{94, 95}



Obrázek 35 Nutrient Film Technique (NFT)⁹⁶

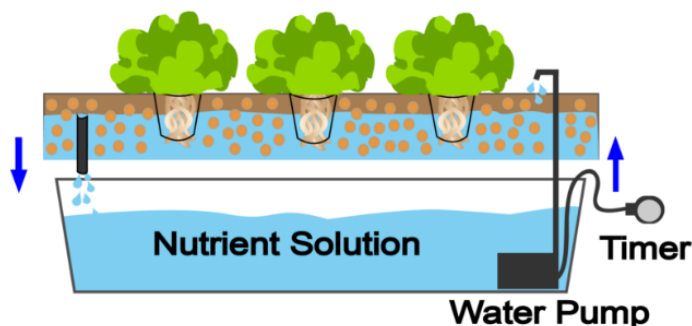
Metoda Ebb & Flow, taktéž známa pod názvem Flood & Drain, pracuje na základě periodického zaplavování pěstební nádoby živným roztokem, který následně odtéče zpět do zásobní nádrže. Rostliny jsou zasazeny v inertním substrátu, obvykle v celém objemu pěstební nádoby. Interval a frekvence zaplavování, pomocí čerpadla řízeného časovačem, záleží na několika faktorech: dle savosti média, nebo typu, velikosti a fázi růstu rostliny. Důležitým aspektem při návrhu je výška zaplavení, optimálně do poloviny, maximálně dvou třetin média. Kořeny jsou střídavě vystavovány vodě a vzduchu, což podporuje jejich zdravý růst. Výhodou tohoto systému je schopnost akumulovat živný roztok ve velkém objemu substrátu, takže krátkodobý výpadek čerpadla zpravidla neohrozí život rostlin. Ebb & Flow

⁹⁴ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁹⁵ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

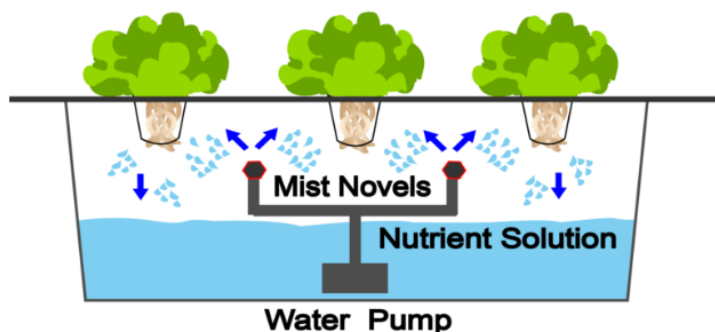
⁹⁶ NOSOILSOLUTIONS, *Nutrient Film Technique*, 2014e.

se používá jak pro menší druhy zeleniny, tak i pro plodiny s větším objemem kořenů, např. rajčata či papriky.^{97, 98, 99}



Obrázek 36 Ebb & Flow¹⁰⁰

Aeroponie je speciální hydroponický systém, ve kterém jsou kořeny rostlin zavěšeny ve vzduchu a pravidelně skrápěny jemnou mlhou živného roztoku. Jedná se o nejefektivnější systém, zejména díky dokonalému provzdušnění kořenů. Využívá se spíše ve výzkumu nebo intenzivním komerčním pěstování. Pro osobní pěstování se aeroponie běžně nepoužívá kvůli vyšší ceně, složité technologii a servisním nárokům.^{101, 102}



Obrázek 37 Aeroponie¹⁰³

Okrajovým typem hydroponie je aquaponie, která kombinuje chov ryb a pěstování rostlin v jednom uzavřeném systému. Odpadní látky produkované rybami slouží jako živiny pro rostliny. Ty naopak čistí vodu, která se vrací zpět k rybám. Celý systém funguje bez potřeby

⁹⁷ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

⁹⁸ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

⁹⁹ JENSEN a COLLINS, *Hydroponic Vegetable Production*, 1985.

¹⁰⁰ NOSOILSOLUTIONS, *Ebb & Flow*, 2014f.

¹⁰¹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹⁰² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹⁰³ NOSOILSOLUTIONS, *Aeroponics*, 2014g.

běžného hnojení rostlin, pouze se musí nakrmit ryby. Aquaponie je technologicky složitější než samostatné hydroponické systémy, protože vyžaduje udržení rovnováhy mezi rostlinami a rybami. Výhodou je ale dvojitá produkce.¹⁰⁴

V následující Tabulce 1 jsou shrnuty klíčové parametry pro optimální návrh hydroponických systémů: vhodnost jednotlivých druhů plodin pro různé metody a objem vody v litrech potřebný pro jednu rostlinu dle druhu v systému.

Tabulka 1 Parametry pro návrh hydroponického systému^{105, 106, 107, 108}

Systém	Saláty, bylinky	Jahody	Paprika, cherry rajče	Okurka, keříkové rajče
Wick	2–3 l	2–3 l	nevhodné	nevhodné
Kratky	3–5 l	3–5 l	nevhodné	nevhodné
Drip	2–3 l	3–4 l	6–8 l	8–12 l
DWC	1,5–2 l	2–3 l	4–6 l	6–8 l
NFT	1–1,5 l	1,5–2 l	nevhodné	nevhodné
Ebb & Flow	2–3 l	2–3 l	5–7 l	7–10 l

V Tabulce 2 se pak nachází doporučené rozestupy mezi plodinami podle jejich velikosti a způsobu růstu. Správné rozmístění rostlin je klíčové pro zajištění dostatečného prostoru pro kořeny, dostatečnou cirkulaci vzduchu, rovnoměrný přístup ke světlu i živinám, což přímo ovlivňuje zdraví, růst a výnos plodin.

Tabulka 2 Doporučené rozestupy mezi plodinami^{109, 110}

Rostlina	Saláty, bylinky	Jahody	Paprika, cherry rajče	Okurka, keříkové rajče
Rozestup	100–200 mm	200–300 mm	300–450 mm	450–600 mm

¹⁰⁴ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹⁰⁵ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹⁰⁶ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹⁰⁷ DORAIS et al., *Greenhouse tomato fruit quality*, 2001.

¹⁰⁸ KRATKY, A suspended pot, *non-circulating hydroponic method*, 2004.

¹⁰⁹ KYRIACOU, *How Much Space is Needed for Hydroponics: Plant Spacing Needs*, 2024.

¹¹⁰ KHAN, *Hydroponic Strawberries: Complete Guide*, 2024.

2.4.3 Pěstební médium

Pěstební substrát slouží v hydroponii zejména jako stabilní mechanická opora pro rostliny a zároveň umožňuje kořenům přístup k vodě, živinám a vzduchu. Na rozdíl od klasické půdy inertní média neobsahují žádné živiny a také chemicky nereagují s živným roztokem. Mezi nejčastěji používané materiály patří minerální vlna Rockwool vyrobená z tavených hornin, která kombinuje vysokou schopnost zadržet vodu s dobrou vzdušností. Perlit, získávaný z vulkanického skla, je extrémně lehký a zajišťuje výborné provzdušnění, ale nevýhodou je nízké zadržování vody. Naproti tomu vermikulit, minerální slída, dokáže vodu udržet ve větší míře, což z něj činí vhodný doplněk do směsí s perlitem. Kokosová drť, vyrobená z vláken kokosových slupek, je obnovitelná surovina s příznivou kombinací savosti a propustnosti vzduchu. Často se využívá jako ekologická alternativa k minerální vatě. Keramzit, pevné granule z expandovaného jílu, vyniká opakovatelnou použitelností a vysokou propustností vody i vzduchu, ale jeho savost je omezená.^{111, 112}

2.4.4 Živný roztok

Živný roztok v hydroponii slouží jako přímý zdroj všech živin, které by rostlina v konvenčním pěstování získávala z půdy a hnojiv. Rostok je tvořen vodou a směsí rozpustných solí, které obsahují esenciální makroživiny: dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síru. A také mikroživiny: železo, mangan, zinek, měď, molybden, bor a chlor. Správné složení a stabilita roztoku přímo ovlivňují zdravotní stav, rychlost růstu i výnos rostlin. Kromě obsahu živin je klíčové sledovat také pH (potential of hydrogen), tedy zda je roztok kyselý nebo zásaditý. Většina rostlin prosperuje v pH rozmezí 5,5–6,5. Důležité je sledovat i elektrickou vodivost (EC), která udává koncentraci rozpuštěných solí v roztoku, což je ukazatel sledující nedostatek, či přebytek živin. V praxi se využívají jak tradiční receptury jako Hoaglandův roztok, tak i komerčně vyráběná vícesložková hnojiva, která umožňují přizpůsobit výživu rostlinám ve všech fázích vývoje.^{113, 114}

¹¹¹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

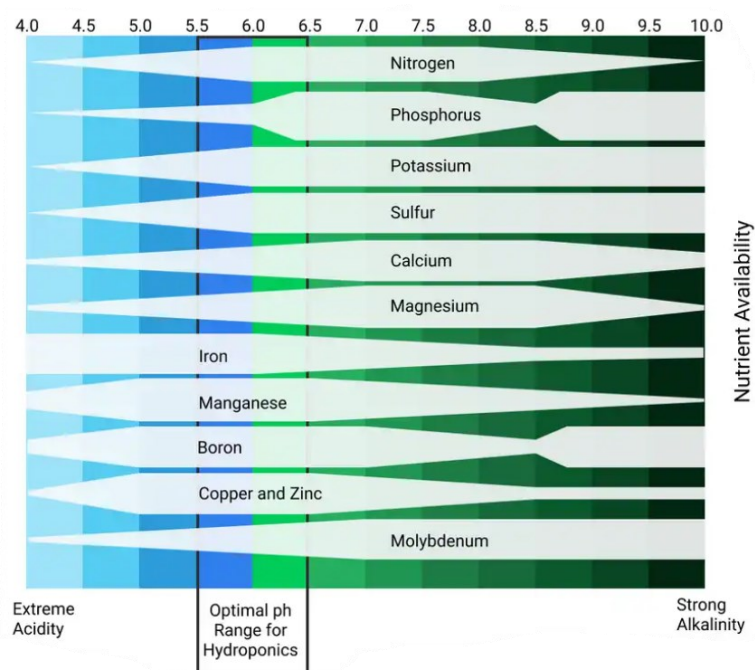
¹¹² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹¹³ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹¹⁴ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

Tabulka 3 Doporučené hodnoty pH a EC pro vybrané rostliny¹¹⁵

Rostlina	Optimální pH	EC [mS/cm]
Salát	5,5–6,5	0,8–1,2
Bazalka	5,5–6,0	1,0–1,6
Rukola	6,0–7,5	1,5–1,8
Petržel	5,5–6,0	0,8–1,8
Jahody	5,5–6,5	1,8–2,2
Rajčata	5,5–6,5	2,0–3,5
Okurky	5,5–6,0	1,7–2,5
Papriky	5,5–6,0	1,8–2,2
Chilli papričky	5,5–6,0	2,0–3,5

Obrázek 38 Efekt pH na dostupnost živin z roztoku¹¹⁶¹¹⁵ MCCANDLESS, *Hydroponic Charts for Fruits and Vegetables: pH, TDS, EC, cF, PPM*, 2022.¹¹⁶ HYDROPLANNER, *Effect of pH on Nutrient Availability in Hydroponic Solutions*, 2023.

2.4.5 Technologické komponenty

Vodní i vzduchová čerpadla představují klíčovou součást hydroponických systémů, protože umožňují distribuci živného roztoku ke kořenům rostlin, respektive zajišťují jeho okysličení. Čerpadla fungují na principu přeměny mechanické energie, která je obvykle dodávána elektromotorem, na kinetickou, potenciální, či tlakovou energii tekutiny, jež protéká čerpadlem. Výběr vhodného typu čerpadla závisí na konfiguraci systému, požadovaném průtoku a výšce výtlačku. Pro menší nebo domácí systémy jsou ideální ponorná čerpadla, která jsou tichá, snadno se instalují přímo do nádrže a mají dostatečný výkon pro jednoduchou cirkulaci. Naopak složitější systémy často vyžadují externí čerpadla, která umožňují vyšší tlak a průtok, nebo peristaltická čerpadla využívající se k přesnému dávkování hnojiv nebo pH regulátorů. Dostatečnou hladinu rozpuštěného kyslíku v živném roztoku běžně zajišťuje kombinace vzduchové pumpy, silikonové hadičky a vzduchového kamene. Vzduch je pomocí čerpadla veden hadičkou do vzduchového kamene, jehož porézní struktura rozptyluje proud do jemných bublinek, které efektivně okysličují roztok.^{117, 118, 119, 120}

Osvětlení je v hydroponických indoor a vertikálních systémech klíčovým prvkem, který zásadně ovlivňuje proces fotosyntézy, dynamiku růstu a celkové zdraví rostlin. Správné nastavení intenzity, spektra a časování světla umožňuje optimalizovat růstové podmínky a podpořit maximální výnosy plodin. V růstové fázi rostliny vyžadují především modré spektrum světla v rozmezí přibližně 400–500 nm, které stimuluje vývoj listů a stonků. Naopak během fáze kvetení a tvorby plodů je převážně důležité červené světlo v oblasti 600–700 nm, které podporuje jejich produkci. Pokud je potřeba zajistit rovnoměrné podmínky po celou dobu růstu, využívá se plnospektrální osvětlení, které pokrývá celé viditelné spektrum a podporuje rostliny ve všech růstových fázích. Takřka jediným používaným typem osvětlení je technologie světelných diod LED (Light Emitting Diode), jedná se o polovodičovou součástku, která při průchodu elektrickým proudem emituje optické záření. I přes vyšší počáteční investici je LED osvětlení oproti jiným alternativám

¹¹⁷ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹¹⁸ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹¹⁹ *Druhy čerpadel*, 2010.

¹²⁰ SPECIÁLNÍ ZAHRADNICTVÍ, *Vzduchování*, 2020.

nejekonomičtější díky dlouhodobé životnosti, nízké spotřebě, minimálnímu zahřívání a podobnosti přirozeného slunečního spektra.^{121, 122, 123, 124}

Časovače v hydroponických systémech umožňují automatizaci zavlažování a řízení světelného cyklu. Nastavením přesných intervalů zapnutí a vypnutí čerpadel lze zajistit optimální zásobování kořenů živným roztokem v systému Ebb & Flow, zatímco regulace doby svícení a tmy podporuje správný růstový a vývojový cyklus rostlin. Automatizace pomocí časovačů snižuje pracovní nároky uživatele, ale také napomáhá udržet stabilní podmínky pro růst rostlin.¹²⁵

2.4.6 Ergonomické parametry

Při návrhu domácího hydroponického systému je nezbytné respektovat základní ergonomická pravidla práce ve stoje. Výška hlavní pracovní plochy by měla odpovídat úrovni loktů uživatele, což umožňuje pohodlnou manipulaci bez nadměrného ohýbání nebo zvedání paží nad úroveň ramen. Nejvyšší dosažitelná pracovní úroveň by neměla překročit výšku ramen, protože zvedání rukou nad ramena je energeticky náročné a snižuje přesnost jemné manipulace. Naopak spodní pěstební úroveň by neměla být umístěna níže, než je výška kolen, jelikož práce pod touto hranicí vyžaduje předklon trupu a zvyšuje riziko přetížení bederní páteře. Případně je nutné pokrčení v kolenou, práce v podřepu nebo dřepu je však po delší dobu extrémně únavná a nežádoucí. Pracovní místo by mělo být navrženo tak, aby se předešlo přímému oslnění ze světelných zdrojů. Horizontální dosah rukou by měl být omezen na vzdálenost do 500 mm od uživatele pro zachování jemné motoriky. Při manipulaci s břemeny je vhodné zredukovat hmotnost pravidelně zvedaných částí systému na maximálně 5 až 10 kg, přičemž jednorázové zatížení by nemělo přesáhnout 20 až 25 kg. V tomto případě ale musí být břemeno snadno uchopitelné a blízko těla.¹²⁶

¹²¹ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

¹²² TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹²³ *Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 845: Osvětlení*, 2022.

¹²⁴ HI GARDEN, *Pěstební osvětlení*, 2015.

¹²⁵ GROWACE, *AirCube Hydroponic Systems Productivity: Digital vs Analog Timer*, 2023.

¹²⁶ PHEASANT, *Anthropometry for Designers*, 2003.

Tabulka 4 Výška dospělé evropské populace¹²⁷

Percentil	5P	50P	95P
Výška postavy	1530 mm	1720 mm	1880 mm
Výška ramen	1210–1230 mm	1350–1370 mm	1470–1500 mm
Výška loktů	910–920 mm	1010–1030 mm	1100–1120 mm
Výška kolen	430–440 mm	480–490 mm	530–540 mm

Norma ČSN EN 16122:2021 dále specifikuje, že volně stojící nábytek se nesmí samovolně převrhnout při běžném používání ani při zatížení vytaženými zásuvkami, otevřenými dvířky nebo působením horizontální síly. Pokud při takovém zatížení existuje riziko převrácení, norma požaduje, aby výrobek byl vybaven prvky pro ukotvení ke stěně nebo podlaze. Hydroponické systémy s vyšší konstrukcí, které mají těžiště posunuté nahoru kvůli nádržím s vodou, tak musí zajistit dostatečnou základní stabilitu samotnou konstrukcí, či nabídnout možnost fixace.¹²⁸

2.4.7 Vizualní parametry

Estetická stránka domácích hydroponických systémů se v posledních letech výrazně proměnila. Z původně čistě technických zařízení, kde byl vzhled čistě podřízen funkci, se vyvinuly do podoby hodnotných prvků interiéru zaměnitelných s nábytkem. Kvůli tomu, že se většina těchto zařízení nachází přímo v obytných prostorech, kladou výrobci důraz na čistý vzhled, kompaktní rozměry a sladění se stylem domácnosti. Pro řadu uživatelů je to rozhodující faktor při výběru.

Převládajícím směrem je minimalismus: jednoduché geometrické tvary, hladké povrchy a neutrální barevnost, nejčastěji bílá, šedá nebo černá. Nezastupitelnou roli mají plastové díly, které se zpravidla kombinují s kovovými prvky rámu a spojujícím materiálem. Prémiové řešení nabízí použití dřeva nebo jeho dekoru, což podporuje myšlenku splynout s nábytkem. Ekonomicky přívětivější návrhy se uchylují k techničtějšímu pojetí a pracují s vizuální přítomností technologie, a to včetně osvětlení, které ovlivňuje atmosféru interiéru.

¹²⁷ Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks, 2017.

¹²⁸ Nábytek – Zkušební metody pro určování pevnosti, životnosti a stability – Úložné jednotky, 2021.

2.4.8 Materiálové parametry

Použité materiály u domácích hydroponických systémů zásadně ovlivňují jejich funkčnost, estetiku i životnost. Nejčastěji se uživatelé setkávají s plastovými komponenty, a to nejen kvůli nízké hmotnosti a snadné údržbě, ale také kvůli odolnosti vůči vlhkosti, živným roztokům a chemické stabilitě. Typickými materiály jsou ABS, PP nebo PVC, které se používají pro výrobu nádrží, žlabů, krytů i nosných částí. Výrobní technologie plastů umožňují přesné a detailní tvarování. Z hlediska environmentální udržitelnosti je aktuálním tématem jejich recyklace. Do budoucna lze očekávat aplikace recyklátů, polymery vyrobené z přírodních zdrojů, či jiné obnovitelné materiály. U většiny komerčních zařízení však stále převažují konvenční plasty, především z důvodu nákladů, dostupnosti, mechanických vlastností a kompatibility s potravinářskými standardy.

Často se objevují i kovové rámy pro zvýšení tuhosti konstrukce, nejčastěji ocel s povrchovou úpravou nebo hliník. Z estetických důvodů jsou některé produkty doplněny o dřevěné prvky, standardně z dubu, nebo jejich dekory.

2.4.9 Ekonomické parametry

Ekonomické aspekty domácích hydroponických systémů jsou významným faktorem, který ovlivňuje jejich rozšíření mezi běžné uživatele. Nabídka na trhu je velmi široká, a to jak z hlediska pořizovací ceny, tak nákladů na provoz a údržbu.

Základní systémy založené na pasivní hydroponii nebo jednodušších recirkulačních principech lze pořídit již od několika tisíc korun. Cena těchto zařízení bývá zpravidla nižší díky použití levnějších materiálů, absenci pokročilé elektroniky a jednodušší konstrukci. Pokročilejší systémy vybavené automatizovaným osvětlením, senzory, připojením k aplikaci a sofistikovanější recirkulací živného roztoku se pohybují v cenových hladinách od 10 000 Kč a cena se může snadno vyšplhat až k 30 000 Kč i více v závislosti na velikosti, počtu pěstebních míst a míře automatizace.

Provozní náklady zahrnují spotřebu elektrické energie, zejména za LED osvětlení. Dalšími výdaji jsou živné roztoky, semena, pěstební médium a údržba. Návratnost investice závisí na intenzitě využívání systému a lokálních cenách potravin. Uživatelé často vnímají návratnost nejen v čistě finanční rovině, ale také ve formě celoročně pěstovaných kvalitních, čerstvých potravin bez použití pesticidů.

Marketingová komunikace se právě zaměřuje především na benefity spojené se zdravým životním stylem, soběstačností a udržitelností. Dalšími častými prvky jsou jednoduchost používání, atraktivní design a chytrá automatizace, které mají uživatele přesvědčit o hodnotě investice a ospravedlnit vyšší pořizovací cenu některých produktů. Naopak ve snaze porazit konkurenci množstvím pěstebních míst výrobci nedodržují doporučené rozestupy mezi rostlinami, ani objem vody v systému, a tím klamou své zákazníky, jelikož nedosahují slíbených výnosů. V praxi plodiny nerostou efektivně a zdravě nebo jich uživatel musí zasadit méně.

2.4.10 Sociální parametry

Domácí hydroponické systémy mají potenciál pozitivně ovlivňovat způsob života uživatelů v několika ohledech. Umožňují pěstování čerstvých potravin i v městském prostředí bez přístupu k půdě, čímž podporují potravinovou soběstačnost a povědomí o původu potravin. Tento přístup může vést k většímu zájmu o zdravý životní styl a ekologicky šetrné chování.

Hydroponie přidává i vzdělávací hodnotu, zejména u dětí a mladých lidí. Možnost sledovat růst rostlin a porozumět základním biologickým procesům v reálném čase posiluje vztah k přírodě a podporuje zájem o udržitelnost. Systémy jsou také často využívány ve školách nebo komunitních projektech. Zároveň může mít pěstování rostlin v domácnosti pozitivní vliv na psychickou pohodu, podobně jako běžné pokojové rostliny. Pravidelná péče o systém a sledování růstu může mít uklidňující účinek a přinášet uspokojení z výsledků. Tento aspekt bývá zmiňován zejména u uživatelů ve vyšším věku nebo u lidí s omezeným přístupem k přírodě.^{129, 130}

2.4.11 Enviromentální parametry

Hydroponie je prezentována jako ekologičtější alternativa k tradičnímu zemědělství. Mezi její hlavní environmentální přínosy patří výrazná úspora vody. Ve srovnání s pěstováním v půdě spotřebují až o 90 % méně vody díky recirkulaci živného roztoku v uzavřených systémech. Další výhodou je minimalizace používání pesticidů a herbicidů, protože pěstování v kontrolovaném prostředí snižuje riziko napadení škůdci a chorobami. Kromě těchto chemických látek se do půdy nedostanou ani hnojiva, jejichž spotřeba je menší

¹²⁹ YUNG et al., Effects of the School-Based Integrated Health Promotion Program With Hydroponic Planting on Green Space Use and Satisfaction, Dietary Habits, and Mental Health in Early Adolescent Students: A Feasibility Quasi-Experiment, 2021.

¹³⁰ CONWAY, The Impact of Plants on Mental Health and Productivity, 2024.

vzhledem k přesnému a přímému dávkování. Hydroponie také umožňuje pěstování potravin přímo v místě spotřeby, čímž se snižuje potřeba přepravy a tím i emise skleníkových plynů. V případě domácího hydroponického pěstování odpadá i nutnost obalů, které jsou povětšinou vyrobeny z plastu.

Na druhou stranu výroba plastových komponent a provoz zařízení vyžadující téměř nepřetržitý přísun elektrické energie představují aspekty, které mohou zvyšovat ekologickou zátěž v závislosti na zdroji energie a životnosti použitých materiálů. S narůstajícím důrazem na udržitelnost se však rozvíjejí snahy, ale i předpisy o použití recyklovaných či biologicky rozložitelných materiálů. Neustálé inovace LED osvětlení a v energetickém průmyslu činí hydroponii ekonomicky rentabilnější a udržitelnější.

Studie publikovaná v roce 2025 porovnávala pěstování řerichy v půdě a v hydroponickém systému NFT z hlediska spotřeby vody, využití živin, agronomických výsledků a environmentálních dopadů. Hydroponie spotřebovala o 84,4 % méně vody a dosáhla více než pětinasobné účinnosti využití vody oproti půdě. Zároveň rostliny lépe využily dodané živiny díky přesnému řízení roztoku a výnos řerichy byl v hydroponii přibližně o 15 % vyšší a se stabilnějším růstem. Výpočet uhlíkové stopy zahrnoval celý životní cyklus od komponent systému, výroby hnojiv, čerpání vody a provozu až po částečně modelovanou recyklaci technických součástí. Díky nižší spotřebě vstupů a minimalizaci ztrát dosáhla hydroponie o 42 % nižších emisí CO_{2e}, což potvrzuje její vyšší udržitelnost v podmínkách klimatických změn. Studie však použila přístup *cradle to gate*, tedy od získání surovin po sklizeň bez započítání distribuce a konzumace. V případě hydroponického pěstování přímo ve městech dochází k eliminaci neekologického transportu a u domácích systémů nevzniká ani obalový odpad.¹³¹

2.4.12 Etické parametry

Jedním z témat etické roviny je férovost a transparentnost výroby, zejména v souvislosti s původem použitých materiálů a s pracovními podmínkami při výrobě plastových a elektronických komponent. Většina dostupných systémů je vyráběna v Asii, kde je obtížné ověřit standardy výroby bez certifikací typu Fair Trade nebo ISO. V rámci environmentální odpovědnosti je eticky významné také hledání cest k minimalizaci uhlíkové stopy. Dalším aspektem je dostupnost technologií. Ačkoliv hydroponie umožňuje efektivní pěstování

¹³¹ ALIZAEH et al., Comparing yield, nutrient uptake and water use efficiency of *Nasturtium officinale* cultivated in aquaponic, hydroponic, and soil systems, 2025.

potravin, její vyšší pořizovací cena může být bariérou pro širší rozšíření mezi méně majetnými skupinami. Naproti tomu poskytuje možnost městské populaci, ale obzvláště obyvatelům nehostinných klimatických oblastí pěstovat celoročně plodiny bez nutnosti neekologického dovozu.

