

Porovnanie systémov robotického a optického triedenia odpadu s použitím AI

Praktické ukážky a prípadová štúdia ich aplikácií

Obsah prezentácie

- Kto je VÚMZ
- Druhy a produkcia odpadov / Štatistiky
- Systémy triedenia odpadu v rámci BAT
- Optické systémy triedenia a ich využitie
- Robotické systémy triedenia s využitím AI
- Aplikácie systémov v praxi / OS a RS
- Jednoduchá prípadová štúdia nasadenia OS a RS
- Výzvy pre budúci vývoj v spracovaní odpadu s použitím OS a RS

Kto je VÚMZ

Sme tg . spoločnosť s **21r. skúsenosťami** na trhu a 11r. v OH
Finalista **EY 2024** a **Inovatívna firma** roka 2025
Máme **3 výrobné závody** v NR, NZ a ZL a do 200 zamestnancov
Navrhli a postavili sme viac ako **25 opt . triediacich liniek** a stovky
strojov a unikátnych technických riešení v celej EÚ

Zastrešujeme :

Vývoj / R&D zariadení a kompletný **inžiniering** (procesne a ekonomicky)

Výrobu , montáž strojov, UdP, **servis** , hot line a poradenstvo.

Vlastnú **prepravu** strojov a odpadu

Vyrába **vlastné optické** a **robotické pracoviská**

Viac na www.vumz.sk



Zadanie od zákazníka

triedenie PKO

- Triedenie plastového komunálneho odpadu (PKO)
- Vstupný tok materiálu 3 tony za hodinu
- Jednozmenná prevádzka
- Zloženie materiálu na vstupe:

Compositions	%
1 PET čier	14
2 PET modr	14
3 PET zelené	12
4 PET mod	4
5 Farebné ostat	7
6 Fólie ostat	17
7 Tekutinské	3
8 KOPC	1
9 PP, PE, ostat ostat	25

Prepočet toku materiálu

triedenie PKO



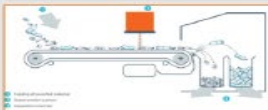
Návrh technológie

triediace zariadenia

TOMRA Autosort

Technický popis:

Continued improvements to the AUTOSORT with FLYING BEAM® technology makes for a significant simplification of the system as a whole. This way the AUTOSORT sorts extremely reliable and can be maintained very easily. High speed, high precision NIR sensors take in the specific infrared spectra of various objects with a very high optical resolution. Innovative FLYING BEAM® lighting technology focuses only on the area of the conveyor belt that is being scanned. The result: up to 70% energy savings. In addition the AUTOSORT technology covers a broader temperature range. Passive cooling replaces active cooling equipment for temperatures of up to 50°C. Alongside the superior sorting quality, the AUTOSORT provides a full range of features, including the statistical determination of the input material, real time calibration of each scan line, built in control functions of the lamp and valve units and the option of controlling and monitoring the sorting unit from a control room.



Úspešná realizácia

Splnené požadované parametre

Spokojný zákazník



Návrh technológie

triediace zariadenia

LUBO ELLIPTICAL XL

Technický popis:

Machine length 4200 mm
Machine width incl. drive 1600 mm
Screen deck 1500 mm
Screen surface 13 m²
Angle adjustment 15° - 25° (adjustable in 2,5°)
Aperture as per 2 x 5 opening suitable for freq. control
Drive 40-45 kW
Degree of protection IP 65
Screening size 0-45 mm
Material outputs 3 small, middle or coarse handbox



Rozsah dodávky

detailná špecifikácia zariadení

Špecifikácie zariadení

- Particula
- Umiestnenie
- Realizačný harmonogram
- Detaily a výkresy jednotlivých dodávok
- Súhlasenie kritické cesty a dočítania zoznamového terajnu



Particula	Umístění	Realizační harmonogram	Detaily a výkresy jednotlivých dodávok	Souhlasení kritické cesty a dočítání zoznamového terajnu
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11
12	12	12	12	12
13	13	13	13	13
14	14	14	14	14
15	15	15	15	15
16	16	16	16	16
17	17	17	17	17
18	18	18	18	18
19	19	19	19	19
20	20	20	20	20
21	21	21	21	21
22	22	22	22	22
23	23	23	23	23
24	24	24	24	24
25	25	25	25	25
26	26	26	26	26
27	27	27	27	27
28	28	28	28	28
29	29	29	29	29
30	30	30	30	30
31	31	31	31	31
32	32	32	32	32
33	33	33	33	33
34	34	34	34	34
35	35	35	35	35
36	36	36	36	36
37	37	37	37	37
38	38	38	38	38
39	39	39	39	39
40	40	40	40	40
41	41	41	41	41
42	42	42	42	42
43	43	43	43	43
44	44	44	44	44
45	45	45	45	45
46	46	46	46	46
47	47	47	47	47
48	48	48	48	48
49	49	49	49	49
50	50	50	50	50
51	51	51	51	51
52	52	52	52	52
53	53	53	53	53
54	54	54	54	54
55	55	55	55	55
56	56	56	56	56
57	57	57	57	57
58	58	58	58	58
59	59	59	59	59
60	60	60	60	60
61	61	61	61	61
62	62	62	62	62
63	63	63	63	63
64	64	64	64	64
65	65	65	65	65
66	66	66	66	66
67	67	67	67	67
68	68	68	68	68
69	69	69	69	69
70	70	70	70	70
71	71	71	71	71
72	72	72	72	72
73	73	73	73	73
74	74	74	74	74
75	75	75	75	75
76	76	76	76	76
77	77	77	77	77
78	78	78	78	78
79	79	79	79	79
80	80	80	80	80
81	81	81	81	81
82	82	82	82	82
83	83	83	83	83
84	84	84	84	84
85	85	85	85	85
86	86	86	86	86
87	87	87	87	87
88	88	88	88	88
89	89	89	89	89
90	90	90	90	90
91	91	91	91	91
92	92	92	92	92
93	93	93	93	93
94	94	94	94	94
95	95	95	95	95
96	96	96	96	96
97	97	97	97	97
98	98	98	98	98
99	99	99	99	99
100	100	100	100	100

Návrh riešenia

priestorový dizajnový návrh

Dynamický 3D návrh

- Kontrola priestorových kolíí
- Umístění do konkrétneho (reálného) priestoru

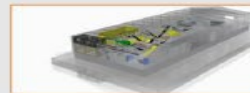


Návrh riešenia

priestorový dizajnový návrh

Dynamický 3D návrh

- Kontrola priestorových kolíí
- Umístění do konkrétneho (reálného) priestoru



Odpad s trochou štatistiky

Druhy a produkcia odpadov

Podľa **produkcie** :

Komunálny (**KO**) / Priemyselný (PO)

Podľa **zloženia** :

Obyčajný odpad (**OO**) a jeho formy
(Anorganický (**AOO**) / Organický (**OOO**) / Nebezpečný (NO))

OO / OOO :

Pred-separované
formy **AO** :

Plast, Papier, Elektro, Sklo, VKO a ZKO

OO / AOO

Pred-separované
formy **OO** :

BRKO, KuO / BRO (vytriedený z procesu spracovania ZKO)

Druhy a produkcia odpadov

Najpočetnejšími kategorizovanými druhmi odpadov sú :

- sk 17 (stavebné odpady) : 26%
- sk. 20 (**komunálne odpady**) : **17,5%** (**2.5M** ton/r = 480kg/ob)
- sk. 10 (o. z tepelných procesov) : 15,5%
- sk.19 (odpady z úpravy odpadov/čov) : 11,2%
- sk. 15 (obalové odpady) : 3%
- sk. 01 (odpady z ťažby ns) : 2,5%
- ostatné odpady

V ČR je produkcia za r. 2024 na úrovni **5,7 Mio** ton/rok (570kg/ob)

Druhy a produkcia odpadov

Zhodnotenie odpadov – povinná hierarchia v zmysle nastavenia zo smernice EP :

1. Zníženie produkcie u spotrebiteľa (osveta, nariadenie, ekodizajn, atd)
2. Predseparácia u spotrebiteľa (osveta, úroveň zberu, motivačné faktory)
3. **Mechanicko biologické zhodnotenie** (ATL, MBU, ost.)
Nariadenie EÚ : Recyklácia plastov min 60% / r.2035
4. **ZEVO**
5. Spaľovňa odpadov (fluid / roštový systém kotlov)
6. **Skládka (zákaz vzniku nových depónií)**
Nariadenie EÚ : Eliminácia skládkovania do 10% / r.2035

