



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN OPTICKÉHO STROJE NA TŘÍDĚNÍ OŘECHŮ

DESIGN OF AN OPTICAL NUT SORTING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Natália Toporková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	Natália Toporková
Studijní program:	Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Design optického stroje na třídění ořechů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Optický třídící stroj využívá jedinečnou kombinaci RGB a hyperspektrálního HSI pro dosažení vynikajících výsledků pro třídění např. vlašských ořechů. Tento stroj je využíván v technické praxi, potravinářských společnostech a vyznačuje se velmi jednoduchou obsluhou. Design stávajících produktů je povětšinou podřízen funkci, výrobní technologii a snaze o nízké výrobní náklady. Konceptní přístup ve zpracování výtvarně–technického řešení stroje ukáže nové možnosti z hlediska designérských kvalit v této oblasti produkce.

Typ práce: vývojová – designérská

Cíle bakalářské práce:

Cílem je navrhnout originální konceptní design optického třídícího stroje s přihlédnutím k ekonomickým, hygienickým, estetickým a ergonomickým aspektům. Analyzovat použitelné materiály s cílem v maximální míře inovovat celkové výtvarně–technické řešení.

Dílní cíle bakalářské práce:

- analyzovat současnou produkci,
- navrhnout originální výtvarně – technický koncept stroje na třídění ořechů,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

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

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

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

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

Seznam doporučené literatury:

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

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.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá návrhom originálneho výtvarne-technického konceptu optického hyperspektrálneho triediaceho zariadenia na orechy s ohľadom na ekonomické, hygienické, estetické a ergonomické aspekty. Cieľom je kombinovať menej používané materiály pre technológie v potravinárstve, pridať estetický prvok do strojárskeho prostredia, minimalizovať náklady výrobcov technológií a šetriť pracovnú plochu spracovateľov. Zariadenie umožňuje triediť orechy na základe ich chemického zloženia, čo zabezpečuje spoľahlivé triedenie s minimálnym zásahom človeka a poskytuje konzistentné výsledky. Dizajn zariadenia je zameraný na originalitu, estetiku a ergonómiu, pričom sa berú do úvahy aj normy a smernice týkajúce sa hygieny a bezpečnosti v potravinárskom priemysle. Navrhnutý dizajn je vhodný pre implementáciu do potravinárskych závodov. Taktiež dbá na ergonomické prvky, aby bol stroj užívateľsky prívetivý. Celkový dizajn a funkcionálnosť stroja ho robia vhodným pre univerzálne využitie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

triedenie orechov, triediaci stroj, hyperspektrálne zobrazovanie, potravinársky priemysel, spracovateľský závod, hyperspektrálna kamera

ABSTRACT

This work deals with the design of an original artistic-technical concept of an optical hyperspectral sorting device for nuts, considering economic, hygienic, aesthetic, and ergonomic aspects. The goal is to combine less commonly used materials for food technology, add an aesthetic element to the mechanical environment, minimize costs for technology manufacturers, and save processing space for operators. The device allows sorting nuts based on their chemical composition, ensuring reliable sorting with minimal human intervention and providing consistent results. The design of the device focuses on originality, aesthetics, and ergonomics, taking into account hygiene and safety standards and guidelines in the food industry. The proposed design is suitable for implementation in food processing plants. It also incorporates ergonomic elements to make the machine user-friendly. The overall design and functionality of the machine make it suitable for universal application.

KEYWORDS

nut sorting, sorting machine, hyperspectral imaging, food industry, processing plant, hyperspectral camera

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

TOPORKOVÁ, Natália. *Design optického stroje na třídění ořechů*. Brno, 2023. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

POĎAKOVANIE

V prvom rade by som chcela poďakovať môjmu ockovi Ing. Marekovi Toporkovi, ktorý ma celý život vo všetkom podporoval a budoval vo mne záujem o technológie a umenie. Táto práca je venovaná jeho večnej pamiatke.

Ďalej by som chcela poďakovať doc. akad. soch. Ladislavovi Křenkovi, ArtD za cenné rady a prínosné postrehy. Taktiež ďakujem zastupiteľom spoločnosti Krapco za ochotné konzultácie a taktiež obdržanie cenných poznatkov.

PREHLÁSENIE AUTORA O PÔVODNOSTI PRÁCE

Prehlasujem, že bakalársku prácu som vypracovala samostatne, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. Súčasne prehlasujem, že všetky zdroje obrazových a textových informácií, z ktorých som čerpala, sú riadne citované v zozname použitých zdrojov.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA	15
2.1	HISTÓRIA HSI	15
2.2	DIZAJNÉRSKA ANALÝZA	15
2.3	TECHNICKÁ ANALÝZA.....	25
2.3.1	<i>Systém triedenia potravín</i>	25
2.3.2	<i>Základné delenie optických triediacich strojov</i>	25
2.3.3	<i>Základný princíp optického triedenia</i>	28
2.3.4	<i>Základné komponenty</i>	31
2.3.5	<i>Materiálové riešenie a hygienický dizajn</i>	34
3	ANALÝZA PROBLÉMOV A CIEĽ PRÁCE	36
3.1	ANALÝZA PROBLÉMOV, INTERPRETÁCIA A ZHODNOTENIE POZNATKOV Z REŠERŠE.....	36
3.2	CIELE PRÁCE	36
3.3	CIEĽOVÁ SKUPINA.....	37
3.4	ZÁKLADNÉ PARAMETRE A LEGISLATÍVNE OBMEDZENIA	38
3.5	POUŽITÉ VÝROBNÉ TECHNOLOGIE, MOŽNÝ TRH A CENA.....	39
4	VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU	40
4.1	VARIANT I.....	41
4.2	VARIANT II	43
4.3	VARIANT III.....	45
5	TVAROVÉ RIEŠENIE	47
6	KONŠTRUKČNO-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE	50
6.1	IMPLEMENTÁCIA	50
6.2	ROZMEROVÉ RIEŠENIE	51
6.3	VNÚTORNÉ MECHANIZMY A KOMPONENTY	52
6.4	MATERIÁLOVÉ RIEŠENIE	54
6.5	TECHNOLÓGIA	55
6.6	ERGONÓMIA.....	57
6.6.1	<i>Umiestnenie vizuálnych zdel'ovačov</i>	57
6.6.2	<i>Umiestnenie ovládačov</i>	58
6.7	BEZPEČNOSŤ A HYGIENA	60
6.7.1	<i>Pristup ku vnútorným komponentom</i>	60
6.8	UDRŽATEĽNOSŤ	62
7	FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE	63
7.1	FAREBNÉ RIEŠENIE	63

7.1.1	<i>Farebné a materiálové varianty</i>	64
7.1.2	<i>Svetelné prvky</i>	66
7.2	GRAFICKÉ RIEŠENIE	67
7.2.1	<i>Logo spoločnosti a stroja</i>	67
7.2.2	<i>Užívateľské rozhranie digitálnej obrazovky</i>	69
8	DISKUSIA	72
8.1	PSYCHOLOGICKÁ FUNKCIA.....	72
8.2	SOCIÁLNA FUNKCIA	72
8.3	EKONOMICKÁ FUNKCIA.....	73
8.4	CENOVÁ HLADINA.....	73
9	ZÁVER	75
10	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	77
11	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK, SYMBOLOV A VELIČÍN	82
12	ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV	84
13	ZOZNAM PRÍLOH	86

1 ÚVOD

Orechy sa v potravinárskych závodoch až doposiaľ triedili ručne (vid'. Obr. 1-1). S rozvojom techniky a priemyslu prichádza implementácia nových technológií a zefektívňovanie výrobných procesov. Rutinné a opakujúce sa činnosti je tak možné vykonávať mnohonásobne rýchlejšie a presnejšie, či dokonca odhaliť aj defekty produktu, ktoré nie sú viditeľné ľudským okom. Práve to je možné prostredníctvom triedenia optickým hyperspektrálnym triediacim zariadením, ktorý disponuje schopnosťou triediť produkty na základe ich chemického zloženia, a tým zabezpečiť spoľahlivé triedenie. Svojimi vlastnosťami dokáže zabezpečiť triedenie väčšieho objemu suroviny s minimálnym zásahom človeka a poskytuje objektívne a konzistentné výsledky triedenia, čo môže byť náročné dosiahnuť manuálnymi metódami. Zariadenie je zasadené do potravinárskeho spracovateľského veľkovýrobného závodu, je súčasťou plne automatizovanej výrobnéj linky (vid'. Obr. 1-2).

Pri rozmachu v potravinárskom odvetví približne od roku 2010, na trhu neexistuje mnoho zastupiteľov triediacich zariadení tohto typu, alebo nie sú po dizajnovej stránke dostatočne rozvinuté. Dizajn existujúcich technológií zdôrazňuje ich priemyselný charakter, je podriadený funkcii, výrobnéj technológii a snahe o nízke výrobné náklady. Tieto zariadenia majú často robustný vzhľad s viditeľnými mechanickými komponentmi, zvyčajne uprednostňujú funkčnosť pred komplexnými vizuálnymi funkciami. Naopak, u klasických optických a laserových technológií, ktoré sú na trhu už pár desiatok rokov je povšimnuteľné, že sú z hľadiska dizajnu na vyššej úrovni práve z tohto dôvodu. Riešenie vizuálnej stránky optického hyperspektrálneho triediaceho stroja má preto veľký zmysel, keďže ide o novú technológiu, predstavujúcu revolúciu v technologickom priemysle.

Dizajn stroja, ktorý je predmetom riešenia BP, je vyvíjaný s potenciálom implementovania spoločnosťou KRAPCO s.r.o., ktorá sa zaoberá dlhoročným výskumom, vývojom a následnou implementáciou najmodernejších technológií do spracovateľských závodov. Jednou z hlavných priorít spoločnosti, ktorej motto znie: „crazy for innovations“, je poskytovanie efektívnych inovatívnych riešení neustálym držaním tempa s technologickým pokrokom. Spoločnosť je ochotná a schopná poskytnúť priestor pre inováciu aj z hľadiska dizajnu opláštenia v rámci vývojového procesu triediaceho zariadenia. S tým prichádza príležitosť vyniknúť medzi konkurenčnými technológiami súčasnej produkcie práve aj touto kvalitou, čo predstavuje aj hlavný motív práce.



Obr. 1-1 Ručné (a) a poloautomatizované (b) triedenie vlašských orechov [1]



Obr. 1-2 Plne automatizované triedenie vlašských orechov

2 PREHL'AD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2.1 História HSI

Pre problematiku triedenia orechov doposiaľ na trhu existovali a najviac sa využívali optické triediace stroje laserové a/alebo klasické RGB. S napredujúcim výskumom a vývojom sa však na trhu začínajú postupne objavovať aj optické hyperspektrálne triediace stroje.

Hyperspektrálne zobrazovanie (HSI) bolo vyvinuté v roku 1983 laboratóriom NASA JPL. Vyvinutý bol prvý aerosólly spektrometer na svete AIS-1, s ktorým bola vyhotovená prvá hyperspektrálna snímka, ktorá otvorila novú éru technológie. V aplikáciách v oblasti kontroly kvality potravín sa táto technológia začala objavovať iba pred pár rokmi, s nástupom prvých cenovo dostupných hyperspektrálnych kamier, približne od roku 2010. Na trhu preto neexistuje mnoho zastupiteľov triedičov tohto typu, taktiež na základe rozhovoru v rámci veľtrhu so zastupiteľom Specim (spoločnosť ktorá vyvíja HSI) možno usúdiť, že na Česku a Slovensku existuje iba pár aplikácií HSI pre inšpekciu potravín, väčšinou kontrolu kvality jablák. [2]

2.2 Dizajnérska analýza

Rešerš existujúcich technológií je prioritne zameraná na také typy optických triediacich zariadení, ktoré dokážu priemyselne spracovať resp. pretriediť špecifické kategórie potravín, a to orechy, sušené ovocie či semenka. Je taktiež doplnená o zástupcov laserových a RGB triedičov, ktoré sú na trhu dlhšiu dobu.

- Optické hyperspektrálne triediace zariadenia:

Walso HSI, Krapco

Triediaci stroj Walso HSI využíva hyperspektrálne zobrazovanie pre dosiahnutie najlepších výsledkov triedenia. Technológia bola vyvíjaná špecificky pre prácu s vlašskými orechmi, no používa univerzálny systém triedenia, preto je zariadenie variabilne použiteľné pre ktorýkoľvek vstupný materiál pre triedenie. Disponuje obrazovkou pre jednoduchú obsluhu. [3]

Celkovo je tvarovanie stroja príjemne minimalistické, nie je prekombinované. Všetky časti zariadenia sú zakrytované a bežne neprístupné operátorovi. Prednosťou stroja sú aj jeho kompaktné rozmery, vďaka čomu je vhodný aj pre podniky s obmedzenou výmerou výrobných plochy.



Obr. 2-1 Walso HSI, Krapco [3]

Nimbus N, TOMRA

Na základe hyperspektrálnej kamery dokáže Nimbus N vyradiť chybné prvky priamo počas voľného pádu. Má obrazovku s užívateľským rozhraním jednoduchým na nastavenie. Základ konštrukcie predstavuje rám, pričom jednotlivé časti zariadenia na ňom upevnené sú zakrytované, s výrazne priznanými spojmi. Dizajn ako taký, je vcelku jednoduchý a funkčný. [4]

Jednotlivé časti stroja by však mohli byť umiestnené v jednom spoločnom vonkajšom zakrytovaní, čo by určite vylepšilo celkový vizuálny dojem, a taktiež by mohlo prispieť ku bezpečnosti práce.



Obr. 2-2 Nimbus N, TOMRA [4]

VERYX BioPrint, Key Technology

Stroj vyvinutý špeciálne na triedenie orechov, využíva na vyhodnocovanie kombináciu hyperspektrálnej NIR a farebnej kamery. Má jednoducho použiteľnú digitálnu obrazovku. Zaujímavý prvok tvorí základný rám, ktorý je prekrytý ohýbanými plechmi s miernymi skosmi. Tvorí vyslovene technický dojem. [5]

S minimálnou snahou zakrytovania komponentov a použitím až príliš mnoho rôznych skosov pôsobí chaoticky a nečisto. Prílišné využitie grafických prvkov pridáva na prekombinovanosti dizajnu.



Obr. 2-3 VERYX BioPrint, Key Technology [5]

Sortex F BioVision, Bühler

Sortex F BioVision pôsobí veľmi strojárskym dojmom, s minimálnou snahou o príjemné vizuálne pôsobenie, a to prostredníctvom oblých tvarov. Je prevažne odkrytovaný, s čím prichádza výrazné ohrozenie bezpečnosti operátora, no na druhú stranu aj jednoduchý prístup ku komponentom a teda lepšia čistiteľnosť. Stroj svojim dizajnom zvyrazňuje prioritu trhu, ktorou je dôraz na funkciu. [6]



Obr. 2-4 Sortex F BioVision, Bühler [6]

VISORT, Visys Machine

VISORT je stroj navrhovaný v sektore práce so sušeným ovocím, založený na HSI NIR technológii kamery. Model je doplnený o digitálnu obrazovku. Napriek výrazne priznaným vnútorným komponentom pôsobí dizajn stroja vcelku čistým dojmom, a to vďaka zvoleniu jednoduchého dominantného kvádrového tvaru zakrytovania elektrickej rozvodne. Voľba rámu štvorcového profilu ohnutého v miernych uhloch v akejsi miere aj oživuje strohú konštrukciu. [7]



Obr. 2-5 VISORT, Visys Machine [7]

- Optické RGB a laserové triediace zariadenia:

NOVUS, Optimum Sorting

Na triedenie využíva zariadenie NOVUS laser a RGB kameru. Dizajnové riešenie je jedno z najideálnejších vzhľadom na jednoduchosť a čistotu jeho prevedenia. Veľmi jemné skosy, ohyby a štrbiny pozitívne dopĺňajú jeho výrazne jednoduchý základný tvar. Jeho priestorovo efektívne menšie rozmery prinášajú pre spracovateľa pozitíva a flexibilitu. [8]



Obr. 2-6 NOVUS, Optimum Sorting [8]

TOMRA 5C, TOMRA

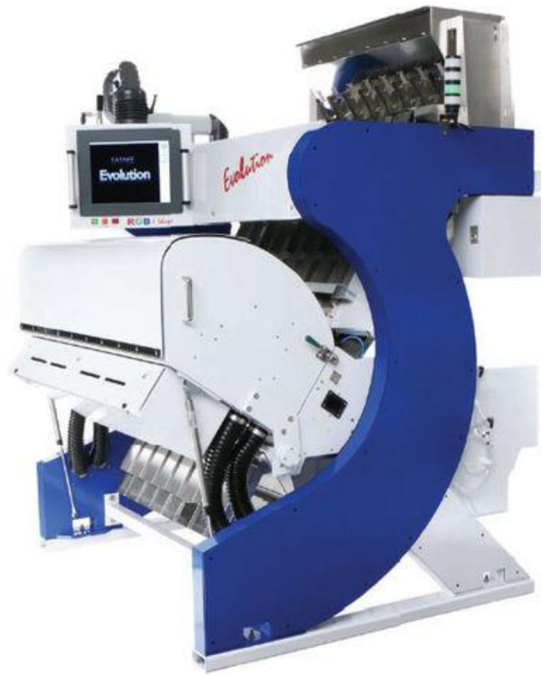
Triediaci stroj TOMRA 5C, ktorý pre triedenie využíva kombináciu kamier a laserov predstavuje doposiaľ najoriginálnejšie dizajnové riešenie, a to vďaka využitiu priehľadného PMMA. Aj napriek tomu, že celkové tvarovanie nie je zjednotené, je stroj povšimnuteľne dizajnovovo príjemný a premyslený, to všetko pri zachovaní si strojárskeho celkového dojmu. Svojím zmyslom pre detail, užívateľsky prívetivým rozhraním, ergonomickými parametrami a identitou značky spája estetiku s funkčnosťou. [4]



Obr. 2-7 TOMRA 5C, TOMRA [4]