2.5 Výzkum

Cílem výzkumu je zjistit, za jak dlouho se běžnému uživateli vyplatí investice do hydroponického systému ve srovnání s nákupem zeleniny, bylinek, i ovoce v obchodě. Výsledek se stane předpokladem pro stanovení cílových uživatelů navrhovaného domácího hydroponického systému.

Analýza rentability domácího hydroponického systému byla simulována na příkladech IKEA Krydda a Rise Garden 3 v konfiguracích se třemi patry. Tito zástupci byli vybráni na základě protichůdných přístupů, které jsou porovnány v Tabulce 5. Model byl založen na kalkulaci pořizovacích a provozních nákladů včetně spotřeby elektřiny, vody, nákupu živin, pěstebního média a semen. Výpočet vycházel z předpokladu pravidelného využívání kapacity systému dle doporučených rozestupů rostlin, nikoliv dle marketingových údajů výrobců. Pro účely výzkumu byla použita data o cenách čerstvých potravin, elektřiny a vody z lokality Prahy, jelikož analýza je zaměřena na městské prostředí s omezenými možnostmi tradičního pěstování v půdě.

Tabulka 5 Porovnání hydroponických systémů pro výzkum^{132, 133}

Zástupce	IKEA Krydda	Rise Garden 3
Technologie	Pasivní (Kratky)	NFT
Čerpadlo	ne	vodní
Senzory	ne	ano
Chytrá aplikace	ne	ano
Příkon osvětlení	3x 16 W	195 W
Spotřeba elektřiny	23 kWh / měsíc	100 kWh / měsíc
Počet pěstebních míst	45	48–108
Cena produktu	13 500 Kč	29 500 Kč

¹³² SLATALLA, *New from Ikea: A Hydroponic Countertop Garden Kit*, 2016.

¹³³ RISE GARDENS, *The Rise Garden 3*, 2023.

V rámci výzkumu byly vybrány hlávkový salát, jahody a cherry rajčata jako reprezentativní plodiny často nakupované domácnostmi, které umožňují srovnání délky růstového cyklu, spotřeby vody a produkčního výnosu. Dle doporučených rozestupů rostlin IKEA Krydda disponuje 15 místy pro hlávkový salát, 8 místy pro jahody a 5 místy pro cherry rajčata. Rise Garden pojme 16 salátů, 8 rostlin jahod a 4 cherry rajčata. Ceny běžně dostupných semen jsou v řádech jednotek korun za rok, jedná se tedy o zanedbatelný výdaj. Nejrozšířenější pěstební médium Rockwool stojí 5 Kč za kus. Následující Tabulka 6 uvádí konzervativní hodnoty doby cyklu dané plodiny, její spotřebu vody a výnos. Pro výpočty spotřeby živin byla zvolena hnojiva značky Terra Aquatica (dříve General Hydroponics Europe), která patří k nejpoužívanějším a osvědčeným hydroponickým roztokům na evropském trhu. Dávkování je přibližně 6,5 ml na litr vody a cena při nákupu 5 l kanystru se pohybuje cca od 0,15 Kč za mililitr.^{134, 135, 136}

Tabulka 6 Parametry růstu výnosu plodin^{137, 138}

Plodina	Salát	Jahody	Cherry rajčata
Délka cyklu	40 dní	6 měsíců	6 měsíců
Spotřeba vody	5 l	45 l	60 l
Spotřeba hnojiva	32,5 ml	292,5 ml	390 ml
Výnos	1 kus (200 g)	420 g	700 g

Hydroponický systém IKEA Krydda dokáže vypěstovat za rok přibližně 135 kusů salátu, 6,72 kg jahod a 7 kg cherry rajčat při spotřebě 1995 l vody, 12 968 ml hnojiva a 161 kusů minerální vaty. Rise Garden je na tom velmi podobně, 144 kusů salátu, shodně kilogramů jahod a 5,6 kg cherry rajčat při konzumaci 1920 l vody, 12 480 ml živného roztoku a 168 kusů Rockwool média.

¹³⁴ Grodan sadbovací kostka 36x36x65mm, 2017.

¹³⁵ TERRA AQUATICA, Tripart, 2022b.

¹³⁶ Terra Aquatica TriPart Bloom, 2025.

¹³⁷ TEXIER, *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*, 2013.

¹³⁸ RESH, *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 2022.

Ceny čerstvých potravin v českých supermarketech Tesco a Billa jsou následující: salát hlávkový 34,90 Kč za kus, jahody 159,80 Kč za 1 kg, cherry rajčata původem z Egypta, Maďarska, Slovenska, Španělska, či Tuniska 139,60 Kč za 1 kg, prémiová cherry rajčata z Moravy 282,92 Kč za 1 kg.^{139, 140, 141, 142}

Tabulka 7 Roční výnos hydroponických systému při lokálních cenách potravin

Zástupce	IKEA Krydda	Rise Garden 3
Salát hlávkový	4 712 Kč	5 026 Kč
Jahody	1 074 Kč	1 074 Kč
Cherry rajče I.	977 Kč	782 Kč
Cherry rajče II.	1 980 Kč	1584 Kč
Roční celkový výnos I.	6 763 Kč	6 882 Kč
Roční celkový výnos II.	7 766 Kč	7 684 Kč

Cena elektřiny v České republice zlevňuje, pro rok 2025 ji určil distributor ČEZ a. s. při standardní sazbě na 5,5 Kč/kWh. Vodné a stočné v Praze stojí 151,27 Kč/m³.^{143, 144}

Tabulka 8 Roční provozní náklady hydroponických systémů

Zástupce	IKEA Krydda	Rise Garden 3
Elektrická energie	1 518 Kč	6 600 Kč
Voda	302 Kč	291 Kč
Živný roztok	1 945 Kč	1872 Kč
Pěstební médium	805 Kč	840 Kč
Celkové provozní náklady	4 570 Kč	9 603 Kč

¹³⁹ Salát hlávkový, 2025.

¹⁴⁰ Jahody, vanička 500g, 2025.

¹⁴¹ TESCO, Rajčata cherry, 2025.

¹⁴² Čerstvě Utrženo Nelinka cherry rajčata třešňovitá v hroznech, 2025.

¹⁴³ ČEZ, Ceník elektřiny pro domácnosti, 2025.

¹⁴⁴ PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE, Cena vodného a stočného, 2025.

Tabulka 9 Ekonomická bilance hydroponických systémů

Zástupce	IKEA Krydda	Rise Garden 3
Výnos II.	7 766 Kč	7 684 Kč
Provozní náklady	4 570 Kč	9 603 Kč
Bilance	3 196 Kč	-1 919 Kč
Pořizovací cena	13 500 Kč	29 500 Kč
Návratnost	4,2 roku	nevrátí se

Výzkum ukázal, že domácí hydroponický systém může při pravidelném využívání přinášet významné množství čerstvé produkce přímo v městském prostředí, avšak jeho ekonomická návratnost je výrazně závislá na typu zvoleného systému a vstupních nákladech.

Modelová situace demonstruje reálné možnosti domácí hydroponie v podmínkách České republiky s běžně nakupovaným mixem plodin. Výpočty délky růstového cyklu, spotřeby vody a hnojiv byly záměrně postaveny na konzervativních odhadech, aby výsledky odrážely spíše průměrné než optimistické scénáře. Rise Garden 3 by mohl v praxi vykazovat vyšší efektivitu díky metodě NFT, nicméně i při intenzivním využívání zůstává jeho provoz při nejlepším finančně srovnatelný s nákupem potravin v obchodech. Pořizovací náklady na systém nejsou absolutně rentabilní, výrobce taktéž nabízí i vlastní semena a pěstební médium, které ekonomiku systému ještě zhoršují. Naopak IKEA Krydda, využívající pasivní hydroponii s přibližně čtvrtinovou spotřebou elektrické energie oproti Rise Garden, dosahuje návratnosti investice kolem 4,2 roku. Výhodou je jednoduchost systému a nízké provozní náklady, otázkou však zůstává dlouhodobá životnost použitých komponent, zejména LED osvětlení.

Výsledek výzkumu zároveň naznačuje rozdělení potenciálních cílových skupin uživatelů domácích hydroponických systémů. Pro uživatele zaměřené primárně na úsporu nákladů bude atraktivnější jednoduché pasivní zařízení s nízkou spotřebou a dlouhou životností, případně cesta vlastního řešení typu DIY. Na opačné straně spektra stojí technologičtí nadšenci hledající chytrá, automatizovaná řešení, a dále uživatelé motivovaní životním stylem, pro které je klíčová otázka udržitelnosti a zdravého stravování, za který jsou ochotni připlatit.

Nespornou a obtížně vyčíslitelnou hodnotu však domácí hydroponie přináší všem skupinám bez rozdílu. Jedná se zejména o pocit soběstačnosti, možnost pěstovat potraviny přímo v městském prostředí bez přístupu k půdě a celoroční dostupnost potravin bez pesticidů a v kvalitě bio produktů pod vlastní kontrolou.

2.6 Shrnutí

Provedená rešeršní a analytická činnost ukázala, že hydroponické systémy představují dynamicky se rozvíjející produktovou kategorii s poměrně dlouhou historií a širokým rozsahem soudobých řešení. Analýza historického vývoje doložila postupné technologické inovace, které vedly od primitivních forem pěstování k sofistikovaným, vysoce efektivním systémům využívaným v kosmickém výzkumu i průmyslovém zemědělství. Celosvětová rešerše konkurenčních realizací potvrdila značnou variabilitu současných řešení, přičemž hlavními trendy jsou automatizace, snaha o estetické začlenění do interiéru a důraz na udržitelnost. Designérská analýza odhalila zásadní aspekty, které ovlivňují funkčnost, ergonomii, vizuální vnímání i ekonomickou návratnost produktů, a zároveň identifikovala největší problémy současné produkce. Mezi ně patří vysoké pořizovací náklady, energetická náročnost, využití neudržitelných materiálů a často poddimenzované parametry pro zdravý a efektivní růst rostlin. Vlastní realizovaný výzkum potvrdil, že ekonomická efektivita domácích hydroponických systémů je silně závislá na konstrukčním řešení a spotřebě elektrické energie. Shrnuté poznatky tak vytvářejí základní rámec pro stanovení designérských cílů další fáze této práce.

3 CÍLE PRÁCE

Následující kapitola práce formuluje cíle projektu, oblasti možných inovací a vymezuje cílového uživatele. Vychází z analytických zjištění a reaguje na nedostatky současných produktů. Důraz je kladen na funkčnost, estetickou kvalitu, jednoduchost a dlouhodobou využitelnost. Cílem je návrh systému odpovídající potřebám městského uživatele.

3.1 Hlavní cíle práce

Klíčovým cílem je snížení vstupních i provozních nákladů bez negativního dopadu na funkčnost hydroponického systému. V rámci rešerše byly popsány pokročilé domácí hydroponické systémy, které disponují pokročilými funkcemi, jako jsou senzory, automatizace nebo připojení k mobilní aplikaci, nicméně jejich pořizovací i provozní výdaje výrazně překračují hranici rentability pro běžného uživatele. V některých případech tyto prvky přinášejí spíše komplikace než přínosy. Kromě zmíněných ekonomických aspektů se jedná o servisní požadavky, životnost těchto komponent a také často ztížení, či znemožnění provozu systému při poruše nebo absenci senzorů a dalších součástí. Záměr návrhu je naopak minimalizovat technologickou složitost a tím i výrobní náklady, a to zejména eliminací všech postradatelných pohyblivých mechanických částí, chytrých čidel a propojení s IoT. Záměrem je vytvořit jednoduchý, ale funkční systém, jehož obsluha bude intuitivní a nároky na energii i údržbu minimální.

Druhým hlavním cílem je estetická integrace systému do interiéru. Značná část dostupných domácích hydroponických zařízení působí vizuálně lacině kvůli použití levných plastových dílů včetně PVC trubek. Tento přístup sice plní technickou funkci, v kontextu obytného prostoru však působí rušivě, až nepatřičně. Návrh této práce si klade za cíl vytvořit esteticky hodnotný prvek interiéru, který se svým vzhledem přiblíží nábytku.

Oba uvedené cíle spolu navzájem souvisí, výsledkem tak bude vyvážené řešení, jež kombinuje vizuální hodnotu s konstrukční racionalitou. Úspornost nesmí být na úkor estetiky, která zároveň významně nezhorší cenovou dostupnost.

3.2 Vedlejší cíle práce

Důležitým aspektem je možnost pěstování široké škály plodin. Na rozdíl od některých systémů orientovaných výhradně na bylinky a listovou zeleninu, bude navržený produkt umožňovat i pěstování plodin s delší vegetační dobou a většími nároky na prostor, jako jsou rajčata, papriky či jahody. Systém zároveň nebude omezen na jedno pěstební médium.

Uživatel si bude moci volit z pestré nabídky inertních substrátů dle jeho preferencí a dostupnosti.

Důraz bude kladen na dlouhodobou životnost a materiálovou kvalitu jednotlivých komponent. Role plastových dílů je nezastupitelná, jejich konstrukční provedení však bude směřovat k maximální odolnosti a snadné údržbě. V rámci environmentální odpovědnosti bude zohledněna možnost využití recyklovaných a alternativních materiálů.

Neméně podstatná část řešení je ergonomie a bezpečnost. Hydroponický systém bude koncipován tak, aby odpovídal normě na stabilitu a eliminovala se nutnost zvedání těžkých břemen, či přímé oslnění uživatele. Použité technologie povedou ke snížení provozní hlučnosti na úroveň běžných domácích spotřebičů.

3.3 Oblasti možných inovací

Zásadní příležitost k inovaci představuje vytvoření modulárního systému umožňujícího kombinaci více typů hydroponických metod v rámci jednoho systému. V současné nabídce trhu zpravidla dominují jednoúčelová řešení využívající pouze jednu pěstební techniku. V případě zájmu o změnu systému je uživatel nucen zakoupit zcela nové zařízení. Cílem této práce je navrhnout systém, jehož základní konstrukční prvky zůstanou neměnné, zatímco uživatel si bude moci dokoupit příslušenství umožňující si zvolit pěstební princip dle svých zkušeností a druhu pěstovaných plodin. Tento přístup nejen prodlužuje životní cyklus produktu, ale zároveň snižuje environmentální a ekonomickou zátěž spojenou s nutností pořizovat další kompletní systémy.

Další pomyslnou inovací je důraz na realistickou kapacitu a skutečné podmínky růstu rostlin, nikoli maximalizaci počtu pěstebních míst za cenu nevhodných rozestupů. Návrh bude respektovat doporučené vzdálenosti mezi rostlinami a potřebný objem živného roztoku pro jednotlivé typy plodin. Tato koncepce paradoxně může být efektivnější a produkovat kvalitnější a vyšší výnosy než velkokapacitní konkurenční produkty. Rostliny taktéž budou méně náchylnější k nemocem, což je důležité v kontextu uživatelské spokojenosti s výsledky pěstování.

3.4 Cíloví uživatelé a trh

Navrhovaný produkt reaguje na zřetelný společenský a ekonomický trend rostoucí urbanizace a proměny životního stylu obyvatel. Podle dat Organizace spojených národů (OSN) žije v současnosti ve městech přibližně 75 % evropské populace, přičemž do roku

2050 má tento podíl vzrůst až na 83 %. Dle dat z Google Trends je patrné, že největší a rostoucí zájem o hydroponii vykazují uživatelé v Německu, Rakousku a Polsku. Pozvolný nárůst zájmu se v posledních letech začíná projevovat i v České republice. Katalyzátorem bylo zejména období pandemie Covid-19, během kterého měli obyvatelé spoustu volného času a zároveň bylo zvýrazněno téma soběstačnosti a přístupu k potravinám. Z časové analýzy vyhledávání je patrné, že zájem o hydroponii kulminuje v zimních a jarních měsících, zatímco během léta zájem pravidelně klesá. Vrchol nastává zpravidla v zimě a na začátku jara, což lze přičíst zvýšené poptávce po čerstvé zelenině mimo hlavní sezónu, ale také přípravám na pěstební období. V letních měsících naopak klesá potřeba indoor systémů, jelikož část populace sklízí z vlastních zahrad. V tomto období je navíc dostupná širší nabídka lokální produkce skrze farmářské trhy nebo samosběry, kde jsou plodiny zpravidla kvalitnější a ceny nižší než v supermarketech v zimě.¹⁴⁵



Obrázek 39 Zájem o téma hydroponie v Německu¹⁴⁶



Obrázek 40 Zájem o téma hydroponie v Rakousku¹⁴⁷



Obrázek 41 Zájem o téma hydroponie v Polsku¹⁴⁸

¹⁴⁵ UNITED NATIONS, *World Urbanization Prospects 2018: Highlights*, 2018.

¹⁴⁶ GOOGLE, *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Německu*, 2025a.

¹⁴⁷ GOOGLE, *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Rakousku*, 2025b.

¹⁴⁸ GOOGLE, *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Polsku*, 2025c.



Obrázek 42 Zájem o téma hydroponie v České republice¹⁴⁹

Cílovým uživatelem je především člověk žijící ve městě, obvykle v bytě se stísněnými prostory. Obyvatelé měst často nemají přístup ke klasickému pěstování a jsou odkázáni na méně kvalitní potraviny z dovozu. Uživatelé hydroponie mají celý proces růstu plodin pod kontrolou a indoor pěstování jim umožňuje celoroční přísun čerstvé produkce bez ohledu na klimatické podmínky, a to bez použití pesticidů a v bio jakosti. Dále jsou uživatelé kromě zdravého životního stylu motivováni udržitelností, ať už se jedná o spotřebu a výrobu hnojiv i vody nebo o odpad z obalů, či emise z dopravy.

Z analytické části práce a z výsledku výzkumu taktéž vyplývá, že většina současných systémů buď zanedbává vizuální stránku nebo je cenově nedostupná kvůli vysoké míře elektroniky a chytrých funkcí. Mezi těmito póly chybí zařízení, které by bylo esteticky hodnotné a zároveň přiměřeně technologicky složitě pro běžného uživatele. Na druhou stranu trh s hydroponickými systémy je stále poměrně malý a je žádoucí oslovit co největší potenciální skupinu uživatelů. Zásadním parametrem zůstává nižší až střední cenová hladina, nicméně díky technologickým nadstavbám a estetické hodnotě by měl produkt zaujmout i náročnější zákazníky.

¹⁴⁹ GOOGLE, *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Česku*, 2025d.

4 VÝROBNÍ PARAMETRY

Výběr konkrétních výrobních technologií, materiálů a typu konstrukce zásadně ovlivňuje nejen výsledné mechanické a estetické vlastnosti produktu, ale také jeho výrobní cenu a celkovou ekologickou stopu. V této části jsou jednotlivé aspekty detailně rozebrány s cílem nalézt rovnováhu mezi funkčností, estetikou a udržitelností s ohledem na ekonomickou stránku produktu.

4.1 Výrobní technologie

4.1.1 Obrábění

Obrábění představuje způsob úpravy materiálu, při kterém je odebírána část jeho hmoty za účelem dosažení konkrétního tvaru, rozměru, či povrchové kvality. Nejrozšířenější metodou je třískové obrábění, kdy řezný nástroj odebírá břitem materiál ve tvaru třísky. Mezi hlavní druhy třískového obrábění patří soustružení, vrtání, frézování nebo broušení. CNC (Computer Numerical Control) obrábění je moderní přístup řízení obráběcích strojů pomocí počítače. CNC stroje umožňují efektivní, automatizované a přesné zpracování materiálů dle připravených dat opakovaně a s vysokou přesností. Proces je vhodný pro rozsáhlé spektrum materiálů, včetně kovů, dřeva, plastů, pěny, kompozitů, ale třeba i skla.^{150, 151}

4.1.2 Zpracování plastů

Mezi hlavní výrobní technologie využívané při zpracování plastů patří vstřikování, vytlačování, vakuové tvarování a vyfukování. Nejrozšířenější metodou je vstřikování, které umožňuje výrobu složitých dílů s jemnými detaily, úzkými tolerancemi a vysokou rozměrovou přesností. Tavenina plastu je při tomto procesu pod velkým tlakem vstřikována do kovové formy, kde rychle tuhne do finální podoby. Výsledné díly nevyžadují další opracování a je možné do nich integrovat funkční prvky, jako jsou například závit. Pro výrobu dlouhých profilových prvků, trubek nebo konstrukčních lišt, je naopak vhodnější technologie vytlačování. V tomto případě je plast protlačován přes tvarovací trysku, čímž vzniká kontinuální profil konstantního průřezu, který je následně zaříznut na požadovanou délku. Pro větší, ale tvarově jednodušší tenkostěnné díly, jako jsou víka nádrží nebo pěstební vany, se uplatňuje vakuové tvarování. Zahřátá plastová deska je přitlačena na formu pomocí podtlaku, čímž vznikne požadovaný tvar. Specifickou skupinu tvoří duté výrobky, které lze

¹⁵⁰ ČEP a PETRŮ, *Úvod do teorie obrábění*, 2013.

¹⁵¹ MRÓZ, *CNC – Co to je a k čemu se používá*, 2023.

efektivně vyrobit metodou vyfukování. Při tomto postupu je roztavený plast nejprve vytlačen ve formě trubice, jež je následně sevřena do formy a pomocí stlačeného vzduchu nafouknuta do výsledného tvaru. Vyfukování umožňuje výrobu lehkých, dutých, avšak konstrukčně pevných těles bez nutnosti spojování více dílů. Výběr konkrétní technologie tak vychází nejen z požadovaného tvaru a funkce dílu, ale i z plánovaného objemu výroby a investičních možností. V praxi se proto často kombinuje více metod.^{152, 153, 154, 155}

4.1.3 Zpracování kovů

Výroba oceli začíná tavením železné rudy ve vysoké peci, kde se za pomoci koksu, vápence a dalších přísad získává surové železo. Následně se v ocelárně redukuje obsah uhlíku, síry a dalších nežádoucích příměsí, a naopak se přidávají jiné chemické prvky a sloučeniny pro zlepšení mechanických vlastností. Polotovary se tvarují za tepla nebo za studena podle požadovaného finálního výrobku. K dosažení vyšší tvrdosti a odolnosti proti opotřebení a únavě, žáruvzdornosti, korozivzdornosti se dále používá chemicko-tepelné zpracování, například kalení, cementování, či nitridování.¹⁵⁶

Postup výroby hliníku se zahajuje těžbou bauxitu. Po vytěžení prochází chemickým procesem zvaným Bayerův, při kterém se uvolní oxid hlinitý, jenž se následně oddělí, vyčistí a vypálí. Výsledkem je bílý jemný prášek vstupující do elektrolýzy, kde se pomocí elektrické energie oxid hlinitý rozloží a na dně pece se usadí v hliník v čisté formě. Měkký kov se běžně leguje mědí, hořčíkem nebo zinkem pro získání potřebných mechanických vlastností. Při kontaktu hliníku se vzduchem ihned oxiduje povrch hliníku a vytváří tak ochrannou vrstvu před korozí. Pro vyšší stupeň antikorozní odolnosti lze hliník eloxovat vytvořením elektrochemické vrstvy oxidu hlinitého.^{157, 158}

Kromě zmíněného obrábění je možné kovové plechy, tyče a profily plošně tvářit bez výrazné změny objemu. Klíčovou technologií je lisování, které zahrnuje širší škálu operací, jako je stříhání, děrování nebo ohýbání. Tyto procesy probíhají na mechanických či

¹⁵² LARSON, *Vacuum Formed Plastic Vs. Injection Molding*, 2025.

¹⁵³ PBS PLASTICS, *What is the Difference between Plastics Extrusion and Injection Molding?*, 2021.

¹⁵⁴ FORMLABS, *Guide to Blow Molding*, 2024a.

¹⁵⁵ TANG, *What Role Do Vacuum Forming and Extrusion Play in Vertical Farming?*, 2025.

¹⁵⁶ OCELÁŘSKÁ UNIE, *Jak se vyrábí a zpracovává ocel*, 2018a.

¹⁵⁷ REYNAERS ALUMINIUM, *Jak se vyrábí hliník*, 2022.