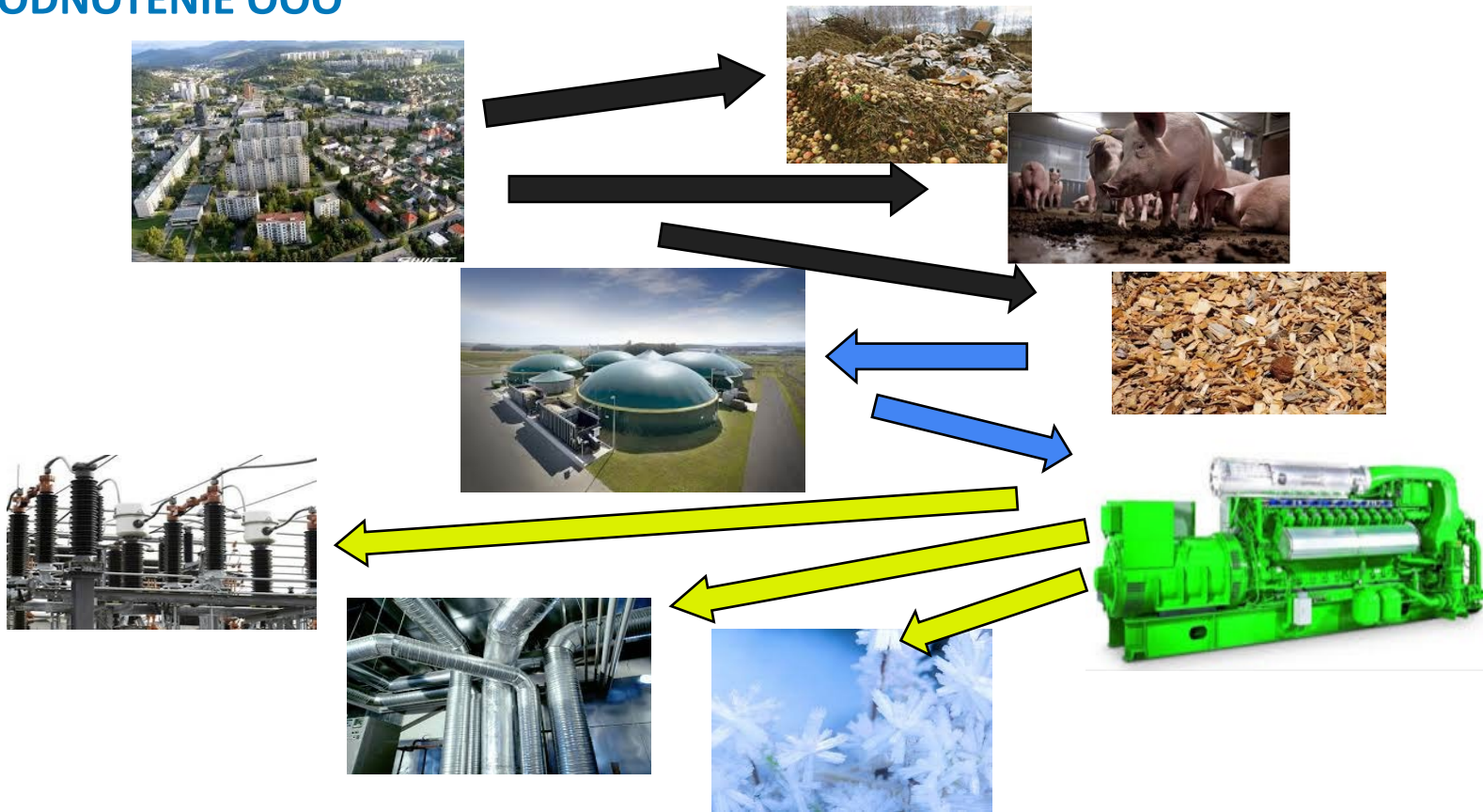
Druhy a produkcia odpadov

ZHODNOTENIE AOO



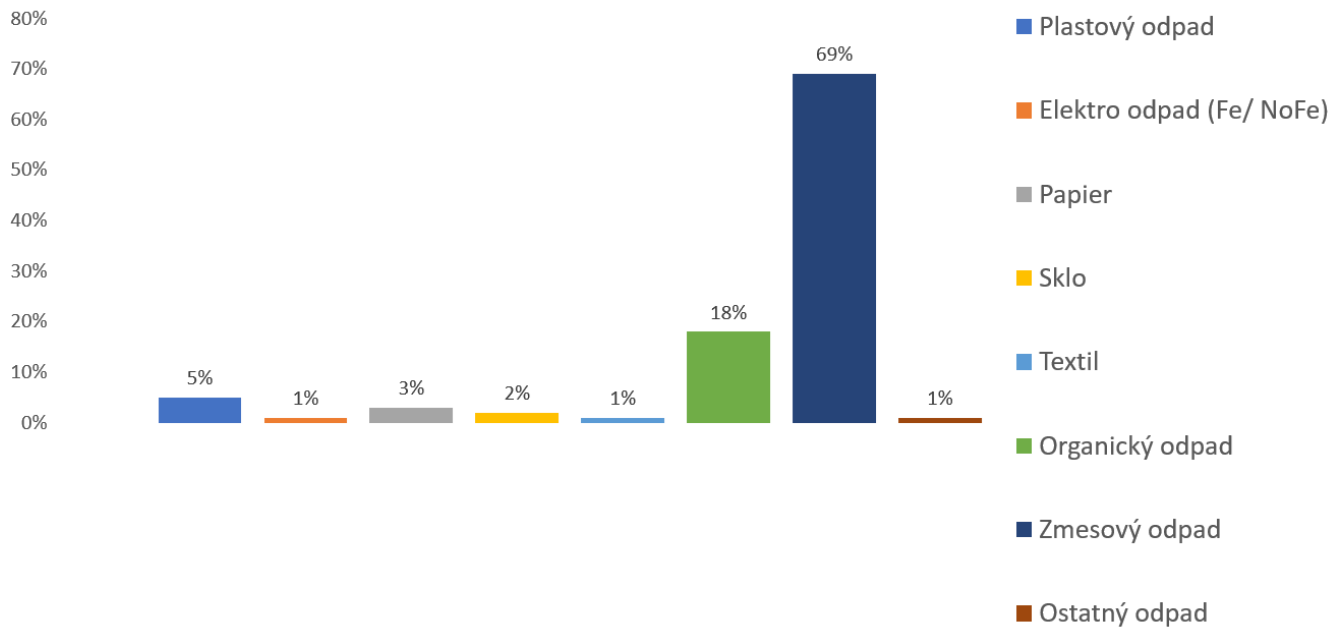
Druhy a produkcia odpadov

ZHODNOTENIE OOO

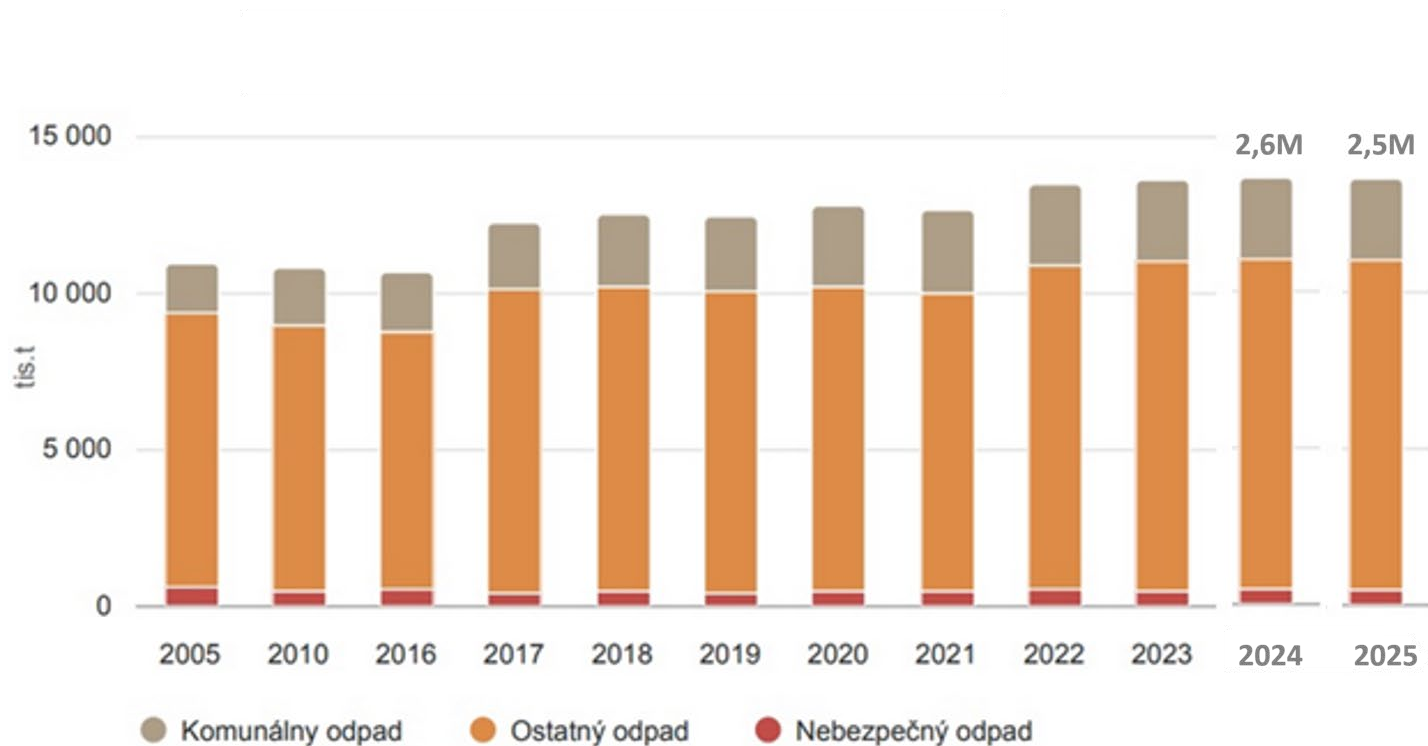


Štruktúra KO v SR (r.2025)