EVOLUTION RGB optical sorter, Satake USA

Triedič EVOLUTION RGB využíva plnofarebnú kameru pre dosiahnutie najlepších výsledkov triedenia. Taktiež disponuje digitálnou obrazovkou, ktorá je však pohyblivá. Aj napriek tomu, že je na trhu už pár desiatok rokov, je dizajn veľmi pútavý a odvážny spomedzi konkurenčných strojov, či už farebne, materiálovo alebo ideovo. [9]



Obr. 2-8 EVOLUTION RGB optical sorter, Satake USA [9]

X – ray Ishida, GT PACK

X – ray Ishida je stroj z našich končín, firma sa zúčastnila veľtrhu so zameraním na technológie v potravinárstve SALIMATECH 2023, ide však o analyzér kvality produktu. Triedič je vskutku malý, a ako jedného z mála je jeho opláštenie z plastu. Farebný variant opláštenia pôsobí staromódnym dojmom. Rám stojí na konštrukcii z ohýbaných trubiek, čo tvorí pozitívne oživenie celkového dizajnu. Kvôli využitiu rôznych uhlov skosov miestami pôsobí prekombinovane. [10]



Obr. 2-9 X – ray Ishida, GT PACK [10]

Optical Color Sorting Machine For Nuts And Beans, Hefei Angelon Electronics Co., LTD. a Belt-Type InGaAs Nuts Color Sorter Machine, AMD

Optický triediaci stroj tohto typu si zakladá na RGB kamere s vysokorýchlostným CCD senzorom, sú typickými predstaviteľmi klasických triedičov, doposiaľ využívaným v menších podnikoch. Ide o jednoduchú strohú strojársku konštrukciu, s výrazným dôrazom na minimalizovanie výrobných nákladov. Zariadenie je zakrytované veľmi minimálne. Dizajn zdôrazňuje jeho priemyselný charakter. Vizuál s viditeľnými mechanickými komponentmi, ktoré vyvolávajú pocit spoľahlivosti a odolnosti. Uprednostnená je funkčnosť pred komplexnými vizuálnymi funkciami. [11; 12](https://www.amdsortex.com/nuts-color-sorter_c4) (https://www.angelon.com.cn/optical-color-sorting-machines-for-nuts-and-beans_p29.html)



Obr. 2-10 Optical Color Sorting Machine For Nuts And Beans, Hefei Angelon Electronics Co., LTD. [12]



Obr. 2-11 Belt-Type InGaAs Nuts Color Sorter Machine, AMD [11]

2.3 Technická analýza

2.3.1 Systém triedenia potravín

Digitálne resp. optické triediace systémy súčasnosti sú vyvíjané pre splnenie špecifikácií a požiadaviek odberateľov. Pri triedení sa dodržiavajú interné smernice spracovateľov a pokyny týkajúce sa riadenia kvality, ktoré vychádzajú zo štandardov USDA (US Department of Agriculture Standards). [13; 14]

Triedenie potravín predstavuje proces, pri ktorom sa od lúpaných či nelúpaných (shelled or unshelled) produktov odstraňuje **cudzorodý materiál** (foreign material FM, napr. plasty, sklo, kamene), **cudzorodá vegetatívna hmota** (extraneous vegetative matter EVM, napr. konáriky, škrapiny, blany, ošupie) alebo **produkty mimo špecifikácie** (out-of-specification OOS). [13; 14]

Rozlišujeme nasledovné základné typy triediacich zariadení v potravinárskom priemysle:

A. Mechanické a aerodynamické – napr. vibračné sitá a gravitačné, elektrostatické či magnetické separátory; fukáre atď.

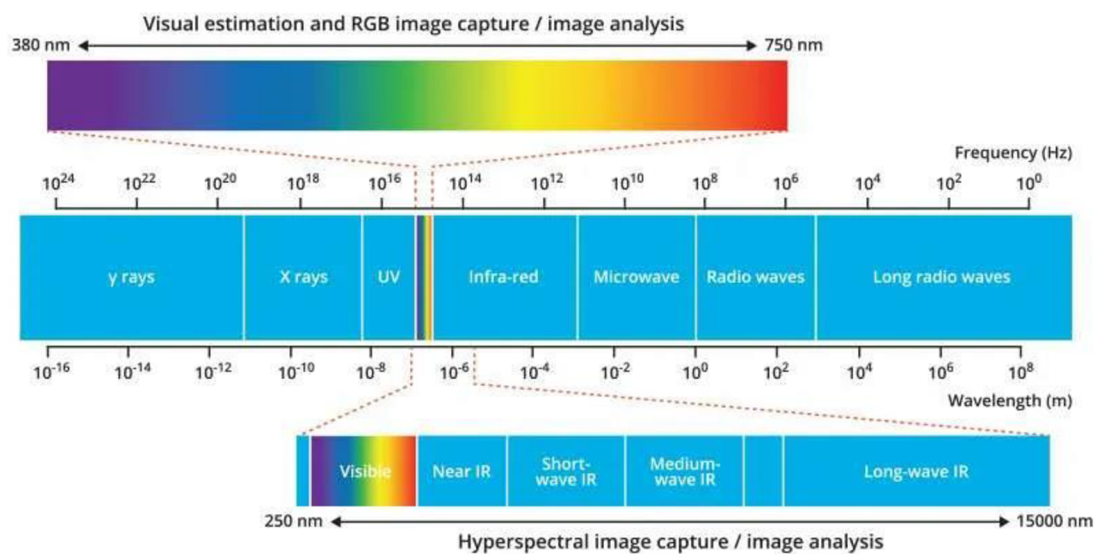
B. Optické (digitálne)

Ideálne celkové riešenie tvorí ich kombinácia, teda ak tradičné mechanické zariadenia eliminujú veľké množstvo FM a/alebo EVM ešte pred samotným optickým triedením. [14]

2.3.2 Základné delenie optických triediacich strojov

Optické (digitálne) triediace stroje využívajú optické senzory a rozličné zobrazovacie technológie pre triedenie produktov na základe ich charakteristík. Pri procese triedenia sa môže využívať **laser** a/alebo **kamera**, prípadne **optické filtre**, ktoré zužujú odrazené svetlo na špecifické vlnové dĺžky. Využívaná je plnofarebná, hyperspektrálna, či menej častá röntgenová, UV alebo IR kamera.

Optické triediace stroje rozlišujeme na základe typu zobrazovacieho systému pre kontrolu potravín:



Obr. 2-122-12 Hyperspectral imaging captures wavelengths from 250 nm to 15,000 nm and thermal infrared [15]

Laserové zobrazovanie

Laserové triediace stroje zachytávajú pomocou laserových snímačov údaje v UV, viditeľnom alebo IR rozsahu, v závislosti od druhu triedeného materiálu a sledovaných vlastností procesu triedenia. Využívajú sa primárne na detekovanie štruktúry, no sú tiež schopné detekovať aj chlorofyl či aflatoxíny vo vnútri produktu. To umožňuje ľahké triedenie rôznych rastlinných produktov, aj keď sú fyzikálne vlastnosti (napr. farba) cudzieho a pozorovaného produktu totožné. Rozpoznávajú teda vonkajšie a aj vnútorné defekty metriálu. [14; 16]

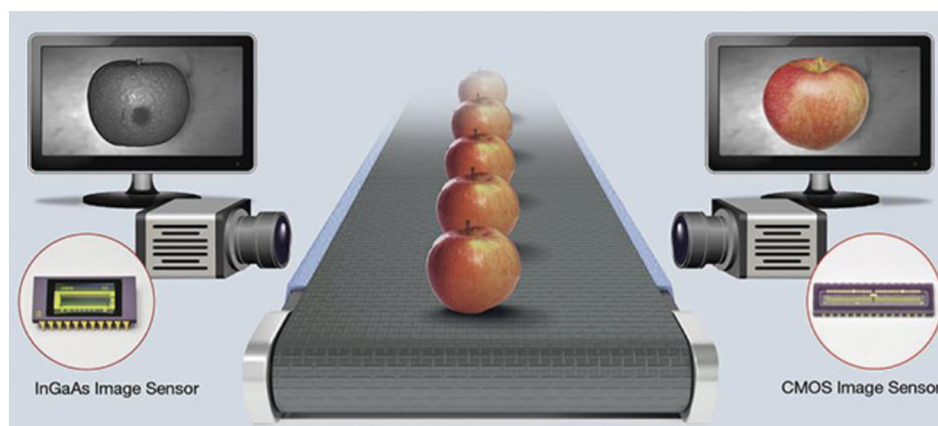
Farebné zobrazovanie

Farebné (viditeľné, RGB) zobrazovanie predstavuje typ multispektrálneho zobrazovania. Zachytáva údaje vo viditeľnom rozsahu 400 až 750 nm. Podobne ako ľudské oko, kamera vníma farbu prostredníctvom troch vlnových dĺžok – červená, zelená a modrá (RGB). Disponuje tak schopnosťou detekovať farbu, veľkosť a tvar, teda viditeľné (resp. povrchové) defekty – tj. identifikovať preliačiny, škrabance a plesne, zmeny farby, škvrnky, rozbité alebo rozštiepené produkty a produkty, ktoré nemajú požadovanú dĺžku, šírku, priemer či plochu.

Využívajú sa vysokorýchlostné kamery s tromi čipmi (disponujú tromi CCD alebo CMOS snímačmi), alebo trilineárne kamery (disponujú jedným snímačom s tromi citlivými riadkami). [17; 18]

Hyperspektrálne zobrazovanie

Hyperspektrálne zobrazovanie (HSI) je kombináciou zobrazovania a spektroskopie (spektroskopia nie je univerzálnou metódou vhodnou pre analýzu viaczložkových produktov, je vhodná iba pre homogénne materiály keďže pre poskytnutie informácie berie vzorku iba z jedného bodu). Pokrýva vlnové dĺžky od 250 nm až po tepelný rozsah (VNIR, NIR, SWIR, MWIR, LWIR a FIR), teda 15 000 nm. Často zachytáva údaje v rozsahu VNIR (400 až 1000 nm) alebo SWIR (900 až 1700 nm). Hyperspektrálne zobrazovanie zbiera údaje v nepretržitom spektrálnom rozsahu v stovkách vlnových dĺžok, na rozdiel od bežne využívaného multispektrálneho zobrazovania, ktoré získava informácie v jednotlivých odlišných vlnových dĺžkach. Zaznamenáva tak stovky dátových bodov súčasne, v porovnaní s tromi dátovými bodmi RGB kamery či jedným dátovým bodom pre každý laserový snímač. [14; 19; 20; 21]



Obr. 2-13 Odlišnosť medzi RGB a HSI zobrazovaním [Assesing food inspection techniq]

Keďže HSI predstavuje analytický nástroj spájajúci benefity zobrazovania kamerou a spektrometrom, je schopné detekovať ako aj fyzikálne vlastnosti, tak aj vnútorné chemické zloženie (makronutrienty) sledovaných produktov – hodnoty bielkovín, tukov, sacharidov a vody. Je schopné triediť na základe hustoty či odhaľovať hladinu chlorofylu či aflatoxínu. Využíva sa teda na detekovanie viditeľných a aj akýchkoľvek neviditeľných (resp. vnútorných) defektov.

HSI je schopné triediť na základe toho, že každý organický materiál absorbuje svetlo s rôznymi vlnovými dĺžkami elektromagnetického spektra na základe jeho zloženia. To umožňuje, aby mal každý materiál špecifický biologický „fingerprint“, podľa ktorého ho možno identifikovať. Pre rozsah SWIR sa využíva indium gallium arsenide (InGaAs) snímač, ktorý formuje tzv. hyperspectral cube. Pomocou line-scan kamery prebieha skenovanie riadok po riadku pri veľmi vysokých rýchlostiach, v jeden čas sa vyhodnocuje jeden riadok pixelov. [18; 19; 20; 22]

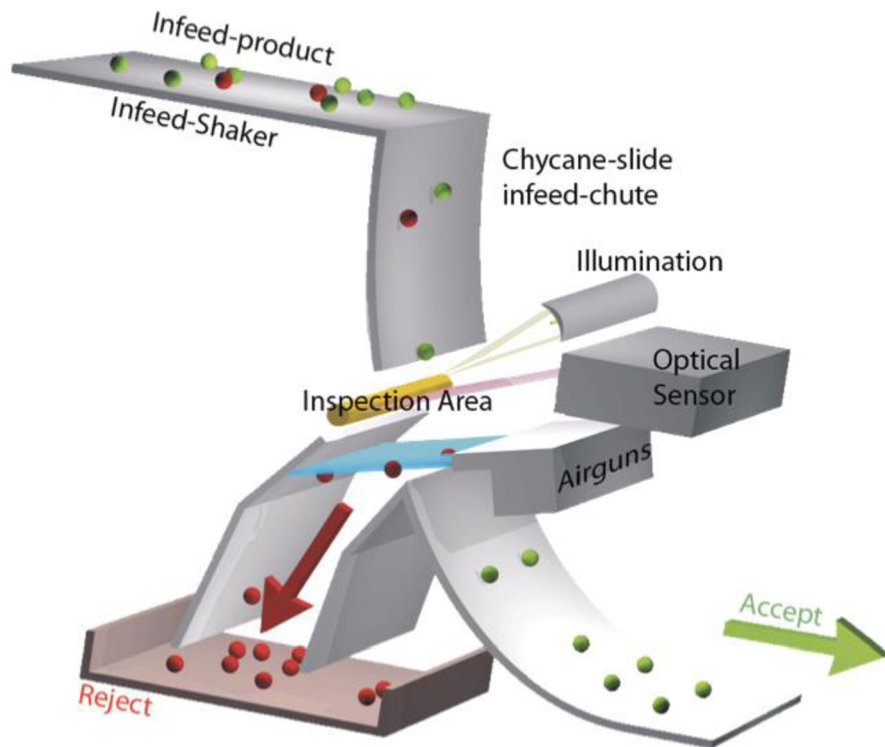
2.3.3 Základný princíp optického triedenia

Ešte pred samotným optickým triedením (presunutím produktu do oblasti kontroly) je umiestnený systém, ktorý zabezpečuje stabilizáciu, resp. rovnomerné rozloženie produktu na dopravnom páse alebo žľabe. Na základe toho rozlišujeme triediace stroje podľa mechanického prevedenia:

- Vodopádové (Waterfall),
- Žľabové (Chute-fed),
- Pásové triediče (Belt-fed).

Pásové triediče stabilizujú produkt na dopravnom páse, kontrola produktu prebieha zhora. [14]

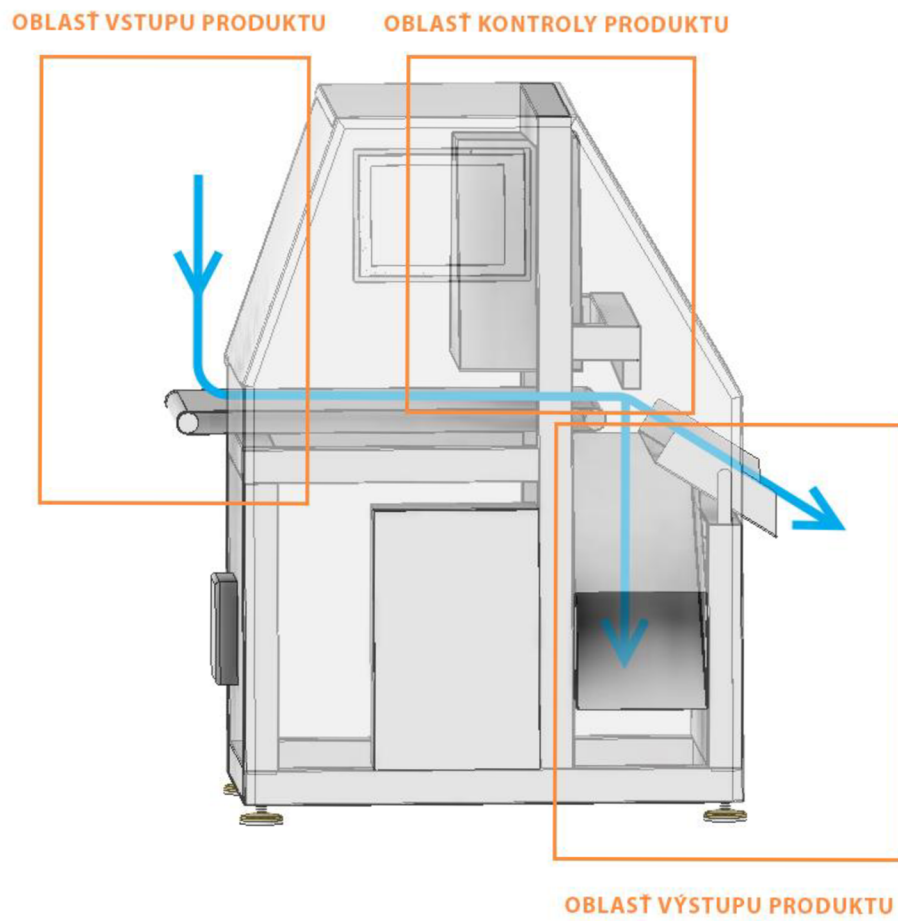
Konkrétny typ triedenia, tzn. optické triedenie produktov malých rozmerov (napr. orechov) v potravinárstve prostredníctvom pasového triediaceho stroja, na ktorý je zameraná bakalárska práca, môže fungovať na nasledovnom princípe.