¹⁵⁸ ARTEON, *Výroba hliníku: Od bauxitu po slitinu s univerzálním použitím*, 2024.

hydraulických lisech. Při ohýbání dochází k plastické deformaci materiálu za účelem vytvoření požadovaného úhlu nebo zakřivení.^{159, 160}

Spojování kovových materiálů se dělí na spoje rozebíratelné a trvalé. Rozebíratelné spoje umožňují opakované spojení a rozpojení dílů bez poškození samotných součástí. Nejčastěji se používají tam, kde je požadována montáž, údržba, výměna částí nebo přeprava výrobku. Mezi nejběžnější typy těchto spojů patří šroubové, kolíkové, čepové a závlačkové spoje, přičemž jejich výběr závisí na požadované pevnosti, přesnosti a zatížení. Nejrozšířenější jsou však šroubové spoje, kdy princip spočívá ve vytvoření přítlaku mezi spojovanými díly pomocí závitu a dotažení šroubu nebo šroubu s maticí. V případě tenkostěnných profilů, kde není dost materiálu na vyřezání plnohodnotného závitu, se používají závitové vložky, nejčastěji nýtovací matice.¹⁶¹

Pevné a trvalé spoje je možné docílit svařováním. Nejrozšířenější metodou je svařování tavným obloukem v ochranném plynu MIG/MAG. Tímto principem lze dosáhnout spoj s pevností blízkou základnímu materiálu. Také lze využít metod obalené elektrody MMA pro silnější materiály nebo TIG s netavicí se elektrodou a zpravidla přidavným materiálem pro svařování hliníku nebo pro jemné svary.¹⁶²

4.1.4 Zpracování dřeva

Výrobní technologie dřeva zahrnují rozsáhlé spektrum operací, které umožňují přeměnu surové kulatiny na konstrukční, plošné i designové prvky. Základním krokem je prvotní dělení dřeva, například řezáním kulatin na hranoly, desky či latě. Následuje další opracování, jako je hoblování, soustružení nebo frézování, včetně vrtání a broušení pro dosažení požadovaného tvaru a povrchové kvality. Dřevo určené k finálnímu použití se často povrchově upravuje pomocí lakování, olejování nebo voskování. Pokročilejší materiály jako překližky nebo vrstvené hranoly (BSH) vznikají lepením a lisováním tenkých dýh nebo lamel.^{163, 164}

¹⁵⁹ TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC, *Technologie plošného tváření - ohýbání*, 2008.

¹⁶⁰ CENTES, *Lisování kovů*, 2020.

¹⁶¹ AIBLOVÁ, *Rozebíratelné spoje: K čemu slouží a jaké existují druhy?*, 2024.

¹⁶² ARTEON, *MIG/MAG svařování*, 2023.

¹⁶³ HULINSKÝ a BITTMANN, *Učební text pro obor Truhlář: Strojní obrábění dřeva a materiálů na bázi dřeva*, 2016.

¹⁶⁴ DŘEVOVÝROBA HERZIG, BSH hranoly, výroba a využití, 2023.

4.2 Materiály

4.2.1 Plasty

Pro komponenty hydroponických systémů je nejvhodnějším materiálem polypropylen (PP) z důvodu jeho příznivých mechanických a chemických vlastností. PP je houževnatý, deformuje se pružně, ale zároveň i při nízké hmotnosti má dostatečnou pevnost a odolnost proti nárazu. Taktéž je inertní vůči většině kyselin, zásad i organických rozpouštědel a je běžně schválený pro styk s potravinami. Neobsahuje toxické příměsi, neuvolňuje do vody nebezpečné látky a je prakticky nenasákavý a neplesnivý. Acrylnitrilbutadienstyren (ABS) má vyšší tvrdost než PP, ale je méně chemicky odolný a bývá obtížné zajistit potravinářskou nezávadnost. Polyethylen (PE) a jeho vysoko hustotní varianta HDPE je dalším inertním plastem používajícím se v potravinářství, má však nižší tuhost než PP, takže díly z PE by musely mít větší tloušťku stěn, aby se dosáhlo stejné pevnosti. Neměkčená verze polyvinylchloridu PVC, která neobsahuje změkčovadla, je certifikovaná pro pitnou vodu, ale oproti PP je méně houževnatý a recyklace je kvůli chloru složitá.^{165, 166, 167}

Ekologickou alternativou k panenskému PP je recyklovaný polypropylen (rPP). Mechanické vlastnosti rPP se však zhoršují. Po třech recyklačních cyklech může pevnost v tahu klesnout o více než 30 % a prodloužení při přetržení klesnout o více než 50 % ve srovnání s čistým PP. Pro zlepšení vlastností rPP se často míchá s panenským PP v poměru 30:70, kdy pevnost v tahu klesá o 10–15 %. Pro méně náročné aplikace je vhodný až 50% podíl rPP, což vede k poklesu mechanických vlastností o více než 20 %. Důležitým aspektem je také dostatečná čistota recyklovaného PP pro schválení kontaktu s potravinami.^{168, 169}

V posledních letech se objevují inovativní materiály, které do klasického PP přidávají přírodní plniva z odpadních surovin. Česká firma Plastia s. r. o. ve snaze o cirkulární ekonomiku zužitkovává kávovou sedlinu z pražičen a kaváren do svých produktů jako plnivo přírodní barvivo. Technologie zpracování sedliny byla vyvinuta ve spolupráci s VUT v Brně a startupem Nafigate, který se zaměřuje na využití biologických odpadů. Produkty obsahují 5–10 % kávové sedliny a ročně Plastia zužitkuje stovky kilogramů této odpadní suroviny.

¹⁶⁵ RECYCLING TODAY, *Polypropylene (PP) And Its Advantages*, 2021.

¹⁶⁶ ADVANCED PLASTIFORM, INC., *Polypropylene FAQs*, 2023.

¹⁶⁷ PROTOLABS, *ABS vs. Polypropylene (PP): Deciding Between Two Popular Plastics*, 2023.

¹⁶⁸ JAMNONGKAN et al., *Towards a Circular Economy: Study of the Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of Recycled Polypropylene and Their Composite Materials*, 2022.

¹⁶⁹ HANDAYANI et al., *Mechanical Properties of Commercial Recycled Polypropylene from Plastic Waste*, 2021.

Mechanické parametry materiálu nejsou zásadně negativně ovlivněny a je plně recyklovatelný v rámci konvenčních technologií. Důležitá je také hygienická nezávadnost tohoto kompozitu. Nepodléhá plísním ani degradaci, produkty jsou BPA free a certifikované pro styk s potravinami.¹⁷⁰

4.2.2 Kovy

Ocel je metalurgická slitina železa s obsahem uhlíku do 2,14 % a dalšími doprovodnými prvky, například Mn, Si, P, S, Cu, které byly při výrobě vnesené do oceli. Některé typy oceli jsou naopak obohaceny o tzv. legující prvky, jako je Cr, Ti, W, Ni, V, které vylepšují mechanické vlastnosti. Ocel je materiál vhodný pro nosné díly díky své vysoké pevnosti a tuhosti. Ve srovnání s jinými materiály unese ocelový profil při stejných rozměrech nesrovnatelně větší zatížení bez plastických deformací. Ocel má přibližně třikrát vyšší modul pružnosti než hliník, takže se pod zátěží méně prohýbá, což umožňuje použití štíhlejších prvků při zachování tuhosti.^{171, 172}

Nevýhodou surové oceli je její náchylnost ke korozi. Povrch zejména ve vlhkém prostředí reaguje se vzdušným kyslíkem za vzniku oxidu železitého. Materiál kvůli tomuto procesu rezavění zeslabuje a je proto nutné ocel chránit povrchovou úpravou, případně zvýšit legující prvky a vyrobit nerezovou ocel. Žárové zinkování vytváří na oceli silný a houževnatý povlak zinku, který poskytuje velmi dlouhodobou ochranu proti korozi i ve vlhkém prostředí bez nutnosti údržby, a je tak vhodný i pro náročné aplikace. Galvanické zinkování vytváří tenkou, rovnoměrnou a esteticky hladkou vrstvu zinku, která je vhodná pro interiérové použití a díly s přesnými rozměry, ale poskytuje pouze krátkodobou ochranu proti korozi ve vlhkém prostředí. Alternativou je práškové lakování, které vytváří souvislý plastový povlak, jež izoluje ocel od okolního prostředí. Oproti mokrému nátěru však práškové lakování poskytuje silnější a odolnější vrstvu v jednom kroku.^{173, 174}

Hliník je velmi lehký kov, jehož hustota je zhruba třetinová oproti oceli. Hlavní výhodou je jeho antikorozní vlastnost, kdy se na povrchu vytvoří tzv. pasivační vrstva oxidu hlinitého a materiál již dále nekoroduje. Hliník má dobrou obrobitelnost, ale kvůli tomu i nižší tuhost. Hliníková konstrukce musí být masivnější, aby dosáhla stejné pevnosti jako

¹⁷⁰ PLASTIA, *Kávová sedlina*, 2024.

¹⁷¹ KILLICH, *Chemické složení oceli*, 2020.

¹⁷² HENDRIX, *Comparing Aluminum and Steel*, 2020.

¹⁷³ GALVANIZERS, *Difference Between Hot Dip Galvanizing And Electro-Galvanization*, 2017.

¹⁷⁴ KEYSTONE KOATING, *Powder Coating vs. Galvanizing*, 2020.

ocelová, takže se částečně maže výhoda v podobě hmotnosti. Hliník se také hůř svařuje, vyžaduje metodu TIG. Ocel je zároveň ekonomičtější volba.^{175, 176}

4.2.3 Dřevo

V kontextu konstrukce hydroponického systému přichází v úvahu především lokální tvrdé listnaté dřevo, konkrétně buk a dub. Obě dřeviny nabízejí vynikající mechanické vlastnosti a oproti jehličnanům, jako je smrk či borovice, vykazují násobně vyšší hustotu a tvrdost což je zásadní pro nosné části. Bukové dřevo vyniká svou homogenní texturou s jemnými póry, která umožňuje velmi přesné a čisté obrábění i bez trhání třísky. Naopak dub, přestože má hrubší a pórovitější strukturu a při opracování více zatěžuje nástroje, nabízí výrazně vyšší odolnost vůči vlhkostním změnám a přirozenou rezistenci proti biologické degradaci. V prostředí hydroponického systému s vyšší vlhkostí, tak dub poskytuje vyšší jistotu dlouhodobé stability. Z estetického hlediska působí dub masivněji a je vyhledáván pro svou charakteristickou kresbu, což je výhodné zejména u pohledových částí. Buk díky světlejšímu a jemnějšímu vzhledu nabízí neutrálnější charakter.^{177, 178, 179, 180}

BSH hranoly představují konstrukční materiál vyrobený vrstvením a lepením technicky vysušených lamel masivního dřeva. Díky sušení na přibližně 12 % vlhkosti vykazují vysokou rozměrovou stabilitu, nižší náchylnost k deformacím a jsou chráněny před napadením škůdci či plísněmi. Vrstvená struktura umožňuje rovnoměrné mechanické vlastnosti po celé délce a minimalizuje vznik trhlin, které jsou u masivu běžné. BSH je vhodný pro aplikace s vysokými nároky na pevnost, tvarovou stálost, odolnost vůči vlhkosti, ale i na estetiku.¹⁸¹

Překližka je vícevrstvý deskový materiál vyráběný lepením dýh křížem přes vlákna, což zajišťuje vysokou pevnost a rozměrovou stabilitu v obou směrech. Oproti masivu se méně kroutí a bobtná, a proto je vhodná i do prostředí s kolísavou vlhkostí. Nejčastěji se používají březové a topolové varianty. Březová překližka vyniká pevností, vysokou hustotou a světlou kresbou, což ji předurčuje pro nosné i pohledové části. Topolová je lehčí, měkčí a levnější, hodí se spíše na kryty nebo výplně. Vhodné jsou i foliované desky s fenolickou

¹⁷⁵ REYNAERS ALUMINIUM, *Jak se vyrábí hliník*, 2022.

¹⁷⁶ CARLSON, *The Difference Between Steel vs Aluminum*, 2023.

¹⁷⁷ MEIER, *English Oak*, 2016a.

¹⁷⁸ MEIER, *European Beech*, 2016b.

¹⁷⁹ WOODED, *Buk vs. dub: Víte, jaký je mezi nimi rozdíl?*, 2022.

¹⁸⁰ IZAIÁŠ, *Buk: tradice a inovace*, 2023.

¹⁸¹ DŘEVOVÝROBA HERZIG, BSH hranoly, *výroba a využití*, 2023.

vrstvou, jež chrání povrch před nasákavostí a mechanickým opotřebením. Při estetických nárocích lze využít laminovanou překližku s dekorativní úpravou. Překližka díky vrstvené struktuře umožňuje ohýbání do oblouků, kdy se překližka před ohybem zvlhčí nebo nahřeje a zafixuje se v požadovaném oblouku, dokud nevychladne a neuschne. Ve výrobě je možné docílit trvalých tvarů pomocí lisování dřív do zakřivených forem. Kromě tvarování je překližka ideálním materiálem pro CNC obrábění a frézování, kde umožňuje přesné a čisté opracování i složitých konstrukčních dílů. Výsledný materiál tak spojuje pevnost masivu, rozměrovou stálost a variabilitu v použití, pokud je správně zvolen typ jádra, lepidla a povrchová úprava.^{182, 183, 184}

4.3 Výrobní náklady

Již v rané fázi návrhového procesu je důležité uvažovat o předpokládaných výrobních nákladech. Volba konstrukčního řešení, materiálů a výrobních technologií má zásadní vliv na výslednou cenu produktu a je proto nutné hledat rovnováhu mezi funkčností, estetikou, udržitelností, a právě ekonomickou proveditelností. Jedná se pouze o velmi hrubé úvahy, jejichž cílem není stanovit přesná čísla, ale spíše získat základní povědomí o cenových relacích jednotlivých materiálů a příslušných výrobních technologiích.

V případě sériové výroby plastových dílů je klíčovým faktorem ekonomické efektivity návratnost vstřikovacích forem, které představují jednu z největších vstupních investic. Cena jedné formy se může v závislosti na velikosti, složitosti geometrie a počtu dutin pohybovat v řádu statisíců až jednotek milionů. Proto se obvykle uvažuje minimální série v řádu desítek tisíc kusů, kdy se náklady na formu rozpočítají do jednotkových nákladů a přestávají být dominantní složkou ceny produktu. Cena vstupního granulátu polypropylenu se pohybuje na evropském trhu okolo 35 Kč/kg. Firma Plastia s. r. o. uvádí, že PP s příměsí kávové sedliny je dražší na výrobu, ale do cen svých produktů tento rozdíl nepřenáší.^{185, 186, 187}

Bukové dřevo se ve formě sušeného truhlářského řeziva pohybuje kolem 8 000–12 000 Kč/m³. Cena dubového dřeva je přibližně o 100 % větší kvůli vyšší trvanlivosti, odolnosti, estetice, ale náročnosti zpracování. BSH hranoly bývají zpravidla dražší vlivem složitější

¹⁸² PLY ONLINE, *What is Plywood and how is It made?*, 2024.

¹⁸³ GARNICA, *Difference between birch and poplar wood*, 2022.

¹⁸⁴ ALASPRO, *Voděodolná překližka*, 2020.

¹⁸⁵ FORMLABS, *How to Estimate Injection Molding Cost?*, 2024b.

¹⁸⁶ BUSINESS ANALYTIC, *Polypropylene price index*, 2025.

¹⁸⁷ PLASTIA, *Kávová sedlina*, 2024.

a delší výroby. Obrábění dřeva i překližek je přímo úměrné složitosti a velikosti geometrie. Cena naopak výrazně klesá při velkých sériích.^{188, 189}

Hliník obvykle stojí mezi 25–38 Kč/kg, zatímco cena oceli kolísá přibližně mezi 10 až 30 Kč/kg. Přestože je hliník dražší na kilogram, díky své nižší hustotě je ho třeba méně pro dosažení stejného objemu, což může částečně vyrovnat cenový rozdíl v aplikacích, kde je klíčová nízká hmotnost. U nosných konstrukcích se naopak může tento rozdíl ještě více prohloubit, protože hliník nedosahuje mechanických vlastností oceli. Nevýhodou je však nutná povrchová úprava oceli. Cena nerezové oceli pak převyšuje i pořizovací náklady hliníku. Cena služeb CNC obrábění kovů se odvíjí od několika faktorů, včetně typu použitého stroje, složitosti dílu, materiálu, požadované přesnosti a objemu zakázky. Běžná hodinová sazba CNC obrábění v Evropě se pohybuje přibližně mezi 550–1 500 Kč/h. Kromě strojního času je třeba počítat i s náklady na programování, přípravu nástrojů a seřizování. MIG a TIG svařování se opět odvíjí od složitosti a materiálu, typicky od 500 Kč/h a se sériovou výrobou cena klesá. Obecně lze ale říct, že rozebíratelné spoje, například šroubové, jsou levnější alternativou.^{190, 191, 192}

4.4 Dopady na životní prostředí

Polypropylen jakožto ropný plast je vyroben z neobnovitelných zdrojů a od těžby až po samotnou produkci se do ovzduší uvolní přibližně 1,7–2,2 kg CO_{2e} na 1 kg PP granulátu. Studie uvádějí, že mechanická recyklace PP může snížit emise CO₂ o cca 30–50 % oproti výrobě nového plastu. V případě aplikace vyžadující potravinářskou čistotu je úspora emisí spíše na nižší hranici rozpětí kvůli energeticky náročnému čištění. Celosvětově se však recykluje jen zlomek, protože většina skončí ve směsném odpadu nebo ve spalovně, kde alespoň nahrazuje jiná fosilní paliva při výrobě elektřiny. Zvýšení recyklace by mohlo ušetřit miliony tun CO₂ ročně a snížit objem PP v životním prostředí. Ekologičtější variantou je PP s příměsí kávové sedliny. Jedná se o ukázkový příklad upcyclace, kdy se z nehodnotného odpadu stává primární surovina. Tento materiál částečně substituuje fosilní složku obnovitelným plnivem, čímž dále snižuje uhlíkovou stopu výrobku. Využití kávové sedliny v PP navíc zabraňuje jejímu anaerobnímu rozkladu na skládkách směsného odpadu, při kterém se uvolňuje metan, který má 86krát silnější skleníkový efekt než CO₂. Dalším

¹⁸⁸ PILA SÁZAVA, *Ceník bukového dřeva*, 2020.

¹⁸⁹ WOODED, *Buk vs. dub: Víte, jaký je mezi nimi rozdíl?*, 2022.

¹⁹⁰ MACHINEMFG, *Aluminum vs Steel: A Beginner's Guide*, 2025.

¹⁹¹ WANT.NET, *Jaké jsou náklady na služby CNC obrábění kovů?*, 2023.

¹⁹² A-Z KOVO, *MIG & TIG svařování*, 2025.

aspektem je energie při výrobě produktů. Lisové vstřikování je proces s poměrně vysokou spotřebou elektrické energie, zejména na ohřev materiálu. Ovšem protože je cyklický a rychlý, energie na jeden díl je malá. Moderní elektrické vstřikovací stroje spotřebují kolem 3,5 kWh/kg.^{193, 194, 195}

Energetická náročnost výroby primární oceli z železné rudy ve vysoké peci je energeticky intenzivní proces a nese s sebou značnou uhlíkovou stopu. Ocelářský průmysl se globálně podílí zhruba 7–9 % na emisích CO₂, což je dáno zejména využíváním koksovatelného uhlí ve výrobě surového železa. Na 1 kg primární oceli připadá cca 2,3 kg CO₂, kdežto celosvětový průměr emisí se pohybuje okolo 16,1 kg CO₂ na 1 kg hliníku. Ocel i hliník jsou však zcela recyklovatelné materiály bez snížení mechanických vlastností. Míra recyklace celosvětově dosahuje 86 %, respektive 70 % u hliníku. Výroba oceli z recyklovaného šrotu v elektrické obloukové peci ušetří až 75 % energie oproti výrobě z primárních surovin a u hliníku je úspora dokonce až 95 %. Vhodné je zmínit i vliv povrchových úprav na ekologii a recyklovatelnost. Výroba zinku a zinkování má samo o sobě již určitou uhlíkovou stopu, nicméně výrazně prodlužuje životnost oceli a nebrání v jejím recyklování, při tomto procesu se zinek odděluje a recykluje samostatně. Práškové lakování je považováno za ekologicky přívětivější způsob nanášení barev i přes složení na bázi ropných derivátů. Během recyklace oceli se tato vrstva spálí a nenarušuje její průběh.^{196, 197, 198, 199}

Dřevo jako přírodní materiál představuje z ekologického hlediska velmi příznivou volbu. Buk i dub jsou lokální obnovitelné suroviny a během růstu navíc stromy pohlcují CO₂. Celková uhlíková stopa spojená s těžbou a zpracováním dřeva bývá výrazně nižší než u výroby kovů či plastů. Dřevo je taktéž biologicky odbouratelné. Na konci životního cyklu produktu může být dřevěná konstrukce snadno recyklována nebo zkompostována, pokud nebyla ošetřena škodlivými chemikáliemi. I při energetickém využití se při spálení dřeva uvolní jen tolik CO₂, kolik strom během růstu absorboval, takže bilance je celkově neutrální.

¹⁹³ MANSOUR et al., *Life-Cycle Assessment of Polypropylene Production in the Gulf Cooperation Council (GCC) Region*, 2021.

¹⁹⁴ SALEEM et al., *Assessing the environmental footprint of recycled plastic pellets: A life-cycle assessment perspective*, 2023.

¹⁹⁵ ELDUQUE et al., *Electricity Consumption Estimation of the Polymer Material Injection-Molding Manufacturing Process: Empirical Model and Application*, 2018.

¹⁹⁶ ČTK, *Pomůže recyklace kovů k udržení cíle čistých nulových emisí?*, 2023.

¹⁹⁷ OCELÁŘSKÁ UNIE, *Ocel jako recyklovatelný materiál*, 2018b.

¹⁹⁸ BÍLEK a PŘIBYLA, *Jak dekarbonizovat výrobu oceli?*, 2023.

¹⁹⁹ INTERNATIONAL ALUMINIUM INSTITUTE, *GHG Emissions Data for the Aluminium Sector (2005-2019)*, 2021.

Z hlediska povrchových úprav dřeva jsou nejšetrnější přírodní oleje a vosky, což jsou obnovitelné a biologicky rozložitelné produkty, takže zachovávají plnou odbouratelnost dřevěného dílu. Překližky si v porovnání s masivem vedou o něco hůře, jelikož většina je lepena pryskyřicemi na bázi formaldehydu. Tato těkává látka je klasifikována jako karcinogen, v Evropě však platí přísné emisní normy a výrobci vyvíjejí alternativní lepidla. Komplikovanější je i samotná recyklace právě kvůli lepidlům. Certifikace dřevin jako FSC a PEFC pak garantují, že těžba dřeva probíhala udržitelným způsobem.^{200, 201, 202}

²⁰⁰ THERMORY, *How sustainable is wood?*, 2023.

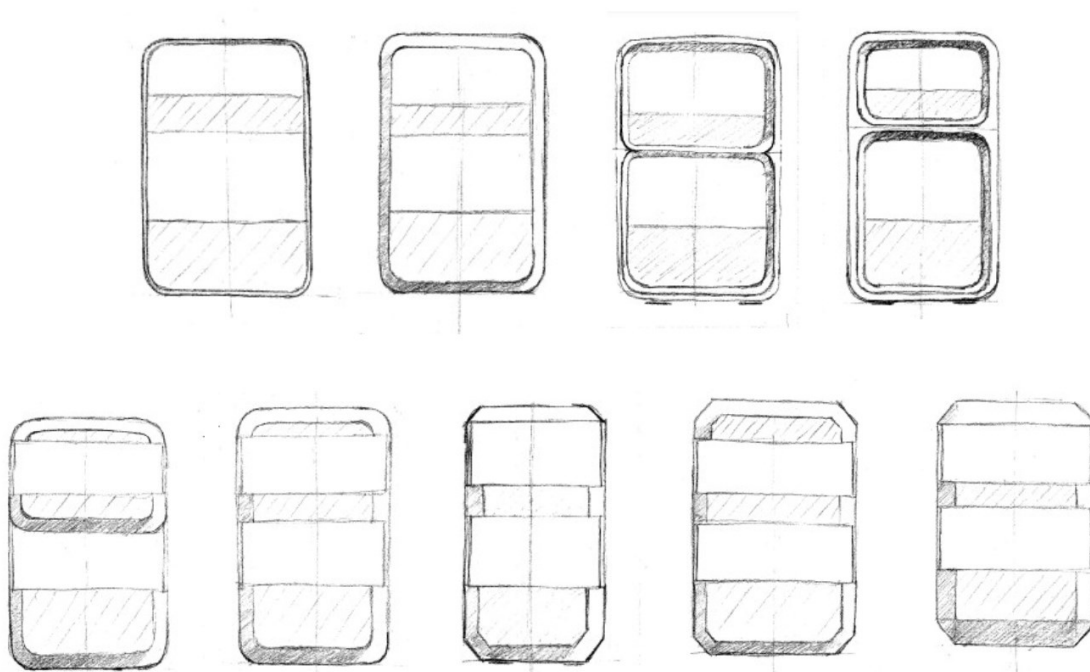
²⁰¹ U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, *Biomass explained*, 2024.

²⁰² CUTR, *Sustainable Woodworking: Eco-Friendly Plywood Options*, 2024.