Zastúpenie zhodnotiteľných zložiek odpadu v KO



Druhy a produkcia odpadov v SR



Zdroj: Správa o stave životného prostredia SR v roku 2025

Zloženie ZKO

1	Biozložka <25mm	128 kg	25%	organický materiál					41%
2	Biozložka 25-80mm	128 kg	16%	vhodný na TAP alebo mat. zhodnotenie					44%
3	TAP - nerec. mat. :	86 kg	28%	druhotná surovina					2%
4	TAP - Folia :	19 kg	6%	inert					9%
5	Textil :	9 kg	3%	papier					4%
6	PET :	8 kg	3%						
7	Tvrde plasty :	13 kg	4%						
8	Papier :	12 kg	4%						
9	Kovy (Fe) :	4 kg	1%						
10	Plechovky (Al) :	3 kg	1%						
11	Sklo :	18 kg	6%						
12	Elektro :	3 kg	1%						
13	Drobný stavebný odpad :	7 kg	2%						
	Spolu :	438	100%						

Druhy a produkcia odpadov

Produkcia KO v EÚ (r.2025) : **229 Mio t/rok**
KO v SR : **2,65 Mio t/rok / 20M**
KO v ČR : **5,90 Mio t/rok / 40M**

Krajiny EÚ (r. 2025) :	produkcia KO
Rakúsko	827 kg/os
Dánsko	531 kg/os
Luxembursko	521 kg/os
Česká republika	541 kg/os
Slovensko (r. 2021 : 497 kg/os)	489 kg/os
Švédsko	395 kg/os
Poľsko	364 kg/os
Rumunsko	301 kg/os
Priemer EÚ :	520 kg/os

Zdroj: Štatistický úrad 2023 a Odpady Portál, r. 2025

Produkcia komunálneho odpadu (v kg/obyv.) v rokoch 1995 - 2023

550 kg/obyv.

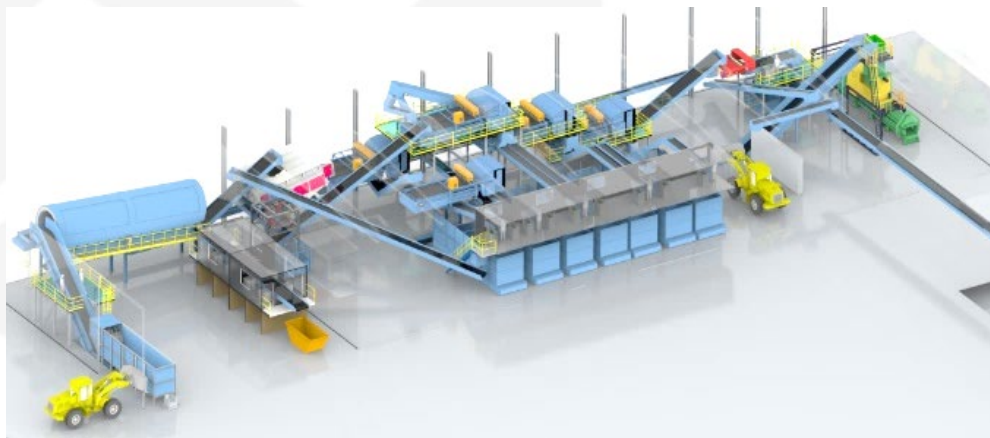


Možnosti technologického spracovania foriem KO

PKO a PAPIER

Automatické triediace systémy - výstup z linky :

- materiálové spracovanie (druhotné suroviny / pranie / granulát)
- kvalitné palivo TAP/TDP (výhrevnosť **15-22MJ/kg**)



R3
➔



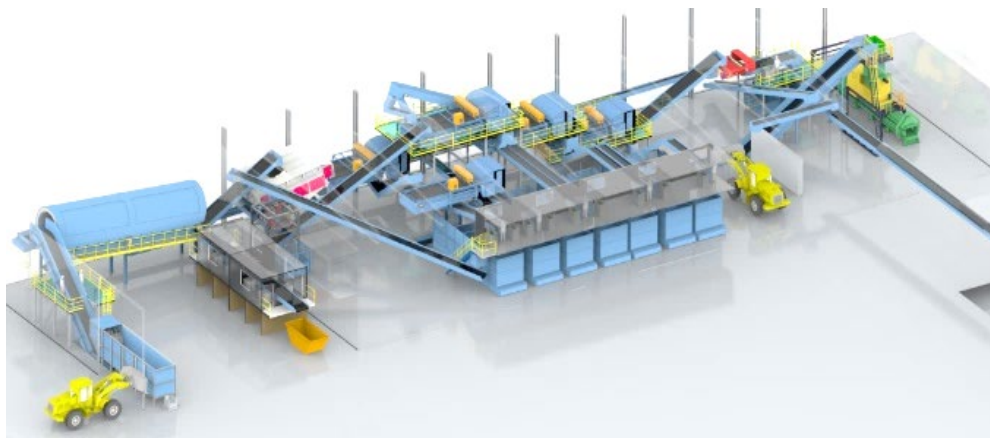
R1
➔



SKLO

Automatické triediace systémy – vystup z linky :

- farebné / materiálové spracovanie (recyklát), po prečistení opätovné použitie na výrobu skla.

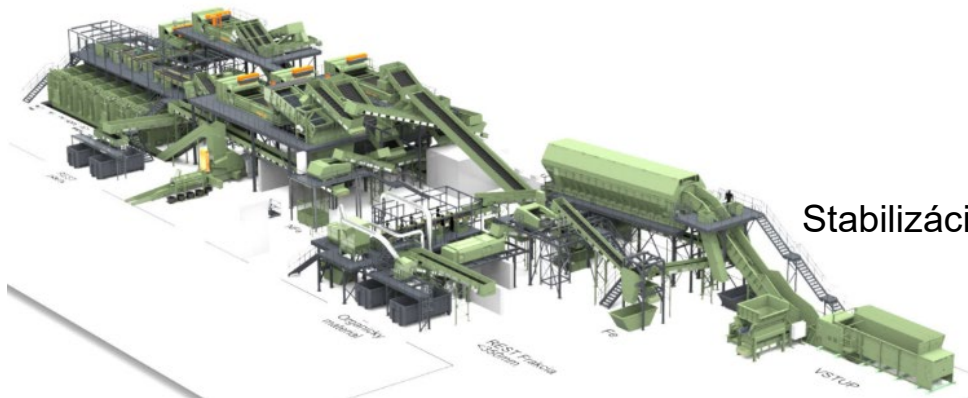


R3
➔



Automatické triediace systémy (MBÚ) so stabilizáciou výmetu organickej frakcie - výstup z linky :

- materiálové spracovanie (recyklát) – R3 (ca 15-18%)
- TAP – energetika (45-50%)
- Organická časť odpadu – stabilizácia (AT4/GS21) / skládka resp. BPS (biometán) - energetika (35-40%)



R1/R3



BPS

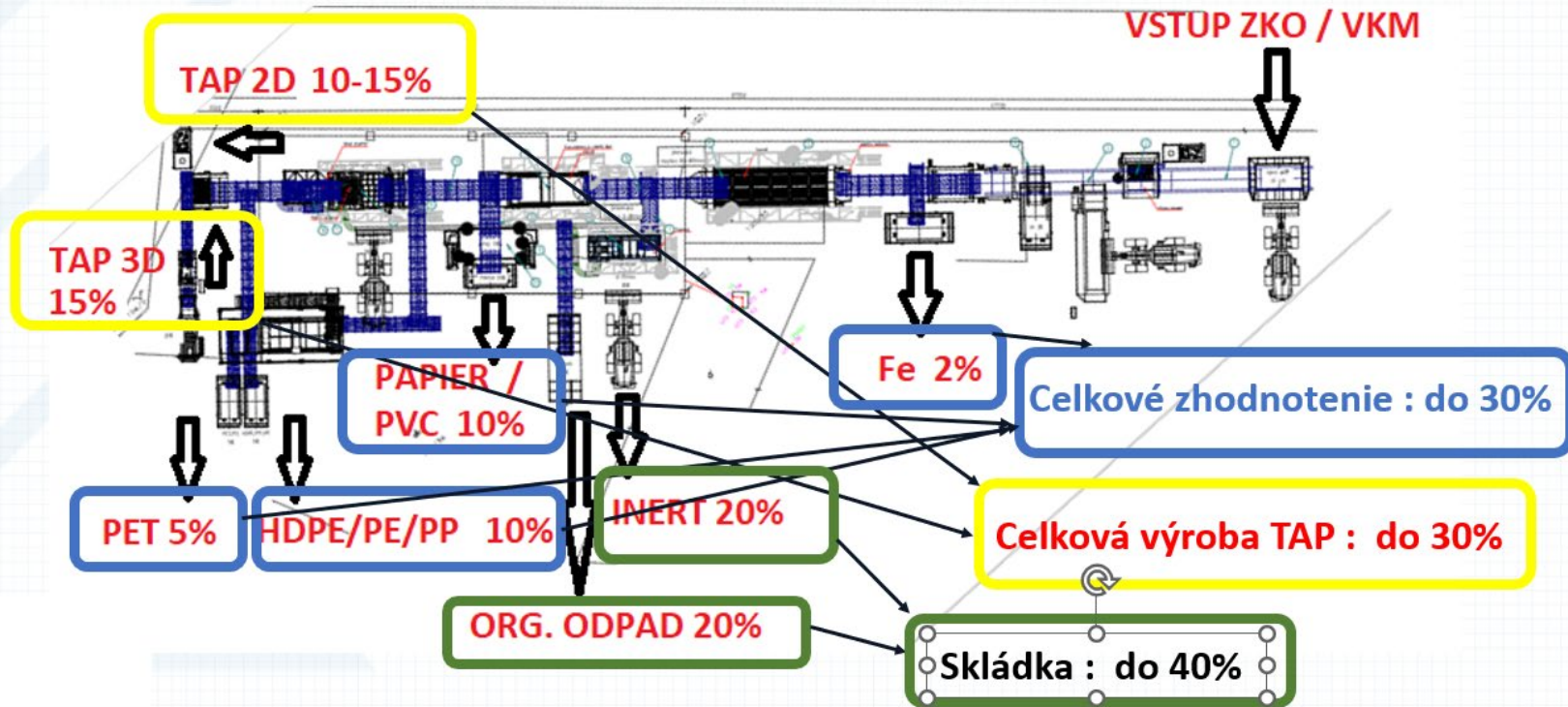


Stabilizácia a skládka



VÝSTUPY ZO SPRACOVANIA ZKO

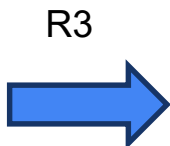
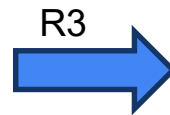
Príklad aplikácie MBÚ :