Obr. 2-142-14 Patented Chycane Chute working principle [4]

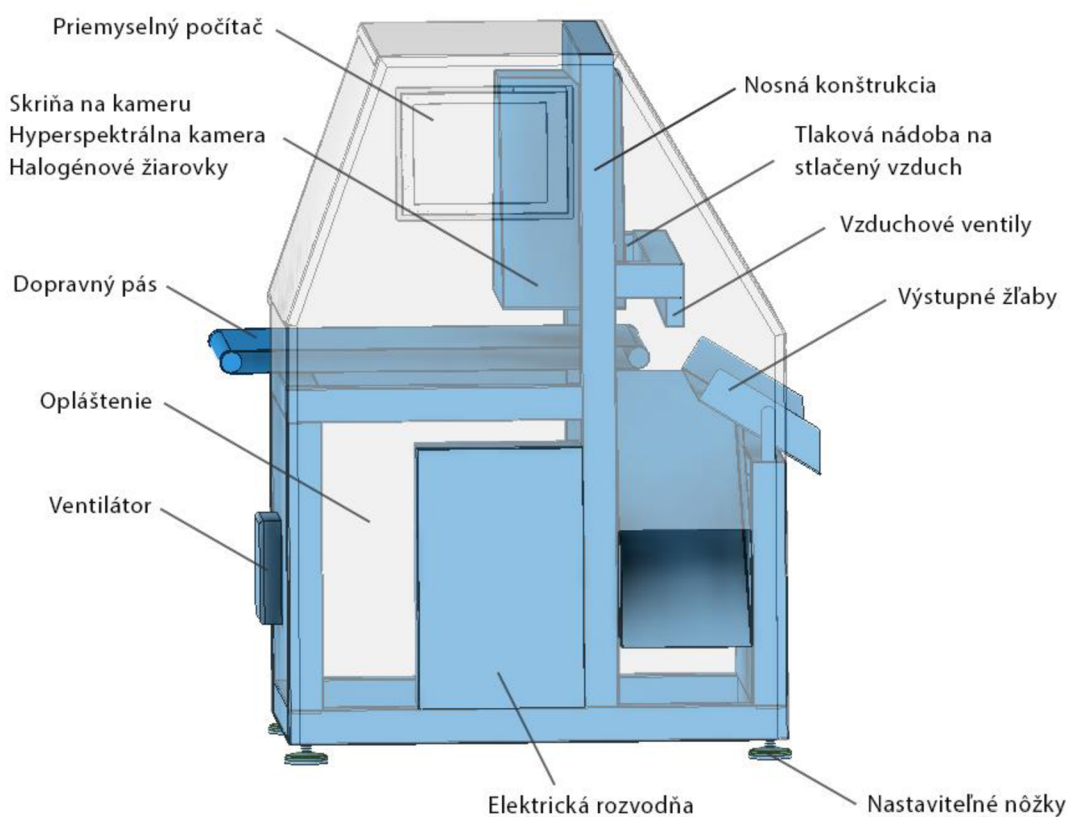
Vstupný produkt je dopravným pásmom presunutý do oblasti kontroly. Strategicky umiestnený optický systém skenuje kontrolované produkty, a to pri správnych svetelných podmienkach. Základný princíp spočíva v osvetlení produktu svetelným zdrojom (resp. laserovým lúčom) a analýze svetla (lúčov), ktoré sa odrazí z produktu späť. Na základe podnetov, zaznamenaných pomocou optického senzoru, prebieha vyhodnocovanie riadiacim systémom (počítačom). Softvér na spracovanie obrazu porovnáva objekty na páse podľa predom definovaných parametrov. Výsledkom vyhodnotenia je pokyn na aktiváciu vzduchových trysiek, ktoré mieria na žiadaný produkt. Separačný systém odstreľovania stlačeným vzduchom (air ejection) je vhodný práve pre malé produkty. [23; 18]

Jedná sa o tzv. „two-way sorting“, čo znamená že celkový objem vstupného produktu je nakoniec pretriedený do akceptovaného a odmietnutého prúdu, kedy je väčšinou nutné, aby produkt prešiel cez ten istý triediaci stroj viackrát, pričom odstráni FM a EVM v prvom prechode a triedi produkt podľa farby, veľkosti a/alebo tvaru počas nasledujúcich prechodov, aby produkt nebol OOS. [14]



Obr. 2-15 Smer procesu triedenia a oblasti stroja Walso HSI, Krapco

2.3.4 Základné komponenty



Obr. 2-16 Základné schematizované komponenty stroja Walso HSI, Krapco

Opláštenie

Opláštenie zariadenia vytvára prvotný dojem, preto je z hľadiska dizajnu najdôležitejší. Zväčša ide o ohýbané alebo rovné, oceľové alebo nerezové plechy spojené mechanickými rozoberateľnými alebo nerozoberateľnými spojmi (napr. zvaranie). Taktiež zvyknú byť tieto plechy aj brúsené.

Nosná konštrukcia

Konštrukcia predstavuje nosnú časť stroja, na nej sú umiestnené všetky čiastkové komponenty. Môže byť vyrobená z rôznych kovových materiálov, no najčastejšie je tvorená pozváranými dutými štvorhrannými oceľovými profilmi (tzv. joklami) s hrúbkou zaručujúcou dostatočne vysoké hodnoty pevnosti. Zvyčajne sa jedná o hrúbku 2-3 mm.

Dopravný pás

Je dôležité, aby dopravníky využívané v potravinárskom priemysle prihliadali na požiadavky noriem a princípy hygienického dizajnu, keďže sa vyskytujú v priamom kontakte s potravinou. Skupina EHEDG odporúča používať pásy z termoplastického elastoméru (TPE) a konštrukciu z nehrdzavejúceho materiálu. [24]

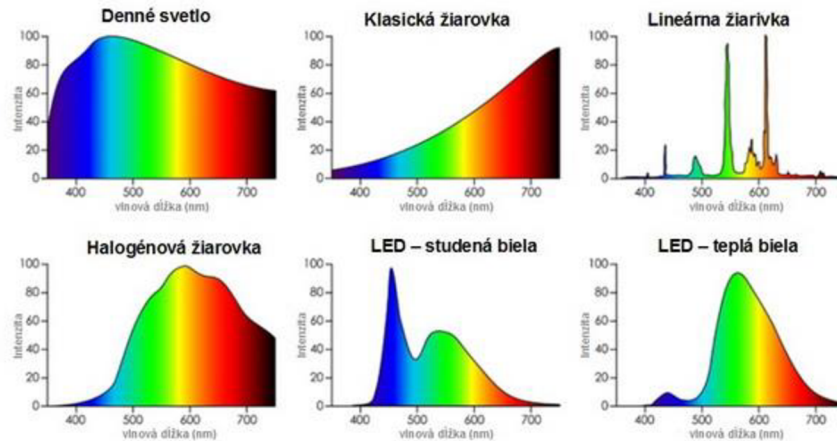
Farebné riešenie pásu dopravníka je dôležité hlavne pri triedení pomocou optických triediacich strojov s RGB kamerami. V prípade využitia hyperspektrálneho zobrazovania, farba dopravníka nehrá rolu. Konkrétna rýchlosť pohybu pásu a taktiež aj samotné rozmery pásu (dĺžka, šírka, hrúbka) sa navrhujú na základe typu produktu a požadovaného taktu, tzn. spracovanie určitého objemu za požadovaný čas.

Optický senzor

Na digitálne triedenie orechov sa využívajú rôzne typy zobrazovacích technológií, ako bolo spomenuté v kapitole 2.2.1. Z konštrukčného hľadiska je kamera a riadiaca jednotka kamery umiestnená pomocou držiaku na kameru, v skrini na kameru.

Osvetlenie

Ideálne osvetlenie je jedným z kľúčových faktorov pre dosiahnutie požadovaných výsledkov procesu optického triedenia. Pri použití v potravinárskom priemysle je vhodné, aby sa umelý svetelný zdroj neprehrieval a aby bol trvanlivý. Pri hyperspektrálnom triedení je najvhodnejšie využívať prirodzené svetlo, no v praxi sú využívané halogénové svetlá (prípadne LED svetelné diódy či termálne zdroje), keďže sú jeho najprirodzenejšou náhradou. Každý druh svetelného zdroja vyžaruje určitú charakteristickú vlnovú dĺžku zo škály viditeľného farebného spektra (viď. Obr. 2-17). Cieľ by mal byť konštantne osvetlený a svetlá by mali mať spektrálne odozvy, ktoré odpovedajú rozsahu vlnových dĺžok kamery. Konštrukčne sú umiestnené v tzv. držiaku na svetlá, ktorý je pripevnený o tzv. skriňu na kameru. [25; 26]



Obr. 2-172-17 Špecifické vlnové dĺžky [25]

Chladič

Chladič alebo ventilátor je komponentom s dvomi základnými funkciami. Prvou je samotné chladenie kamery alebo počítača a druhou je prečisťovanie priestoru v tzv. skrini na kameru. Čistenie priestoru medzi kamerou a pozorovaným produktom je dôležité najmä kvôli usádzaniu nečistôt (prachu) na šošovku objektívu kamery, čím je obmedzená rozlišovacia a vyhodnocovacia schopnosť riadiacej jednotky kamery.

Nastaviteľné nôžky

Optické triediace stroje sú montované na podlahu alebo plošinu s využitím nastaviteľných nôh, pre prispôbenie sa špecifickým požiadavkám spracovateľa a operátora. Táto časť je protišmyková a väčšinou jediná, ktorú tvorí aj nekovový materiál, a to plast alebo guma.

Pracovná plošina

Pri potrebe umiestnenia zariadenia na vyvýšenú konštrukciu alebo pracovnú plošinu, je potrebné poskytnúť operátorovi rovnocenné podmienky, ako keby sa zariadenie nachádzalo na podlahe, a to buď prostredníctvom externého rebríka alebo schodov pripevnených priamo k plošine, a taktiež voľbou správneho rozmeru zabezpečiť dostatočnú zornú vzdialenosť od ovládačov a zdieľovačov, resp. obrazovky a tlačítok.

2.3.5 Materiálové riešenie a hygienický dizajn

Hygienický dizajn pomáha zaistiť nielen vysokú kvalitu spracovaných produktov, ale taktiež chráni značku spracovateľa tým, že nedôjde k prípadnej kontaminácii a nutnému stiahnutiu výrobkov z trhu. Základným dôvodom uplatňovania zásad hygienického dizajnu je zabrániť kontaminácii (zníženie rizika bakteriálneho rastu a krížovej kontaminácie) potravinárskych výrobkov.

Medzi vybrané princípy hygienického dizajnu podľa smernice č.8 „Hygienic design principles“ od EHEDG patrí napríklad kontrola krížovej kontaminácie, odolnosť komponentov voči vode a prachu, zachovanie hladkých povrchov a prechodov, zabezpečenie čistiteľnosti a prístupnosti ku všetkým komponentom, či voľba vhodného materiálu. [27]

Na základe noriem ČSN EN 1672-2 a ČSN EN ISO 14159, ktoré sa týkajú hygieny a bezpečnosti zariadení použitých v potravinárskom priemysle, rozdeľujeme oblasti strojného zariadenia a súčastí stroja na potravinovú oblasť, oblasť vystrieknutia a nepotravinovú oblasť.

Požiadavky na konštrukčné materiály v nepotravinovej oblasti podľa normy ČSN EN ISO 14159 [28]:

- *„musia byť odolné proti korózii alebo musí byť materiál upravený (napr. povlakovaním, náterom) tak, aby odolával ako účinkom produktu, tak aj prostriedkom pre čistenie/dezinfekciu; pokiaľ je materiál povlakovaný, povlakovanie musí byť dobre priľnavé;*
- *musia byť neabsorpčné;*
- *nesmú kontaminovať produkt alebo mať iné nepriaznivé účinky na produkt.“*

Taktiež platia všeobecné požiadavky, a to: *„Materiály musia byť vhodné pre ich predpokladané používanie. Povrchy materiálov a povlaky musia byť trvanlivé, čistiteľné, a ak je to nevyhnutné schopné dezinfekcie, bez lomov, odolné proti tvorbe trhlin, praskaniu, odlupovaniu, erózii, korózii a odratiu a musí byť zamedzené prenikaniu nežiaducich látok pri predpokladanom používaní.“*

Kovové materiály používané na konštrukciu zariadení v potravinárskom priemysle sú dostupné v širokej škále. „*Ich výber je ovplyvnený hodnotami napätia, ktorému je kov vystavený a jeho odolnosťou voči korózii, obrobiteľnosťou, tvárnosťou, zvarateľnosťou, tvrdosťou a cenou.*“ [27]

Plastové materiály je taktiež možné využiť na konštrukciu zariadení v potravinárskom priemysle. Skupina EHEDG tvrdí, že môžu mať oproti nehrdzavejúcej oceli výhody ako napr. nižšie náklady, nižšia hmotnosť, odolnosť proti opotrebovaniu či lepšia chemická odolnosť. Ich použitie sa riadi legislatívou (napr. podľa Nariadenia Komisie (EÚ) č. 10/2011). Spekané plasty, napr. niektoré typy PTFE alebo PEEK, však môžu byť porézne a ťažko čistiteľné. [27]

3 ANALÝZA PROBLÉMOV A CIEĽ PRÁCE

3.1 Analýza problémov, interpretácia a zhodnotenie poznatkov z rešerše

Dizajn existujúcich optických hyperspektrálnych triediacich strojov je najčastejšie strohý, bez výrazného zásahu čo sa týka estetiky. Je podriadený funkcii a minimalizácii finančných nákladov, nie je mu vo fáze vývoja venovaná dostatočná pozornosť. Z toho vyplýva, že celkové tvarovanie je jednoduché, na rozdiel od klasických optických a laserových technológií, kde je povšimnuteľné, že sú z hľadiska dizajnu na vyššej úrovni práve kvôli tomu, že sú na trhu omnoho dlhšie. Pre vnútornú konštrukciu optického triediaceho zariadenia nie je podstatné, aký typ kamery využíva. Z hľadiska dizajnu je však znalosť konkrétneho zobrazovacieho systému dôležitá najmä kvôli tomu, že keďže sa hyperspektrálna technológia začala využívať pre triedenie iba pred pár rokmi, predstavuje tak novinku na trhu a úprimným dizajnom možno práve na túto skutočnosť poukázať. To vytvára možnosť nápaditým originálnym dizajnom vyniknúť medzi konkurentmi na trhu.

V potravinárskom priemysle je potrebné, aby boli jednotlivé časti zariadenia špecificky modifikované čo sa týka materiálov a konštrukcie tak, aby spĺňali všetky potrebné (hygienické) normy a boli uspokojené potreby spracovateľov a spotrebiteľov. Je dôležité akceptovať princípy Hygienického dizajnu a teda zabezpečiť jednoduché a účinné čistenie a údržbu zariadenia, rovnako ako aj jednoduchú demontáž potrebných častí opláštenia. Prevládajúcim materiálom súčasnej produkcie je nehrdzavejúca oceľ, ktorá spĺňa požiadavky noriem. „*Nehrdzavejúce ocele sú logickou preferenciou v rámci kovových konštrukčných materiálov používaných pre proces mokrého čistenia. Konkrétna zliatina však závisí od aplikácie.*“ [27]

3.2 Ciele práce

Cieľom práce je navrhnuť originálny výtvarne – technický koncepčný dizajn optického hyperspektrálneho triediaceho zariadenia na orechy, s prihliadnutím na ekonomické, hygienické, estetické a ergonomické aspekty.

- originalita a inovácia – využitie a kombinácia menej používaných materiálov pre technológie v potravinárstve, vnesenie estetického aspektu do strojárskeho prostredia

- ekonomické aspekty – tj. minimalizovanie nákladov výrobcov technológií a šetrenie pracovnej plochy spracovateľov – použitie čo najmenšieho množstva materiálu pri zabezpečení jednoduchšej montáže
- hygienické aspekty – tj. jednoduchá a efektívna údržba a čistenie – aplikácia EU noriem a princípov Hygienického dizajnu
- estetické aspekty – úprimný dizajn vzhľadom k miere inovácie a dobe vývoja, vyzdvihujúci unikátnosť využitia HSI technológie a akceptujúci cieľové skupiny
- ergonomické aspekty – akceptovanie potrieb operátora výroby pri pracovnej polohe v stojí

3.3 Cieľová skupina

Cieľovú skupinu predstavujú majitelia spracovateľských potravinárskych závodov, ktorí si financujú kúpu technológií (resp. chod závodu) buď sami, alebo z externých zdrojov, kedy sú do obchodného vzťahu zapojení aj investori. Tí tak isto predstavujú skupinu potencionálnych zákazníkov. Rozdiel je v tom, že spracovatelia sú zainteresovaní, väčšinou sa vyznajú v technológii a vedia presne, čo potrebujú. Prioritu kladú na funkciu. Investori sú väčšinou menej zainteresovanými a do biznisu prispievajú výlučne iba finančnými prostriedkami, prioritným je pre nich výzor. Obe skupiny sú vo vekovej kategórii 40+, je im teda bližší konzervatívnejší dizajn, čo však neznamená, že nie sú otvorení inováciám.

V neposlednom rade je potrebné dbať aj na požiadavky samotných operátorov výroby, ktorí budú danú technológiu obsluhovať.

USER STORY vytvorená na základe persón:

- Ako spracovateľ orechov, chcem na svojom novo kúpenom stroji hlavne spoľahlivo triediť orechy a chcem aby stroj vizuálne zapadol medzi ostatné stroje v mojej výrobe.
- Ako investor chcem, aby stroj do ktorého som investoval nemalo peňazí, vyzeral reprezentatívne a zodpovedajúco svojej hodnote, aby o tom všetci hovorili.
- Ako operátor výroby chcem jednoducho, pohodlne a rýchlo vykonávať všetky manipulačné úkony.

3.4 Základné parametre a legislatívne obmedzenia

V potravinárskom priemysle prevláda snaha o finančnú efektívnosť, o minimalizovanie nákladov všetkých článkov, od výrobcov technológií až po zákazníkov – spracovateľov orechov. Ide teda o minimalizovanie použitého materiálu a taktiež výrobného priestoru v spracovateľskom závode. Rozmery zariadenia by sa preto mali pohybovať v čo možno najmenších hodnotách, v rozmedzí približne 1000 x 1500 x 1700 mm, na základe východiskových rozmerov zariadenia Walso HSI od spoločnosti Krapco. Stroj je zasadený do priemyselného prostredia, do spracovateľských závodov potravinárskeho priemyslu. Celková výška, tak isto ako pozícia výstupných žľabov či využitie digitálnej obrazovky, sa líši na základe špecifických potrieb zákazníka.

Zariadenia by mali spĺňať tie najnáročnejšie hygienické a bezpečnostné normy a tiež medzinárodné štandardy EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group) či FDA (U.S. Food and Drug Administration).