5 VARIANTNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ

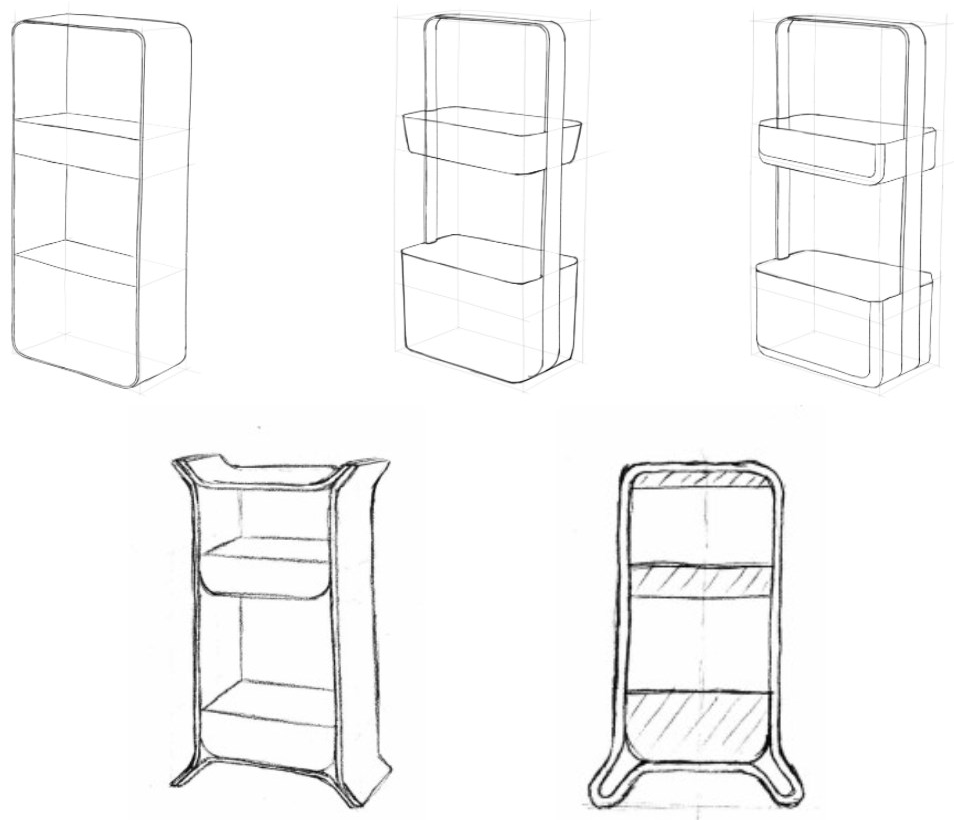
Variantní designérské návrhy vycházejí z dříve stanovených cílů práce, rešeršních poznatků a vybraných materiálů včetně výrobních technologií vhodných pro návrh domácího hydroponického systému. Cílem této části je představit návrhové varianty, které dokumentují designérský proces a myšlení vedoucí k výběru finálního konceptu na základě technických, funkčních, ergonomických, ale i estetických požadavků.

V úvodní fázi návrhového procesu byly zmapovány jednoduché a snadno čitelné objemy za účelem prozkoumání základních proporcí. První varianty pracují s jasně rozdílnými objemy pater, kdy hlavní myšlenkou bylo umístit mohutnější plodiny do spodního patra kvůli potřebě většího objemu živného roztoku. Důraz byl však spíše kladen na kvantitu návrhů a hledání zajímavých prvků bez ohledu na proveditelnost a technická omezení. Počáteční extrudované a těžkopádné tvary byly opticky odlehčovány pomocí rádiusů, zkosení hran, či vydutých a vypouklých ploch. Objevují se subtilní konstrukce z ocelové anebo hliníkové pásoviny, nejprve v celé hloubce hydroponického systému, postupně však dochází ke zužování s cílem úspory materiálu.



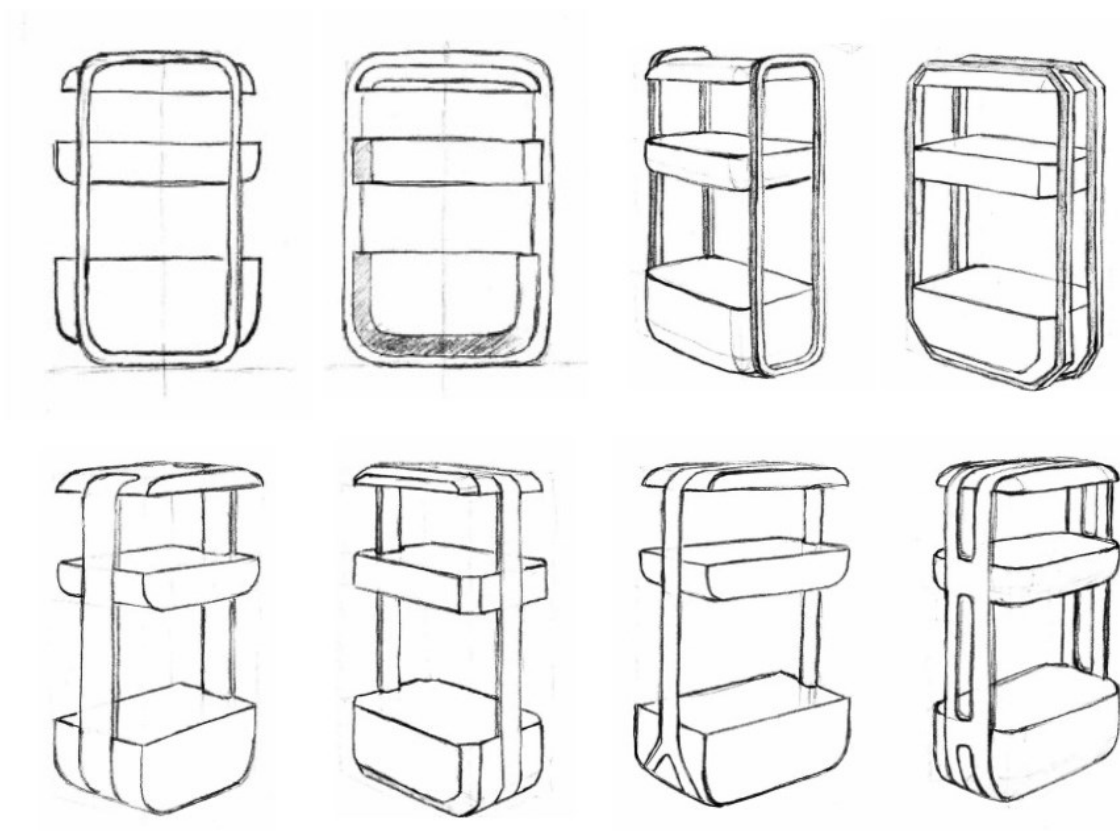
Obrázek 43 Variantní skici I

Následně v rámci dílčí evaluace došlo k odklonu od kovových rámu. Kromě složitějších výrobních technologií a ekologické stopě byly důvodem i estetické aspekty. Štíhlá konstrukce příliš nekorespondovala s objemnými tvary nádob a industriální vzhled nenavozoval pocit hodnotného interiérového prvku zaměnitelného s nábytkem. V důsledku toho bylo zvoleno dřevo jako primární materiál rámu. Pravoúhlé a ostré linie ustupovaly měkčím a harmonickým oblým tvarům. Vzhledem k nově definovanému tvarosloví bylo nutné přehodnotit také konstrukční řešení nosné kostry. Ohýbání masivního dřeva se kvůli technologické i ekonomické náročnosti ukázalo jako nevhodné, což vedlo k úvahám o použití ohýbané překližky. Co se týče vizuální identity začíná se projevovat motiv vzájemného zaklesnutí a prolínání jednotlivých komponent a materiálů, čímž se rám zapojuje do objemové kompozice celku, což byl záměr této etapy designérského procesu.



Obrázek 44 Variantní skici II

Navzdory dobrým technologickým vlastnostem byla překližka nakonec nahrazena masivem, jelikož její řez viditelný z čelního pohledu na produkt působil laciným dojmem. Alternativa v podobě lepených hranolů zachovává distinktivní kresbu dřeva a také výrobní technologie v podobě CNC obrábění je levnější, rychlejší, dostupnější, ale i přesnější s nižší mírou vadných kusů.



Obrázek 45 Variantní skici III

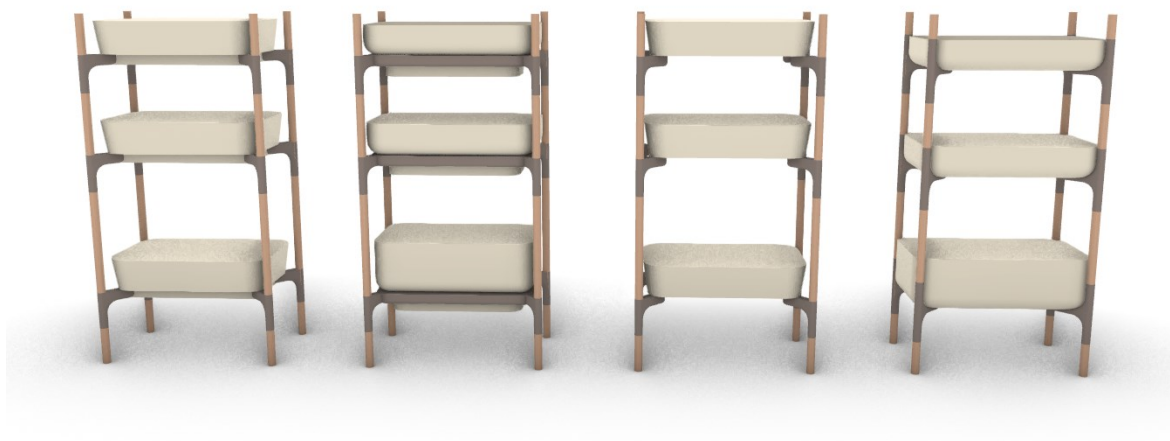


Obrázek 46 Variantní modely I

Po ustálení objemových proporcí pěstebních nádob se pozornost přesunula k technickému řešení jejich uchycení. V průběžných revizích bylo právě tohle místo označeno jako nejslabší bod návrhů. Nejjednodušším řešením, které zároveň nenarušovalo ani integritu nádrží, jako například šroubové spoje, se jevílo vytvoření specifického tvarového ukotvení. Zároveň z důvodu logistiky bylo žádoucí, aby jednotlivé části hydroponického systému byli co nejvíce kompaktní. Racionálním krokem, i z hlediska zachování modularity, bylo rám rozdělit na vícero částí, čímž však vznikla potřeba dalšího spojovacího materiálu. To vedlo k návrhu multifunkčního dílu, který by propojil konstrukci s rezervoáry a současně integroval i uchycení osvětlení, případně zajišťoval vyšší tuhost nádob a celé sestavy. Tento přístup výrazně zjednodušuje montáž a snižuje počet dílů i výrobní náklady.



Obrázek 47 Variantní modely II



Obrázek 48 Variantní modely III

V další fázi vývoje se snaha o optimalizaci návrhu promítla do radikálnější úpravy, kdy samotná nádoba začala plnit nosnou a spojovací funkci. Tento směr se však ukázal jako slepá cesta. Problematické bylo nejen připevnění světél, ale i obtížnější údržba. Pro vyjmutí spodní nádoby by bylo nutné rozebrat celou konstrukci. Rám navíc přicházel do téměř bezprostředního kontaktu s vlhkostí, což by v případě dřeva znamenalo riziko bobtnání, deformací a snížení životnosti. Komplikací bylo i tvarové řešení víka nádrže, které by kvůli geometrické složitosti muselo být zřejmě sestaveno z více částí. Díky rozdělení rámu do jednotlivých segmentů bylo opět uvažováno nad masivním celkem dřeva místo lepených hranolů, čímž došlo k eliminaci výrobních kroků. Ve výsledném návrhu figurují dřevěné kulaté tyče z masivu, což přispělo k vizuálnímu sjednocení s oblými tvary pěstebních modulů.



Obrázek 49 Variantní modely IV

6 FINÁLNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ

Navržený domácí hydroponický systém kombinuje funkčnost pěstebního zařízení s estetickými kvalitami interiérového nábytku. Základ tvoří čtyři nosné sloupky z masivního dubového dřeva, které jsou rozděleny do jednotlivých segmentů. Plastové spojovací díly mají hladké přechody a zaoblené tvary evokující vizuální čistotu a harmonii. Stejně tak pěstební nádoby se vyznačují změkčenými hranami s výraznými rádiusy a po kratších stranách ve spodní ploše mají vybraný materiál pro ergonomický úchop. Nosný rám je promyšleně schovaný ve vydutém dnu rezervoáru, takže na první pohled není vidět a podtrhuje minimalistický směr designu. V tomto místě je skryté i LED osvětlení, jež zajišťuje dostatečné světelné podmínky, zejména pro rostliny ve spodním patře.

Produkt je navržen bez elektronických senzorů, což snižuje pořizovací náklady, eliminuje složité ovládací prvky a odpadá riziko selhání těchto komponent. Tento přístup dává uživateli větší pocit kontroly nad pěstováním a přirozeně podporuje vnitřní motivaci, radost z péče i uspokojení z vlastnoručně dosažených výsledků. Oproti plně automatizovaným systémům posiluje vztah k rostlinám, činí z pěstování smysluplnou aktivitu a přispívá k duševní pohodě uživatele.

Systém je uzpůsoben pro pěstování čtyřmi metodami hydroponie. Uživatel si sám může vybrat dle obtížnosti a spotřeby elektrické energie. S přibývajícími zkušenostmi pěstitele tak pomyslně roste i jeho hydroponická farma, čímž se prodlužuje životní cyklus produktu. V základní konfiguraci lze využít metody Kratky a Wick, které jsou zcela pasivní, a kromě LED osvětlení neodebírají elektrickou energii. Techniky DWC a NFT jsou dostupné skrze rozšiřující balíčky, jejichž součástí je externí vzduchování, respektive vodní čerpadlo s aparaturou. Kabeláž i vzduchovací hadičky jsou vyvedeny k nosným sloupkům, kde jsou pomoci přichytek upevněny.

Pěstební úrovně, každá s kapacitou až 15 rostlin, jsou na sobě nezávislé. Díky tomu je možné individuálně upravovat složení živného roztoku i hodnotu pH v každém patře, což je žádoucí pro efektivní růst daného typu rostlin. Hydroponický systém se neomezuje na konkrétní druh plodin, ani na použití specifického inertního média. Pěstební víka jsou perforována otvory jednotného průměru. Nicméně při nákupu systému by měl zákazník na výběr ze dvou typů a dvou velikostí pěstebních košíčků, každý z nich však pasuje do víka bez použití adaptérů.

Barevnost produktu vychází z přírodních materiálových tónů a klade důraz na začlenění do moderních minimalistických interiérů kuchyní a obytných prostor. Dubové dřevo vyniká svou kresbou, zatímco příměs kávové sedliny dodává polypropylenu vizuální charakter. Hlavní varianta kombinuje krémový odstín pěstebních nádob s šedými detaily. Dalšími barevnými variantami jsou bílá slonová kost, opět s příměsí kávové sedliny, a zelenošedá šalvějová s vyšším podílem recyklátu. Název systému Groenero vznikl z nizozemského slova groen, v překladu zelený, což odkazuje na přírodu, růst a udržitelnost. Logotyp vychází z bezpatkového fontu Century Gothic, přičemž grafická podoba písmen R odkazuje na podobu konstrukčních spojek. Nenápadný detail propojující vizuální identitu se samotným designérským řešením a jeho dominantním prvkem. Branding je umístěn na čelní straně nádoby a svým decentním ztvárněním podtrhuje celkovou čistotu designu.



Obrázek 50 Hydroponický systém Groenero



Obrázek 51 Barevná varianta – krémová s kávovou sedlinou



Obrázek 52 Barevná varianta - slonová kost s kávovou sedlinou



Obrázek 53 Barevná varianta – zelenošedá šalvějová



Obrázek 54 Čelní pohled



Obrázek 55 Detailní čelní pohled



Obrázek 56 Detailní čelní podhled



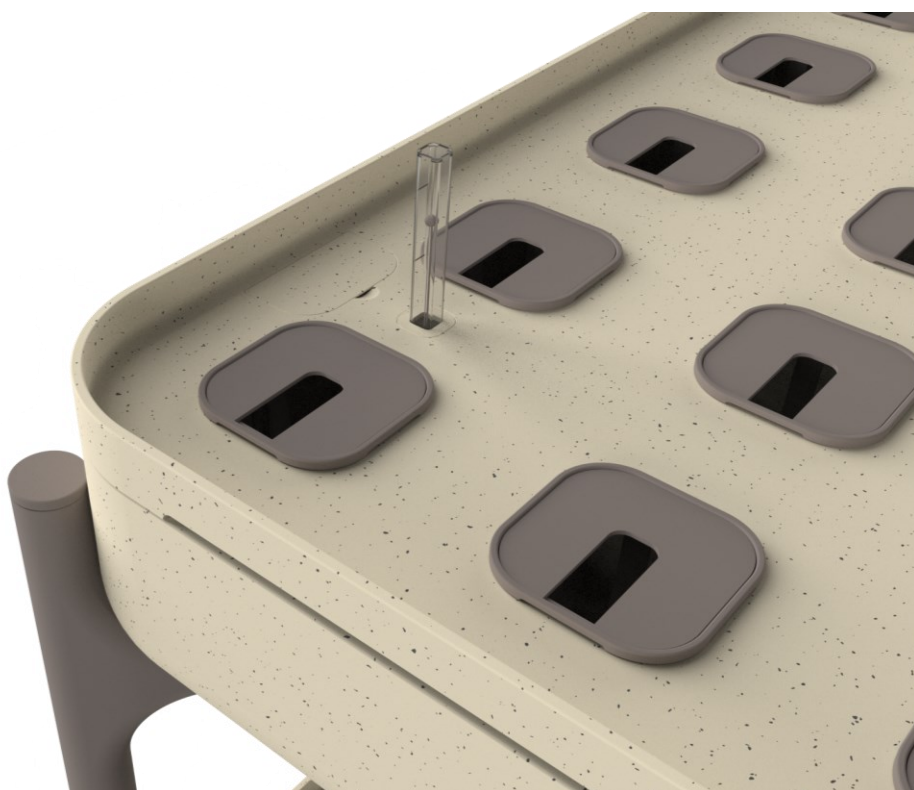
Obrázek 57 Boční pohled



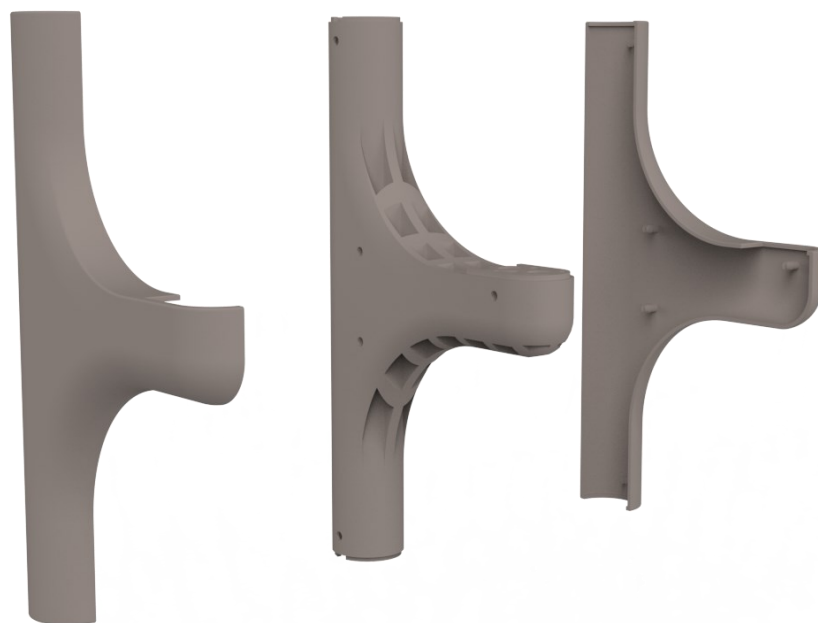
Obrázek 58 Čelní nadhled



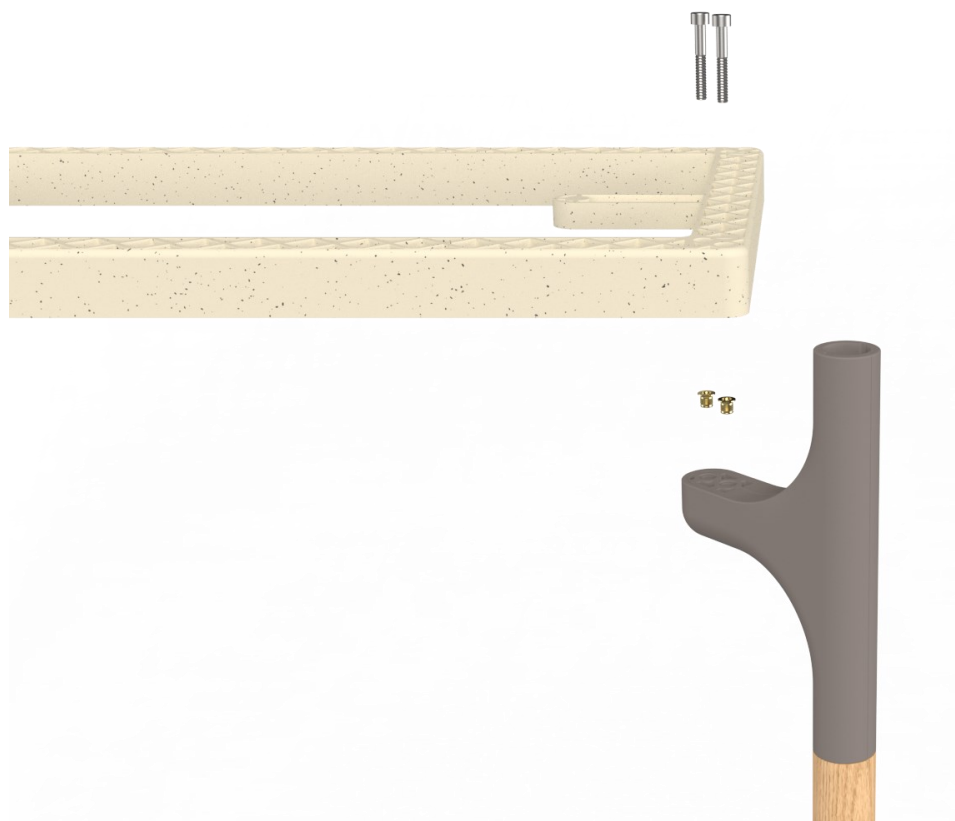
Obrázek 59 Čelní náhled bez krytek košíčků



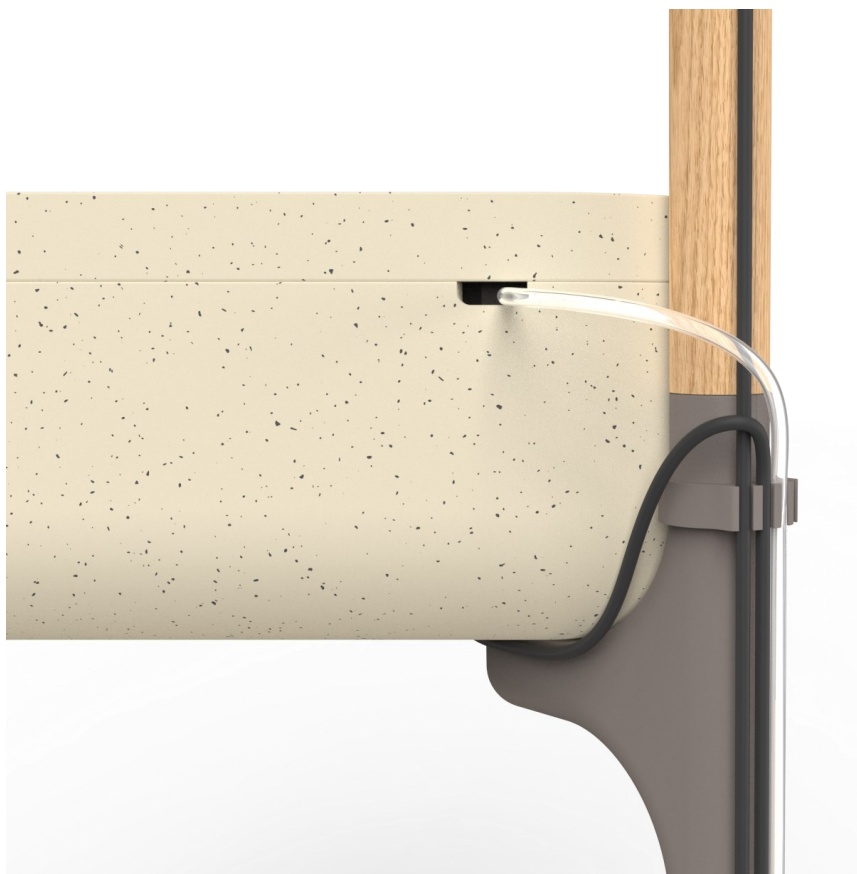
Obrázek 60 Detailní pohled na servisní otvor a hladinoměr



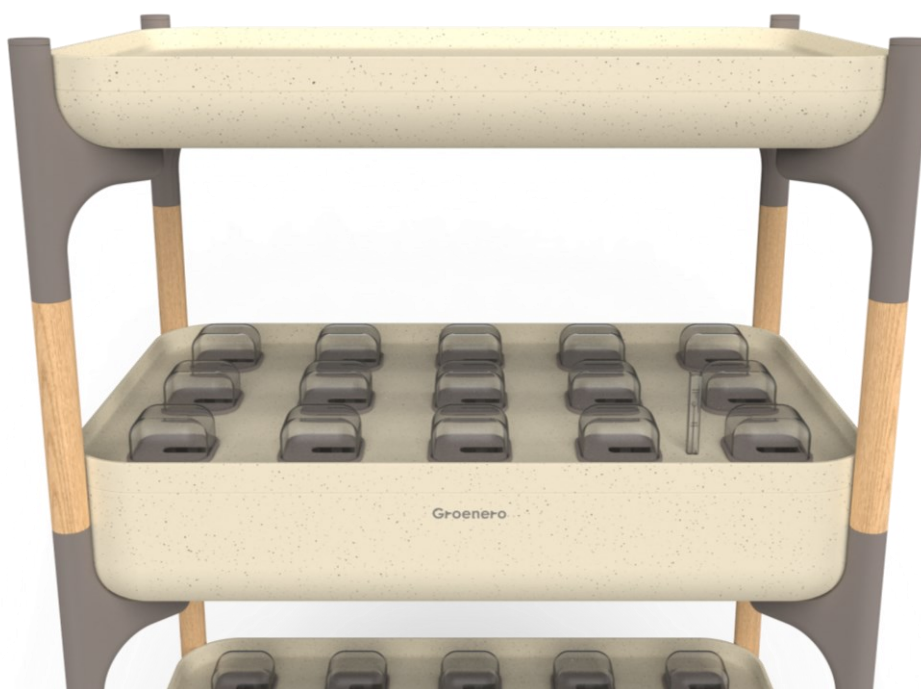
Obrázek 61 Detail spojovacího dílu a jeho konstrukce



Obrázek 62 Detail šroubového spoje nosné konstrukce



Obrázek 63 Detail přichytky kabelů a hadiček



Obrázek 64 Hydroponický systém s pěstebními poklopy



Obrázek 65 Hydroponický systém v konfiguraci DWC

7 ERGONOMICKÁ STUDIE

Při návrhu hydroponického systému byly zohledňovány základní ergonomické zásady práce ve stoje. Taktéž bylo nezbytné najít rovnováhu mezi těmito ergonomickými požadavky a prostorovými nároky pěstebního prostoru kvůli dorůstající výšce rostlin a jejich doporučené vzdálenosti od světelného zdroje. Cílovým trhem produktu byla určena Evropa, přičemž vzhledem k zacházení s chemickými látkami byl systém koncipován pro dospělou populaci. V Tabulce 10 jsou uvedeny hodnoty pro postavu 5. percentilu, průměrnou postavu celé populace, tedy 50. percentilu, a postavu 95. percentilu.