ELEKTROODPAD

Automatické X-Ray (rontgenové) triediace systémy na presné vyseparovanie kovových, nekovových a ostatných odpadov aj podľa obsahu prímiesí / pece, ingoty, metalurgia / - výstupy z linky :

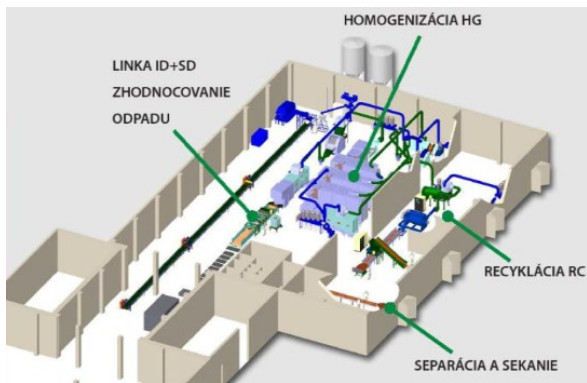
- Materiálové spracovanie NoFe (recyklát) pre tavbu polotovaru (ingot) na opätovné použitie
- Kovový odpad - druhotná surovina (Fe šrot)
- Ostatný odpad – druhotná surovina (Cu, Ag, mosadz, atd) resp. skládka (kontaminácia)



TEXTIL

Rozvláknenie v priemyselnom textile (napr. automotive) obsahnutých minerálnych vlákien a spracovanie pod tlakom, v kombinácii s prímiesami za teploty a použitím času zrenia - výstup z linky :

- Recyklát pre ďalšie spracovanie (izolačná hmota alebo opätovné použitie)
- Viacúčelová doska – napr. STERED (klimaticky aktívna a vegetačná doska pre zelené strechy)



R3

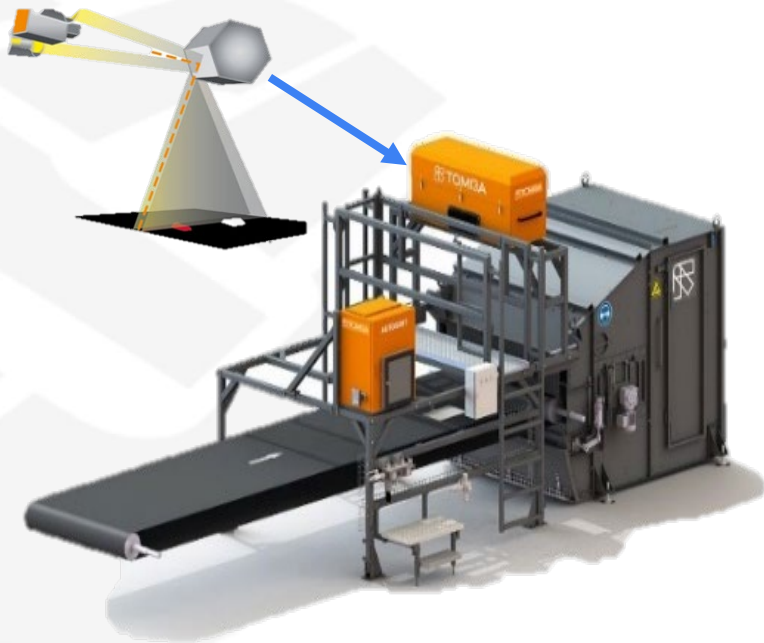


R3



Systemy triedenia KO prostr . BAT

Optické detekčné systémy



Aplikácia pre KO : **PKO, Sklo, Papier, ZKO**

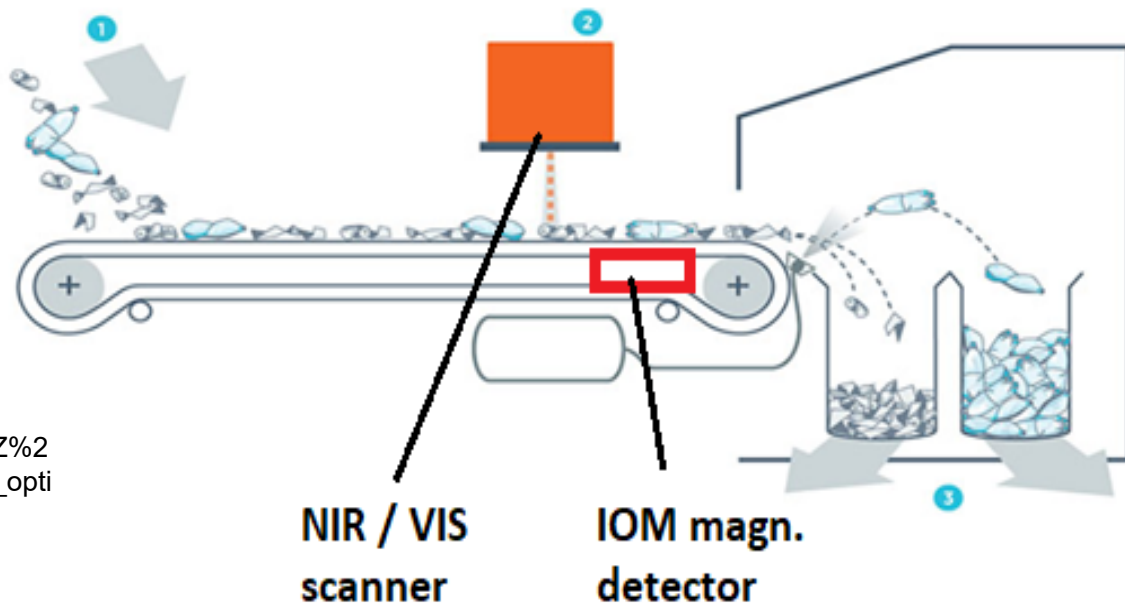
Detekcia v rozsahu vlnového spektra **NIR** a **VIS**
(near IR / viditeľné elmag spektrum 360-760nm)

Nasvietenie prúdu odpadu, detekcia a vzduchová
separácia SW navolených komodít / ručná kalibrácia.