Pre voľbu konštrukčných materiálov v rámci dodržania hygienických princípov v potravinárskom priemysle je dôležité prihliadať na nasledovné normy a odporúčania:

EN 1672-2:2005+A1:2009 Food processing machinery – Basic concepts – Part 2: Hygienic Requirements

ISO 14159:2002 Safety of machinery – Hygiene requirements for the design of machinery

EHEDG smernica č.8 – „Hygienic design principles“

Ďalej požiadavky medzinárodných štandardov pre potraviny a nariadenia pre materiály v priamom kontakte s potravinami podľa Nariadenia Komisie (EÚ) č. 10/2011, či požiadavky na bezpečnosť nových strojných zariadení podľa smernice EU parlamentu a Rady 2006/42/ES spolu s návrhom ochranných opatrení podľa ČSN EN ISO 12100 a požiadavky na celkové prevedenie elektrického zariadenia stroja podľa ČSN EN 60204-1 ed. 3.

V rámci zachovania bezpečnosti a predídeniu poškodeniu ľudského organizmu v dôsledku nadmerného pôsobenia hluku by mali byť dodržané nasledovné normy:

Akustické stanovenie hladiny akustického výkonu DS/EN ISO 3746:2010

Akustika - hluk vydávaný strojmi a zariadeniami DS/EN 11201:2010

3.5 Použité výrobné technológie, možný trh a cena

Pri použití nehrdzavejúcej ocele ako konštrukčného materiálu, existujú určité možné technologické procesy. Oceľový plech je možné spájať zvaraním, deliť laserom, ohýbať či lisovať. Povrchová úprava môže byť napr. povlakovanie či brúsenie. [29]

V prípade použitia plastových materiálov, ako napr. polykarbonátu či akrylátu, je možné využiť metódu vstrekovania do foriem (injection moulding) či vákuové lisovanie (vacuum forming). Dosky je možné ohýbať a tlakovo či vákuovo tvarovať a lepiť v hranách aj s inými materiálmi. Pre niektoré komponenty je taktiež možné využiť technológiu 3D tlače. [29]

Zariadenie je využívané v technickej praxi, v potravinárskych výrobách. Predpokladá sa s priemyselnou výrobou v stovkách kusov. Cena strojov na rovnakej technologickej úrovni sa pohybuje okolo 100 000 € s DPH. Jedinečnosť zariadenia a široká možnosť využitia by umožnila vstúpiť na medzinárodný trh a poskytovať efektívnejšie riešenia vo výrobnom a potravinárskom priemysle. Keďže sú konkurencieschopné triediace riešenia potrebné pre priemysel v akejkolvek časti sveta, predpokladaná je úspešnosť tohto zariadenia na medzinárodnom trhu.

4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU

Variantné návrhy vznikali postupne, hľadáním správneho balansu medzi množstvom použitého materiálu a funkcionalitou. K riešeniu variantných návrhov bolo pristupované formou postupného pridávania použitého konštrukčného materiálu, a to z ekonomických, hygienických, montážnych či priestorových dôvodov.

Pre udržanie si jasnej predstavy počas procesu dizajnovania bol vytvorený moodboard tvorený zástupcami rozličných technológií a vybraných prvkov (viď. Obr. č. 4-1). Primárny zdroj inšpirácie pre tvorbu variantných návrhov predstavuje horizontálny pohyb produktu po dopravnom páse.



Obr. 4-1 Moodboard

4.1 Variant I

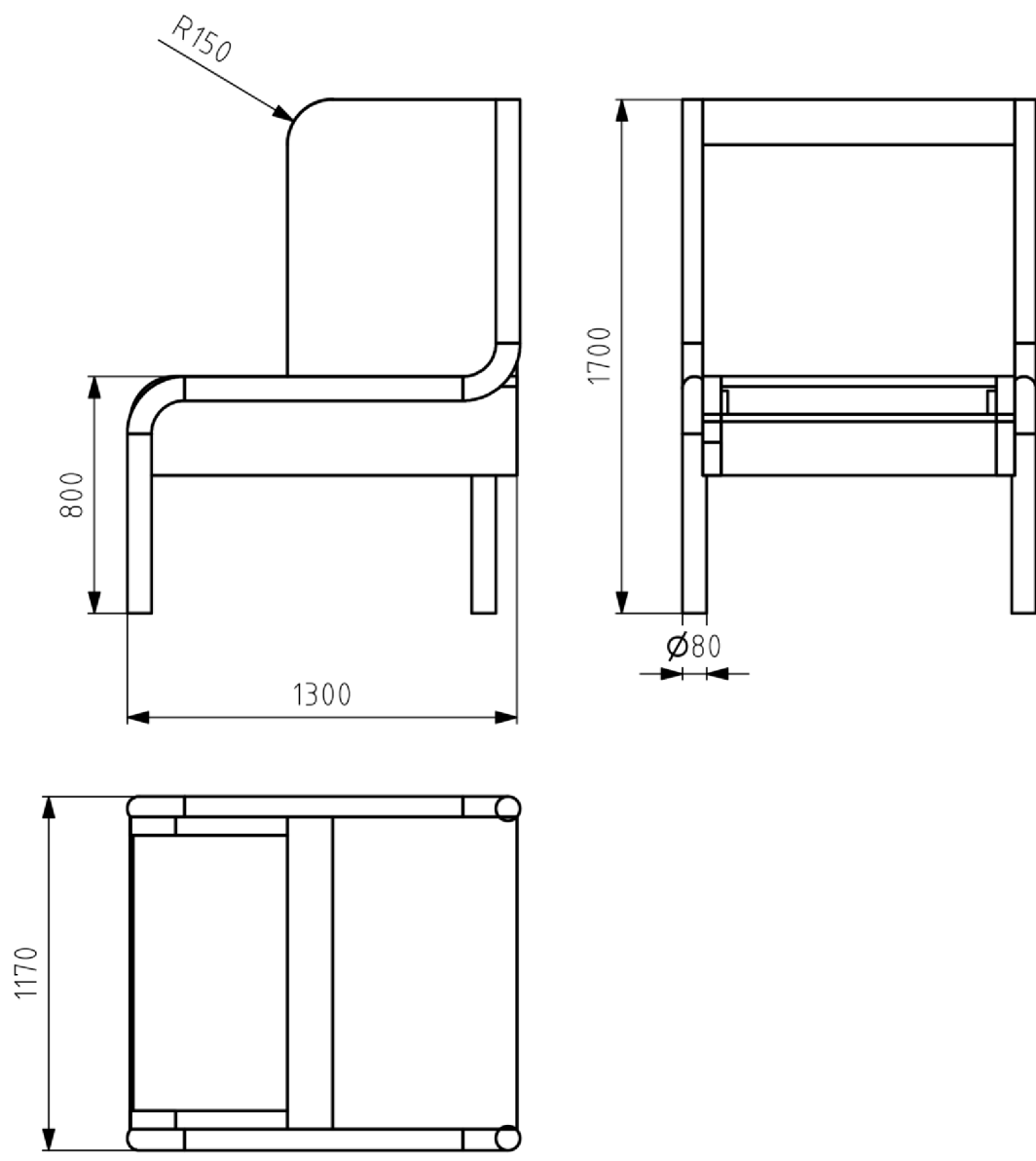


Obr. 4-2 Variant I

Tvarovanie prvého variantu je inšpirované horizontálnym smerom pohybu produktu po dopravnom páse zľava do prava. Nosná konštrukcia s kruhovým prierezom koreluje so zaoblením v dominantnej časti tela zariadenia.

Predstavuje najekonomickejšiu a priestorovo najmenšiu verziu zakrytovania. Dopravník a konštrukcia je priznaná a kompletne všetky komponenty sú umiestnené a zakrytované vo vrchnej časti, čo prináša možnosť minimalizovať materiál, rozmery a v maximálnej možnej miere znížiť výrobné a montážne náklady.

Ide o najširší variant, kvôli najširšiemu rozmeru pása a v súvislosti s tým aj najvyššie položenej kamere, vďaka čomu je možné pretriediť väčší objem produktov. Ponúka flexibilitu v rámci umiestnenia stroja v závode tým, že výstupné žľaby sú až následne externe špecificky umiestnené podľa potrieb spracovateľa, alebo spracovateľom samotným.



Obr. 4-3 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant I

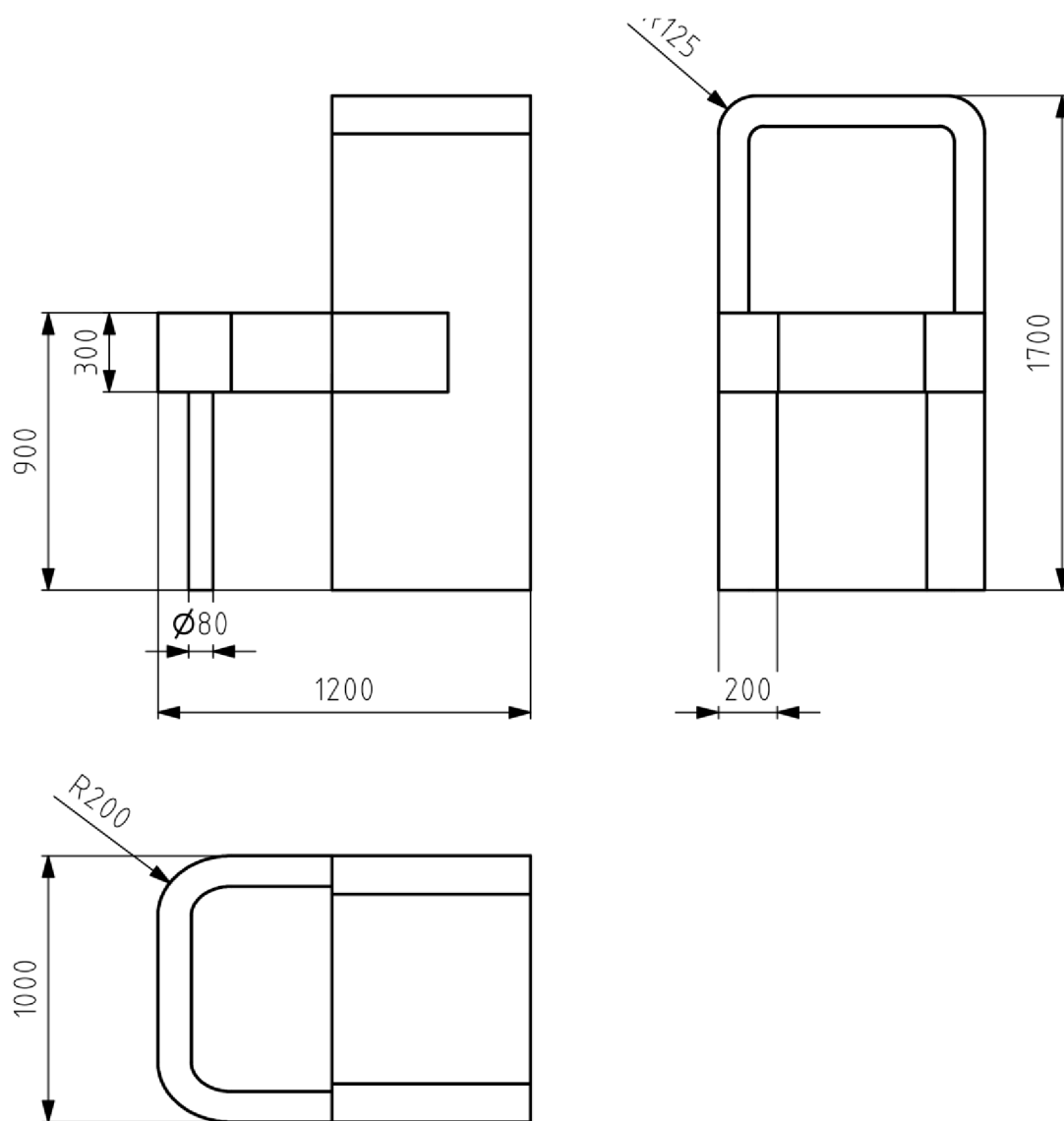
4.2 Variant II



Obr. 4-4 Variant II

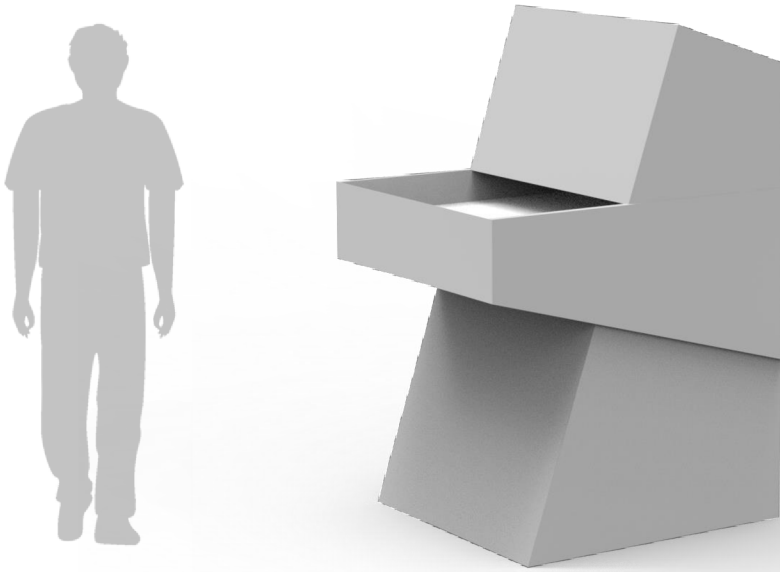
Dizajn zakrytovania zariadenia je inšpirovaný motívom portálu či brány, ktorou prechádzajú produkty a po prejení ňou sa stanú z neroztriedených roztriedené. Je taktiež inšpirovaný horizontálnym smerom pohybu produktu. Jednotlivé časti na seba nadväzujú ich organickosťou.

Ide o čiastočne zakrytovaný variant, s výrazne priznaným dopravným pásom a prednou konštrukciou. Takmer všetky komponenty okrem elektrickej skrine sú podobne, ako pri predošlej variante, umiestnené vo vrchnej časti. Šírka spodných častí tela dominantnej časti dizajnu zodpovedá šírke elektrickej rozvodne, sú tu ale konkrétne riešené žľaby výstupu. Celková šírka zariadenia sa nachádza na pomedzí dvoch ďalších variantných návrhov.



Obr. 4-5 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant II

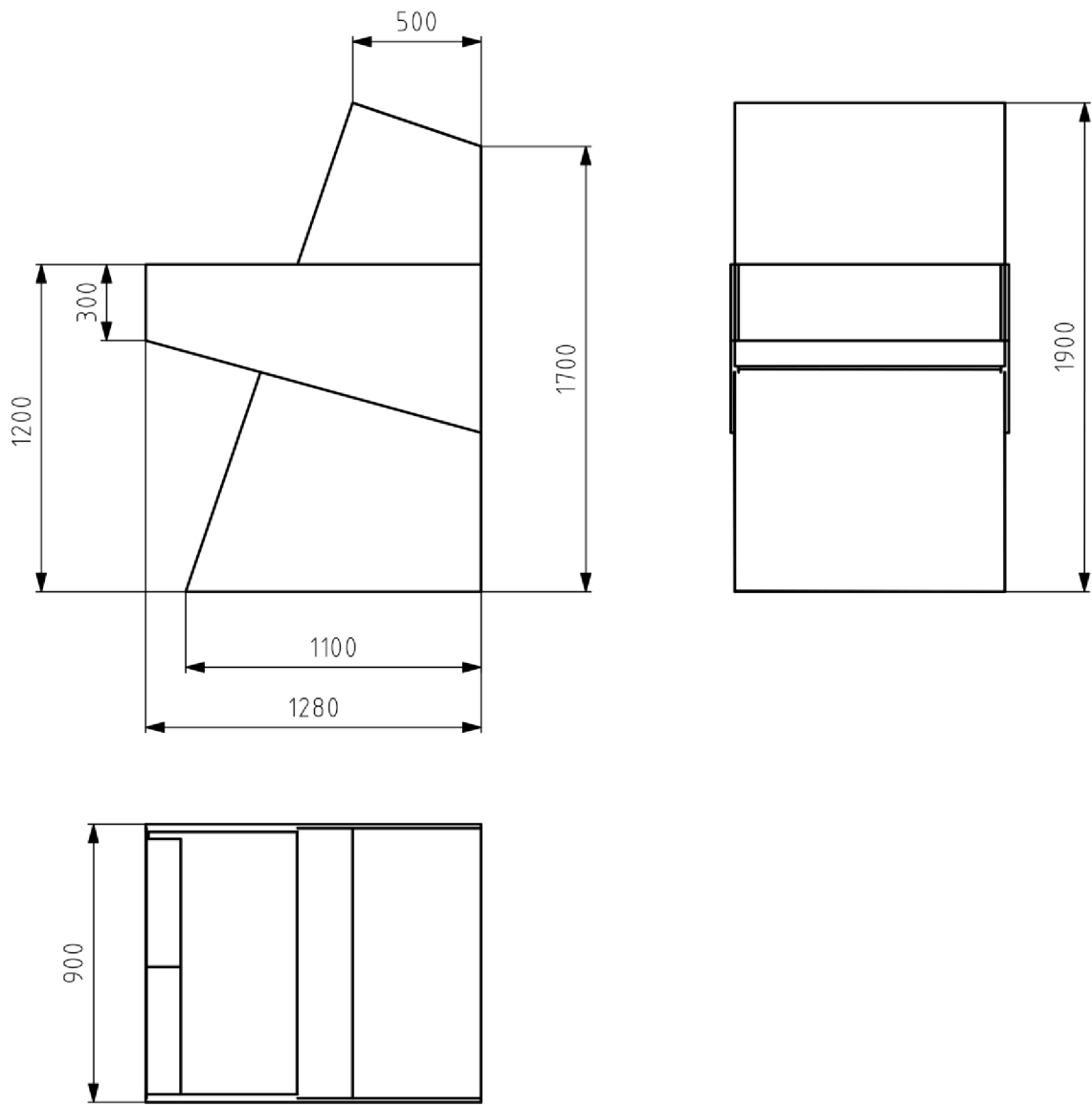
4.3 Variant III



Obr. 4-6 Variant III

Dizajn je inšpirovaný ako vizuálnou identitou spoločnosti Krapco, tak aj prostredím spracovateľských závodov, keďže je výrazne hranato tvarovaný.