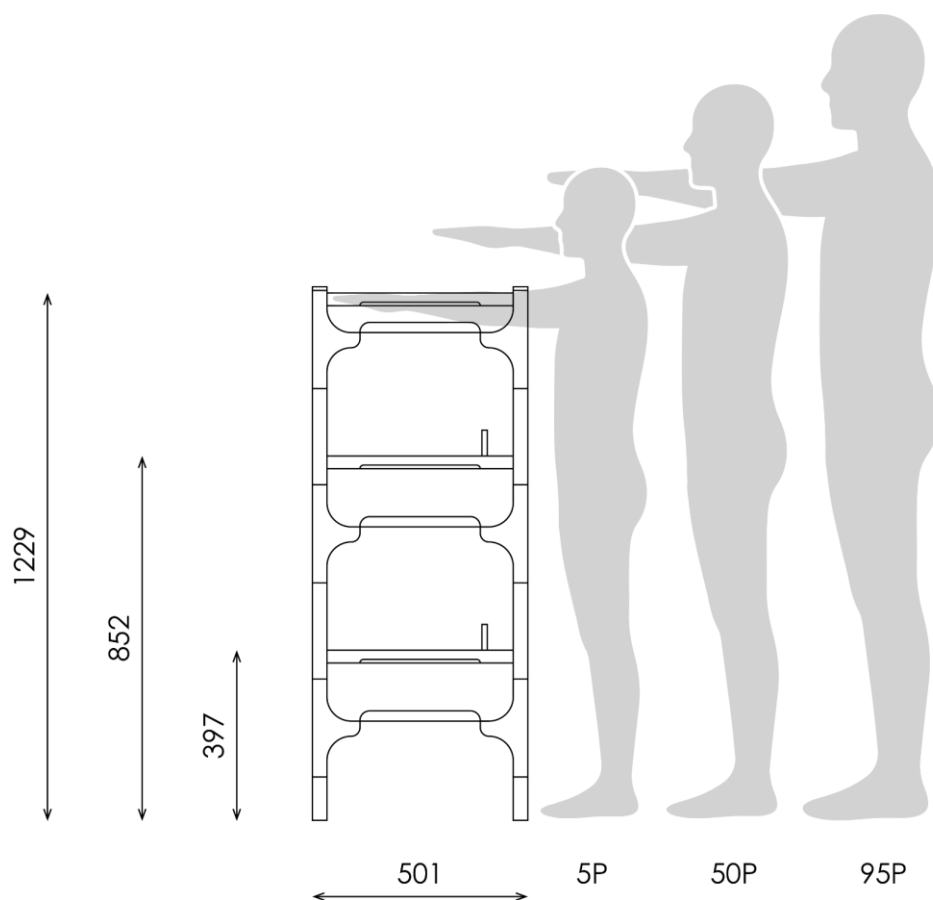
Tabulka 10 Antropometrické údaje dospělé populace v Evropě – výška postavy²⁰³

Percentil	5P	50P	95P
Výška postavy	1530 mm	1720 mm	1880 mm
Výška ramen	1210–1230 mm	1350–1370 mm	1470–1500 mm
Výška loktů	910–920 mm	1010–1030 mm	1100–1120 mm
Výška kolen	430–440 mm	480–490 mm	530–540 mm

Optimální výška hlavní pracovní plochy by měla být v úrovni loktů uživatele, případně 50 až 100 mm pod výšku loktů. Hrana víka horní pěstební nádoby se nachází ve výšce 852 mm a splňuje tedy uvedené pravidlo i pro nejmenší 5P postavu. Nejvyšší dosažitelná plocha by neměla přesahovat výšku ramen, protože práce s rukama nad tuto hranici je fyzicky náročnější a negativně ovlivňuje přesnost jemných pohybů. Horní okraj vrchního úložného modulu hydroponického systému, jehož víko lze využít spíše jako odkládací než pracovní plochu, je umístěn ve výšce 1229 mm a odpovídá 5. percentilu postavy. Spodní pěstební úroveň by naopak neměla klesnout pod úroveň kolen, jelikož činnost v této výšce si vyžaduje předklon trupu, čímž se zvyšuje riziko přetížení bederní části zad. Alternativně je možná práce v podřepu či s pokrčením kolen, ta je však při delším trvání výrazně únavná a ergonomicky nevhodná. Zde bylo nutné při návrhu udělat kompromis. Zvednutí spodní pěstební nádrže do požadované výšky by znamenalo nesplnění ostatních zásad pro práci ve stoje nebo by bylo nutné snížit výšku světelného zdroje od rostlin, čímž by však mohlo dojít k jejich popálení. Výška horního lemu víka spodního modulu je situována ve výšce 397 mm, tedy níže než výška kolen 5P postavy. Tímto řešením alespoň vzniklo místo pro externí

²⁰³ Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks, 2017.

vzduchové čerpadlo a zároveň umožňuje uživateli přistoupit blíže k hydroponickému systému a pohodlněji s ním pracovat. Vodorovný dosah rukou by měl být omezen na maximálně 500 mm od těla uživatele, aby byla zachována přesnost jemné manipulace. Hloubka pěstebních nádob je 485 mm a taktéž vyhovuje ergonomickému pravidlu. Při práci s břemeny je vhodné omezit hmotnost pravidelně zvedaných komponent systému na 5 až 10 kg, z tohoto důvodu byl v rezervoárech umístěn vypustný otvor, protože hmotnost plné nádoby překračuje 20 kg. Pro snadný úchop, jak již bylo zmíněno, je v kratších stranách podstavy nádrží odebrán materiál.²⁰⁴



Obrázek 66 Antropometrická studie

²⁰⁴ PHEASANT, *Anthropometry for Designers*, 2003.

Norma ČSN EN 16122:2021 rovněž stanovuje, že volně stojící nábytkové prvky musí zůstat stabilní při běžném užívání i při zatížení způsobeném vytažením zásuvek, otevřením dvířek či působením vodorovné síly. V případech, kdy by mohlo dojít k převrácení, norma vyžaduje vybavení výrobku prostředky umožňujícími jeho ukotvení ke stěně nebo k podlaze. Navržený hydroponický systém sice není klasifikovaný jako nábytek, v rámci bezpečnosti však byla tato norma ověřena výpočtem.²⁰⁵

Výška konstrukce:

$$v = 1244 \text{ mm} = 1,244 \text{ m} \quad (1)$$

Hloubka konstrukce:

$$h = 501 \text{ mm} = 0,501 \text{ m} \quad (2)$$

Odhad celkové hmotnosti:

$$m = 70 \text{ kg} \quad (3)$$

Tíhové zrychlení:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

Tíhová síla konstrukce:

$$F_g = m \cdot g = 70 \cdot 9,81 = 719,73 \text{ N} \quad (4)$$

Zatěžovací síla dle normy:

$$F = \min(0,2 \cdot F_g; 300) \text{ N} \quad (5)$$

$$F = 0,2 \cdot 719,73 = 143,95 \text{ N} \quad (6)$$

Rameno převrácení:

$$r = \frac{h}{2} = \frac{0,501}{2} = 0,2505 \text{ m} \quad (7)$$

Odporový moment konstrukce:

$$M_o = F_g \cdot r = 719,73 \cdot 0,2505 = 180,34 \text{ Nm} \quad (8)$$

Zatěžovací moment dle normy:

$$M_z = F \cdot v = 143,95 \cdot 1,244 = 179,07 \text{ Nm} \quad (9)$$

²⁰⁵ Nábytek – Zkušební metody pro určování pevnosti, životnosti a stability – Úložné jednotky, 2021.

Porovnání odporového a zatěžovacího momentu:

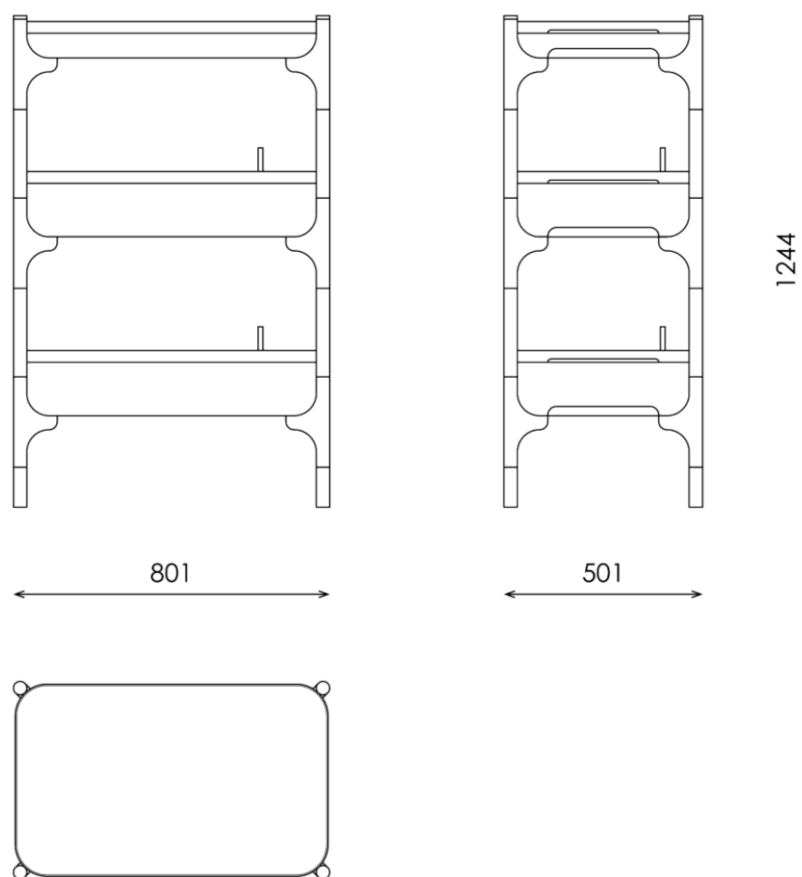
$$M_o > M_z \quad (10)$$

Pro výpočet byl použit odhad provozní hmotnosti. Tato veličina totiž nemá vliv na výsledek, protože figuruje na obou stranách rovnice a vykrátí se. Odporový moment konstrukce hydroponického systému je větší než zatěžovací moment dle normy ČSN EN 16122:2021 a její požadavky na stabilitu byly tedy splněny.

8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

8.1 Rozměrový náčrt navrženého produktu či zařízení

Celkové rozměry systému (801 x 501 x 1244) mm byly zvoleny tak, aby se co nejvíce přiblížily standardním rozměrům běžného nábytku a umožnily tak jeho přirozené začlenění do interiéru. Při návrhu bylo zároveň nutné vyvážit ergonomické požadavky s prostorovými nároky pro zdravý a efektivní růst pěstovaných plodin.



Obrázek 67 Rozměrový náčrt

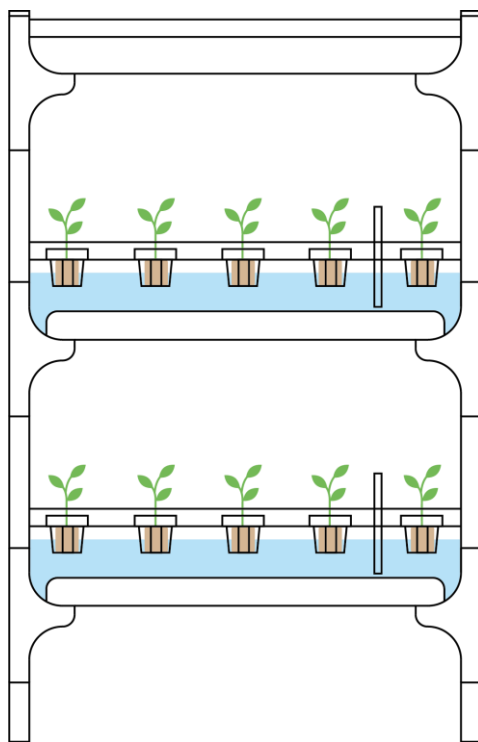
8.2 Základní technické schéma navrženého produktu či zařízení

Modulární systém je rozdělen do tří vertikálně uspořádaných pater, z nichž dvě slouží jako aktivní pěstební nádoby. Třetí, nejvýše umístěná, úroveň plní roli malého úložného prostoru na příslušenství, jako jsou krytky, pěstební moduly, EC a pH metr. Současně zastává i úlohu krytu LED osvětlení a horní plocha může být využita jako pracovní či odkládací plocha. Modulární konstrukce přináší možnost vložení další pěstební jednotky, v tento moment je

však nutné uživatele upozornit, že hydroponický systém by se měl přichytit ke stěně, či jinak ukotvit. Produkt sice nespadá pod normu ČSN EN 16122:2021 upravující stabilitu a bezpečnost volně stojícího nábytku, nicméně je doporučeno se touto normou řídit.

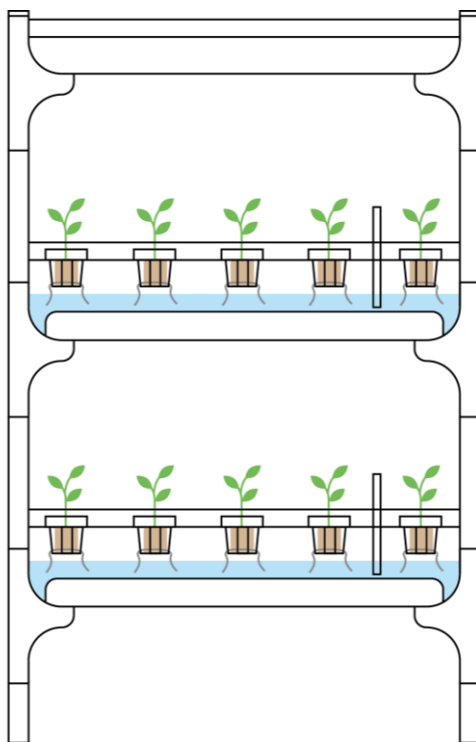
Systém umožňuje kombinaci několika hydroponických metod, které lze aplikovat v jednotlivých patrech nezávisle na sobě. Kromě různého složení živných roztoků a hodnoty pH je možné vybrat právě i vhodnou techniku pěstování pro daný druh plodiny. Každé patro je ve výšce 320 mm nad pěstebními košíčky osazeno LED osvětlením, které simuluje sluneční záření. Hydroponický systém tak nemusí být umístěn u okna a rostliny v nejnižším patře mají dostatek světla pro efektivní růst.

Metoda Kratky nevyžaduje téměř žádnou obsluhu, namíchaný živný roztok s vodou se doplní přibližně do půlky pěstebních košíčků. Jak rostlina spotřebovává objem tekutiny, vzniká vzduchová kapsa mezi košíčkem a hladinou roztoku, čímž mají kořeny dostatečný přístup ke kyslíku a zároveň se rozvíjí kořenový systém směrem k živnému roztoku. V ideálním případě by v nádobě měl být dostatečný objem vody pro celý cyklus rostliny bez nutnosti doplňování, což však nelze vyloučit s ohledem na další podmínky ovlivňující růst plodin.



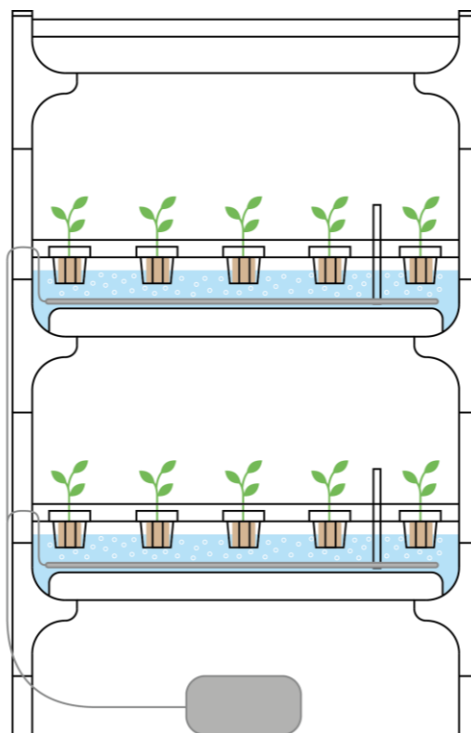
Obrázek 68 Metoda Kratky - schéma

Technika Wick je známa i konvenčním pěstitelům ze samozavlažovacích květináčů, kdy je mezi vodní hladinou a substrátem umístěn knot, nímž kapilárním jevem vzlíná voda s živným roztokem do pěstebního média. Vodu i roztok je nutné pravidelně doplňovat, k tomu slouží servisní otvor umístěný ve víku spolu s mechanickým hladinoměrem. Tímto otvorem je taktéž možné vkládat EC a pH metr pro měření a kontrolu těchto hodnot.



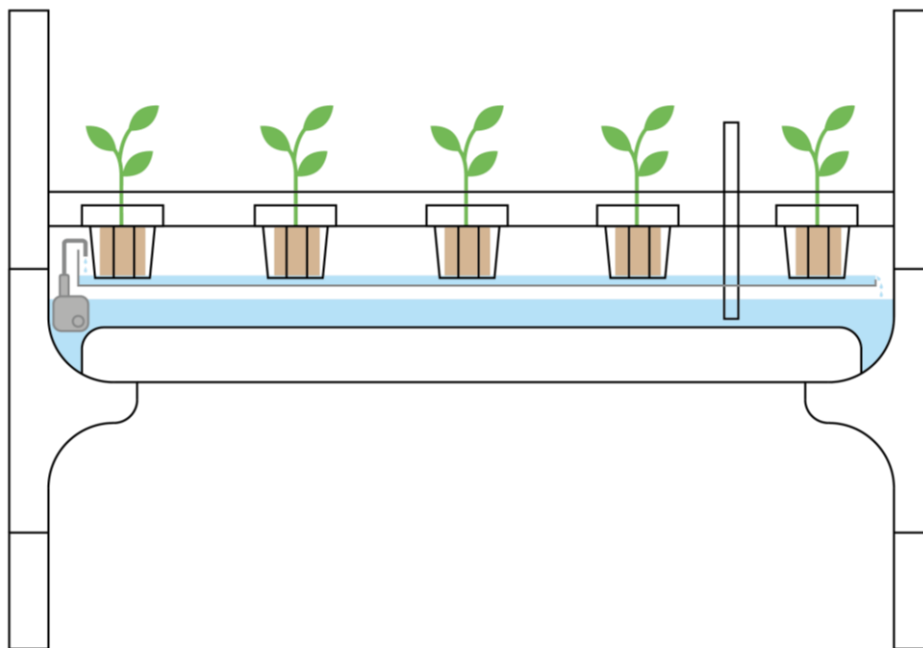
Obrázek 69 Metoda Wick – schéma

Metoda DWC je podobná technice Kratky, s tím rozdílem, že roztok s živinami je průběžně doplňován a okysličován. O to se stará externí vzduchové čerpadlo, umístěné pod spodní nádrž. Vzduch je pumpován skrze silikonové hadičky do vzduchovacích kamenů situovaných na dně nádoby. Díky pórovitému povrchu vytváří jemné bublinky, které okysličují vodný roztok a tím je zaručen efektivnější a zdravější růst rostlin. Součástí tohoto rozšiřujícího balíčku je i rozvodka vzduchu s uzavíratelnými ventily poskytující připojit až tři vzduchovací kameny.



Obrázek 70 Metoda DWC – schéma

Složitější technika NFT spočívá v tekoucí vrstvě živného roztoku. Z důvodu vhodnosti této metody pro menší plodiny je možné používat pouze malé pěstební košíčky. Ty jsou v roztoku namočeny pouze do výšky 3 mm. Do nádoby je vložen vnitřní prvek s vytvarovanými kanálky, v nichž proudí roztok. Aby byla garantována jeho dostatečná výška, je na konci kanálku přepad ve výšce 5 mm. Přebytečná tekutina tak gravitací odteče zpět do nádrže, kde se nachází ponorné čerpadlo s filtrem pevných částic. Skrze silikonové hadičky a rozvodku, shodnou z DWC systému, je voda s živným roztokem opět recirkulována do kanálků s košíčky. Veškeré rozvody živného roztoku jsou uvnitř nádob, čímž se eliminuje znečištění hydroponického systému a jeho okolí i v případě netěsnosti či defektu soustavy, zejména hadiček.

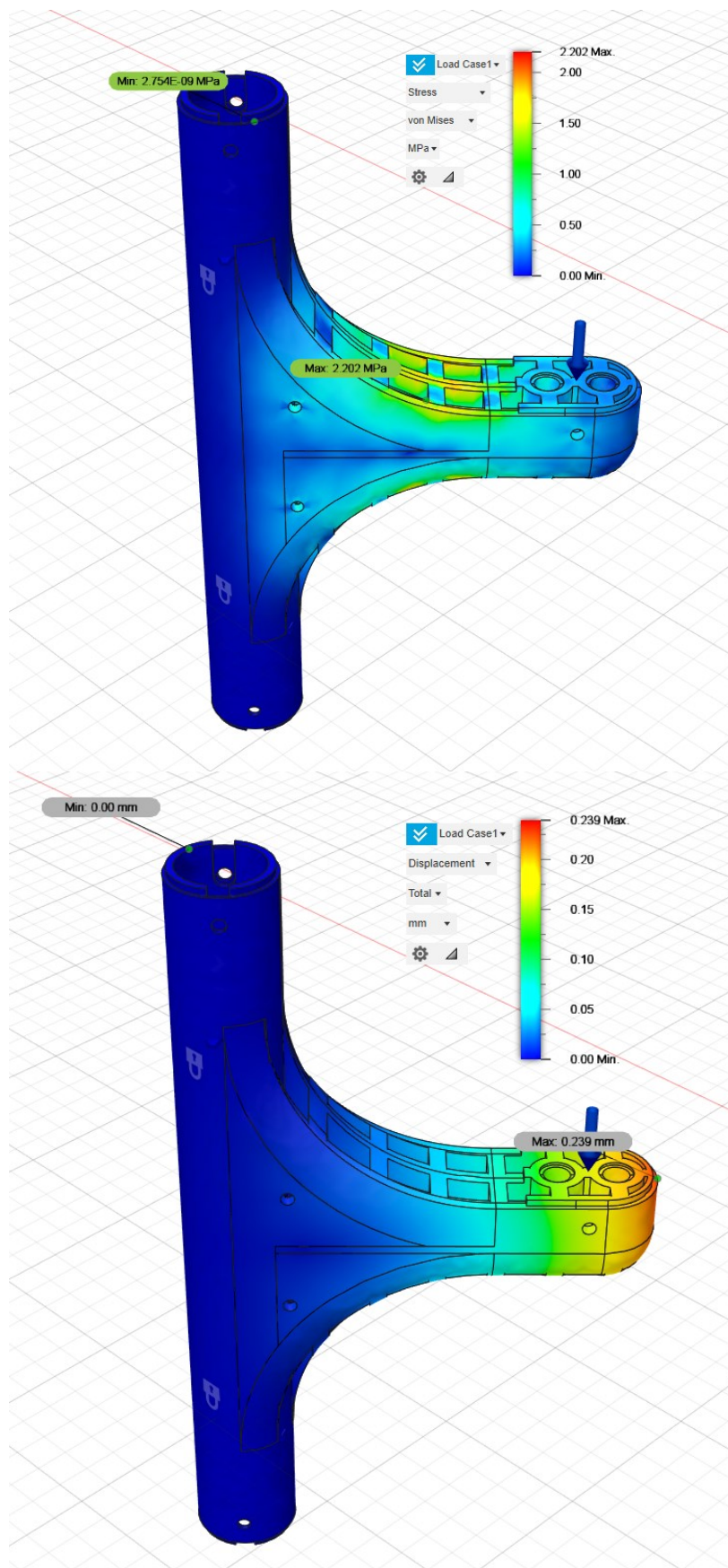


Obrázek 71 Metoda NFT – schéma

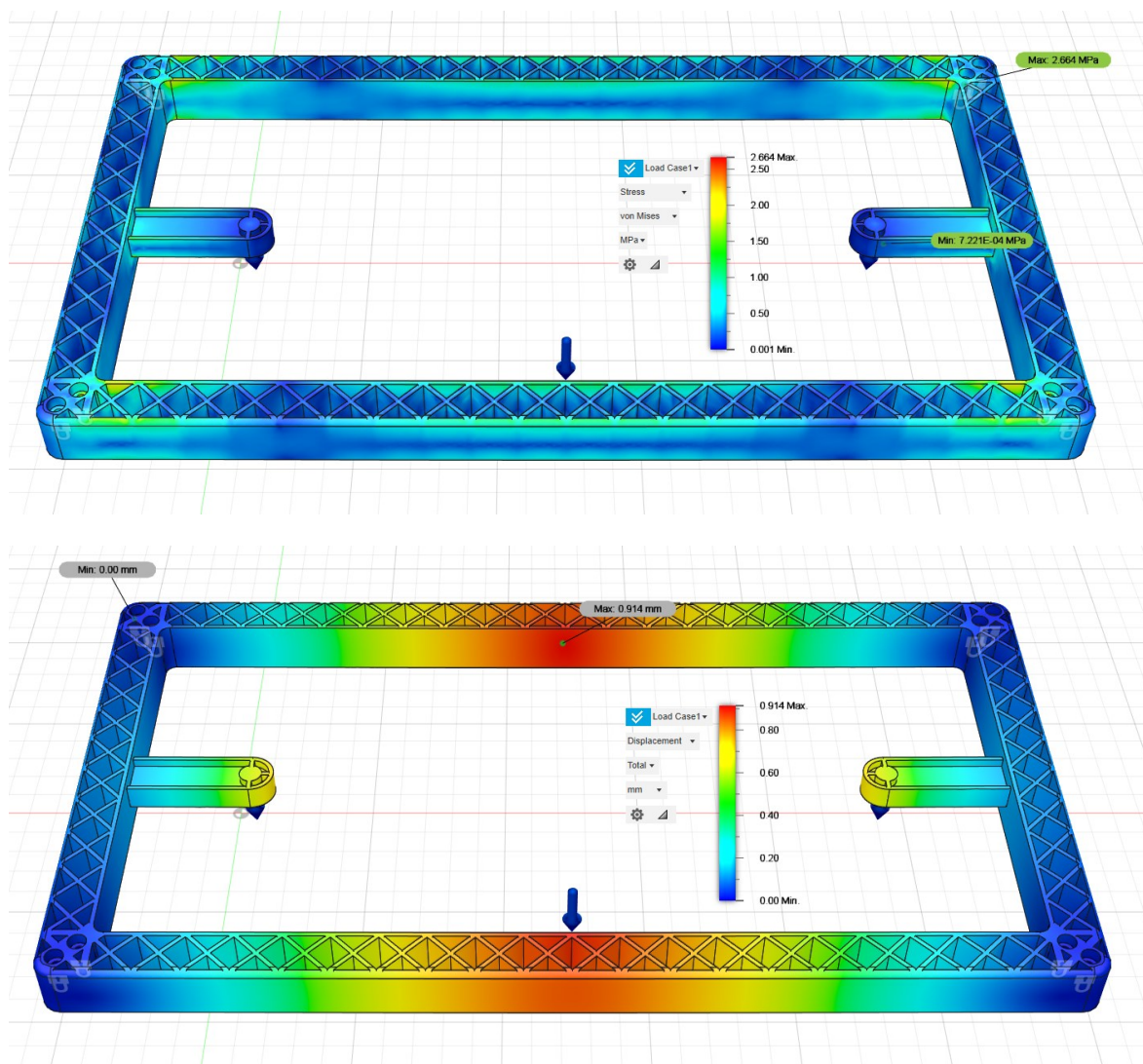
8.3 Popis jednotlivých dílů

Nosnou část konstrukce tvoří čtyři svislé sloupky vyrobené ze segmentů masivního dubového dřeva. Dub byl zvolen pro svou vysokou pevnost, dlouhou životnost, tvarovou stálost a odolnost vůči vlhkosti i mechanickému namáhání. Jeho přirozená kresba zároveň přispívá k estetické hodnotě a začlenění do interiéru domácnosti. Díky zachování jednotné výšky pěstebních modulů jsou dřevěné tyče pouze ve dvou provedeních, což snižuje i náklady. Sloupky o průměru 35 mm a délce 450 mm byly tvarovány pomocí soustružení, přičemž spodní i horní část byla v délce 112 mm zúžena na menší průměr 25 mm pro zasunutí do plastových spojek rámové konstrukce. Toto řešení zajišťuje pevné, ale rozebíratelné spojení. Spodní segment o délce 212 mm byl pak zúžen jen v horní části. Povrch dřeva byl ošetřen přírodním olejem Rubio Monocoat na bázi lněného oleje, který chrání materiál proti vlhkosti, neobsahuje těkavé organické látky a díky své přírodní bázi nenarušuje budoucí recyklovatelnost dřeva.