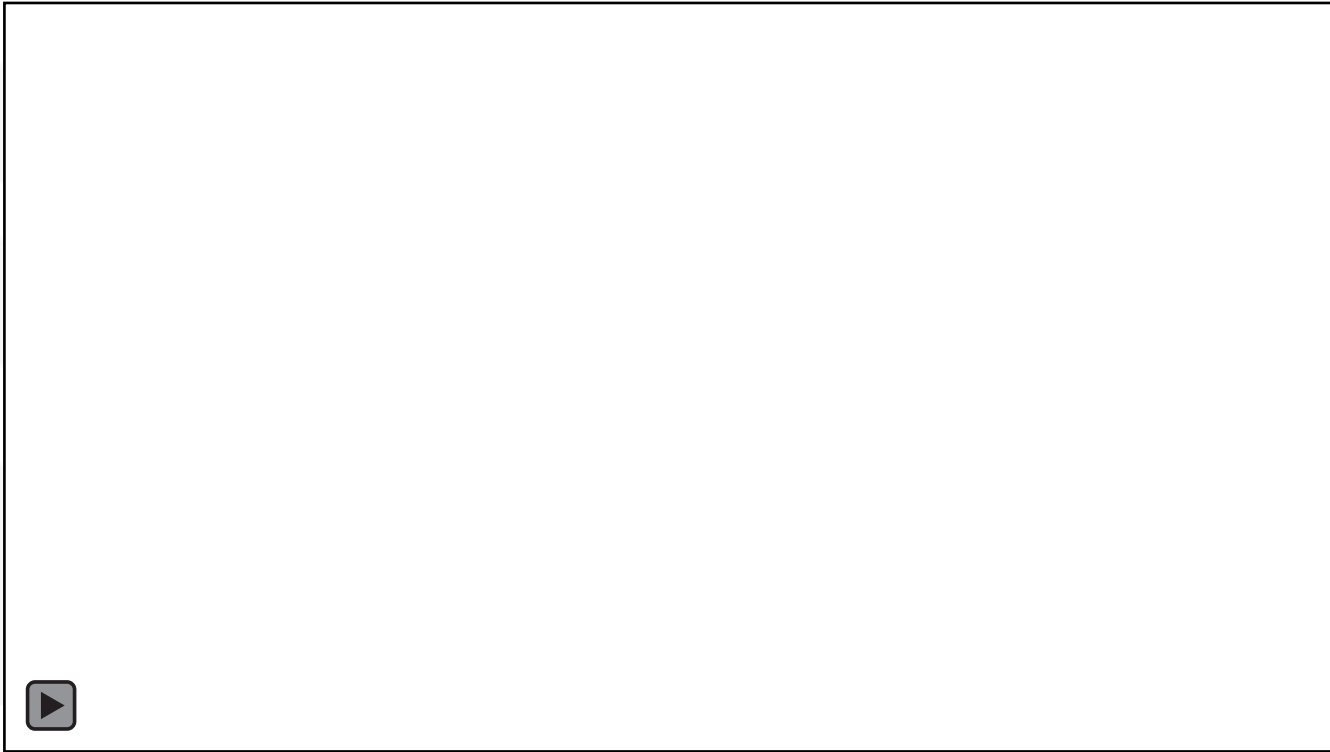
Optické detekčné systémy



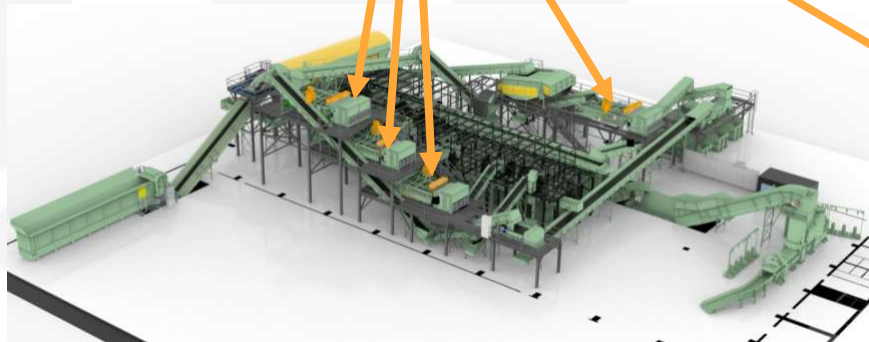
file://vudata01.vumzsk.local/DATA/VUMZ%20SK/OBCHOD/Marketing/webinar/video_optickeho_triedenia/



Optické detekčné systémy



Optické detekčné systémy



Optické detekčné systémy



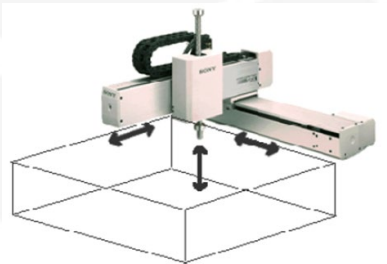
Výhody :

- Kapacita triedenia (detekcia až do 6t/h)
- Detekovanie pomerne širokého spektra el.mag žiarenia
- Hĺbková detekcia materiálu
- Čistota triedenia v rozsahu 85-95%
- Množstvo strateného materiálu (hit rate) 3-5%
- Heavy duty prevedenie
- Množstvo overených aplikácií po svete – výsledky verifikované v praxi

Nevýhody :

- Tmavé materiály systém „nevidí“
- Rotujúce predmety nevytriedi presne
- Citlivosť na svetelné odlesky
- Potrebný väčší priestor na triedenie viacerých komodít

Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Karteziánske (pravouhlé) **roboty** - 3 osi – presnosť a opakovateľnosť (obrábacie centrá)



Scara roboty - rýchly, presný a kompaktný (VR montáž a balenie)

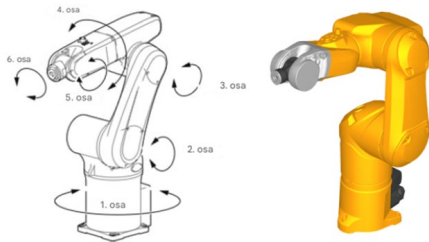
Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Delta (pavúcie) **roboty** – 3,4-6 osé roboty s ramenami ovládanými presnými motormi.

Rýchlosť a presnosť.

Manipulácia, selektovanie a pickovanie / vyberanie vybraných komodít z toku.



6-osé roboty - rotácia v kĺboch, 6 osí voľnosti,

Osadenie na pevnej alebo 7- pohyblivej osi.

Simulácia práce ľudskej ruky.

Nitovani, zvaranie, paletizovanie, atď.

Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia

Strojové učenie

Odbor umelej inteligencie pozostávajúci zo súboru techník založených na štatistickej analýze dát.

Zahŕňa naprogramovanie počítača tak, aby sa mohol „učiť“ z dát a rozhodovať sa na základe poskytnutých príkladov. Namiesto toho, aby sa algoritmy strojového učenia riadili preddefinovanými pravidlami, analyzujú vzory, vytvárajú modely a zlepšujú svoje predpovede alebo akcie pomocou počtu tréningových bodov [

Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia

Algoritmy učenia

Gradient Boosting Machines (GBM)

Algoritmy sú silné pre prácu so štruktúrovanými dátami a často sa používajú na klasifikáciu i regresiu. Sú známe svojou vysokou presnosťou a schopnosťou spracovávať veľké dátové sady.

K-Means Clustering

Algoritmus sa používa na neriadené učenie, napríklad na zoskupenie podobných dátových bodov, čo môže pomôcť identifikovať vzorce alebo anomálie. Je vhodný na analýzu dát bez vopred daných štítkov.

Robotické HS a N detekčné systémy

Algoritmy učenia s podporou AI učenia

Random Forest

Algoritmus obľúbený pre svoju schopnosť spracovávať komplexné dáta a poskytovať dôležitosť premenných. Používa sa ako pre klasifikáciu (napr. či dôjde k poruche do určitého časového rámca), tak pre regresiu (napr. **predpovedanie zostávajúcej životnosti**).

Random Forest vhodný na riešenie zložitých dátových sád

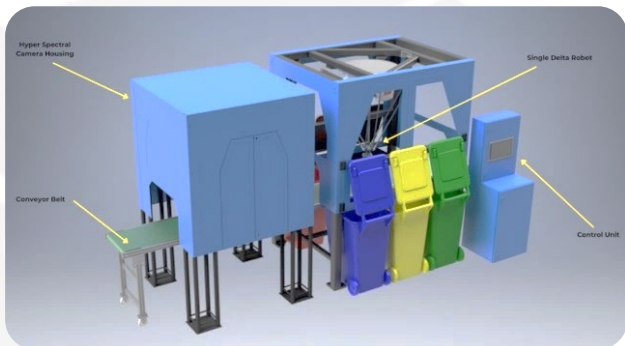
Support Vector Machines (SVM)

Efektívne pre klasifikáciu a regresiu, najmä pri práci s vysokorozmernými dátami. V prediktívnej údržbe sa často používajú na **detekciu anomálií**.

Neurónové siete

Táto kategória zahŕňa Multi-Layer Perceptrons (MLP), Convolutional Neural Networks (CNN) pre dáta z čidiel a Recurrent Neural Networks (RNN), najmä Long Short-Term Memory (LSTM) pre analýzu časových radov. Tieto modely sú vhodné na spracovanie zložitých vzorcov, ako sú **časové rady dát z čidiel** alebo ako osvedčené algoritmy pre **monitorovanie stavu zariadenia**

Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



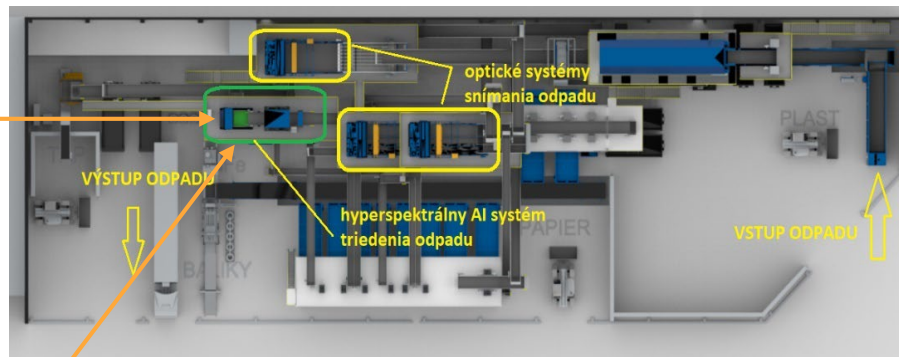
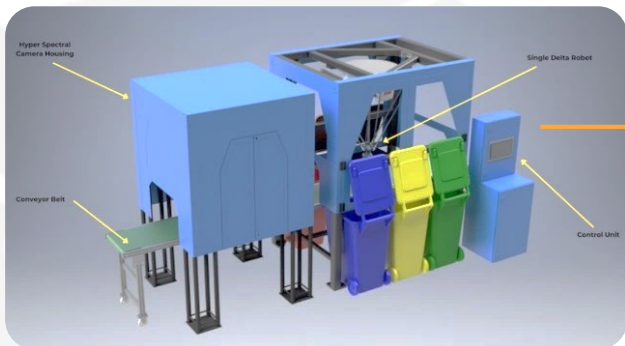
Aplikácia pre KO : **PKO, Sklo, Papier, ZKO**

Detekcia širokého rozsahu vlnového spektra až do 2.500 nm
Kamerová detekcia (visual monitoring) a robotická separácia
SW navolených komodít (delta robot manipulacia)