Tretí variant je kompletne zakrytovaný, taktiež s výraznou oblasťou vstupu, resp. dopravníkom v nadväznosti na celkové tvarovanie zariadenia. Výrazný prvok tvorí mierne odsadenie rovnobežné s vrchným skosením zariadenia, ktoré vizuálne zjednocuje celkový dojem. Ide o najvyšší a najužší variant, keďže je k dispozícii dostatok priestoru pre komponenty v spodnej časti stroja, a tiež dostatok priestoru pre riešenie výstupných žľabov.



Obr. 4-7 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant III

5 TVAROVÉ RIEŠENIE



Obr. 5-1 Finálne tvarové riešenie – pohľad zpredu



Obr. 5-2 Finálne tvarové riešenie – pohľad zozadu

Finálne riešenie dizajnu optického hyperspektrálneho triediaceho stroja je syntézou prvkov jednotlivých variantných návrhov.

Dominantný tvar vychádza z pravouhlého lichobežníka, pričom uhol skosenia predstavuje 20° , čo korešponduje s uhlom videnia hyperspektrálnej kamery, a smer skosenia v zostupnom smere odzrkadľuje pohyb produktu zľava do prava. Vo vrchnej časti je mierne zaoblený, čím evokuje akúsi bránu alebo portál a taktiež zjemňuje celkový dojem, ktorý by inak pôsobil príliš ostro. Aj napriek zaobleniam, zariadenie svojim celkovo hranatým dojmom vizuálne zapadá do technického prostredia spracovateľských závodov.

Jedna strana lichobežníka je v oblasti vstupu produktu vizuálne zvýraznená využitím odlišného materiálu, dymového PMMA, čím je odľahčené celkové pôsobenie. Oblasť vstupu vystihuje ihlan, resp. zakrytovanie prednej časti dopravníka, ktorý svojím tvarovaním navádza na „nasypanie“ resp. vstup produktu. Svetelný prvok lemujúc charakteristický tvar, je situovaný s rešpektovaním pomeru zlatého rezu, poukazuje na horizontálny smer pohybu produktu po dopravnom páse a pokračuje až do vrchnej časti zariadenia. Oblasť výstupu predstavuje mierny výbežok z tela zariadenia.

Hlavnou inšpiráciou je vizuálna identita spoločnosti Krapco, ktorá je charakteristická mnohouholníkmi a logotypom so zaoblenými hranami (viď. obr).



Obr. 5-3 Vizuálna identita spoločnosti Krapco

6 KONŠTRUKČNO-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE

6.1 Implementácia

Pri implementovaní zariadenia do automatizovanej veľkovýroby je pre dosiahnutie najlepších výsledkov triedenia, bezprostredne pred vstupom do samotného stroja ideálne umiestniť nerezový pasový vibrátor, ktorý vytvorí rovnomerné medzery medzi jednotlivými kontrolovanými produktami.

Výstupný pretriedený produkt vychádza zo zariadenia väčšinou do veľkoobjemových tkaninových vakov, tzv. big-bagov s nosnosťou (maximálnym zaťažením) do 1000 kg a zväčša s rozmermi 1000 x 910 x 910 mm, ktoré sú zavesené na stojane. S tým prichádza potreba umiestniť oblasti výstupu vyššie, a teda umiestniť celé zariadenie na pracovnú plošinu. [30]



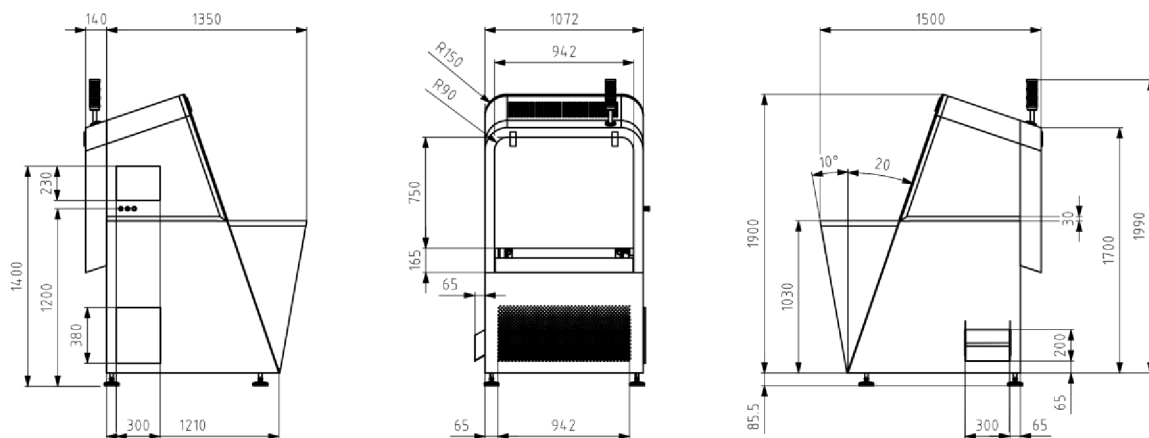
Obr. 6-1 Implementácia Sorpro HSI – pohľad spredu



Obr. 6-2 Implementácia Sorpro HSI – pohľad zozadu

6.2 Rozmerové riešenie

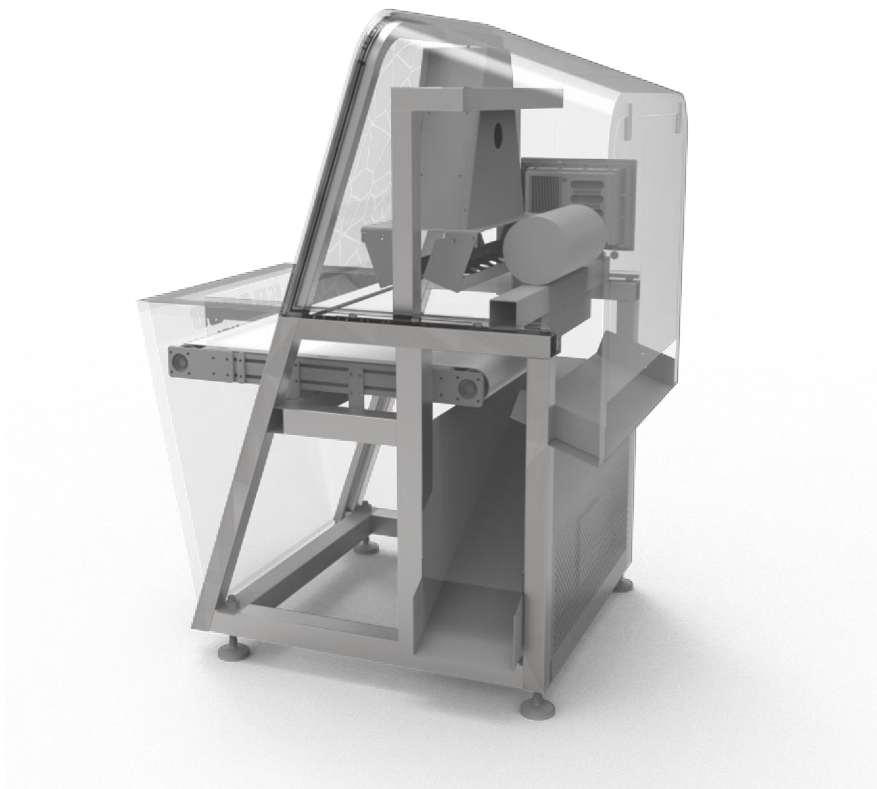
Rozmery optického triediaceho zariadenia boli navrhnuté s rešpektovaním priemernej výšky dospelého muža (179 cm), pričom vychádzajú zo základných rozmerov zariadenia Walso HSI. Pri umiestnení zariadenia na vyvýšenú plošinu vychádza výška plošiny približne z výškového rozmeru vreca big-bag, od podlahy bude vyvýšená o 1000 mm.



Obr. 6-3 Rozmerové riešenie 1:20 – Finálny variant

6.3 Vnútorne mechanizmy a komponenty

Komponentmi determinujúcimi dominantný tvar zariadenia sú dĺžka a šírka dopravného pásu, výška a poloha kamery voči vzduchovým ventilom, rozmery výstupných žľabov. Konštrukcia zariadenia umožňuje jednoduchú integráciu do existujúcich výrobných liniek. Vyznačuje sa kompaktným pôdorysom a všestrannými možnosťami polohovania, čo umožňuje efektívne využitie priestoru a hladké začlenenie do rôznych výrobných prostredí. Vnútorne komponenty sú totožné s komponentami zariadenia Walso HSI.



Obrázok 6-4 Vnútoré komponenty - pohľad zozadu



Obrázok 6-5 Vnútoré komponenty - pohľad spredu

6.4 Materiálové riešenie

Na základe analýzy použiteľných materiálov v rámci kapitoly 2.2.5 je dominantným materiálom pre finálne riešenie stroja nehrdzavejúca oceľ, ktorá je doplnená časťami z akrylátových dosiek PMMA s hrúbkou 8 mm , v spodnej časti matného dymového a v hornej časti lesklého čireho prevedenia s grafickým prvkom – matnou nálepkou. Táto oceľ je rozšírenou a teda aj ekonomicky výhodnou materiálovou voľbou pre konštrukciu technológií v potravinárskom priemysle, oba materiály taktiež rešpektujú znenia noriem a odporúčaní EHEDG.

Pre opláštenie, ako aj všetky oblasti stroja, ktoré sú v priamom kontakte s potravinou, sú využité oceľové plechy s hrúbkou 1 mm, s hodnotou drsnosti $Ra=0,4 \mu\text{m}$ dosiahnutou povrchovou úpravou leštením pre dodržanie princípov hygienického dizajnu. Dominantné lichobežníkové tvarovanie pozostáva zo dvoch plechov, horný plech je tvaru menšieho nepravidelného štvoruholníka a spodný plech tvaru väčšieho pravouhlého lichobežníka. LED pások vizuálne oddeľuje tieto dve časti, je vložený do hliníkového tvárneho profilu s matným plastovým difúzorom.

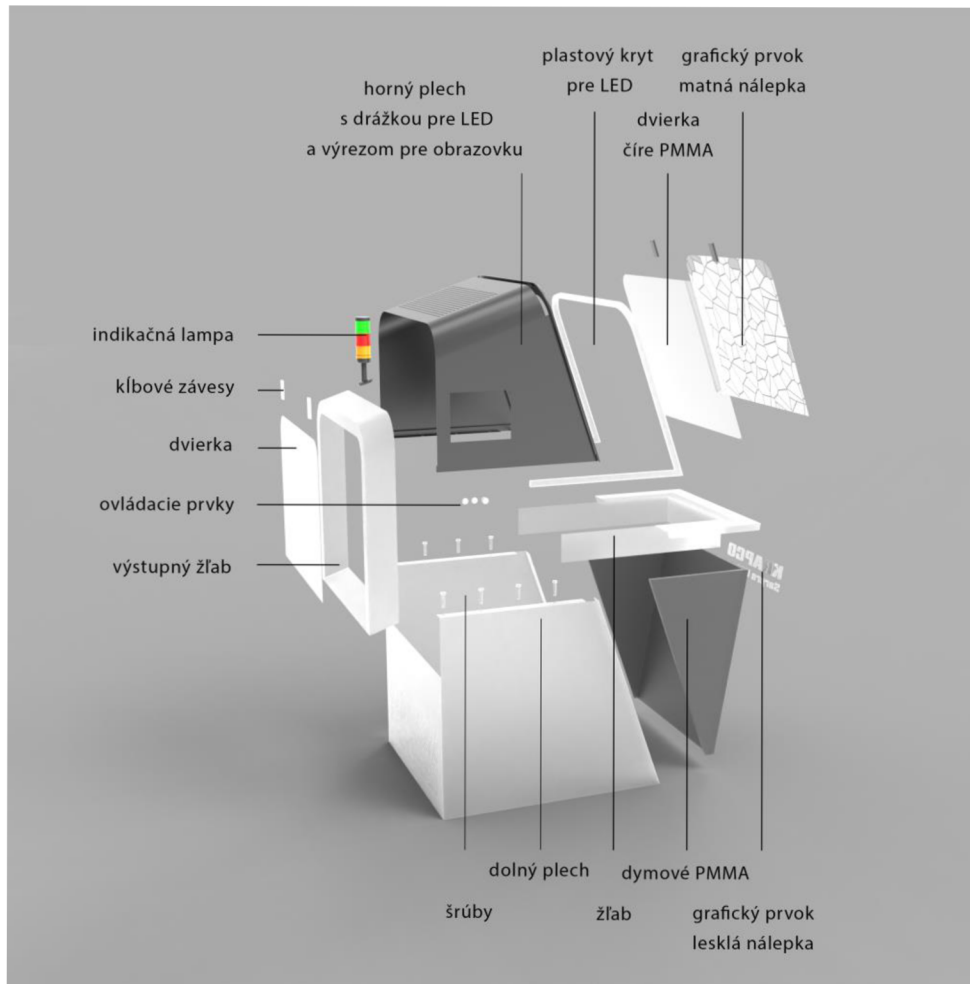
6.5 Technológia

Nosnú konštrukciu tvorí pozváraný rám z jaklových profilov 80x80x2 (65x65x2) mm, vo vrchnej časti z profilov menších.

Horný plech je ohýbaný pre dosiahnutie požadovaného lichobežníkového zaobleného tvarovania a s povrchovou úpravou čiernením, ktoré poskytuje antikoróznny a esteticky príjemný povrch z nehrdzavejúcej ocele. Dolný plech je laserovo delený a je s horným plechom spojený rozoberateľne v oblasti prechodu horného plechu do spodného plechu tela. Oba dva plechy sú spojené skrutkami dohromady a sú tým uchytené na hliníkový profil ktorý tvorí hlavnú kostru. Bočné spomínané plechy sú s čelným plechom, ktorý je laserovo vyrezaný do požadovaného tvaru, spojené zvaraním metódou TIG, pre dosiahnutie čo najviac vizuálne príťažlivého prevedenia hrany. Pre vloženie LED svetelného prvku je v hornom plechu vytvorená drážka ohýbaním a vyrezaním časti prislúchajúcej oblasti ohybu plechu. [31]

Akrylátové dosky sú pre dosiahnutie ihlanového tvaru lepené v hranách, a s vnútornou hranou plechu tela triediaceho zariadenia spojené voľným posuvným uložením, kde plexisklo zapadá do drážky a je sklopené pod rovnakým uhlom ako hlavné telo stroja. Tento spoj je sám o sebe držaný silou gravitácie a pri odmontovaní horného krytu môže byť zdvihnuté a vysunuté smerom nahor.

Pre zníženie výrobných nákladov je možnosť využiť 3D tlač s vhodne zvolenými materiálmi s požadovanými pevnostnými vlastnosťami, pre tlač vnútorných komponentov zariadenia, ktoré nie sú v priamom kontakte s potravinou (napr. ložiskové domčeky na dopravnom páse).



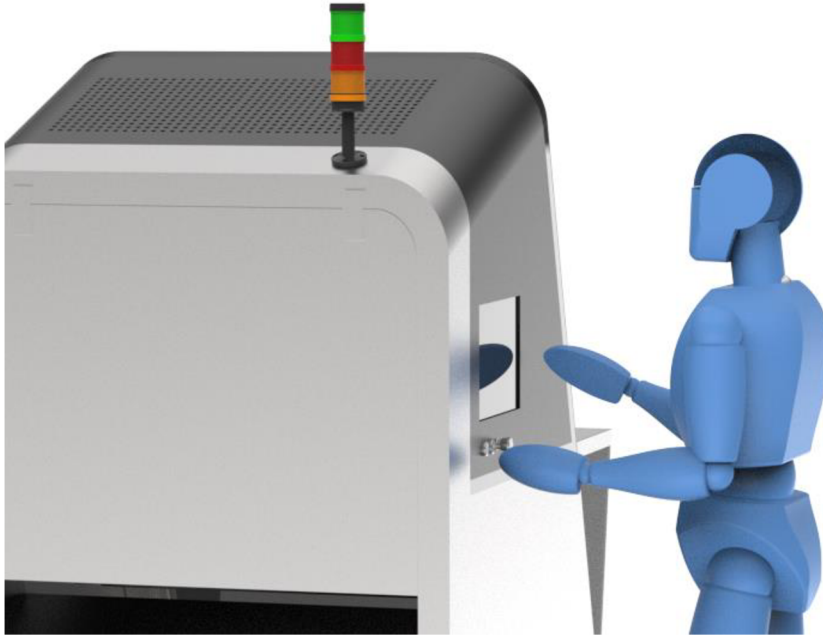
Obr. 6-4 Vonkajšie komponenty

6.6 Ergonómia

Na základe rozhovoru so zástupiteľmi spoločnosti Krapco, zariadenie funguje v zabehnutej veľkovýrobnej prevádzke autonómne, k jeho prevádzke je postačujúci jeden operátor, ktorý je však väčšinou potrebný iba na uvedenie triediaceho zariadenia do chodu, resp. ukončenie jeho činnosti po skončení triediaceho procesu, pokiaľ tento úkon nie je vyriešený centrálné. Operátorské činnosti, pri uvažovaní pracovnej polohy v stoji, v súvislosti s manipuláciou so strojom (napr. nastavenie programu alebo ladenie stroja, pred triedením je taktiež potrebné vykonať tzv. referenciu bieleho odrazu) sa pohybujú v časovom rozmedzí 10–15 min. Krátke nastavenie požadovaného programu bezprostredne po uvedení triediaceho zariadenia do režimu čakajúceho na spustenie prevádzky môže byť vykonané buď operátorom výroby prostredníctvom digitálnej obrazovky priemyselného počítača, alebo kvalifikovanejším pracovníkom nahrať program z USB kľúča a načítaním jeho obsahu priamo do riadiacej jednotky.