Plastové spojky a vodorovné rámové profily tvoří klíčové nosné body celé konstrukce. Obě součásti byly optimalizovány pomocí softwarové simulace v programu Autodesk Fusion. Cílem bylo stanovit přiměřenou tloušťku stěn s ohledem na mechanické zatížení a úsporu materiálu.



Obrázek 72 Simulace zatížení spojového dílu



Obrázek 73 Simulace zatížení rámu

Při dlouhodobém zatížení v polypropyleny nastává pomalá deformace, tzv. creep. Podle návrhových doporučení by hodnota napětí neměla překročit 20 % meze kluzu, což odpovídá maximálně 5 MPa. Přesto bývají v praxi doporučovány ještě nižší hodnoty pro bezpečný návrh v dlouhodobých aplikacích, cca v rozmezí 2–3 MPa. Testované díly byly navrženy v souladu s těmito parametry.²⁰⁶

Spojky jsou vyrobeny z polypropyleny (PP) s minoritním podílem recyklátu, který nijak neovlivňuje požadované mechanické vlastnosti, ale přispívá ke snížení ekologické zátěže. Pro výrobu byla zvolena technologie vstřikování plastů. Kvůli značně proměnlivé tloušťce stěn a s tím související riziko deformací dílu při chladnutí bylo však nutné konstrukční řešení rozdělit do tří samostatných částí. Nosné žebrované tělo a dvě části krytu, aby byla

²⁰⁶ HARDIE POLYMERS, *Creepy things can happen with long term loading of thermoplastics*, 2014.

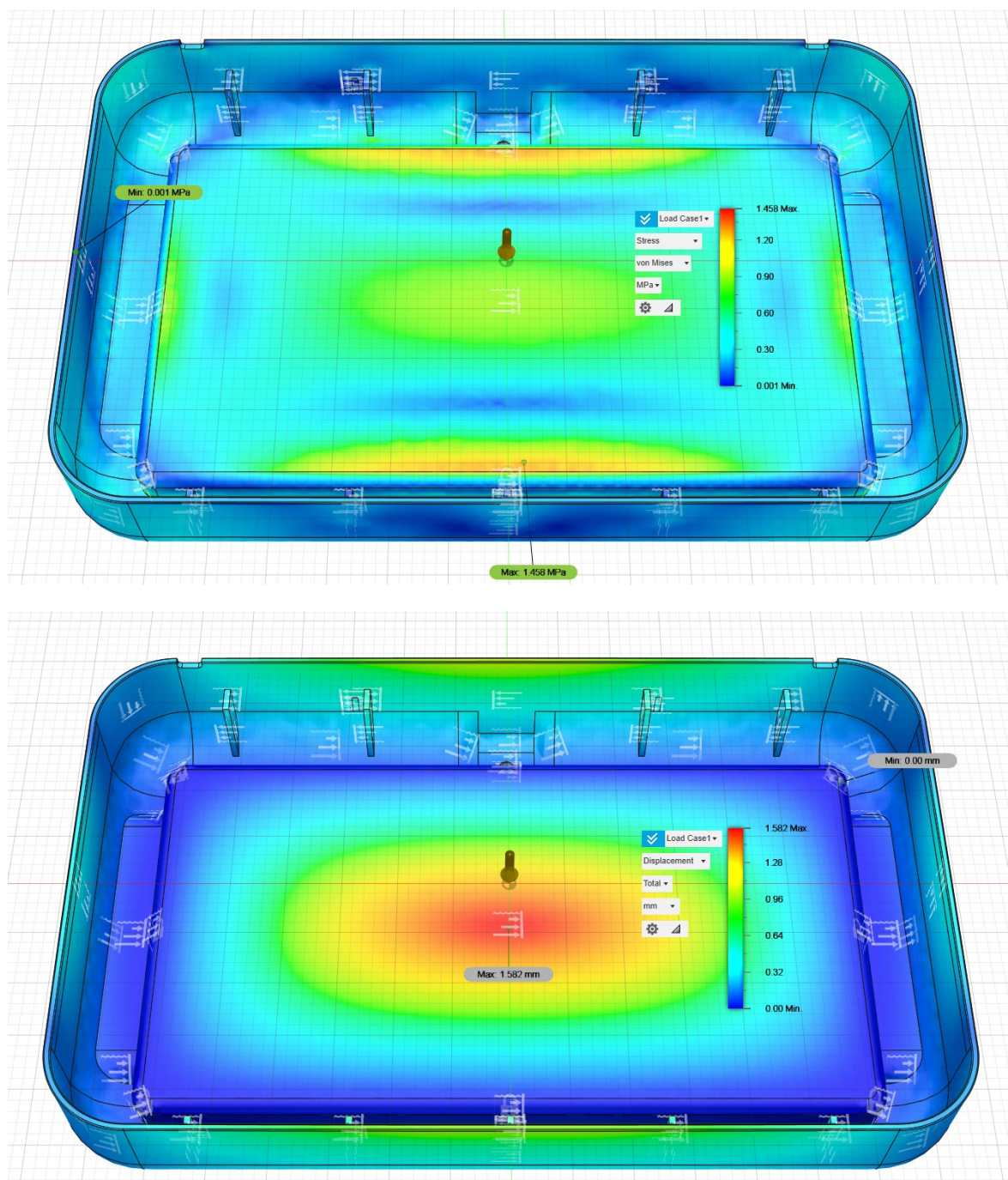
zachována vizuální čistota hladkých ploch, viditelná zůstává pouze úzká spára. Kryty jsou k tělu připevněny pomocí snap-fit mechanismu, který umožňuje rychlou montáž bez potřeby dalších spojovacích prvků.

Rámová konstrukce je barevně sladěna s pěstebními nádobami, čemuž odpovídá i konkrétní zvolené složení polypropylenu s příměsí. Spojky a rámové profily jsou spojeny dvěma šroubovými spoji, které zamezují nežádoucí rotaci dřevěných sloupků vůči rámu. Ve spojkách jsou za tepla lisovány mosazné závitové vložky pro odpovídající šroub M6 x 40 mm s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem dle normy ČSN ISO 4762.

Stejným principem, šroubem M4 x 14 mm a příslušnou závitovou vložkou, je k rámu připevněno také LED osvětlení o rozměrech (470 x 32 x 16) mm. Bylo zvoleno světlo Secret Jardin COP20FS kvůli jeho optimalizovanému spektru pro růst rostlin v celém vegetačním cyklu. Udávaná životnost 50 000 hodin zajišťuje při každodenním světelném cyklu 16 h dlouhodobý provoz až 8,5 let bez potřeby výměny. Svítidlo má navíc krytí IP65, tedy odolnost proti prachu a tryskající vodě, a příkon 20 W, což při zmíněném provozu představuje spotřebu přibližně 9,6 kWh za měsíc na jedno patro.²⁰⁷

Pěstební nádoba o rozměrech (785 × 485 × 135) mm a tloušťce stěny 6 mm je fixována tvarovým uložením a vlastní hmotností v rámu. Taktéž byla provedena softwarová simulace namáhání stěn působením hydrostatického tlaku, která potvrdila dostatečnou tuhost konstrukce při běžném provozním zatížení. Nádrž je vyrobena vstřikováním z polypropylenu, který byl zvolen pro své specifické vlastnosti. V tomto typu aplikace se jedná o prakticky nenahraditelný materiál, zejména díky chemické odolnosti, dlouhodobé stabilitě ve vlhkém prostředí, nízké hmotnosti, ale i cenově dostupnému zpracování. Použitý PP navíc obsahuje příměs kávové sedliny, což dává produktu vizuální charakter a zároveň snižuje svou ekologickou stopu využitím odpadní suroviny.

²⁰⁷ SECRET JARDIN, *Cosmorrow žárovky a napájecí zdroje*, 2022.



Obrázek 74 Simulace zatížení nádoby hydrostatickým tlakem

Z hlediska uživatelského komfortu je nádoba po stranách opatřena vybráními pro ergonomický úchop. Ve spodní části je umístěn vypouštěcí otvor se šroubem a těsněním, který slouží k vypuštění roztoku bez nutnosti manipulovat s těžkým břemenem. Nechybí ani otvor v zadní části pro vedení napájecích kabelů a vzduchovacích hadiček.

Víko pěstební nádoby slouží jako hlavní nosná plocha pro umístění 15 pěstebních košíčků s rostlinami a zároveň zakrývá celý objem nádoby, čímž omezuje odpařování a růst řas. Součástí víka je rovněž servisní otvor pro měření pH a EC hodnot, který slouží

i k doplňování vody a živného roztoku a také samostatný mechanický hladinoměr s plovákem, který zajišťuje optickou kontrolu aktuální výšky hladiny bez nutnosti sejmutí víka. Pro podporu cirkulace vzduchu v prostoru nad hladinou roztoku jsou po stranách víka integrovány větrací štěrby, které napomáhají okysličovat kořenový systém rostlin.

V návrhu jsou uplatněny dva typy pěstebních košíčků z PP recyklátu, které zohledňují různé druhy používaných substrátů. První varianta je vybavena jemnější mřížkou a je určena pro substráty s drobnější částicemi, například pemza. Druhá varianta má otevřenější strukturu a je uzpůsobena pro objemné kořenové systémy a použití s kompaktními médii, jako je minerální vata Rockwool. Základní košíčky mají univerzální průměr 75 mm, který je vhodný pro většinu běžně pěstovaných i větších rostlin. Doplnková menší varianta o průměru 50 mm je určena především pro pěstování menších rostlin, například salátů a bylinek, a zároveň přispívá k úspoře pěstebního substrátu. Systém je v konfiguraci NFT omezen pouze na použití menších košíčků s ohledem na technickou vhodnost této metody právě pro rostliny s menším kořenovým objemem a rychlejším růstem.

Co se týče rozšiřujících balíčků pro metodu DWC, zde je potřeba vzduchového čerpadla s dvěma výstupy. Jako zástupce byl vybrán vzduchovací motorek BOYU S-2000 s regulovatelným průtokem vzduchu 480 l/h při spotřebě měsíční elektrické energie 2,16 kWh. Do každého patra je pak umístěna rozvodka vzduchu a ideálně tři vzduchovací tyče o délce 600 mm. Celá soustava je pak propojena silikonovými hadičky o vnitřním průměru 4 mm a vnějším průměru 6 mm.²⁰⁸

Technika NFT vyžaduje ponorné čerpadlo v každém z pater. Zvoleným modelem je 12 V mini čerpadlo AD20P-1230E s průtokem 240 l/h a spotřebou elektrické energie 3,024 kWh za měsíc. Rozvodka a silikonové hadičky jsou shodné jako u systému DWC. Dále je nutné pořídit silikonové hadičky o průměru 6/8 mm k propojení filtru pevných částic, čerpadla a rozvodky. Hadičky opatřené koncovkami jsou pak zasunuty do polypropylenové vložky s kanálky.²⁰⁹

Sada volitelného příslušenství obsahuje krytky na košíčky s průřezem kolem rostlin pro zabránění pronikání světla do nádoby, čímž se eliminuje růst řas. Pokud není využita celá kapacita systému, je možné neosazené otvory překrýt pomocí celoplošných krytek. Pro fázi klíčení jsou určeny poklopy z čírého polypropylenu, které vytvářejí lokální mikroklima

²⁰⁸ HIGARDEN, *Vzduchovací motorek s regulátorem BOYU S-2000*, 2025a.

²⁰⁹ LÁSKAKIT, *Vodotěsné mini čerpadlo AD20P-1230E, 240l/h, 12V*, 2023.

a napomáhají udržení vyšší vlhkosti. K pěstování vyšších rostlin, jako jsou rajčata nebo papriky, slouží pěstební opora složená z kovových tyček a polypropylenových prstenců, přičemž spodní prstenec se upevňuje přímo ke košíčku pomocí snap-fit mechanismu. Součástí příslušenství je rovněž úchyt pro vedení kabelů a vzduchovacích hadiček, který se připevňuje ke spojkám či sloupkům a umožňuje jejich přehledné a bezpečné uspořádání. Tento detail taktéž přispívá k celkové vizuální čistotě produktu.

8.4 Odhad výrobních nákladů

Uvedený odhad výrobní a prodejní ceny navrženého designérského řešení představuje orientační rámec, který vychází z aktuálně veřejně dostupných materiálových a technologických nákladů. Předpokládá se sériová výroba v rozsahu alespoň 10 000 kusů, která je nezbytná pro ekonomickou návratnost investice do forem pro vstřikování plastů. Tyto formy představují významný počáteční náklad, který musí být vynaložen ještě před uvedením produktu na trh. Jejich cena se v závislosti na složitosti dílů pohybuje v řádu statisíců korun, a proto je velikost výrobní série klíčovým faktorem ovlivňujícím výslednou jednotkovou cenu produktu.

Zároveň je třeba zdůraznit, že se spíše jedná o hrubý odhad vstupních nákladů materiálů, který nezohledňuje všechny navazující výdaje spojené s uvedením produktu na trh, jako jsou náklady na pracovní sílu, logistiku, certifikaci, packaging, marketing, skladování, provoz a údržbu pracoviště nebo vývojové iterace a některé výrobní technologie. Na druhé straně lze u některých komponent očekávat pokles ceny díky výhodnějším podmínkám při hromadném odběru. Výsledná prodejní cena pak bude záviset také na zvolené obchodní strategii a cílové marži společnosti.

Tabulka 11 Odhad výrobní ceny forem pro vstřikování plastů²¹⁰

Díl	Cena formy
Spojka – tělo	685 000 Kč
Spojka – krytování levá	498 000 Kč
Spojka – krytování pravá	498 000 Kč
Spojka – koncovka	120 000 Kč
Rám	843 000 Kč
Pěstební nádoba	780 000 Kč
Úložný modul	650 000 Kč
Perforované víko	650 000 Kč
Víko – krytka servisního otvoru	239 000 Kč
Víko úložného modulu	650 000 Kč
Krytka na košíček	290 000 Kč
Krytka místo košíčku	358 000 Kč
Celková cena forem	6 261 000 Kč
Cena na 1 ks při sérii 10 000 ks	626,1 Kč

²¹⁰ PLASTIA S.R.O., *Nacení forem pro design hydroponického systému*, 2025.

Tabulka 12 Odhad výrobní ceny základní konfigurace^{211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219}

Položka	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Poměrová cena formy na 1 ks	-	-	626,1 Kč
Polypropylen	22,7 kg	35 Kč	794,5 Kč
Dub polotovar ø35 x 1000 mm	5 ks	433,18 Kč	2 165,9 Kč
Rubio Monocoat – olej na dřevo	38 ml	1,81 Kč	68,78 Kč
Hladinoměr	1 ks	54 Kč	54 Kč
Košiček	30 ks	9 Kč	270 Kč
LED světlo	2 ks	599 Kč	1 198 Kč
Zdroj, příslušenství pro napájení	2 ks	349 Kč	698 Kč
Šroub M4 x 14	4 ks	2,02 Kč	8,08 Kč
Šroub M6 x 40	24 ks	2,06 Kč	49,44 Kč
Závitová vložka M4	4 ks	7,77 Kč	31,08 Kč
Závitová vložka M6	24 ks	11,42 Kč	274,08 Kč
Těsnění	1 ks	4,26 Kč	4,26 Kč
Knot 26 cm pro Wick systém	30 ks	13 Kč	390 Kč
Celková cena – metoda Kratky	-	-	6 242,22 Kč
Celková cena – metoda Wick	-	-	6 632,22 Kč

²¹¹ ASON, *Tyč pr.35x1000mm hladká-DUB*, 2020.²¹² RUBIO MONOCOAT, *Durogit*, 2024.²¹³ PLASTIA, *Příslušenství, náhradní díly*, 2025.²¹⁴ HOT CHILLI, *Osvětlení*, 2025.²¹⁵ SPOJOVACÍ-MATERIÁL.NET, *Šrouby DIN 912*, 2025.²¹⁶ SIMAF, *Závitové vložky do plastu*, 2023.²¹⁷ PRUMEX, *Těsnění PRR*, 2025.²¹⁸ HIGARDEN, *Hydroponie*, 2025b.²¹⁹ BUSINESS ANALYTIQ, *Polypropylene price index*, 2025.

Tabulka 13 Odhad výrobní ceny DWC nadstavby^{220, 221}

Položka	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Vzduchové čerpadlo	1 ks	359 Kč	359 Kč
Vzduchovací tyč	3 ks	95 Kč	285 Kč
Rozvodka	1 ks	52 Kč	52 Kč
Silikonová hadička 4/6 mm I. patro	2 m	13 Kč	26 Kč
Silikonová hadička 4/6 mm II. patro	2,5 m	13 Kč	32,5 Kč
Celková cena 1 patra	-	-	722 Kč
Celková cena 2 pater	-	-	1091,5 Kč

Tabulka 14 Odhad výrobní ceny NFT nadstavby^{222, 223, 224, 225, 226, 227}

Položka	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Vodní čerpadlo	1 ks	198 Kč	198 Kč
Filtr pevných částic	1 ks	278,30	278,30 Kč
Rozvodka	1 ks	52 Kč	52 Kč
Silikonová hadička 4/6 mm	1,2 m	13 Kč	15,6 Kč
Silikonová hadička 6/8 mm	0,1 m	27 Kč	2,7 Kč
Koncovka	3 ks	5 Kč	15 Kč
Polypropylen – vložka	0,99 kg	35 Kč	34,65 Kč
Celková cena 1 patra	-	-	596,25 Kč
Celková cena 2 pater	-	-	1157,85 Kč

²²⁰ INVITAL, *Vzduchování*, 2024.²²¹ HIGARDEN, *Hydroponie*, 2025b.²²² LÁSKAKIT, Vodotěsné mini čerpadlo AD20P-1230E, 240l/h, 12V, 2023.²²³ HOTAIR, *Sací koš (filtr) pro dávkovače kapalin*, 2021.²²⁴ INVITAL, *Vzduchování*, 2024.²²⁵ HIGARDEN, *Hydroponie*, 2025b.²²⁶ DRÁTEK.CZ, *Silikonová hadička 6 x 8 mm*, 2025.²²⁷ BUSINESS ANALYTIQ, *Polypropylene price index*, 2025.

9 FYZICKÝ MODEL / PROTOTYP / REALIZOVANÝ VÝROBEK

Na základě finálního návrhu probíhá fyzická realizace zvoleného designérského řešení ve zmenšeném měřítku 1:2. Tento model slouží k ověření proporcí a vizuální komunikaci výsledného řešení. Paralelně jsou připravovány vybrané komponenty v měřítku 1:1, které umožňují testování ergonomických vztahů a konstrukčních detailů.

Pro menší díly a detailní prvky byl použit materiál PLA tisknutý na 3D tiskárně Original Prusa i3 MK3S. Tento materiál je vhodný pro rychlé a přesné prototypování díky své snadné tisknutelnosti a rozměrové stabilitě. Pro části vyžadující transparentnost byl použit materiál PVB, který lze po vytištění zprůhlednit pomocí isopropylalkoholu (IPA). Větší díly byly vytištěny na tiskárně Stratasys F770 z materiálu ASA, který je známý svou odolností vůči UV záření a povětrnostním vlivům. Pro složité geometrie byly použity rozpustné podpory z materiálu SR-30.^{228, 229, 230}



Obrázek 75 3D tisk dílů na Stratasys F770

²²⁸ PRUSAMENT, *PLA*, 2020a.

²²⁹ PRUSAMENT, *PVB*, 2021.

²³⁰ PRUSAMENT, *ASA*, 2020b.



Obrázek 76 Spojovací díl s mosaznými závitovými vložkami



Obrázek 77 Ukázka materiálu – polypropylen s příměsí kávové sedliny

10 SHRUTÍ PŘÍNOSŮ PRÁCE

10.1 Rekapitulace designérského procesu

Celý proces návrhu probíhal v souladu s metodikou designérské práce. Propojoval analytické a tvůrčí přístupy s ohledem na reálnou výrobu, životní cyklus produktu i estetickou hodnotu výsledného řešení.

V úvodní části byl formulován rámec zadání a motivace k výběru tématu. Následně byly v rešerši zmapovány historické souvislosti, současná světová produkce a konkurenční řešení z pohledu funkčních, ergonomických, technických, materiálových, technologických a vizuálních aspektů. Výstupy analýz posloužily k identifikaci potřeb uživatelů, problematických oblastí, ale i příležitostí k inovaci. Tato zjištění se stala výchozím bodem pro stanovení hlavních a vedlejších cílů.

Samotná návrhová fáze zahrnovala variantní koncepty, technické i ergonomické studie a průběžné evaluace. Finální designérské řešení vychází z konstrukce analyzované počítačovými simulacemi, ověřených proporcí a technologické proveditelnosti. Součástí designérského procesu byla i výroba fyzického modelu.

10.2 Přínosy a inovace designérského řešení

Návrh hydroponického systému vychází ze snahy o maximální zjednodušení bez ztráty funkčnosti. Eliminuje senzory, automatizaci a připojení k IoT, čímž snižuje pořizovací i provozní náklady, zvyšuje spolehlivost a snižuje nároky na údržbu. Zásadní důraz byl kladen na estetickou integraci do interiéru. Vzhled inspirovaný nábytkem však není v rozporu s dostupností, cílem bylo nalezení rovnováhy mezi vzhledem a cenou.

Hlavní inovaci představuje modularita, respektive uzpůsobení systému pro vícero pěstebních metod hydroponie. Uživatel si může vybrat z technik Kratky, Wick, DWC a NFT bez potřeby kupovat nové zařízení, pouze si zakoupí danou nadstavbu. Vedlejšími přínosy jsou široké pěstitelské možnosti, od bylinek po náročnější plodiny jako rajčata či jahody, kompatibilita s různými substráty, dlouhá životnost a důraz na recyklovatelné, či udržitelnější alternativní materiály. Systém splňuje ergonomické i bezpečnostní požadavky a zohledňuje reálné potřeby rostlin pro zdravý a efektivní růst.

10.3 Kritické zhodnocení

Návrh vyniká především svou estetickou hodnotou. Vizuální čistota a zapojení dřeva i inovativního materiálu s příměsí kávové sedliny produkt přibližují interiérovému nábytku. Pozitivně lze hodnotit i modularitu systému umožňující kombinaci více pěstebních metod, čímž se prodlužuje životní cyklus výrobku.