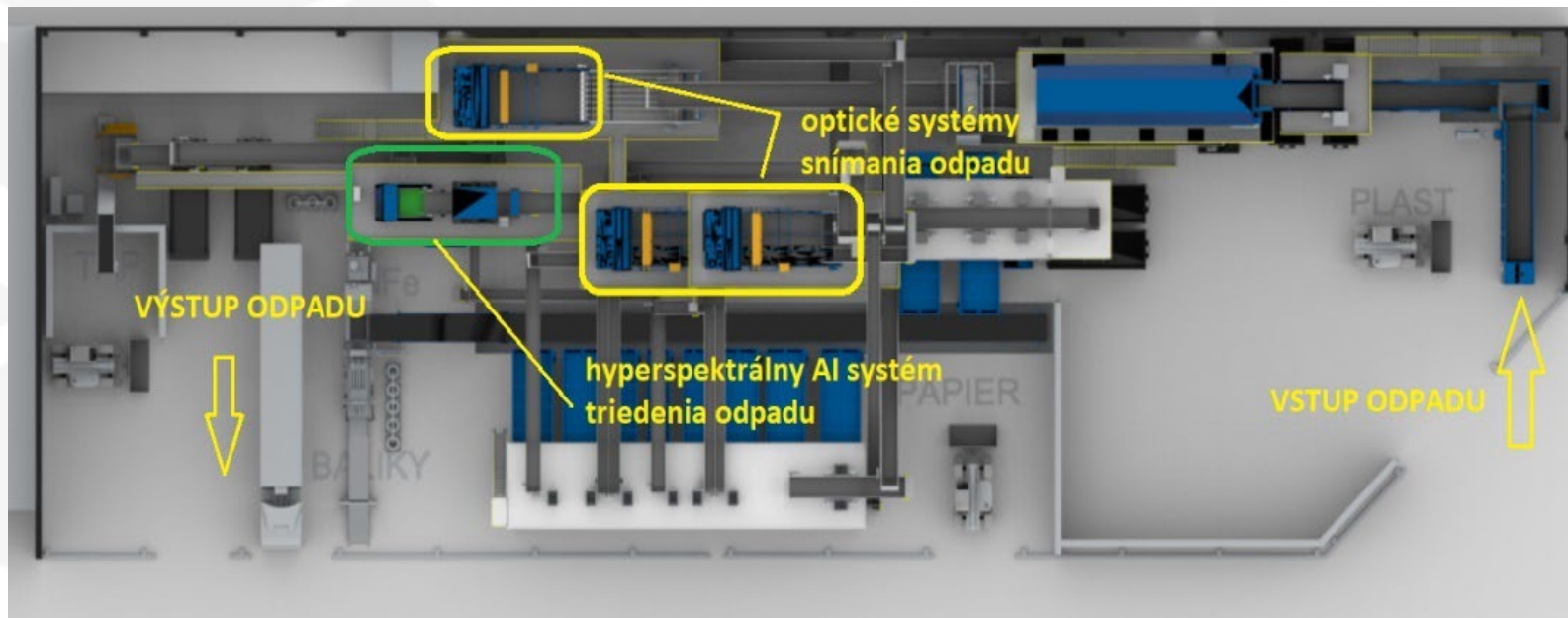
Nasadenie AI pre spoznávací proces detekcie - východzie a
následne automatické učenie rozpoznávania komodít idúcich
na dopravníkovom páse



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



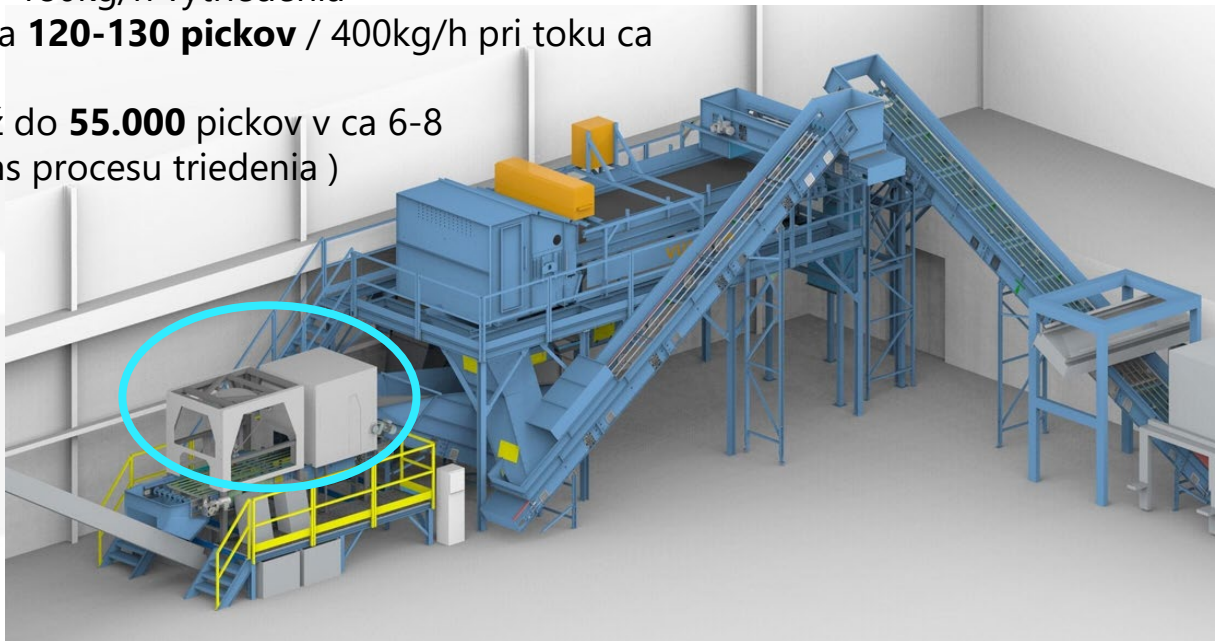
Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia

RS pracujú pri kapacite ca **60-80 pickov** /1 robot/min

(ca 3kg 3D/min = 180kg/h vytriedenia

Twin roboty do ca **120-130 pickov** / 400kg/h pri toku ca
1t/h)

V zmene 7hod až do **55.000** pickov v ca 6-8
komoditách počas procesu triedenia)



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia

Aplikácie pre samosprávy :

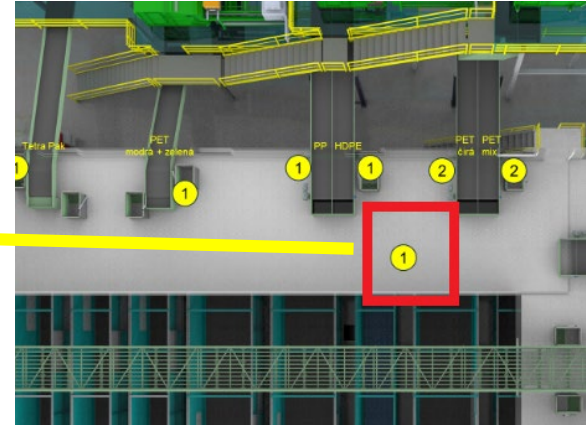
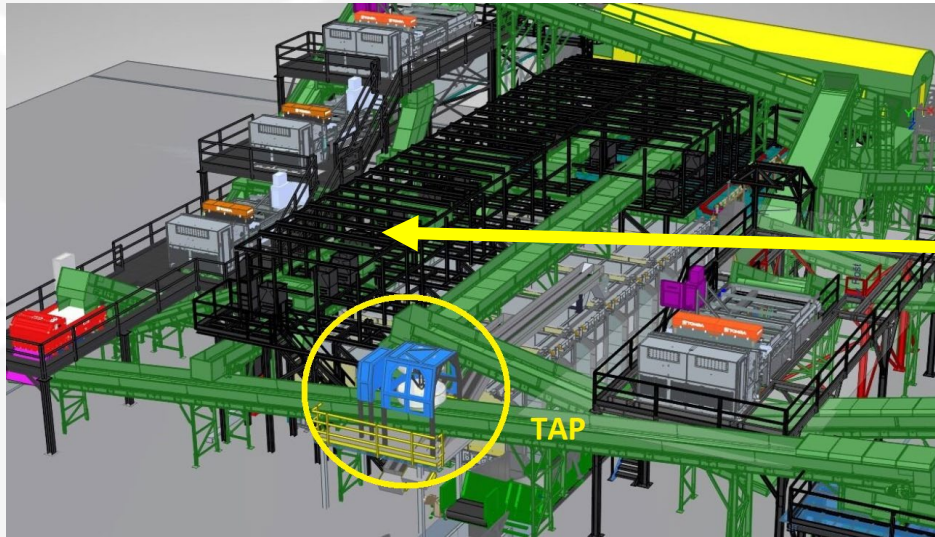
- Malé toky – vhodné pre **nižšie objemy** (obce)
- Viackomoditové triedenie - **variabilita** , SW nastavenie
- Náhrada OS a manuálnych pracovníkov
(**ekonomický prínos** pre zákazníka)



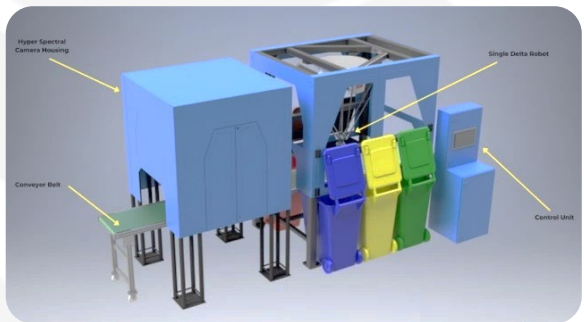
Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