6.6.1 Umiestnenie vizuálnych zdeľovačov

Digitálna dotyková obrazovka predstavuje akúsi pridanú hodnotu v rámci celkového dojmu a ako bolo poukázané na základe rešerše existujúcich technológií (viď. kapitola 2.2), disponuje ňou takmer každý triedič. Okrem možnosti pohodlného nastavenia programu má taktiež aj informačnú funkciu. Počas procesu triedenia poskytuje operátorovi rôzne informácie napr. o správnosti fungovania vzduchových ventilov. Ak ňou zariadenie disponuje, je nutné brať ohľad na zorné podmienky operátora a teda na ideálne výškové umiestnenie, ktoré zodpovedá odporúčanej hodnote vzdialenosti hornej hrany obrazovky od podlahy, a to 1400 mm a rešpektuje osu pohľadu pri stoji. Operátorovi je taktiež prostredníctvom plošiny s dĺžkou minimálne 6250 mm zabezpečená dostatočná zorná vzdialenosť medzi obrazovkou a okom, a to minimálne 350 mm.

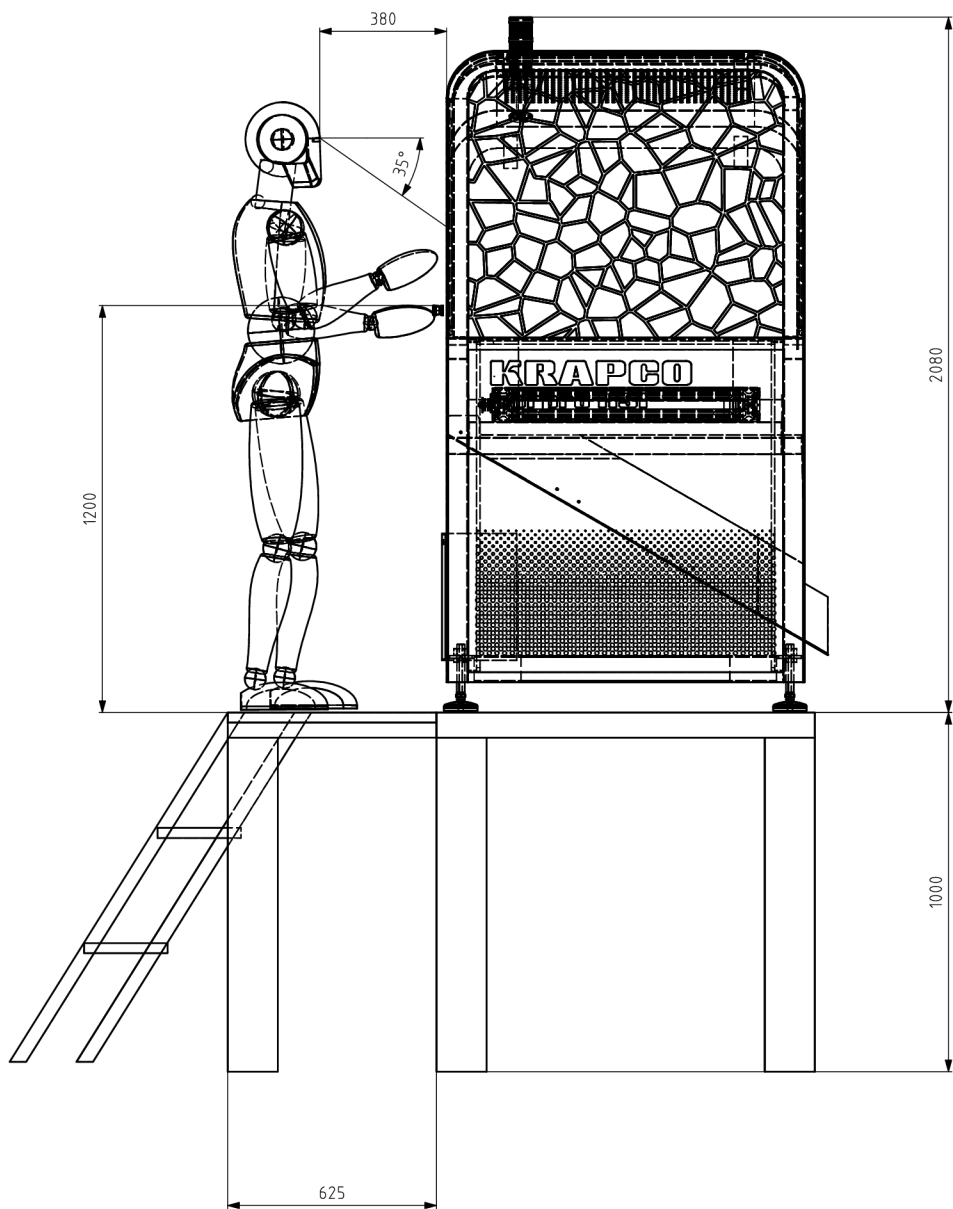


Obr. 6-5 Detail interakcie so zdelovačmi a ovládačmi

Pre upozornenie operátora pri prípadnej poruche či inom probléme je nutné umiestniť indikačnú lampu (indicator lamp) na najvyššie miesto, tak aby bola viditeľná pre operátora. Funkciu indikačnej lampy podporuje a umocňuje svetelný prvok tvorený pásom LED diód (viď. Kapitola 7.1.2), ktorý je zakrytovaný. Je umiestnený v hornej časti zariadenia z rovnakých dôvodov.

6.6.2 Umiestnenie ovládačov

Dĺžka plošiny taktiež zabezpečuje dostačujúci pohybový a manipulačný priestor, vzdialenosť pre pohodlný prístup ku kontaktným stískacím tlačítkam ON a OFF, a otočnému prepínaču Emergency stop, pri úchope 3 prstami. Operátor tak môže jednoducho obsluhovať stroj pri využití minimálnej námahy resp. práce vykonanej rukami vďaka umiestneniu ovládačov do úrovne manipulačnej roviny pre ľahkú montáž, a to 1200 mm od podlahy. Ich umiestnenie pod zdelovačmi zároveň zodpovedá smeru riadenej funkcie, a rešpektuje pravidlo následnosti pohybov, ich farby zodpovedajú nariadeniam noriem.



Obrázok 6-6 Rozmerové riešenie 1:20 so zameraním na ergonomické parametre

6.7 Bezpečnosť a hygiena

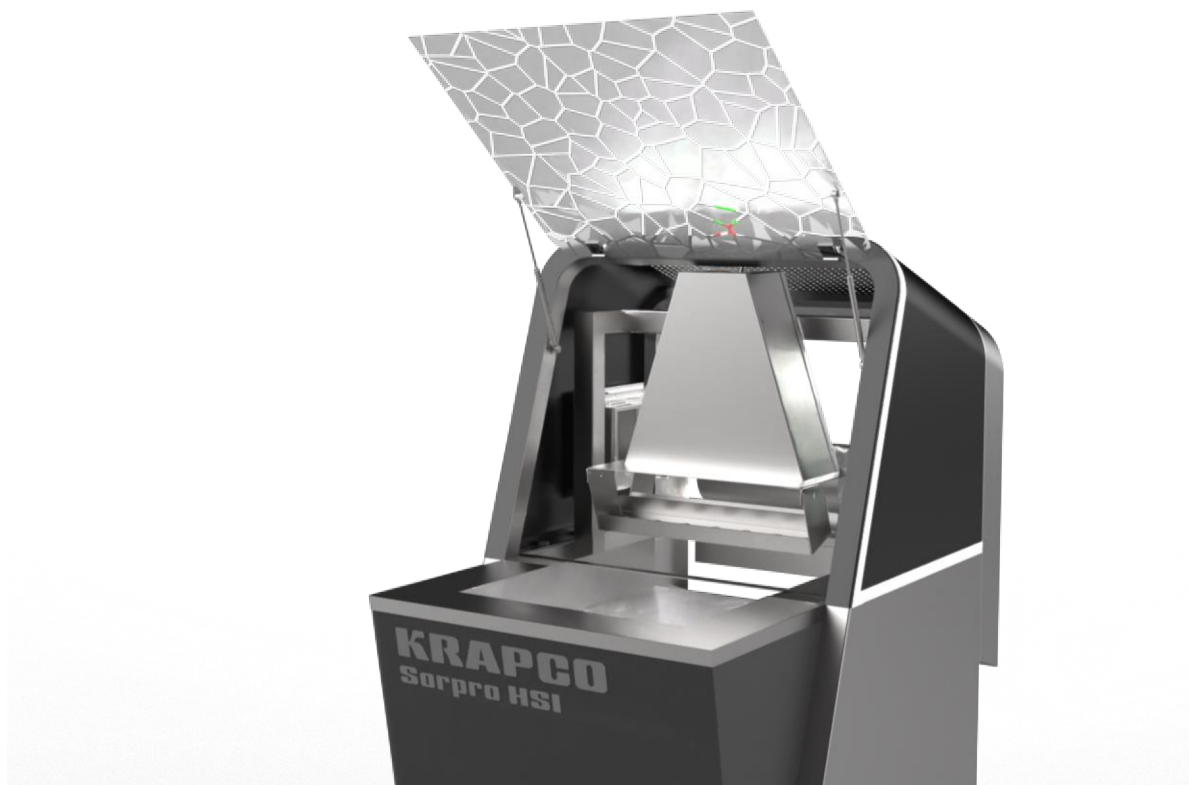
Voľbou varianty s kompletným zakrytovaním všetkých komponentov má zariadenie potenciál pre dosiahnutie najvyššej možnej bezpečnosti. Jednoduchá čistiteľnosť a údržba je okrem jednoduchej prístupnosti zabezpečená aj hladkými leštenými plochami plechov, minimalizovaním štrbín a horizontálnych plôch či dostatočným priestorom medzi komponentami.

V prípade potreby disponovať možnosťou pohodlného mokrého tlakového čistenia napr. vysokotlakovým čističom, či možnosťou odolnosti voči vode a prachu kompletne všetkých častí zariadenia, je potrebné zabezpečiť krytie IP 68 pre všetky elektronické komponenty zariadenia, napr. výberom vhodného zakrytovania kamery, priemyselného počítača či vhodnej skrine elektrickej rozvodne.

6.7.1 Prístup ku vnútorným komponentom

Finálne riešenie zabezpečuje rýchly a jednoduchý prístup do vnútra stroja pre údržbu a vizuálnu kontrolu resp. servis prostredníctvom toho, že je možné v prednej a zadnej hornej časti jednoducho otvoriť plochy opláštenia. Tým je zabezpečený prístup ku všetkým dôležitým komponentom, pri ktorých je potenciál na čistenie či údržbu/výmenu, hlavne pre čistenie dopravného pásu.

Otváracie dvierka totožného tvarovania, pripevnené o opláštenie nerezovými pántami resp. dvoma kľbovými závesmi sú rozmerov 40x60 mm. Dvierka v prednej časti stroja slúžia prioritne na údržbu kamery, dvierka v zadnej časti poskytujú prístup ku všetkým ostatným komponentom, ako je dopravný pás a jeho motor, vzduchové ventily, tlaková nádoba na vzduch a pod.



Obr. 6-6 Prístup ku vnútorným komponentom – pohľad spredu



Obr. 6-7 Prístup ku vnútorným komponentom – pohľad zozadu

6.8 Udržateľnosť

Halogénové žiarovky majú síce oproti klasickým žiarovkám vyššiu životnosť, no spomedzi ostatných komponentov stroja majú životnosť najkratšiu, a to 2000 hodín. Tie sú v EÚ od roku 2018 zakázané, sú však kľúčové pre správne fungovanie HSI kamery, preto je potrebné ich z mimoeurópskych krajín dovážať. Druhým komponentom, ktorý je najviac náchylný na výmenu je guma dopravného pásu, keďže orechy predstavujú abrazívny materiál.

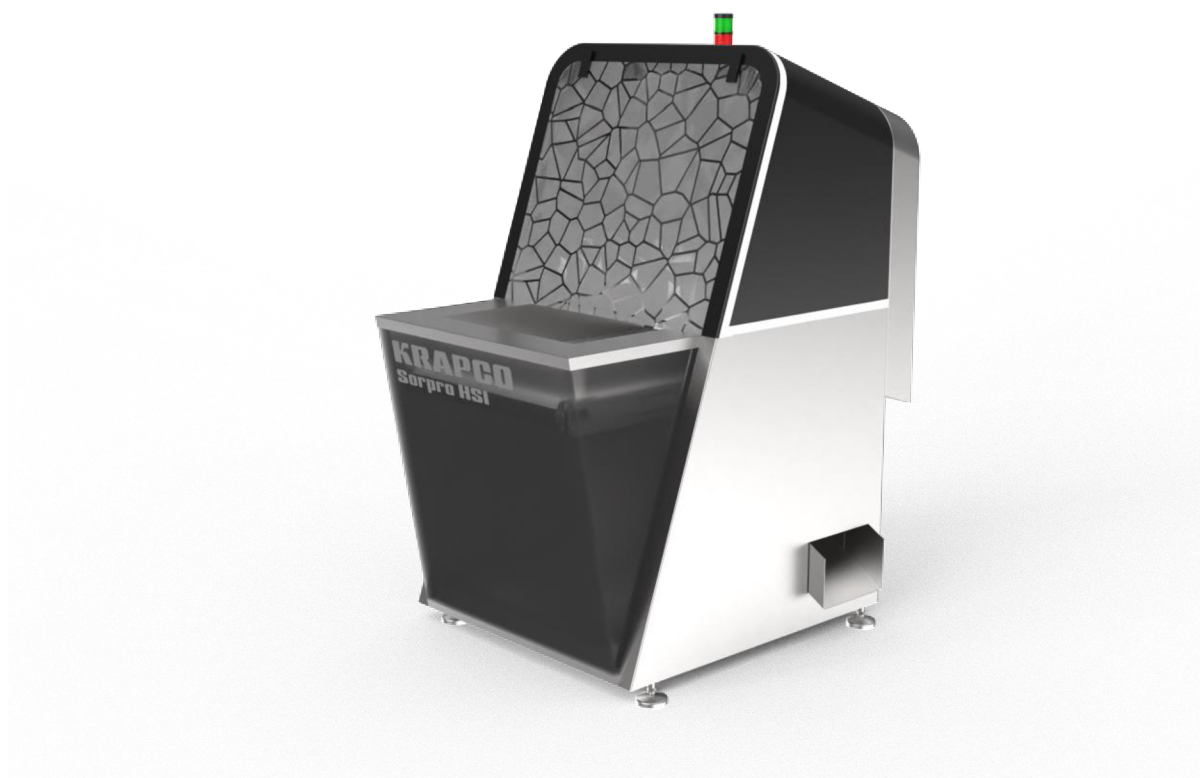
Materiálom s najvyšším zastúpením je nehrdzavejúca oceľ, pričom plechy sú recyklovateľné a po niekoľko desiatok rokov nevyžadujú výmenu. Z hľadiska udržateľnosti ide v súčasnosti o najideálnejší materiál, v porovnaní napr. s konštrukciami ktoré sú vyhotovené z ocele podliehajúcej korózii, ktoré vo výraznej miere podliehajú korózii omnoho skôr, aj vďaka tomu že tieto konštrukcie zvyknú byť povrchovo upravené nátermi či lakovaniami. PMMA je ako plast taktiež recyklovateľný.

7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE

7.1 Farebné riešenie

Finálny variant je riešený v kombinácii svetlých a tmavých tónov sivej farby, teda svetlými plechmi z nehrdzavejúcej ocele v prirodzenom odtieni a akrylátovými doskami tmavosivej farby odtieňa RAL 9004 Signal Black. Sorpro HSI využíva farebnosť konzervatívnejšej tlmenej farebnej palety. Tieto zemité tóny ladia s industriálnym prostredím a prispievajú k nadčasovej a úžitkovej estetike. Kontrast medzi kovovým leskom a transparentnosťou vytvára vizuálne výrazný efekt a pomáha zvýrazniť špecifickú oblasť vstupu produktu do stroja, čím uľahčuje pochopenie jeho funkčnosti.

Nehrdzavejúca oceľ sa často spája s čistotou a hygienou, ktorá je v potravinárskom priemysle kľúčová. Jej použitie pri konštrukcii stroja môže vyvolať pocit dôvery a spoľahlivosti, pokiaľ ide o bezpečnosť potravín, a uistiť operátorov a spotrebiteľov, že zariadenie je navrhnuté tak, aby zachovávalo vysoké štandardy čistoty.



Obr. 7-1 Farebné riešenie finálneho variantu

7.1.1 Farebné a materiálové varianty

Prvý variantný návrh finálneho riešenia je dominantne tvorený plechmi z leštenej nehrdzavejúcej ocele, a stranu z oblasti vstupu tvoria dymové PMMA dosky v odtieni Azure blue RAL 5009. Kombinácia ocele a farebného akrylátového skla môže dodať dizajnu stroja živý a pútavý prvok, vďaka čomu je vizuálne prítiažlivý a atraktívny. Použitie farieb môže prispieť k pozitívnej a energetickej atmosfére v prostredí spracovania potravín, čím sa zlepši celková používateľská skúsenosť a atmosféra na pracovisku. Aj napriek tomu, že tento variant je najodvážnejším spomedzi ostatných, práve modrý odtieň najvernejšie odzrkadľuje vizuálnu identitu spoločnosti Krapco.



Obr. 7-2 Farebný variant č.1

Druhý variantným návrhom je prevedenie PMMA v prírodnom odtieni podobnom orechu, teda Beige RAL 1001. Vďaka využitiu nevýrazného jemného zemitého tónu stroj zapadá do industriálneho prostredia, pričom pôsobí nerušivo a zároveň veľmi zaujímavo a príjemne. Tento odtieň je možné využiť aj v rámci farebnosti svetelného prvku pre označenie stavu monitorovacieho, keďže nekoliduje so znením noriem a predpisov.