Sporným tématem je i nadále použití plastů, které sice nejsou zcela nahraditelné kvůli svým mechanickým vlastnostem, představují však environmentální zátěž. Tu se podařilo částečně zmírnit použitím recyklátu a bioaditiv v podobě odpadní suroviny. Recyklovaný plast je ale využitelný jen omezeně, zejména co se týče nosných částí z důvodu nižší pevnosti.

Dalším úskalím je konstrukční řešení spojek. Aby byla zachována jejich estetická kvalita a výrobní proveditelnost, musely být optimalizovány pro vstřikování a rozděleny na několik částí, což zvyšuje náklady na formy. Složitější je i manipulace při vyjmutí nádrží z konstrukce. Zároveň jejich tvarové řešení pro ergonomický úchop znemožňuje úplné vypuštění při údržbě. Slabým bodem návrhu je i samotný výpustný šroub, jehož umístění a tvar vyžadovaly úpravu zadní strany nádoby. Přestože se pravděpodobně jedná o nepohledovou část, tento funkční kompromis by mohl být dále iterován.

11 ZÁVĚR

Diplomová práce se zaměřila na návrh domácího hydroponického systému, který reflektuje současné výzvy spojené s urbanizací, soběstačností, ekologickou odpovědností a proměňujícím se životním stylem uživatelů. Cílem bylo vytvořit funkční, modulární a vizuálně kultivovaný produkt umožňující efektivní pěstování různých druhů plodin v omezených podmínkách městského bydlení. Návrh záměrně upouští od složitých elektronických prvků, senzorů a připojení k internetu, čímž zvyšuje dostupnost i dlouhodobou spolehlivost systému a zároveň snižuje energetickou náročnost.

Navzdory využití plastu jako hlavního konstrukčního materiálu byla věnována pozornost environmentálně odpovědnému přístupu. Recyklovaný polypropylen je využíván tam, kde nejsou kladeny vysoké nároky na mechanické vlastnosti, zatímco nosné prvky jsou zhotoveny s vyšším podílem panenského plastu s ohledem na pevnost a životnost. O částečné snížení uhlíkové stopy tohoto materiálu se stará i příměs kávové sedliny, která spolu s kresbou dubového dřeva dodává produktu vizuální charakter.

Výsledný návrh nabízí alternativu ke komerčně dostupným high-tech produktům a vytváří rovnováhu mezi jednoduchostí, funkčností, estetikou a ekologickým přístupem. Systém zároveň splňuje ergonomické a bezpečnostní požadavky.

12 VÝSLEDEK VÝZKUMU

Součástí designérského procesu je výroba modelu v měřítku 1:2. Tento prototyp slouží k ověření celkových proporcí a prostorových vztahů mezi jednotlivými prvky systému. Některé komponenty byly vyrobeny v reálném měřítku 1:1, takže kromě vizuálních aspektů bylo možné ověřit také výrobní tolerance pro snadnou montáž, základní ergonomické vztahy a způsob fyzické interakce s jednotlivými částmi systému. V rámci vývoje byly využity moderní metody rapid prototypování, především 3D tisk, který umožnil velmi rychlou a nákladově efektivní iteraci návrhu. Získané poznatky byly následně aplikovány ve finálním designu produktu.

V případě sériové výroby by bylo nezbytné vytvořit plnohodnotný model v reálném měřítku, aby bylo možné důkladně prověřit celkové konstrukční řešení, tvarosloví a ergonomii. V pokročilejších fázích vývoje by pak bylo nutné provádět testování již za použití zvažovaných materiálů a výrobních technologií, jako je například vstřikování plastů, za účelem ověření mechanických vlastností konstrukce.

Do budoucna se plánuje s účastí projektu na designérských výstavách a soutěžích zaměřených na průmyslový design. Cílem je představit navržené řešení širší odborné i laické veřejnosti a získat zpětnou vazbu.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

A-Z KOVO. *MIG & TIG svařování*. Online. In: A-Z Kovo. 2025. Dostupné z: <https://www.azkovo.eu/sluzby/svarovani-mig-a-tig>. [cit. 2025-05-22].

Adaptace aparatur Julíuse von Sachse. [kresba]. In: KUTSCHERA, Ulrich. Basic versus applied research: Julius Sachs (1832–1897) and the experimental physiology of plants. Online. 2015, roč. 10, č. 9. ISSN 1559-2324. 2015. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1062958>. [cit. 2025-01-10].

ADVANCED PLASTIFORM, INC. *Polypropylene FAQs*. Online. In: Advanced Plastiform, Inc. 2023. Dostupné z: <https://advancedplastiform.com/materials/polypropylene/frequently-asked-questions>. [cit. 2025-05-11].

AeroGarden Farm 24Basic. Online. In: Amazon. 2025. Dostupné z: <https://www.amazon.ca/AeroGarden-Farm-Black-24basic-Salad/dp/B08GVL6C3T?th=1>. [cit. 2025-05-23].

AeroGarden Farm 24. Online. In: AeroGarden. 2020. Dostupné z: <https://aerogarden.com/gardens/farm-family/farm-24-basic.html>. [cit. 2025-04-14].

AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. *Growing Plants in Space*. Online. In: Agricultural Research Service. 2021. Dostupné z: <https://www.ars.usda.gov/oc/utm/growing-plants-in-space/>. [cit. 2025-05-23].

AHOPEGARDEN. *60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*. Online. In: Ahopegarden. 2023. Dostupné z: <https://ahopegarden.com/products/vertical-hydroponic-garden-60-seedpods>. [cit. 2025-05-23].

AHOPEGARDEN. *66 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden*. Online. In: Ahopegarden. 2024. Dostupné z: <https://ahopegarden.com/products/66-seed-pods-vertical-hydroponic-garden-copy>. [cit. 2025-05-23].

AIBLOVÁ, Sára. *Rozebíratelné spoje: K čemu slouží a jaké existují druhy?* Online. In: Czech Technology. 2024. Dostupné z: <https://czechtechnology.cz/stavebnictvi/rozebiratelne-spoje-k-cemu-slouzi-a-jake-existuji-druhy/>. [cit. 2025-05-12].

ALASPRO. *Voděodolná překližka*. Online. In: Alaspro. 2020. Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/slovník-pojmu/vodeodolna-preklizka/>. [cit. 2025-05-12].

ALIZAEH, Parviz; SODAEIZADE, Hamid; ARANI, Asghar Mosleh a HAKIMZADEH, Mohammad Ali. Comparing yield, nutrient uptake and water use efficiency of Nasturtium officinale cultivated in aquaponic, hydroponic, and soil systems. Online. *Heliyon*. 2025, roč. 11, č. 8, article e26252. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844025007194>. [cit. 2025-04-26].

ARTEON. *MIG/MAG svařování*. Online. In: Arteon. 2023. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/blog/mig-mag-svarovani/>. [cit. 2025-05-12].

ARTEON. *Výroba hliníku: Od bauxitu po slitinu s univerzálním použitím*. Online. In: Arteon. 2024. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/blog/vyroba-hliniku-od-bauxitu-po-slitinu/>. [cit. 2025-05-12].

ASON. *Tyč pr.35x1000mm hladká-DUB*. Online. In: Ason. 2020. Dostupné z: <https://www.ason-vala.cz/Tyc-pr-35x1000mm-hladka-DUB-d673.htm>. [cit. 2025-05-22].

BÍLEK, Adam a PŘIBYLA, Ondráš. *Jak dekarbonizovat výrobu oceli?* Online. In: Fakta o klimatu. 2023. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/dekarbonizace-oceli>. [cit. 2025-05-12].

BUSINESS ANALYTIQ. *Polypropylene price index*. Online. In: Business Analytiq. 2025. Dostupné z: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/polypropylene-price-index/>. [cit. 2025-05-22].

CARLSON, Brett. *The Difference Between Steel vs Aluminum*. Online. In: Eagle Aluminum. 2023. Dostupné z: <https://eagle-aluminum.com/steel-vs-aluminum/>. [cit. 2025-05-12].

CENTES. *Lisování kovů*. Online. In: Centes. 2020. Dostupné z: <https://centes.cz/lisovani-kovu/>. [cit. 2025-05-12].

CLICK & GROW. *The Click & Grow 25*. Online. In: Click & Grow. 2021. Dostupné z: <https://eu.clickandgrow.com/products/the-click-and-grow-25>. [cit. 2025-05-23].

CLICK & GROW. *The Smart Garden 27*. Online. In: Click & Grow. 2022. Dostupné z: <https://eu.clickandgrow.com/products/smart-garden-27-home-garden>. [cit. 2025-05-23].

CONWAY, Blaise. *The Impact of Plants on Mental Health and Productivity*. Online. In: Greater Boston Behavioral Health. 2024. Dostupné z: <https://greaterbostonbehavioralhealth.com/rehab-blog/impact-of-plants-on-mental-health-and-productivity/>. [cit. 2025-04-25].

CRAIG, David J. *New Crop City*. Online. In: Columbia Magazine. 2011. Dostupné z: <https://magazine.columbia.edu/article/new-crop-city>. [cit. 2025-05-23].

CUTR. *Sustainable Woodworking: Eco-Friendly Plywood Options*. Online. In: Cutr. 2024. Dostupné z: <https://www.cutr.com/articles/sustainable-woodworking-eco-friendly-plywood-options>. [cit. 2025-05-13].

ČEP, Robert a PETRŮ, Jana. *Úvod do teorie obrábění*. Online. In: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 2013. Dostupné z: https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_002/%C3%A1vod%20do%20terioie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD.pdf. [cit. 2025-05-11].

Čerstvě *Utrženo Nelinka cherry rajčata třešňovitá v hroznech*. Online. In: TESCO. 2025. Dostupné z: https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001020233855?_gl=1*1j3pjw5*_up*MQ..*_ga*Mzg3ODU5NjE1LjE3NDU2OTk2MzY.*_ga_EZ1BJ05B45*MTc0NTY5OTYzNi4xLjAuMTc0NTY5OTYzNi4wLjAuODc5MDc1OTE.. [cit. 2025-04-27].

ČEZ. *Ceník elektřiny pro domácnosti*. Online. In: ČEZ. 2025. Dostupné z: https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ceniky/moo_ele_pre_bez_starosti_na_3_roky_15012025_2025.pdf. [cit. 2025-04-27].

ČTK. *Pomůže recyklace kovů k udržení cíle čistých nulových emisí?* Online. In: Ekolist.cz. 2023. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/reuters-pomuze-recyklace-kovu-k-udrzeni-cile-cistych-nulovych-emisi>. [cit. 2025-05-12].

DORAIS, M.; PAPADOPOULOS, A. P. a GOSSELIN, A. Greenhouse tomato fruit quality. *HortScience*. 2001, roč. 36, č. 2, s. 237-241.

DRÁTEK.CZ. *Silikonová hadička 6 x 8 mm*. Online. In: Drátek.cz. 2025. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/179660-silikonova-hadicka-6-x-8-mm-5-metru.html>. [cit. 2025-05-22].

Druhy čerpadel. Online. In: Druhy čerpadel. 2010. Dostupné z: <https://druhy-cerpadel.cz/>. [cit. 2025-04-25].

DŘEVOVÝROBA HERZIG. *BSH hranoly, výroba a využití*. Online. In: Dřevovýroba Herzig. 2023. Dostupné z: <https://www.herzig.cz/blog/bsh-hranoly-vyroba-a-vyuziti/>. [cit. 2025-05-12].

ELDUQUE, Ana; ELDUQUE, Daniel; PINA, Carmelo; CLAVERÍA, Isabel a JAVIERRE, Carlos. Electricity Consumption Estimation of the Polymer Material Injection-Molding Manufacturing Process: Empirical Model and Application. Online. *Materials*. 2018, roč. 11, č. 9, article 1740. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617315913?utm_. [cit. 2025-05-11].

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) / INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 7250-1:2017, *Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks*. 2. 2017.

FORMLABS. *Guide to Blow Molding*. Online. In: Formlabs. 2024a. Dostupné z: <https://formlabs.com/uk/blog/blow-molding/?srsltid=AfmBOoqnUAuONsnqQTRiGePeZ0CSmpIFXUuFmXMkGFhyHAeQWDnTp49v>. [cit. 2025-05-11].

FORMLABS. *How to Estimate Injection Molding Cost?* Online. In: Formlabs. 2024b. Dostupné z: <https://formlabs.com/global/blog/injection-molding-cost/>. [cit. 2025-05-22].

GALVANIZERS. *Difference Between Hot Dip Galvanizing And Electro-Galvanization*. Online. In: Galvanizers. 2017. Dostupné z: <https://www.galvanizers.co.in/blog/difference-between-hot-dip-galvanizing-and-electro-galvanization/>. [cit. 2025-05-12].

Gardyn 4.0 Hydroponics Growing System. Online. In: Amazon. 2025. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Hydroponics-Growing-Vertical-Vegetables-Gardening/dp/B0CX59NHZ6?th=1>. [cit. 2025-05-23].

Gardyn Home. Online. In: Gardyn. 2024. Dostupné z: <https://mygardyn.com/gardyn-home/>. [cit. 2025-04-14].

GARNICA. *Difference between birch and poplar wood*. Online. In: Garnica. 2022. Dostupné z: <https://www.garnica.one/en-us/blog/birch-vs-poplar-wood.html>. [cit. 2025-05-12].

General Hydroponics Aquafarm. Online. In: Hobby Grow. Dostupné z: <https://www.hobbygrow.cz/general-hydroponics-aquafarm/>. [cit. 2025-01-16].

General Hydroponics Rainforest 66. Online. In: Garden Supply. 2020. Dostupné z: <https://www.citygardensupply.com/products/gh-rainforest-66-six-6-in-site-aeroponics-system>. [cit. 2025-05-22].

GERICKE, William F. *Základní konstrukce hydroponického systému*. [fotografie]. In: GERICKE, William F. *The Complete Guide to Soilless Gardening*. New York: Prentice-Hall. 1940. Dostupné z: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b4320874&seq=8>. [cit. 2025-01-10].

GOOGLE. *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Česku*. Online. In: Google Trends. 2025d. Dostupné z: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2015-01-01%202025-04-01&geo=CZ&q=%2Fm%2F03nwn&hl=cs>. [cit. 2025-05-02].

GOOGLE. *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Německu*. Online. In: Google Trends. 2025a. Dostupné z: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2015-01-01%202025-04-01&geo=DE&q=%2Fm%2F03nwn&hl=cs>. [cit. 2025-05-02].

GOOGLE. *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Polsku*. Online. In: Google Trends. 2025c. Dostupné z: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2015-01-01%202025-04-01&geo=PL&q=%2Fm%2F03nwn&hl=cs>. [cit. 2025-05-02].

GOOGLE. *Zájem o téma hydroponie v průběhu času v Rakousku*. Online. In: Google Trends. 2025b. Dostupné z: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2015-01-01%202025-04-01&geo=AT&q=%2Fm%2F03nwn&hl=cs>. [cit. 2025-05-02].

Grodan sadbovací kostka 36x36x65mm. Online. In: Hot chilli. 2017. Dostupné z: <https://www.hotchilli.cz/rw-kostky/grodan-sadbovaci-kostka-36x36x65mm/>. [cit. 2025-04-27].

Grow lights at HOME: HortiPower Nurser 3 (450mm) vs IKEA Växer Linear LED cultivation. Online. In: HortiPower. 2023. Dostupné z: https://www.hortipower.com/blogs/comparing/grow-lights-at-home-hortipower-nurser-4-450mm-vs-ikea-vaxer-linear-led-cultivation?_pos=2&_sid=586db8b8e&_ss=r. [cit. 2025-04-14].

GROWACE. *AirCube Hydroponic Systems Productivity: Digital vs Analog Timer*. Online. In: GrowAce. 2023. Dostupné z: <https://growace.com/blogs/product-reviews/automating-aircube-hydroponic-systems-for-efficiency-and-productivity>. [cit. 2025-04-25].

GROWGARDEN. *GHE AeroFlo 10*. Online. In: GrowGarden. 2022. Dostupné z: <https://www.growgarden.cz/ghe-aeroflo-10-10-rostlin-aeroponicky-system-s-nadrzi-50-l-2/>. [cit. 2025-05-23].

HALL, Loura. *NASA Research Launches a New Generation of Indoor Farming*. Online. In: NASA. 2021. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/technology/tech-transfer-spinoffs/nasa-research-launches-a-new-generation-of-indoor-farming/>. [cit. 2025-05-23].

HANDAYANI, S. U.; FAHRUDIN, M.; MANGESTIYONO, W. a MUHAMAD, A. F. H. Mechanical Properties of Commercial Recycled Polypropylene from Plastic Waste. Online. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*. 2021, roč. 3, č. 1, s. 1-4. Dostupné z: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jvsar/article/view/10868>. [cit. 2025-05-11].

HARDIE POLYMERS. *Creepy things can happen with long term loading of thermoplastics*. Online. In: Hardie Polymers. 2014. Dostupné z: <https://www.hardiepolymers.com/knowledge/creep-descriptive-term-for-long-term-deformation/>. [cit. 2025-05-23].

HENDRIX, Gary. *Comparing Aluminum and Steel*. Online. In: Erectastep. 2020. Dostupné z: <https://www.erectastep.com/blog/aluminum-steel-metal-better/>. [cit. 2025-05-12].

HI GARDEN. *Pěstební osvětlení*. Online. In: Hi garden. 2015. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/osvetleni/>. [cit. 2025-04-25].

HIGARDEN. *Hydroponie*. Online. In: Hi garden. 2025b. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/hydroponie/>. [cit. 2025-05-22].

HIGARDEN. *Vzduchovací motorek s regulátorem BOYU S-2000*. Online. In: Hi garden. 2025a. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/cerpadla-vzduchova/vzduchovaci-motorek-s-regulatorem-boyu-s-2000--480l-h/>. [cit. 2025-05-22].

HOT CHILLI. *Osvětlení*. Online. In: Hot chilli. 2025. Dostupné z: <https://www.hotchilli.cz/led-osvetleni/>. [cit. 2025-05-22].

HOTAIR. *Sací koš (filtr) pro dávkovače kapalin*. Online. In: Hotair. 2021. Dostupné z: <https://www.hotair.cz/detail/nahradni-dily/davkovace-kapalin/saci-kos-filtr-pro-davkovace-kapalin-celoplastove-pro-hadice-8-6-mm.html>. [cit. 2025-05-22].

HULINSKÝ, Pavel a BITTMANN, Roman. *Učební text pro obor Truhlář: Strojní obrábění dřeva a materiálů na bázi dřeva*. Online. Publi.cz, 2016. ISBN 978-80-88058-41-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/173/Cover.html>. [cit. 2025-05-12].

HYDROPLANNER. *Effect of pH on Nutrient Availability in Hydroponic Solutions*. Online. In: Hydroplanner. 2023. Dostupné z: <https://hydroplanner.com/blog/what-is-ph>. [cit. 2025-04-24].

Hydroponická farma na ostrově Ascencion. Online. In: Sixtant: War II in the South Atlantic. 2011. Dostupné z: <https://www.sixtant.net/2011/artigos.php?cat=ascension-island-and-the-second-world-war-&sub=ascension-island-in-the-war&tag=5>)summer-of-1943. [cit. 2025-01-10].

Hydroponické pěstování a jeho historie – Žádná novinka!. Online. In: Domácípěstování.cz. 2015, 25.1.2015. Dostupné z: <http://domacipestovani.cz/2015/01/25/hydroponicke-pestovani-jeho-historie-zadna-novinka/>. [cit. 2025-01-08].

Hydroponické věže, The Land Pavilion, EPCOT. Online. In: Extinct Disney. 1982. Dostupné z: <https://www.extinctdisney.com/listen-to-the-land/>. [cit. 2025-01-16].

Hydroponický systém, The Land Pavilion, EPCOT. Online. In: Extinct Disney. 1982. Dostupné z: <https://www.extinctdisney.com/listen-to-the-land/>. [cit. 2025-01-16].

Chinampas in Mexico is an indigenous and highly sustainable agriculture system. Online. In: PreventionWeb. 2021, 6.8.2021. Dostupné z: <https://www.preventionweb.net/news/chinampas-mexico-indigenous-and-highly-sustainable-agriculture-system>. [cit. 2025-01-10].

INSUNGTEC. *Scientists at a vertical farm in Suwon, South Korea*. Online. In: Columbia Magazine. 2011. Dostupné z: <https://magazine.columbia.edu/article/new-crop-city>. [cit. 2025-05-23].

INTERNATIONAL ALUMINIUM INSTITUTE. *GHG Emissions Data for the Aluminium Sector (2005-2019)*. Online. In: International Aluminium Institute. 2021. Dostupné z: <https://international-aluminium.org/resources/ghg-emissions-data-for-the-aluminium-sector-2005-2019/>. [cit. 2025-05-12].

INVITAL. *Vzduchování*. Online. In: INVITAL. 2024. Dostupné z: <https://www.rostlinna-akvaria.cz/eshop/vzduchovani>. [cit. 2025-05-22].

IZAIÁŠ, Tomáš. *Buk: tradice a inovace*. Online. In: Čistédřevo.cz. 2023. Dostupné z: <https://www.cistedrevo.cz/lifestyle/buk--tradice-a-inovace/>. [cit. 2025-05-12].

Jahody, vanička 500g. Online. In: BILLA. 2025. Dostupné z: <https://shop.billa.cz/produkt/jahody-vanicka-500g->

82203597?mci=cnm&utm_id=GAC20542289268_GAA&utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_campaign=04-06eshoplongtermonline&utm_content=google_performance_max_brno&gad_source=1. [cit. 2025-04-27].

JAMNONGKAN, Tongsai; INTRARAMONGKOL, Nitchanan; SAMOECHIP, Wesarach; POTIYARAJ, Pranut; MONGKHOLRATTANASIT, Rattanaphol et al. Towards a Circular Economy: Study of the Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of Recycled Polypropylene and Their Composite Materials. Online. *Polymers*. 2022, roč. 14, č. 24, article 5482. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/24/5482>. [cit. 2025-05-11].

JENSEN, Merle H. a COLLINS, W. L. Hydroponic Vegetable Production. *Horticultural Reviews*. 1985, roč. 7, s. 783-558.

KEYSTONE KOATING. *Powder Coating vs. Galvanizing*. Online. In: Kyestone Koating. 2020. Dostupné z: <https://www.keystonecoating.com/blog/powder-coating-vs-galvanizing/>. [cit. 2025-05-12].

KHAN, Sumanta. *Hydroponic Strawberries: Complete Guide*. Online. In: Envirevo Agritech. 2024. Dostupné z: <https://envirevoagritech.com/hydroponic-strawberries-complete-guide/>. [cit. 2025-04-24].

KILLICH. *Chemické složení oceli*. Online. In: Killich. 2020. Dostupné z: <https://www.killich.cz/stranky/technicke-info/ocelovy-spojovaci-material/chemicke-slozeni-materialu>. [cit. 2025-05-12].

KNAB, Ferdinand. *Hanging Gardens of Babylon*. Online. In: World History Encyclopedia. 1886. Dostupné z: <https://www.worldhistory.org/image/9064/hanging-gardens-of-babylon/>. [cit. 2025-01-08].

KRATKY, Bernard A. *A suspended pot, non-circulating hydroponic method*. Online. In: College of Tropical Agriculture and Human Resilience. 2004. Dostupné z: <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RES-164.pdf>. [cit. 2025-04-24].

Krydda/Växer One-tier Grow Kit. Online. In: Gardenista. 2016. Dostupné z: https://www.gardenista.com/posts/new-from-ikea-krydda-vaxer-hydroponic-countertop-garden-kit/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-04-14].

Krydda/Växer Three-tier Grow Kit. Online. In: Gardenista. 2016. Dostupné z: https://www.gardenista.com/posts/new-from-ikea-krydda-vaxer-hydroponic-countertop-garden-kit/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-04-14].

KYRIACOU, Sapphira. *How Much Space is Needed for Hydroponics: Plant Spacing Needs*. Online. In: Hyjo. 2024. Dostupné z: <https://hyjo.co.uk/blog/how-much-space-is-needed-for-hydroponics-plant-spacing-needs/?srsltid=AfmBOop1PDVxPOphQnEDclfWqDFmow4cFflY8rVdLcq78OTkwn6PuPRo>. [cit. 2025-04-24].

LARSON, Jon. *Vacuum Formed Plastic Vs. Injection Molding*. Online. In: Allied Plastics LLC. 2025. Dostupné z: <https://alliedplastics.com/blog/vacuum-formed-plastic-vs-injection-molding-selecting-the-right-process-for-your-project/>. [cit. 2025-05-11].

LÁSKAKIT. *Vodotěsné mini čerpadlo AD20P-1230E, 240l/h, 12V*. Online. In: Laskakit. 2023. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/vodotesne-mini-cerpadlo-ad20p-1230e--240l-h-12v/>. [cit. 2025-05-22].

MACHINEMFG. *Aluminum vs Steel: A Beginner's Guide*. Online. In: MachineMFG. 2025. Dostupné z: <https://shop.machinemfg.com/comparing-the-cost-of-aluminum-vs-steel/>. [cit. 2025-05-22].

MANSOUR, Hadeel H.; AL-GHAMDI, Saud G. a AL-ANSARI, Tareq. Life-Cycle Assessment of Polypropylene Production in the Gulf Cooperation Council (GCC) Region. Online. *Polymers*. 2021, roč. 13, č. 22, article 3883. ISSN 2073-4360. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/22/3883>. [cit. 2025-05-11].

MCCANDLESS, John Garner. *Hydroponic Charts for Fruits and Vegetables: pH, TDS, EC, cF, PPM*. Online. In: Ponics Lofe. 2022. Dostupné z: <https://ponicslife.com/hydroponic-charts-for-fruits-and-vegetables-ph-tds-ec-cf-ppm/>. [cit. 2025-04-24].