Robotické HS a N detekčné systémy s podporou AI učenia



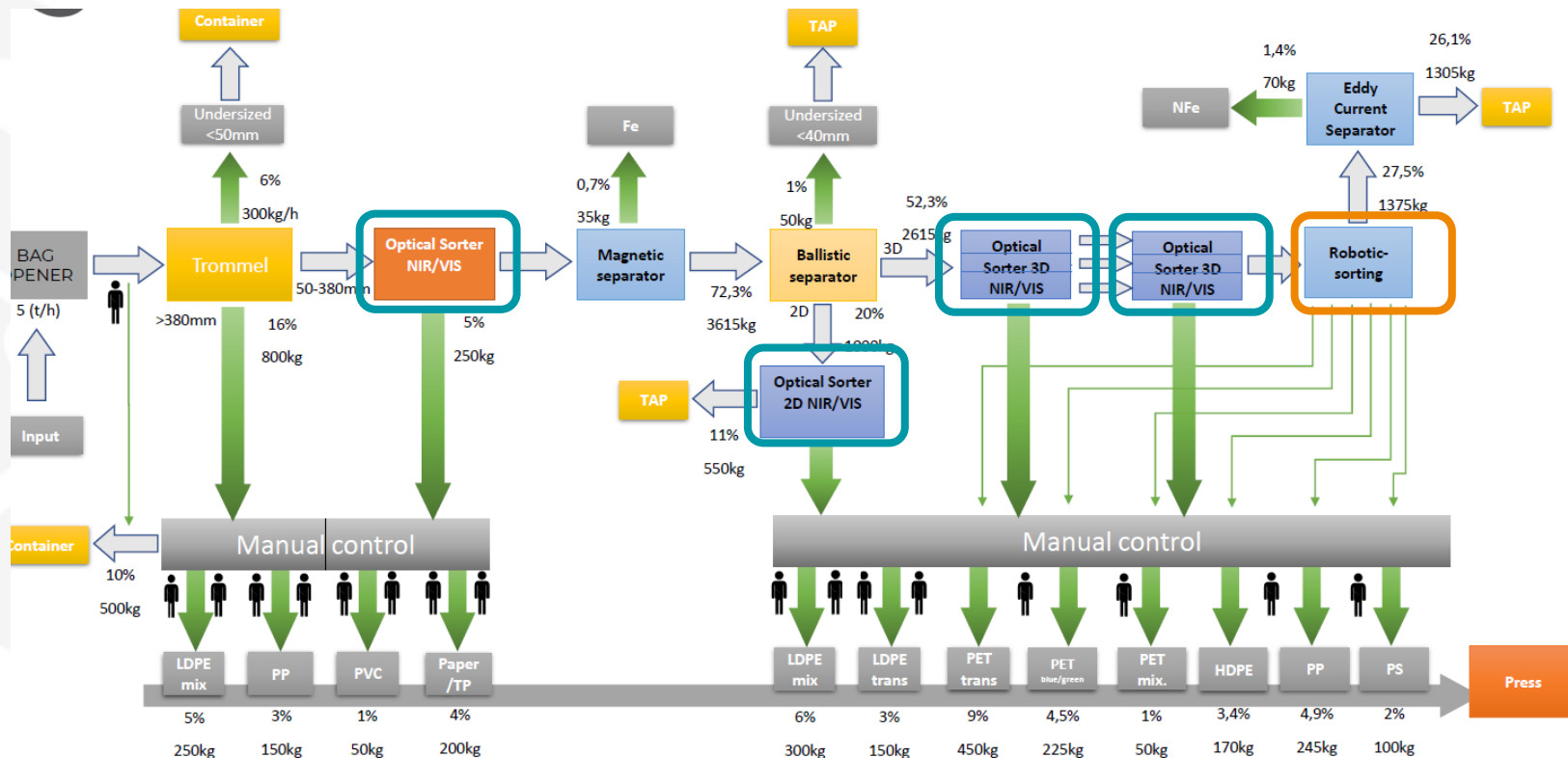
Výhody :

- Detekovanie veľmi širokého spektra el.mag žiarenia
- Hĺbková detekcia materiálu
- Rozpoznanie všetkých druhov materiálov (aj tmavých)
- Postačuje menší triediaci priestor
- Detekcia **98-99%**, zachytenie : **93%**
- Kapacita

Nevýhody :

- Malá kapacita (do ca 1.0t/h) / twin robot , inak vys. CAPEX
- Vyššie obstarávacie náklady (v súč. ca o 20-25% vyššie ako u optických zariadení)

Pracoviská ROBOTA a NIR/VIS



Jednoduchá prípadová štúdia na AOTL na triedenie PKO s použitím OS

Výnosy zo spracovania PKO a predaja DS

Investičný náklad (CAPEX) :	4 500 000 €			
Spracovanie PKO :	30,00 €/t		337 500 €/t	
Predaj komodit - materialove zhodnotenie	Cena / Komodita	Produkcia (100%)		
PET transp	540 €	0,239 t/h	483 543	€/rok
PET mix	300 €	0,194 t/h	218 541	€/rok
HDPE	560 €	0,096 t/h	200 690	€/rok
PP	300 €	0,131 t/h	147 647	€/rok
PVC z optiky	300 €	0,018 t/h	20 653	€/rok
VKM- Tetra	80 €	0,039 t/h	11 718	€/rok
LDPE- transp	560 €	0,078 t/h	163 934	€/rok
LDPE- mix	360 €	0,143 t/h	192 780	€/rok
NoFe	560 €	0,002 t/h	5 032	€/rok
Fe	30 €	0,007 t/h	748	€/rok
Nadr LDPE- transp	560 €	0,083 t/h	173 578	€/rok
Nadr LDPE- Mix	360 €	0,151 t/h	204 120	€/rok
Nadr 3D	560 €	0,127 t/h	266 717	€/rok
PVC z nadrozmeru	300 €	0,018 t/h	19 987	€/rok
Spolu výnosy z predaja vytriedených komodit :		1,326 t/h	2 109 688	€/rok

Náklady pri spracovaní PKO

Prevádzkové náklady :					
Riadenie, manipulant , denna udrzba	21 780 €	3	130 680	€/rok	2 zmeny
CCP- pomocny robotnik (2 zmeny)	19 800 €	15	594 000	€/rok	2 zmeny
Spotreba EE	210	170	80 325	€/rok	60%
FO + servisné prehliadky, spotrebné diely	20 000	1	20 000	€/rok	
Naklad na spracovanie TAP s dopravou	80	6 278	502 256	€/rok	
Poistenie	5000	1	5 000	€/rok	
Spolu prevádzkova režia :			1 332 261	€/rok	
Finančné náklady					
výška investície (TG)			4 500 000 €		
odpis TG (8r)	100%	8	562 500 €		
splatka istitny	80%	8	450 000 €		
equity	20%		900 000 €	112 500 €	
finančný úrok banka	4,0%		84 700 €		
finančný úrok investor	2,0%		10 359 €		
diskont	2,0%				

EKONOMIKA ATL na obdobie 8 r.

	0 2025	1 2026	2 2027	3 2028	4 2029	5 2030	6 2031	7 2032	8 2033
Spracovanie PKO - poplatok		337 500	354 375	372 094	390 698	410 233	430 745	452 282	474 896
Materiálové zhodnotenie- predaj komodít		2 109 688,2	2 151 882	2 194 920	2 238 818	2 283 594	2 329 266	2 375 852	2 423 369
Výnosy spolu :		2 447 188,2	2 506 256,9	2 567 013,3	2 629 516,4	2 693 827,7	2 760 011,2	2 828 133,8	2 898 264,9
pracovníci - CCP		724 680,0	739 174	753 957	769 036	784 417	800 105	816 107	832 430
spotreba EE		80 325,0	84 341	88 558	92 986	97 636	102 517	107 643	113 025
Prevádzkové náklady (OPEX)		20 000,0	20 400	20 808	21 224	21 649	22 082	22 523	22 974
predaj TAP		502 256,3	527 369	553 738	581 424	610 496	641 021	673 072	706 725
ostatna spotreba / fond opráv		5 000,0	5 100	5 202	5 306	5 412	5 520	5 631	5 743
Náklady spolu :		1 332 261,3	843 914,9	863 323,4	883 246,6	903 701,1	924 704,2	946 273,8	968 428,6
odpis TG		562 500,0	562 500,0	562 500,0	562 500,0	562 500,0	562 500,0	562 500,0	562 500,0
nákladové úroky - spolu		95 059,1	95 059,1	95 059,1	95 059,1	95 059,1	95 059,1	95 059,1	95 059,1
Finančné náklady spolu :		657 559,1	657 559,1	657 559,1	657 559,1	657 559,1	657 559,1	657 559,1	657 559,1
EBIDTA (prevádzkový HV) :		1 114 926,8	1 662 342,1	1 703 689,9	1 746 269,8	1 790 126,5	1 835 307,0	1 881 860,0	1 929 836,4
EBT :		1 030 226,5	1 004 782,9	1 046 130,8	1 088 710,7	1 132 567,4	1 177 747,9	1 224 300,9	1 272 277,2
daň (19%):		195 743,0	200 956,6	209 226,2	217 742,1	226 513,5	235 549,6	244 860,2	254 455,4
EAT :		834 483,5	803 826,4	836 904,6	870 968,5	906 053,9	942 198,3	979 440,7	1 017 821,8
EAT diskontovaný (z EQUITY) :	-4 500 000 €	834 483,5	788 065,1	804 406,6	820 733,1	837 053,8	853 378,0	869 715,3	886 075,1
diskontovaný CF :	-900 000 €	-65 516,5	722 548,5	1 526 955,1	2 347 688,2	3 184 742,0	4 038 120,1	4 907 835,4	5 793 910,5
ROI	-4 500 000,0	-3 665 516,5	-2 861 690,2	-2 024 785,5	-1 153 817,0	-247 763,1	694 435,2	1 673 875,9	2 691 697,7
SROI Jednoduchá návratnosť investície :		5,01 roka							
ROI Diskont. návratnosť celk.investície :		5,38 roka							
NPV (čistá súčasná hodnota projektu po 8r.)		2 193 910 €	po 8 rokoch						
IRR (vnútorné výnosové percent projektu)		9,6%	zhodnotenie						