Obr. 7-3 Farebný variant č.2

Tretí variant je najkonzervatívnejší, pôsobí veľmi svetlo a pozitívne. Dominantné plechy sú doplnené bielym dymovým PMMA v odtieni Pure White RAL 9010. Biela je často spájaná s čistotou a hygienou, vďaka čomu je vhodnou voľbou pre aplikácie v potravinárskom priemysle. Taktiež podporuje pocit priestrannosti a otvorenosti, vďaka čomu stroj pôsobí elegantne a udržiavane. Vytvára pocit sviežosti a jednoduchosti, vzbudzuje dôveru v kvalitu a bezpečnosť produktu.



Obr. 7-4 Farebný variant č.3

7.1.2 Svetelné prvky

Stroj disponuje taktiež svetelnými prvkami, LED pásmi zakrytovanými dymovým plexisklom. Majú informatívnu a výstražnú funkciu, pričom svojou nekonvenčnosťou plnia aj funkciu dekoratívnu.

Pri bežnom chode svietia LED pásy na bielo, čo značí že stroj je vo funkčnom monitorovacom stave. Voľba špecifickej farby pre komunikovanie špecifickej informácie sa odvodzuje z noriem. Červená značí alarmujúcu nebezpečnú kondíciu, je nutné ju riešiť ihneď. Žltá predstavuje abnormálny stav, hodnoty sa približujú ku kritickým, vyžaduje zbystrenie pozornosti operátorov. Modrá predstavuje akúkoľvek kondíciu ktorá vyžaduje zásah operátora.

7.2 Grafické riešenie

7.2.1 Logo spoločnosti a stroja

Názov zariadenia Sorpro HSI je syntézou slov z angličtiny *sorter* = triediaci stroj skrátené triedič, *product* = produkt, keďže zariadenie je vyvíjané pre triedenie potravinárskych produktov, HSI predstavuje skratku pojmu hyperspectral imaging.

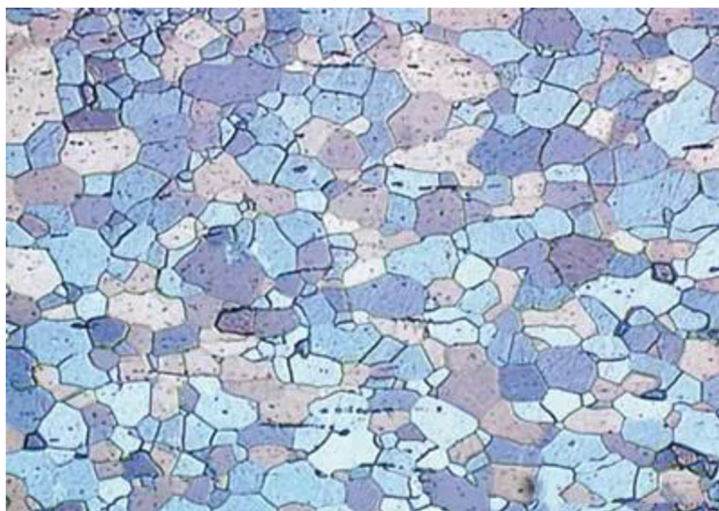
Logo triediaceho stroja Sorpro HSI vychádza z loga spoločnosti Krapco. Koreň slova samotného názvu vyplýva zo sympatií zakladajúcich členov spoločnosti voči thajskej kultúre, foneticky z thajčiny *krap* = dobrý, z angličtiny *company* (skrátené *co.*) = spoločnosť. Logotyp je tvorený verzáľkovým typom písma vo veľmi tučnom reze, čo ponúka spoločnosti možnosť vytvárať stabilný dojem, dojem, že sa na ňu zákazníci s voľbou technologického riešenia môžu spoľahnúť. Bezserifový druh písma pôsobí moderne a futuristicky, keďže spoločnosť pôsobí v technickom sektore. Tvar písma je odvodený zo štvoruholníka, čím font vystihuje dokonalý pomer medzi zachovaním určitej miery hranatosti a zaobleniami, ktorými je zjemnený. Dekoratívne prvky písma sú voľbou čisto subjektívnou, možno tak tvrdiť, že ide o akcidenčné písmo, typ písma vyniká v rámci logotypov konkurenčných spoločností.

Základná farba modrá, vyplýva z príslovia „modrá je dobrá“ a jeho súvislosti s názvom firmy Krapco = „dobrá spoločnosť“. Z hľadiska psychológie farieb, modrá vyvoláva v zákazníkoch dôveru, serióznosť, stabilitu, lojalitu, inteligenciu a pod.. Konkrétny odtieň pôsobí „ocelovým“ dojomom, keďže to je materiál, ktorý spoločnosť primárne využíva pre konštrukciu svojich zariadení.

The image shows the logo for Krapco. The word "KRAPCO" is written in a bold, blue, geometric font. Each letter is composed of several triangular facets, giving it a 3D, crystalline appearance. The letters are closely spaced and have a consistent blue color with varying shades of blue within the facets.

Obr. 7-5 logo spoločnosti Krapco

Doprovodné grafické prvky logotypu vo forme mnohoúhelníkov sú v troch hlavných tónoch farebného prelínania zo sýtej modrej (#649cd0), cez stredne sýtu modrú (#466e95) až po tmavomodrú (#2b4964) so šedým nádychom. Mnohouhelníky sú inšpirované zrnitou mikroštruktúrou oceli (viď. obr.). Pri pohľade na finálny logotyp spoločnosti z väčšej diaľky vytvárajú mnohoúhelníky, ktoré vyplňajú font, zaujímavú prechodovú štruktúru.



Obr. 7-6 Mikroštruktúra oceli IF 180 (HC180Y) [32]

Logo zariadenia bude aplikované buď na samotné zariadenie, formou nálepky na plech či PMMA, alebo na papierový propagačný materiál. Práve preto je tvorba loga zariadenia poňatá minimalisticky, a to jednofarebne (#466e95 resp. RAL 5009) s využitím rovnakého typu písma ako pri názve spoločnosti, bez tvorby logomarku.

Sorpro HSI

Obr. 7-7 logo stroja Sorpro HSI

Aplikáciou prvkov značky a loga, ktoré odrážajú identitu výrobcu sa v zákazníkoch vytvára pocit autentickosti a dôvery v produkt.

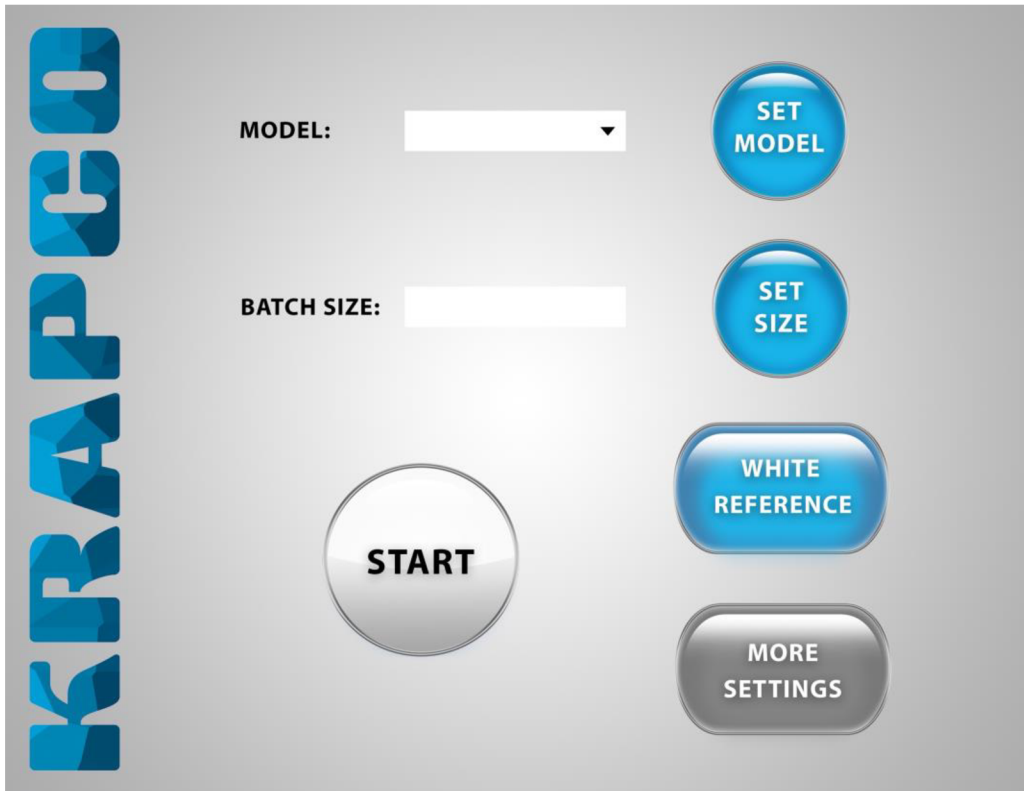
7.2.2 Uživatelské rozhranie digitálnej obrazovky

Stroj obsahuje intuitívne a užívateľsky prívetivé rozhranie. Označovanie, organizované ovládacie prvky a zrozumiteľné rozloženie dopomáha k tomu, že sa operátori môžu efektívne navigovať vo funkciách zariadenia.

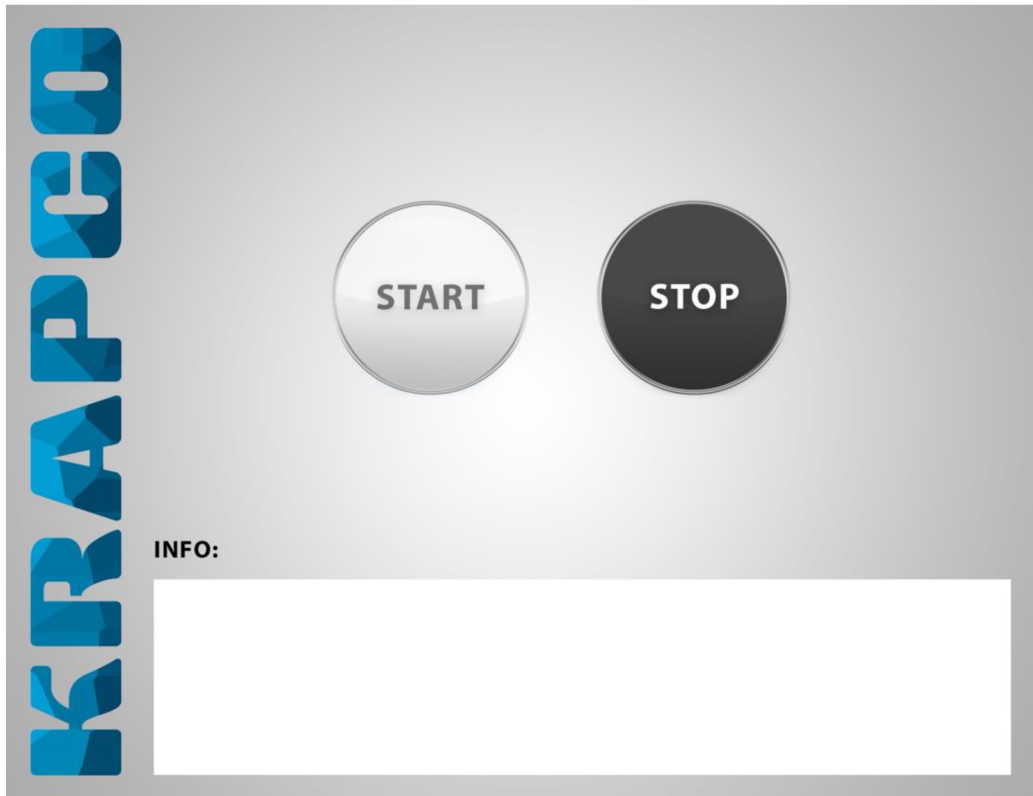
Pri stlačení tlačítka ON, resp. po uvedení triediaceho zariadenia do režimu čakajúceho na spustenie prevádzky a tým pádom aj automatickom uvedením obrazovky do prevádzky sa na obrazovke zobrazí logo spoločnosti Krapco (vid'. Obr. 7-8). Následne môže operátor zvoliť požadované parametre pre triedenie(vid'. Obr. 7-9. Rozhranie (vid'. Obr. 7-10) poskytuje spätnú väzbu a relevantné informácie v reálnom čase, čo používateľom umožňuje efektívne sledovať proces triedenia.



Obr. 7-8 Úvodná obrazovka



Obr. 7-9 Obrazovka č.1



Obr. 7-10 Obrazovka č.2

8 DISKUSIA

8.1 Psychologická funkcia

Dizajn pôsobí neprekombinovane, jednoducho a čisto, no napriek tomu je jemne odvážny vzhľadom na prostredie implementácie. Technológie v bezprostrednej blízkosti zariadenia Sorpro HSI sa vyznačujú svojim strohým a industriálnym vizuálom. Práve preto dizajn s využitím rôznych materiálov, farieb či textúr, grafických a svetelných prvkov pôsobí oživujúco a príjemne na pohľad, ako pre operátorov tak aj pre akýchkoľvek návštevníkov výroby či samotných kupcov. Vizuálny dizajn strojov v potravinárskom priemysle zohráva úlohu pri formovaní vnímania značky. Poukazuje na snahu majiteľa firmy, resp. investora, o inováciu aj z hľadiska vizuálneho pôsobenia spracovateľskej prevádzky, čo je oceňovaná kvalita najmä na trhoch technicky vyspelých krajín a vo väčších nadnárodných spoločnostiach. Môže sa to pozitívne odraziť na značke a vzbudzovať dojem kvality, spoľahlivosti a prezieravosti.

8.2 Sociálna funkcia

V súčasnosti existuje silné presvedčenie spoločnosti, že technológia „nahrádza“ ľudskú pracovnú silu. S tým prichádzajú situácie, kedy sa operátori výroby snažia bojkotovať fungujúci stroj. V skutočnosti ale leží problém na úplne opačnom konci, a síce, v EÚ prevláda výrazný nedostatok ľudskej pracovnej sily, a teda technológia vyplní voľné pracovné miesta. Skutočne existuje problém so zaplnením voľných pracovných miest na rutinné nelukratívne činnosti, ako práve ručné triedenie. Taktiež je veľkým problémom napríklad kradnutie tovaru v potravinárskych výrobách.

Práve preto dizajn dbá nato, aby bol čo najviac užívateľsky prívetivý, a aby vzbudzoval u ľudí pozitívne emócie. môže upriamiť pozornosť na stroj, čím sa stane ústredným bodom vo výrobnej oblasti. To môže operátorom pomôcť sústrediť sa na svoje úlohy a zvýšiť efektivitu, ako aj vytvoriť vizuálne stimulujúce prostredie, ktoré prispieva k celkovej produktivite. Triedič svojim dizajnom upúta, no nemal by predstavovať dominantu, keďže ide o jednu z mnohých čiastkových procesov v rámci spracovania produktu, a aj aby na seba zbytočne nepútal neželanú pozornosť zo strany operátorov. Každý jeden stroj, ktorý je súčasťou procesu, má rovnakú váhu dôležitosti pre dosiahnutie výborných výsledkov spracovania.

8.3 Ekonomická funkcia

Optický hyperspektrálny triedič dokáže spracovávať orechy pri vysokých rýchlostiach a s vysokou presnosťou, čo vedie k zvýšeniu produktivity a priepustnosti, zníženiu nákladov na pracovnú silu a zvýšeniu celkovej prevádzkovej efektívnosti. Taktiež dochádza k vylepšenej kvalite výstupného produktu, čo môže viesť k lepšej predajnosti. Minimalizuje sa množstvo odpadu a strát vo výrobnom procese, čo prispieva k úspore nákladov a zvýšeniu ziskovosti.

Alternatívu predstavujú ich predchodcovia, mechanické triediče a ručné triedenie.

Predikcia životnosti triediča závisí od využitia špecifických materiálov, postupov a frekvencie údržby, intenzity používania, prevádzkových podmienok atď. Stroj z nehrdzavejúcej ocele, pri optimálnej údržbe a pri fungovaní 24/7, má v mierne prašnom prostredí životnosť až niekoľko desiatok rokov. PMMA, je tiež odolný materiál, no v porovnaní s nehrdzavejúcou oceľou môže mať kratšiu životnosť, najmä v oblastiach s vysokým namáhaním alebo pri vystavení drsným podmienkam. Halogénová žiarovka má životnosť pár tisíc hodín, HSI kamera, nádoba na stlačený vzduch či vzduchové ventily okolo desať rokov.

Čo sa týka budúceho vývoja, sú očakávané pokroky napr. v technológii senzorov či obsiahlejšej integrácii s Priemyslom 4.0 a s inými automatizačnými technológiami, ako sú robotika a dopravníkové systémy, čo môže vytvoriť bezproblémovjšie a efektívnejšie výrobné linky. V neposlednom rade aj znižovanie nákladov.

8.4 Cenová hladina

Špecifická cena sa odhliadnuc od know-how (doba a miera R&D) a renomé spoločnosti (reputácia značky, zabezpečenie kvality, popredajná podpora, poskytnutie zákazníckeho servisu atď.) odvíja primárne od technológie spracovania (vid'. Kapitola 6.5), použitých komponentov a ich technických parametrov. Medzi technológie ktoré zvyšujú náklady sa radí ohýbanie plechu či laserové delenie požadovaných tvarov.

Medzi faktory ktoré ovplyvňujú cenu zariadenia Sorpro HSI sa radí aj väčšia priepustnosť (zariadenie dokáže spracovať väčší objem orechov za hodinu napríklad vďaka využitiu širšieho dopravníka), širší spektrálny rozsah a vyššie rozlíšenie (čo ponúka presnejšie a detailnejšie možnosti triedenia), či prispôsobenie na splnenie špecifických požiadaviek alebo potrebu integrovania do existujúcej výrobnéj linky. Zvýšiť celkovú cenu stroja môžu aj ďalšie funkcie, ako je užívateľsky prívetivé rozhranie, možnosti vzdialeného monitorovania či možnosti univerzálneho stroja (prispôsobenia parametrov triedenia) a v neposlednom rade vizuálne pôsobenie.