MEIER, Eric (ed.). *English Oak*. Online. In: The Wood Database. 2016a. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/english-oak/>. [cit. 2025-05-12].

MEIER, Eric (ed.). *European Beech*. Online. In: The Wood Database. 2016b. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/european-beech/>. [cit. 2025-05-12].

MRÓZ, Mateusz. *CNC – Co to je a k čemu se používá*. Online. In: Botlandblog. 2023. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/cnc-co-to-je-a-k-cemu-se-pouziva/#CNC-8211-conbsptonbspjnbspanbspknbpcemu-senbspouziva>. [cit. 2025-05-11].

MULLINS, Chris; VALLOTTON, Amber; LATIMER, Joyce; SPERRY, Toni a SCOGGINS, Holly. *Hydroponic Production of Edible Crops: Nutrient Film Technique (NFT) Systems*. Online. In: Virginia Cooperative Extension. 2023, 24.7.2023. Dostupné z: <https://www.pubs.ext.vt.edu/SPES/spes-463/spes-463.html>. [cit. 2025-01-13].

NASA. *The interior of the Biomass Production Chamber*. Online. In: NASA. 2021. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/technology/tech-transfer-spinoffs/nasa-research-launches-a-new-generation-of-indoor-farming/>. [cit. 2025-05-23].

NASA. *Veggie*. Online. In: NASA. 2020. Dostupné z: https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2019/04/veggie_fact_sheet_508.pdf. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Aeroponics*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014g. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Deep Water Culture*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014d. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Drip system*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014c. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Ebb & Flow*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014f. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Kratky method*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014b. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Nutrient Film Technique*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014e. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NOSOILSOLUTIONS. *Wick system*. Online. In: NoSoilSolutions. 2014a. Dostupné z: <https://nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>. [cit. 2025-05-23].

NUTRAPONICS. *Tower Garden*. Online. In: Nutraponics. 2024. Dostupné z: <https://nutraponics.com/indoor-hydroponic-farming-tray-tower-4/>. [cit. 2025-05-23].

OCELÁŘSKÁ UNIE. *Jak se vyrábí a zpracovává ocel*. Online. In: Ocelářská unie. 2018a. Dostupné z: <https://www.ocelarskaunie.cz/jak-se-vyrabi-a-zpracovava-ocel/>. [cit. 2025-05-11].

OCELÁŘSKÁ UNIE. *Ocel jako recyklovatelný materiál*. Online. In: Ocelářská unie. 2018b. Dostupné z: <https://www.ocelarskaunie.cz/ocel-jako-recyklovatelnny-material>. [cit. 2025-05-12].

PANWAR, Adhyayan. *The origins of hydroponics*. Online. In: Digit.in. 2020, 22.6.2020. Dostupné z: <https://www.digit.in/features/general/digit-mag-the-origins-of-hydroponics-54705.html>. [cit. 2025-01-16].

PBS PLASTICS. *What is the Difference between Plastics Extrusion and Injection Molding?* Online. In: PBS Plastics. 2021. Dostupné z: <https://www.pbsplastics.com/what-is-the-difference-between-plastics-extrusion-and-injection-molding/>. [cit. 2025-05-11].

PHEASANT, Stephen. *Anthropometry for Designers*. 3rd Edition. London: Taylor & Francis, 2003. ISBN 978-0-7487-7749-5.

PILA SÁZAVA. *Ceník bukového dřeva*. Online. In: Pila Sázava. 2020. Dostupné z: <https://www.pilasazava.cz/cenik-buk/>. [cit. 2025-05-22].

PLASTIA S.R.O. *Nacenění forem pro design hydroponického systému*. 2025.

PLASTIA. *Kávová sedlina*. Online. In: Plastia. 2024. Dostupné z: <https://www.plastia.eu/kavova-sedlina>. [cit. 2025-05-11].

PLASTIA. *Příslušenství, náhradní díly*. Online. In: Plastia. 2025. Dostupné z: <https://www.plastia.eu/prislusenstvi-nahradni-dily>. [cit. 2025-05-22].

PLY ONLINE. *What is Plywood and how is It made?* Online. In: Ply online. 2024. Dostupné z: <https://www.plyonline.com.au/blogs/news/plywood-production-process>. [cit. 2025-05-12].

PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE. *Cena vodného a stočného*. Online. In: Pražské vodovody a kanalizace. 2025. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/zakaznici/cena/>. [cit. 2025-04-27].

PROTOLABS. *ABS vs. Polypropylene (PP): Deciding Between Two Popular Plastics*. Online. In: Protolabs. 2023. Dostupné z: <https://www.protolabs.com/resources/blog/abs-vs-polypropylene-pp-deciding-between-two-popular-plastics/>. [cit. 2025-05-11].

PRUMEX. *Těsnění PRR*. Online. In: Prumex. 2025. Dostupné z: <https://www.prumex.cz/tesneni-prr-13-8x18-9x1-5-nbr85-pro-zavit-m16x1-5/>. [cit. 2025-05-22].

PRUSAMENT. *ASA*. Online. In: Prusament. 2020b. Dostupné z: <https://prusament.com/cs/materials/prusament-asa/>. [cit. 2025-05-22].

PRUSAMENT. *PLA*. Online. In: Prusament. 2020a. Dostupné z: <https://prusament.com/cs/materials/prusament-pla/>. [cit. 2025-05-22].

PRUSAMENT. *PVB*. Online. In: Prusament. 2021. Dostupné z: <https://prusament.com/cs/materials/prusament-pvb/>. [cit. 2025-05-22].

PUREHYDROPONICS. *Cover of the book The ABC of NFT*. Online. In: PureHydroponics. 2015. Dostupné z: <https://purehydroponics.com/products/books/the-abc-of-nft/>. [cit. 2025-05-22].

RECYCLING TODAY. *Polypropylene (PP) And Its Advantages*. Online. In: Recycling Today. 2021. Dostupné z: <https://www.recyclingtoday.org/blogs/news/polypropylene-pp-and-its-advantages>. [cit. 2025-05-11].

RESH, Howard M. *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. 8th. Boca Raton: CRC Press, 2022. ISBN 9781003133254.

REYNAERS ALUMINIUM. *Jak se vyrábí hliník*. Online. In: Reynaers Aluminium. 2022. Dostupné z: <https://www.reynaers.cz/inspirace/pribehy/jak-se-vyrabi-hlinik>. [cit. 2025-05-12].

RISE GARDENS. *The Rise Garden 2*. Online. In: Rise Gardens. 2022. Dostupné z: <https://risegardens.com/products/the-rise-garden-2>. [cit. 2025-01-24].

RISE GARDENS. *The Rise Garden 3*. Online. In: RISE GARDENS. Rise Gardens. 2023. Dostupné z: https://risegardens.com/products/the-rise-garden?view=base-v3&pk_abe=High-Intent_LP-FLIP&pk_abv=Base-v3. [cit. 2025-01-24].

ROBERTO, Keith. *How to Hydroponics*. 4. The Futuregarden Press, 2003. ISBN 0-9672026-1-2.

ROBERTO, Keith. *Lettuce raft system at Disney Epcot Center's "Listen to the Land"*. Online. In: Greenthumb Hydroponics. 2017. Dostupné z: <https://gthydro.co.za/upload/What-is-Hydroponics.pdf?srsltid=AfmBOormSCobXGMfL0-t3CNf-HMUIZrvJy5fTOxJ6SnrAj30nGAV4a4Q>. [cit. 2025-05-22].

RUBIO MONOCOAT. *Durogit*. Online. In: Rubio Monocoat. 2024. Dostupné z: <https://www.rubiomonocoat.cz/rubio-durogit/>. [cit. 2025-05-22].

Salát hlávkový. Online. In: BILLA. 2025. Dostupné z: https://shop.billa.cz/produkt/salat-hlavkovy-82244065?mci=cnm&utm_id=GAC20542289268_GAA&utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_campaign=04-06eshoplongtermonline&utm_content=google_performance_max_brno&gad_source=1. [cit. 2025-04-27].

SALEEM, Junaid; TAHIR, Furqan; AL-ANSARI, Tareq a MCKAY, Gordon. Assessing the environmental footprint of recycled plastic pellets: A life-cycle assessment perspective. Online. *Environmental Technology & Innovation*. 2023, roč. 32, article 103289. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186423002857#>. [cit. 2025-05-11].

SECRET JARDIN. *Cosmorrow žárovky a napájecí zdroje*. Online. In: Secret Jardin. 2022. Dostupné z: <https://www.secretjardin.com/cs/bulbs-power-supplies/>. [cit. 2025-05-22].

SIMAF. *Závitové vložky do plastu*. Online. In: Simaf. 2023. Dostupné z: https://shop.simaf.cz/Zavitove-vlozky-do-plastu-c10_0_1.htm. [cit. 2025-05-22].

SLATALLA, Michelle. New from Ikea: A Hydroponic Countertop Garden Kit. Online. *Gardenista*. 2016. Dostupné z: https://www.gardenista.com/posts/new-from-ikea-krydda-vaxer-hydroponic-countertop-garden-kit/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-04-14].

SPECIÁLNÍ ZAHRADNICTVÍ. *Vzduchování*. Online. In: Speciální zahradnictví. 2020. Dostupné z: <https://www.specialnizahradnictvi.cz/vzduchovani/>. [cit. 2025-04-25].

SPOJOVACÍ-MATERIÁL.NET. *Šrouby DIN 912*. Online. In: Spojovací-materiál.net. 2025. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblenska-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-10-9/>. [cit. 2025-05-22].

SUPRAGARDEN. *Build Supragarden 3+4*. Online. In: Supragarden. 2022. Dostupné z: https://www.supragarden.com/epages/supragarden.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/2016122606/Products/SUP_34. [cit. 2025-04-14].

SUPRAGARDEN. *How does Supragarden work?* Online. In: Supragarden. 2020. Dostupné z:

https://www.supragarden.com/epages/supragarden.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/2016122606/Categories/how_it_works. [cit. 2025-04-14].

TANG, Mike. *What Role Do Vacuum Forming and Extrusion Play in Vertical Farming?* Online. In: Zetarmold. 2025. Dostupné z: <https://zetarmold.com/role-do-vacuum-forming-extrusion-play-in-vertical-farming/>. [cit. 2025-05-11].

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *Technologie plošného tváření - ohýbání*. Online. In: Technologie II. 2008. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm. [cit. 2025-05-12].

Terra Aquatica TriPart Bloom. Online. In: Hot chilli. 2025. Dostupné z: <https://www.hotchilli.cz/flora-series/t-a--tripart-bloom-general-hydroponics-florabloom/>. [cit. 2025-04-27].

TERRA AQUATICA. *GrowStream*. Online. In: Terra Aquatica. 2022a. Dostupné z: <https://www.terraaquatica.com/cs/hydroponicke-systemy/growstream-html-6/>. [cit. 2025-05-23].

TERRA AQUATICA. *Tripart*. Online. In: Terra Aquatica. 2022b. Dostupné z: <https://www.terraaquatica.com/cs/tekuta-mineralni-hnojiva/tripart-6/>. [cit. 2025-04-27].

TESCO. *Rajčata cherry*. Online. In: TESCO. 2025. Dostupné z: https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001012691758?_gl=1*137ypw5*_up*MQ..*_ga*Mzg3ODU5NjE1LjE3NDU2OTk2MzY.*_ga_EZ1BJ05B45*MTc0NTY5OTYzNi4xLjAuMTc0NTY5OTYzNi4wLjAuODc5MDc1OTE.. [cit. 2025-04-27].

TEXIER, William. *Hydroponie pro každého: vše o domácím pěstování*. Gardens. Paris: Mama Editions, 2013. ISBN 978-2-84594-091-8.

The chinampas agricultural system. Online. In: PreventionWeb. 2021, 6.8.2021. Dostupné z: <https://www.preventionweb.net/news/chinampas-mexico-indigenous-and-highly-sustainable-agriculture-system>. [cit. 2025-01-08].

THERMORY. *How sustainable is wood?* Online. In: Thermory. 2023. Dostupné z: <https://thermory.com/blog-and-news/wood-sustainability/>. [cit. 2025-05-13].

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Biomass explained*. Online. In: Eia. 2024. Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/biomass-and-the-environment.php>. [cit. 2025-05-13].

UNITED NATIONS. *World Urbanization Prospects 2018: Highlights*. Online. In: United Nations | Department of Economic and Social Affairs | Population Division. 2018. Dostupné z: <https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Highlights.pdf>. [cit. 2025-05-02].

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *Rešeršní strategie*. Online. In: Informační výchova na UTB ve Zlíně. 2022. Dostupné z: <https://iva.k.utb.cz/lekce/resersni-strategie/>. [cit. 2025-04-18].

Urban Hydro 108. Online. In: Hi garden. 2025. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/hydroponicke-systemy/urban-hydro-108/>. [cit. 2025-05-23].

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ (ÚNMZ). ČSN EN 16122:2021, *Nábytek – Zkušební metody pro určování pevnosti, životnosti a stability – Úložné jednotky*. 2021.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ (ÚNMZ). ČSN IEC 50(845), *Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 845: Osvětlení*. 2. Praha, 2022.

VYAWAHARE, Malavika. *AeroFarms grows its greens using a nutrient-rich mist*. Online. In: The Guardian. 2016. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/14/world-largest-vertical-farm-newark-green-revolution>. [cit. 2025-05-23].

VYAWAHARE, Malavika. *World's largest vertical farm grows without soil, sunlight or water in Newark*. Online. In: The Guardian. 2016. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/14/world-largest-vertical-farm-newark-green-revolution>. [cit. 2025-05-23].

WANT.NET. *Jaké jsou náklady na služby CNC obrábění kovů?* Online. In: Want.net. 2023. Dostupné z: <https://want.net/cs/what-is-metal-cnc-machining-service-cost/>. [cit. 2025-05-22].

WHITSON, Peggy. *Final harvesting operations for the Veg-03 experiment*. Online. In: Agricultural Research Service. 2021. Dostupné z: <https://www.ars.usda.gov/oc/utm/growing-plants-in-space/>. [cit. 2025-05-23].

William F. Gericke: The Inventor Of Hydroponics. Online. In: Gathera. 2023, 29.8.2023. Dostupné z: <https://gathera.com/blogs/learn/william-f-gericke-the-inventor-of>

hydroponics?srsId=AfmBOoqxFKy8WGyCe-wbfRXyTv69FzaBXdYLSm-Ce7WEWMb9DzBy2hmV. [cit. 2025-01-10].

WOODED. *Buk vs. dub: Víte, jaký je mezi nimi rozdíl?* Online. In: Wooded. 2022. Dostupné z: <https://www.wooded.cz/buk-vs-dub-vite-jaky-je-mezi-nimi-rozdil/>. [cit. 2025-05-12].

YUNG, Yik Hung; WU, Cynthia S. T.; TONG, Hiu Tung; HO, Chun Ni; LEUNG, Ka Lee et al. Effects of the School-Based Integrated Health Promotion Program With Hydroponic Planting on Green Space Use and Satisfaction, Dietary Habits, and Mental Health in Early Adolescent Students: A Feasibility Quasi-Experiment. Online. *Frontiers in Public Health*. 2021, roč. 9, article 740102. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.740102>. [cit. 2025-04-25].

14 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

\$	Americký dolar
%	Procento
&	Ampersand, et
/	Lomítko
:	Matematický symbol pro poměr
£	Libra
€	Euro
+	Plus
=	Rovnítko
≈	Přibližně rovno
Ø	Průměr
§	Paragraf
°C	Stupeň Celsia
·	Matematický symbol pro násobení (krát)
3D	Trojdimenzionální, trojrozměrný
50P	50. percentil
5P	5. percentil
95P	95. percentil
a. s.	Akciová společnost
ABS	Acrylonitrilbutadienstyren
AI	Artificial intelligence, umělá inteligence
ArtD.	Doktor umění
ASA	Acrylonitrile styrene acrylate
Bc.	Bakalář
BPA	Bisfenol A

BSH	Brettschichtholz, lepené lamelové dřevo
CELSS	Controlled Ecological Life Support Systém
Cca	Cirka
cm	Centimetr
CNC	Computer Numerical Control, počítačové numerické řízení
CO ₂	Oxid uhličitý
CO ₂ e	Ekvivalent oxidu uhličitého
Cr	Chrom
Cu	Měď
č.	Číslo
ČEZ	České energetické závody
ČSN	Československá státní norma, dnes Česká technická norma
DIY	Do It Yourself
doc.	Docent
DWC	Deep water culture
EC	Electric conductivity, elektrická vodivost
el.	Elektrický
EN	European norm
EPCOT	Experimental Prototype Community of Tomorrow
F	Síla
F_g	Tíhová síla
FSC	Forest Stewardship Council
g	Gram
g	Tíhové zrychlení
h	Hloubka
h	Hodina

HDPE	High-Density Polyethylene, vysokohustotný polyethylen
chem.	Chemický
Inc.	Incorporated
Ing.	Inženýr
IoT	Internet of Things
IP	Ingress Protection
IPA	Isopropylalkohol
ISO	International Organization for Standardization
ISS	International Space Station, Mezinárodní vesmírná stanice
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
ks	Kus
kWh	Kilowatthodina
l	Litr
LED	Light-Emitting Diode
<i>m</i>	Hmotnost
m	Metr
<i>M</i>	Moment
m ²	Metr čtvereční
m ³	Metr krychlový
M4	Metrický závit s jmenovitým průměrem 4 mm
M6	Metrický závit s jmenovitým průměrem 6 mm
MAG	Metal Active Gas
MgA.	Magistr umění
Mgr.	Magistr
MIG	Metal Inert Gas

min	Minimum
ml	Mililitr
mm	Milimetr
MMA	Manual Metal Arc
Mn	Mangan
MPa	Megapascal
mS	Milisiemens
N	Newton
např.	Například
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NFT	Nutrient film technique
Ni	Nikl
nm	Nanometr
Nm	Newtonmetr
odst.	Odstavec
OSN	Organizace spojených národů
P	Fosfor
PE	Polyethylen
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
PET	Polyethylentereftalát
pH	Potential of hydrogen
Ph.D.	Doctor of Philosophy
PLA	Polylactic Acid, kyselina polymléčná
popř.	Popřípadě
PP	Polypropylen
PVB	Polyvinyl butyral

PVC	Polyvinylchlorid
<i>r</i>	Poloměr
rPP	Recyklovaný polypropylen
s	Sekunda
S	Síra
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
Sb.	Sbírka zákonů
Si	Křemík
š	Šířka
Ti	Titan
TIG	Tungsten Inert Gas
tj.	To je, to jest
tzv.	Takzvaně
USA	United States of America, Spojené státy americké
UTB	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
UV	Ultraviolet radiation
V (el.)	Volt
V (chem.)	Vanad
<i>v</i>	Výška
VUT	Vysoké učení technické v Brně
W (el.)	Watt
W (chem.)	Wolfram

15 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obrázek 1 Vyobrazení babylonských visutých zahrad	15
Obrázek 2 Zemědělský systém chinampas, Xochimilco	16
Obrázek 3 Adaptace aparatur Juliuse von Sachse	17
Obrázek 4 Základní konstrukce hydroponického systému	18
Obrázek 5 Hydroponická farma na ostrově Ascencion	18
Obrázek 6 Obálka knihy The ABC of NFT	19
Obrázek 7 General Hydroponics Aquafarm.....	20
Obrázek 8 Hydroponický systém, The Land Pavilion, EPCOT	21
Obrázek 9 Hydroponické věže, The Land Pavilion, EPCOT	22
Obrázek 10 Raftový systém, The Land Pavilion, EPCOT.....	22
Obrázek 11 General Hydroponics Rainforest 66	23
Obrázek 12 General Hydroponics Europe AeroFlo	24
Obrázek 13 GrowStream.....	24
Obrázek 14 The interior of the Biomass Production Chamber	26
Obrázek 15 Final harvesting operations for the Veg-03 experiment	26
Obrázek 16 Scientists at a vertical farm in Suwon, South Korea	28
Obrázek 17 AeroFarms grows its greens using a nutrient-rich mist.....	28
Obrázek 18 The Rise Garden 3	30
Obrázek 19 AeroGarden Farm 24Basic	32
Obrázek 20 Gardyn Home 4.0	33
Obrázek 21 Krydda/Växer Three-tier Grow Kit	35
Obrázek 22 Krydda/Växer One-tier Grow Kit.....	35
Obrázek 23 Supragarden 3+4.....	37
Obrázek 24 Supragarden scheme	37
Obrázek 25 Ahopegarden 66 Sed Pods Vertical Hydroponic Garden	39
Obrázek 26 Ahopegarden 60 Seed Pods Vertical Hydroponic Garden	39
Obrázek 27 Nutraponics Tower Garden	40
Obrázek 28 Urban Hydro 108.....	41
Obrázek 29 The Smart Garden 27.....	43
Obrázek 30 The Click & Grow 25	44
Obrázek 31 Wick systém	46
Obrázek 32 Kratky metoda	47
Obrázek 33 Drip systém.....	48
Obrázek 34 Deep Water Culture (DWC)	48

Obrázek 35 Nutrient Film Technique (NFT)	49
Obrázek 36 Ebb & Flow	50
Obrázek 37 Aeroponie	50
Obrázek 38 Efekt pH na dostupnost živin z roztoku	53
Obrázek 39 Zájem o téma hydroponie v Německu	67
Obrázek 40 Zájem o téma hydroponie v Rakousku.....	67
Obrázek 41 Zájem o téma hydroponie v Polsku	67
Obrázek 42 Zájem o téma hydroponie v České republice	68
Obrázek 43 Variantní skici I.....	79
Obrázek 44 Variantní skici II.....	80
Obrázek 45 Variantní skici III	81
Obrázek 46 Variantní modely I	81
Obrázek 47 Variantní modely II	82
Obrázek 48 Variantní modely III.....	82
Obrázek 49 Variantní modely IV.....	83
Obrázek 50 Hydroponický systém Groenero.....	85
Obrázek 51 Barevná varianta – krémová s kávovou sedlinou.....	86
Obrázek 52 Barevná varianta - slonová kost s kávovou sedlinou	86
Obrázek 53 Barevná varianta – zelenošedá šalvějová	87
Obrázek 54 Čelní pohled	87
Obrázek 55 Detailní čelní pohled	88
Obrázek 56 Detailní čelní podhled	88
Obrázek 57 Boční pohled	89
Obrázek 58 Čelní nadhled.....	89
Obrázek 59 Čelní nadhled bez krytek košíčků	90
Obrázek 60 Detailní pohled na servisní otvor a hladinoměr	90
Obrázek 61 Detail spojovacího dílu a jeho konstrukce	91
Obrázek 62 Detail šroubového spoje nosné konstrukce	91
Obrázek 63 Detail přichytky kabelů a hadiček	92
Obrázek 64 Hydroponický systém s pěstebními poklopy	92
Obrázek 65 Hydroponický systém v konfiguraci DWC	93
Obrázek 66 Antropometrická studie	95
Obrázek 67 Rozměrový náčrt	98
Obrázek 68 Metoda Kratky - schéma	99
Obrázek 69 Metoda Wick – schéma	100

Obrázek 70 Metoda DWC – schéma.....	101
Obrázek 71 Metoda NFT – schéma	102
Obrázek 72 Simulace zatížení spojového dílu	103
Obrázek 73 Simulace zatížení rámu.....	104
Obrázek 74 Simulace zatížení nádoby hydrostatickým tlakem	106
Obrázek 75 3D tisk dílů na Stratasys F770.....	112
Obrázek 76 Spojovací díl s mosaznými závitovými vložkami	113
Obrázek 77 Ukázka materiálu – polypropylen s příměsí kávové sedliny.....	113

16 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Parametry pro návrh hydroponického systému' '	51
Tabulka 2 Doporučené rozestupy mezi plodinami'	51
Tabulka 3 Doporučené hodnoty pH a EC pro vybrané rostliny	53
Tabulka 4 Výška dospělé evropské populace	56
Tabulka 5 Porovnání hydroponických systémů pro výzkum'	60
Tabulka 6 Parametry růstu výnosu plodin'	61
Tabulka 7 Roční výnos hydroponických systému při lokálních cenách potravin	62
Tabulka 8 Roční provozní náklady hydroponických systémů.....	62
Tabulka 9 Ekonomická bilance hydroponických systémů	63
Tabulka 10 Antropometrické údaje dospělé populace v Evropě – výška postavy	94
Tabulka 11 Odhad výrobní ceny forem pro vstřikování plastů	109
Tabulka 12 Odhad výrobní ceny základní konfigurace' ' ' ' ' ' ' ' ' '	110
Tabulka 13 Odhad výrobní ceny DWC nadstavby'	111
Tabulka 14 Odhad výrobní ceny NFT nadstavby' ' ' ' ' ' ' ' ' ' '	111

17 SEZNAM PŘÍLOH

18 ZMENŠENÝ POSTER



HYDROPONICKÝ SYSTÉM / HYDROPONIC SYSTEM

Modulární hydroponický systém Groenoro vnáší do interiéru estetický hodnotný prvek i nový způsob uvažování. Hydroponie představuje účinný přístup pěstování díky nižší spotřebě vody, efektivnímu přívodu živin a bez nutnosti používání pesticidů či azbestu na kárstvu. Vertikální systém zajišťuje celoroční přívod živin a kvalitní zeleniny přímo v městském prostředí s minimální podporou prostoru. Kombinace důležitých dřev a polypropylenu s přírodní kůvou sedlářské díky produktu vizuální charakter a zároveň snižuje ekologického stopu využitím odpadní suroviny.

Goenens, the modular hydroponic system, brings an aesthetically valuable element to the interior and a new way of thinking. Hydroponics is a sustainable growing approach thanks to its lower water consumption, efficient nutrient supply and without use of pesticides and pesticides on demand. The vertical system will ensure a year-round supply of fresh and quality vegetables directly in the urban environment with maximum space savings. The combination of oak wood and polycarbonate with the addition of coffee grounds gives the product visual character while reducing its ecological footprint by using waste raw material.