Jednoduchá prípadová štúdia na ARTL na triedenie PKO s použitím RS

Výnosy zo spracovania PKO a predaja DS

Investičný náklad (CAPEX) :	5 000 000 €			
Spracovanie PKO :	30,00 €/t		337 500 €/t	
Predaj komodít - materialove zhodnotenie	Cena / Komodita	Produkcia (100%)		
PET transp	540 €	0,239 t/h	483 543	€/rok
PET mix	300 €	0,194 t/h	218 541	€/rok
HDPE	560 €	0,096 t/h	200 690	€/rok
PP	300 €	0,131 t/h	147 647	€/rok
PVC z optiky	300 €	0,018 t/h	20 653	€/rok
VKM- Tetra	80 €	0,039 t/h	11 718	€/rok
LDPE- transp	560 €	0,078 t/h	163 934	€/rok
LDPE- mix	360 €	0,143 t/h	192 780	€/rok
NoFe	560 €	0,002 t/h	5 032	€/rok
Fe	30 €	0,007 t/h	748	€/rok
Nadr LDPE- transp	560 €	0,083 t/h	173 578	€/rok
Nadr LDPE- Mix	360 €	0,151 t/h	204 120	€/rok
Nadr 3D	560 €	0,127 t/h	266 717	€/rok
PVC z nadrozmeru	300 €	0,018 t/h	19 987	€/rok
Spolu výnosy z predaja vytriedených komodít :		1,326 t/h	2 109 688	€/rok
Zvýšenie predaja / robotické dotriedenie / hit rate :	10%	1,458 t/h	2 320 657	

Náklady pri spracovaní PKO

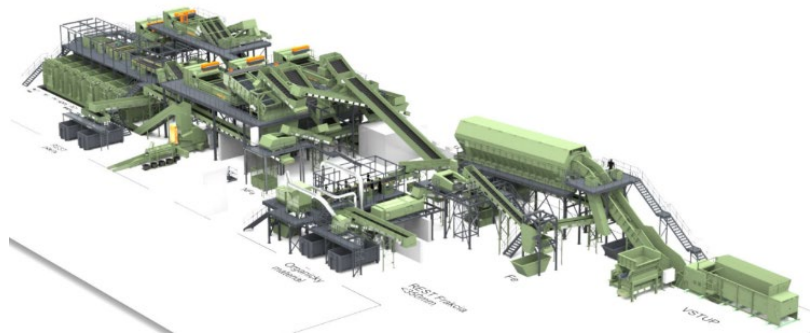
Prevádzkové náklady :					
Riadenie, manipulant , denná udrzba	21 780 €	3	130 680	€/rok	2 zmeny
CCP- pomocny robotnik (2 zmeny)	19 800 €	9	356 400	€/rok	2 zmeny
Spotreba EE	220	170	84 150	€/rok	60%
FO + servisné prehliadky, spotrebné diely	20 000	1	20 000	€/rok	
Naklad na spracovavie TAP s dopravou	80	6 278	502 256	€/rok	
Poistenie	5000	1	5 000	€/rok	
Spolu prevadzкова režia :			1 098 486	€/rok	
Finančné náklady					
výška investície (TG)			5 000 000 €		
odpis TG (8r)	100%	8	625 000 €		
splatka istitny	80%	8	500 000 €		
equity	20%		1 000 000 €	125 000 €	
finančný úrok banka	4,0%		94 111 €		
finančný úrok investor	2,0%		11 510 €		
diskont	2,0%				

EKONOMIKA ATL na obdobie 8 r

	0 2025	1 2026	2 2027	3 2028	4 2029	5 2030	6 2031	7 2032	8 2033
Spracovanie PKO - poplatok		337 500	354 375	372 094	390 698	410 233	430 745	452 282	474 896
Materiálové zhodnotenie- predaj komodití		2 320 657,0	2 367 070	2 414 412	2 462 700	2 511 954	2 562 193	2 613 437	2 665 705
Výnosy spolu :		2 658 157,0	2 721 445,1	2 786 505,3	2 853 398,2	2 922 187,1	2 992 937,8	3 065 718,9	3 140 601,8
pracovníci - CCP		487 080,0	496 822	506 758	516 893	527 231	537 776	548 531	559 502
spotreba EE		84 150,0	88 358	92 775	97 414	102 285	107 399	112 769	118 408
Prevádzkové náklady (OPEX)		20 000,0	20 400	20 808	21 224	21 649	22 082	22 523	22 974
predaj TAP		502 256,3	527 369	553 738	581 424	610 496	641 021	673 072	706 725
ostatna spotreba / fond opráv		5 000,0	5 100	5 202	5 306	5 412	5 520	5 631	5 743
Náklady spolu :		1 098 486,3	605 579,1	620 341,4	635 531,5	651 164,6	667 256,4	683 823,5	700 883,0
odpis TG		625 000,0	625 000,0	625 000,0	625 000,0	625 000,0	625 000,0	625 000,0	625 000,0
nákladové úroky - spolu		105 621,2	105 621,2	105 621,2	105 621,2	105 621,2	105 621,2	105 621,2	105 621,2
Finančné náklady spolu :		730 621,2	730 621,2	730 621,2	730 621,2	730 621,2	730 621,2	730 621,2	730 621,2
EBIDTA (prevádzkový HV) :		1 559 670,6	2 115 866,0	2 166 163,9	2 217 866,7	2 271 022,5	2 325 681,4	2 381 895,5	2 439 718,8
EBT :		1 465 559,2	1 385 244,8	1 435 542,6	1 487 245,4	1 540 401,3	1 595 060,2	1 651 274,2	1 709 097,5
daň (19%):		278 456,2	277 049,0	287 108,5	297 449,1	308 080,3	319 012,0	330 254,8	341 819,5
EAT :		1 187 102,9	1 108 195,8	1 148 434,1	1 189 796,4	1 232 321,0	1 276 048,2	1 321 019,4	1 367 278,0
EAT diskontovaný (z EQUITY) :	-5 000 000 €	1 187 102,9	1 086 466,5	1 103 839,0	1 121 171,7	1 138 474,2	1 155 756,1	1 173 027,4	1 190 297,8
diskontovaný CF :	-1 000 000 €	187 102,9	1 273 569,4	2 377 408,4	3 498 580,1	4 637 054,3	5 792 810,4	6 965 837,8	8 156 135,6
ROI	-5 000 000,0	-3 812 897,1	-2 704 701,2	-1 556 267,1	-366 470,8	865 850,3	2 141 898,4	3 462 917,8	4 830 195,8
SROI Jednoduchá návratnosť investície :		4,07 roka							
ROI Diskont. návratnosť celk.investície :		4,37 roka							
NPV (čistá súčasná hodnota projektu po 8r.)		4 156 136 € po 8 rokoch							
IRR (vnútorné výnosové percent projektu)		15,7% zhodnotenie							

Výzvy pri spracovaní foriem KO pomocou OS a AI

- Znižovanie **investičných** nákladov (optické systémy)
- Znižovanie **prevádzkových** nákladov (spotreba vzduchu, žiarovky)
- Zvyšovanie **presnosti detekcie** a zachytávania predmetov (nasvecovanie, systém detekcie a vyhadzovania, interakcia predmetov, distribúcia /prekrývanie)
- Detekcia **viacvrstvových** materiálov - hlbšie rozpoznávanie, potláčanie detekcie
- Zvýšenie **stability** a **heavy duty** prevedenia systémov avýšenie detekčnej výšky na vstupe do opt. zariadenia



- Znižovanie **investičných** nákladov
- Znižovanie **prevádzkových** nákladov
- Zvyšovanie **presnosti detekcie** a zachytávania predmetov
- Detekcia **viacvrstvových** materiálov
- Zvýšenie **stability** a **heavy duty** prevedenia robotických systémov
- Pravdepodobná kombinácia aplikovania detekcie NIR/VIS a hyperspektrálnych snímaní s použitím AI pre zvýšenie detekčného spektra
- **Kompaktnosť** zariadenia ako celku





Ďakujem za pozornosť
Otázky ?

Ing. Robert Procházka, PhD., MBA

robert.prochazka @ vumz.sk

vumz @ vumz.sk

+421 902 500 948

www.vumz.sk

[WWW.VUMZ.SK](http://www.vumz.sk)

23.04.2026