Keďže zákazníkov predstavujú najmä spracovateľské závody resp. potravinárske spoločnosti (obchod B2B), cena je stanovená individuálne na základe vzájomnej dohody. Požiadavky zákazníkov sa môžu líšiť, preto nie je možné nastaviť fixnú cenu za zariadenie. Tu je dôležité poznamenať, že výrazným činiteľom rozhodujúcim o kúpe technológie je návratnosť investície. Firmy ktoré sa už rozhodnú pre kúpu stroja majú dostatočné prostriedky na ich kúpu, takže s vyššou cenovou hladinou by pravdepodobne nebol problém najmä aj preto, že je to pre nich investícia s vysokou návratnosťou. Stroj bude prakticky po určitom čase pracovať „zadarmo“.

Keďže ako už bolo spomínané, súčasná produkcia nekladie dôraz na vizuálnu stránku technológie, zariadenie svojim dizajnom jednoznačne „vyčnieva z davu“, no stále zapadá do podobnej, či mierne vyššej cenovej kategórie ako konkurenčné optické hyperspektrálne triediace stroje (viď. Kapitola 2.2). Orientačná cenová hladina sa bude pohybovať medzi 100 000 až 150 000 € s DPH.

Dizajn vyslovene vyzdvihuje mieru inovácie, mieru vývoja a tiež unikátnosť využitia HSI technológie. Tieto kvality sú známe aj zákazníkovi, pri unikátnosti a všetkých benefítoch HSI aj očakávané, preto je pre zákazníka vyššia cena pochopiteľná a akceptovateľná.

9 ZÁVER

Optický hyperspektrálny triediaci stroj Sorpro HSI svojimi čistými a elegantnými líniami vyžaruje zmysel pre sofistikovanosť a profesionalitu, taktiež vyzdvihuje unikátnosť hyperspektrálnej technológie. Celkové tvarovanie ako aj dizajnové a grafické prvky odrážajú identitu značky KRAPCO, sú v súlade so záväzkom spoločnosti k inováciám, kvalite a udržateľnosti, čím posilňujú povest' zariadenia na trhu. Na základe analýzy použiteľných konštrukčných materiálov pre zariadenia v potravinárskom priemysle boli pre konštrukciu zvolené plechy z nehrdzavejúcej ocele pre dominantnú časť a dosky z akrylátového skla PMMA pre akcent v oblasti vstupu produktu. Celkové tvarovanie vzhľadom ku konkurenčným technológiám disponuje výraznou dávkou jedinečnosti. Použitie nehrdzavejúcej ocele a farebného PMMA môže vyjadriť zmysel značky pre inováciu, modernosť a pozornosť k detailom. Kombinácia materiálov a s tým spojených technológií výroby radí dizajn stroja do mierne vyššej cenovej hladiny, pričom aj napriek tomu je kľúčovým faktorom rozhodujúcim pri kúpe, návratnosť investície doň.

Pre zaistenie vysokej kvality spracovaných produktov a zabráneniu kontaminácii, boli rešpektované normy a smernice týkajúce sa hygieny a bezpečnosti zariadení použitých v potravinárskom priemysle. Zariadenie je tak vhodné pre implementáciu do potravinárskych spoločností, aj vďaka hladkým povrchom dosiahnutým leštením či tiež minimalizovaniu vodorovných povrchov a štrbín na základe princípov hygienického dizajnu. Taktiež všetky komponenty okrem vzduchových ventilov disponujú stupňom krytia minimálne IP66, pre možnosť mokrého čistenia a odolnosť voči prašnému prostrediu. Vďaka využitiu otvárateľných utesnených dvierok v prednej aj zadnej časti a zabezpečeniu dostatočného priestoru je každý komponent stroja prístupný pre údržbu, a rovnako aj manuálne čistenie a vizuálnu kontrolu. Aj napriek tomu, že bol kladený vysoký dôraz na implementovanie čo najväčšieho počtu hygienických a bezpečnostných noriem a nariadení EÚ, nebolo vzhľadom ku rozsahu práce možné všetky aspekty spracovať a zohľadniť.

Dizajn triediča je antropocentrický, je kladený dôraz na bezpečnosť práce, čo je docielené kompletným zakrytovaním všetkých komponentov. Bezpečnosť je podporená aj umiestnením indikačnej lampy na vyššie položené oblasti zariadenia, aby boli viditeľné pre operátora a svetelného prvku, ktorý má informatívnu funkciu.

Vďaka ergonomickým prvkom prihliadajúcim na prácu operátora v stoji je stroj užívateľsky prívetivý na obsluhu, aj napriek tomu že stroj funguje po väčšinu času autonómne. Manipulácia so strojom je časovo a záťažovo veľmi nenáročná, keďže ide iba o uvedenie triediaceho zariadenia do prevádzky, resp. ukončenie jeho činnosti po skončení triediaceho procesu a následné zvolenie požadovaného programu a vykonanie tzv. referencie bieleho odrazu.

Pri implementovaní zariadenia do automatizovanej veľkovýroby, kedy je Sorpro HSI súčasťou výrobných liniek potravinárskych spracovateľských závodov je výstupný pretriedený produkt uskladňovaný do big-bagov, s čím prichádza potreba umiestniť oblasti výstupu vyššie, a teda umiestniť celý stroj na pracovnú plošinu s rozmermi zabezpečujúcimi dostačujúci pohybový a manipulačný priestor, a dostatočnú zornú vzdialenosť medzi obrazovkou a okom. Taktiež aj vzdialenosť pre pohodlný prístup ku ovládacím prvkom, ktorých umiestnenie je v úrovni manipulačnej roviny a je navrhnuté tak, aby podporovalo bezproblémový pracovný tok počas prevádzky. S cieľom optimalizovať užívateľský komfort a efektivitu, je kladený dôraz na ergonomické požiadavky, ako je v prvom rade výška stroja, ďalej výškové umiestnenie dotykovej obrazovky a ovládacích prvkov, a taktiež aj intuitívne ovládateľným grafickým rozhraním obrazovky.

Sorpro HSI je po vizuálnej a funkčnej stránke, svojim dizajnom a softvérom, vhodný na triedenie pre univerzálne využitie, nie len v potravinárskom priemysle.

10 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] 6S Management System. In: *Haixiangnifood* [online]. Henan Province, China: Haixiangni Health Food [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <http://www.haixiangnifood.com/factory/6s-management-system>
- [2] JIAO, Licheng, Ronghua SHANG, Fang LIU a Weitong ZHANG. Introduction. *Brain and Nature-Inspired Learning Computation and Recognition* [online]. Elsevier, 2020, 1-45 [cit. 2023-05-24]. ISBN 9780128197950. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-819795-0.00001-3
- [3] *KRAPCO Walso HSI*. Košice, 2021. Propagačný materiál spoločnosti.
- [4] *TOMRA* [online]. Asker (Norway): TOMRA, 2022 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.tomra.com>
- [5] VERYX® BioPrint®. In: *Key Technology* [online]. Key Technology, 2017 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.key.net/en/wp-content/uploads/2020/12/VERYX-BioPrint-US-201110.pdf>
- [6] SORTEX® F optical sorter. In: *Bühler* [online]. Uzwil (Switzerland): Bühler [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/sortex_fb.html
- [7] *VISYS MAKİNE SANAYİ* [online]. Istanbul (Turkey): VISYS MAKİNE SANAYİ, 2021 [cit. 2023-02-30]. Dostupné z: <https://www.visystr.com>
- [8] NOVUS. In: *Optimum Sorting* [online]. Optimum Sorting [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: <https://www.optimum-sorting.com/en/novus/>
- [9] EVOLUTION RGB. In: *Satake USA* [online]. Satake USA [cit. 2023-03-6]. Dostupné z: <https://satake-usa.com/product/evolution-the-revolution-in-optical-sorting/>
- [10] X - ray Ishida. In: *GT PACK* [online]. Čerčany: GT PACK, 2023 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.gtpack.cz/rentgen-xy/>
- [11] Belt-Type InGaAs Nuts Color Sorter Machine. In: *AMD* [online]. Anhui Zhongke Optic-electronic Color Sorter Machinery, 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://www.amdsortex.com/belt-type-ingaas-nuts-color-sorter-machine_p71.html

- [12] Optical Color Sorting Machines For Nuts And Beans. In: *Hefei Angelon Electronics* [online]. Hefei Angelon Electronics, 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://www.angelon.com.cn/optical-color-sorting-machines-for-nuts-and-beans_p29.html
- [13] Vlašské orechy. In: *Topko* [online]. Košice (Slovakia): topko [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: <https://topko.sk/vlasske-orechy/>
- [14] Industry Report: Digital Sorting Equipment for Nuts. In: *Key Technology* [online]. Walla Walla (Washington): Key Technology, 2017 [cit. 2023-04-4]. Dostupné z: https://www.key.net/en/wp-content/uploads/2018/12/WP_Sorting-Nuts_PDF.pdf
- [15] WHAT IS HYPERSPECTRAL IMAGING: A COMPREHENSIVE GUIDE. In: *SPECIM, SPECTRAL IMAGING* [online]. Finland: SPECIM, SPECTRAL IMAGING [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.specim.com/technology/what-is-hyperspectral-imaging/>
- [16] ABBASI, Ibtisam. Role of Laser Emitters in Industrial Food Sorting. In: *AZoNetwork* [online]. AZoNetwork, c2000-2023 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=21007>
- [17] What Is Optical Sorting?. In: *Satake USA* [online]. Satake USA [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://satake-usa.com/sorting-overview/>
- [18] AHEARN, Glen. Optimizing the Food Sorting Process with Imaging Technology. In: *Novus Media Today Group* [online]. Novus Media Today Group, 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: https://www.novuslight.com/optimizing-the-food-sorting-process-with-imaging-technology_N8351.html
- [19] ELMASRY, Gamal, Mohammed KAMRUZZAMAN, Da-Wen SUN a Paul ALLEN. Principles and Applications of Hyperspectral Imaging in Quality Evaluation of Agro-Food Products: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2012, **52**(11), 999-1023 [cit. 2023-05-24]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2010.543495
- [20] RU, Chenlei, Zhenhao LI a Renzhong TANG. A Hyperspectral Imaging Approach for Classifying Geographical Origins of *Rhizoma Atractylodis Macrocephalae* Using the Fusion of Spectrum-Image in VNIR and SWIR Ranges (VNIR-SWIR-FuSI). *Sensors: Sensors* [online]. 2019, **19**(9) [cit. 2023-04-10]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s19092045

- [21] Food quality and composition analysis with hyperspectral imaging. In: *SPECIM, SPECTRAL IMAGING* [online]. Finland: SPECIM, SPECTRAL IMAGING, 2017 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.specim.com/food-quality-and-composition-analysis-with-hyperspectral-imaging/>
- [22] TU, Albert. Assessing Food Inspection Techniques. In: *Photonics Media* [online]. Pittsfield (Massachusetts): Photonics Media, 2023 [cit. 2023-04-3]. Dostupné z: https://www.photonics.com/Articles/Assessing_Food_Inspection_Techniques/a68120
- [23] Cayman® BioPrint™ Sorter. In: *Key Technology* [online]. Key Technology, 2017 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.key.net/en/wp-content/uploads/2018/11/BR_Cayman_US.pdf
- [24] *DOC 8. HYGIENIC DESIGN PRINCIPLES*. Third edition. Amsterdam: European Hygienic Engineering and Design Group, 2018.
- [25] Svetlo všeobecne. In: *INELTi lighting* [online]. INELTi lighting [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.inelti.sk/led-technologie/svetlo-vseobecne/>
- [26] How to record data with hyperspectral camera - Tutorial. In: *YoouTube* [online]. SPECIM, SPECTRAL IMAGING, 2018 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://youtu.be/Hny9_EyaybU
- [27] Hygienický design (EHEDG/FDA). In: *STRAND* [online]. Chrustenice: STRAND, 2019 [cit. 2023-04-8]. Dostupné z: <https://strand.cz/aktuality/budoucnost-bezpecnosti-potravin-zacina-hygienickym-designem/>
- [28] *ČSN EN ISO 14159:2008 (83 3270): Bezpečnost strojních zařízení – Hygienické požadavky pro konstrukci strojních zařízení*. Český normalizační institut, 2008.
- [29] KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologii pro architekty a designéry*. Praha: Happy Materials, 2012. ISBN 978-80-260-0538-4.
- [30] Velkoobjemový vak, do 1 000 kg. In: *Manutan Slovakia* [online]. Manutan Slovakia, 2021 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://www.manutan.sk/sk/msk/velkoobjemovy-vak-do-1-000-kg-007141?gclid=Cj0KCQjwu-KiBhCsARIsAPztUF30aHTRCWZx60UY5idONbFIFAN4xUQV4cBxEogXM9d_LPLRVNzwrH8aAhWvEALw
- [31] Povrchová úprava. In: *KonKurent* [online]. Konkurent, 2021 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.konkurent.sk/povrchova-uprava-kovov/>

[32] FERANEC, Ján. *Odporové svařování vysokopevných ocelí s variantním tepelným zpracováním*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Tomáš Kramár.

11 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK, SYMBOLOV A VELIČÍN

HSI	Hyperspectral imaging
AIS-1	složky síly v osách
USDA	United States Department of Agriculture
FM	Foreign material
EVM	Extraneous Vegetable Matter
RGB	Red, green, blue (farebné zobrazovane)
CCD	Charge-coupled device
CMOS	Complimentary metal-oxide semiconductor
UV	Ultraviolet
IR	Infrared
VNIR	Visible and near-infrared
NIR	Near-infrared
SWIR	Short-wave infrared
MWIR	Mid-wave infrared
LWIR	Long-wave infrared
FIR	Far infrared
OOS	Out of specification
EHEDG	European Hygienic Engineering and Design Group
FDA	U.S. Food and Drug Administration
IEC	International Electrotechnical Commission
IP66, IP68	Ingress protection
PTFE	Polytetrafluorethylen (teflon)

PEEK	Polyether ether ketone
PMMA	Poly(methyl methacrylate) - Plexiglass
MIG	Metal inert gas
MAG	Metal active gas
RAL	National Committee for Delivery and Quality Assurance (Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen)
DPH	Daň z pridanej hodnoty

12 ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV

Obr. 1-1 Ručné (a) a poloautomatizované (b) triedenie vlašských orechov (6S Management System)	14
Obr. 1-2 Plne automatizované triedenie vlašských orechov	14
Obr. 2-1 Walso HSI, Krapco (KRAPCO Walso HSI, 2021).....	16
Obr. 2-2 Nimbus N, TOMRA (TOMRA, 2022).....	17
Obr. 2-3 VERYX BioPrint, Key Technology [3]	18
Obr. 2-4 Sortex F BioVision, Bühler [5].....	18
Obr. 2-5 VISORT, Visys Machine [6]	19
Obr. 2-6 NOVUS, Optimum Sorting [7]	20
Obr. 2-7 TOMRA 5C, TOMRA [2]	21
Obr. 2-8 EVOLUTION RGB optical sorter, Satake USA [8]	22
Obr. 2-9 X – ray Ishida, GT PACK [10]	23
Obr. 2-10 Hyperspectral imaging captures wavelengths from 250 nm to 15,000 nm and thermal infrared [ZZZ]	26
Obr. 2-11 Patented Chycane Chute working principle [4].....	29
Obr. 2-12 Špecifické vlnové dĺžky [BBB]	33
Obr. 2-13 Ergonómia stroja Walso HSI, Krapco.....	Chyba! Záložka nie je definovaná.
Obr. 4-1 Variant I	41
Obr. 4-2 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant I.....	42
Obr. 4-3 Variant II	43
Obr. 4-4 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant II	44
Obr. 4- Variant III.....	45
Obr. 4-6 Rozmerové riešenie 1:20 - Variant III	46
Obr. 5-1 Vizualna identita spoločnosti Krapco	49
Obr. 6-1 Rzmerové riešenie 1:20 – Finálny variant.....	52
Obr. 7-1 logo spoločnosti Krapco	67

Obr. 7-2 Mikrostruktura oceli IF 180 (HC180Y) [XXX]	68
Obr. 7-3 logo stroja Sorpro HSI.....	68

13 ZOZNAM PRÍLOH

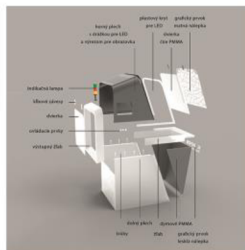
Sumarizační poster (A4)

KRAPCO Sorpro HSI

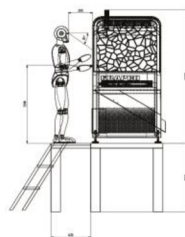


Táto práca sa zaoberá návrhom originálneho vizuálne-technického konceptu optického hyperspektrálneho triediaceho zariadenia na orechy s ohľadom na ekonomické, hygienické, estetické a ergonomické aspekty. Cieľom je kombinovať menej používané materiály pre technológiu v potravinárstve, pridať estetický prvok do strojárskeho prostredia, minimalizovať náklady výrobcov technológií a šetriť pracovnú plochu spracovateľov. Zariadenie umožňuje triediť orechy na základe ich chemického zloženia, čo zabezpečuje spoľahlivé triedenie s minimálnym zásahom človeka a poskytuje konzistentné výsledky. Dizajn zariadenia je zameraný na originalitu, estetiku a ergonomiu, pričom sa berú do úvahy aj normy a smernice týkajúce sa hygieny a bezpečnosti v potravinárskom priemysle. Navrhnutý dizajn je vhodný pre implementáciu do potravinárskych závodov. Taktiež dbá na ergonomické prvky, aby bol stroj užívateľsky priateľský. Celkový dizajn a funkcionálnosť stroja ho robia vhodným pre univerzálne využitie.

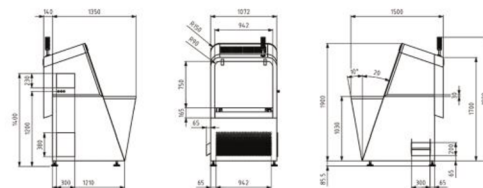
Schéma vnútorného usporiadania



Ergonómia



Rozmerové riešenie



DESIGN OPTICKÉHO TRIEDIAČEHO STROJA NA ORECHY / BAKALÁRSKA PRÁCA / Autorka: Natália Toporková / Vedúci práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD / Vut v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2022/23

