

Hodnotenie efektívnosti výrobnéj linky v sinergii s kvalitou produktov implementáciou simulácie

Marek Kliment ¹, Miriam Pekarčíkova ¹, Jozef Trojan ¹, Laura Lachvajderová ¹,
Matúš Matiscsák ¹

¹ Technical University of Košice, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Management, Industrial and Digital engineering, Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovakia

marek.kliment@tuke.sk
miriam.pekarcikova@tuke.sk
jozef.trojan@tuke.sk
laura.lachvajderova@tuke.sk

Anotácia: Každá výrobná spoločnosť produkujúca produkty akéhokoľvek charakteru je nútená neustále sa zaoberať otázkou zlepšovania efektívnosti svojich výrobných liniek, navyšovaním ich kapacity produkcie a v neposlednom rade je aj zvyšovanie kvality produktov. Každý fyzický zásah priamo do výrobného procesu má za následok zmenu efektívnosti tohto procesu. Môže ísť o zmenu k lepšiemu, ale často takáto zmena aj nemusí mať očakávaný účinok. Dnešná doba digitálnej industrializácie nám ponúka možnosti, overiť možné zmeny vo výrobnom procese, bez toho, aby sme fyzicky zasiahli do existujúcej výroby a tým je možné aj overiť skutočné následky daného zásahu. Predkladaný príspevok sa zaoberá zlepšovaním efektívnosti a kvality produktov vo výrobnom procese v oblasti potravinárskeho priemyslu. Ide o výrobu rôznych druhov balených šalátov, tresky a iných druhov rýb. Cieľom príspevku je otestovať možnosť zlepšenia efektívnosti baliacej linky na potravinárske produkty ako aj možnosť vylepšiť ich kvalitu aplikáciou senzorov cudzích telies rôzneho druhu, ktoré sa občas môžu do šalátov dostať.

1 Úvod

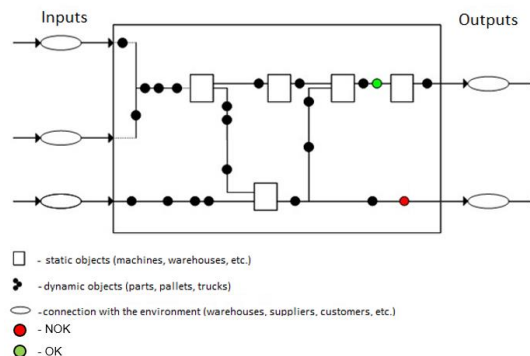
V 21. storočí väčšina svetovo úspešných spoločností a firiem využívajú na projektovanie výroby rôzne simulačné programy. Tieto programy umožňujú pozorovať celý výrobný proces pri najmenších detailoch, pričom simuláciu je možné zastaviť v akejkoľvek chvíli a opätovne ju spustiť. Dôsledné sledovanie simulácie nám dokáže odhaliť úzke miesta, chyby a rôzne nedostatky, ktoré by mohli vzniknúť pri reálnej výrobe. Pokiaľ je výroba dobre zmapovaná a nie je k nej prístup kedykoľvek a je potrebné v nej zaujať nestranný pohľad na zlepšenie je simulácia veľmi dobrým riešením. Okrem toho, je možné ju zastaviť a spustiť v ľubovoľnom bode, a je možné v nej aj na ľubovoľnom mieste kedykoľvek urobiť zmenu, ktorú potom je možné na základe rôznych technológií validovať so skutočným stavom. Výrobnej organizácii je tak možné poskytnúť prezentáciu možných zmien v existujúcom výrobnom procese, prípadne jej poskytnúť návrhy na jeho vylepšenie pri určitej zmene výrobných parametrov. V niektorých prípadoch ide o nepatrné zmeny, ktoré nemusia byť

pre organizáciu ani veľmi finančne náročne, v niektorých prípadoch si však optimalizačné riešenia vyžadujú investície s dlhšou dobou návratnosti. Pomocou simulačných programov je možné zabezpečiť, aby pred spusteným reálnej výroby bolo zrejmé, že výroba bude bez akýchkoľvek chýb, prestojov a maximálne efektívna. Simulácii je možné podrobiť celé výrobné systémy. V tomto príspevku bude pre realizáciu simulácii využitý simulačný softvér Tecnomatix Plant Simulation. Preto je potrebné zdefinovať pojmy výrobný systém a priblížiť si niektoré možnosti tohto softvéru.

Model výrobného systému zobrazený na Obr.1 sa zvyčajne skladá z týchto objektov

- Statické trvalé objekty (nepohybujúce sa prvky systému pôsobiace trvalo – sklady, stroje apod.)
- Dynamické dočasné objekty (pohybujúce sa prvky, vstupujúce do systému, ktoré sa pohybujú medzi statickými prvkami systému a na nejakom bode systém opúšťajú –súčiastky, palety).
- Prvky prepojenia s okolím (lokality, kde vstupujú dynamické objekty do systému a zároveň systém opúšťajú).

Po vyskúšaní modelu sa začnú vykonávať experimenty, pomocou ktorých sa hľadajú rôzne alternatívy vylepšenia systému a zisťuje sa ich vplyv na vymodelovaný systém. Simulácia nie je program pomocou ktorého je možné získať priamo optimálne riešenie. Využíva sa ako podporný nástroj, ktorý napomáha návrhárovi skúšať efekty svojich rozhodnutí na simulačnom modeli.



Obr. 1 - Model výrobného systému

Program Tecnomatix Plant Simulation poskytuje prostredie na vytvorenie simulácie. Pomocou simulácie závodu je možné optimalizovať tok materiálu, využitie zdrojov a logistiku na všetkých úrovniach plánovania zariadení od globálnych výrobných zariadení, cez miestne závody až po konkrétne linky. V časo rastúcich nákladoch a časových tlakoch vo výrobe spolu s pokračujúcou globalizáciou sa logistika stala kľúčovým faktorom úspechu spoločnosti. Potreba dodávať včas a postupne, zavádzať princípy štíhlej výroby, plánovať a budovať nové udržateľné výrobné zariadenia a riadiť globálne výrobné siete si vyžaduje objektívne kritériá rozhodovania, ktoré pomôžu manažmentu

vyhodnotiť a porovnať alternatívne prístupy. Simulácia umožňuje vytvoriť digitálny model závodu logistických systémov, aby poverení pracovníci mohli sledovať vlastnosti systému a optimalizovať ich výkon. Digitálny model môže byť implementovaný v procese plánovania dlho pred začatím skutočného systému. Softvér Plant Simulation poskytuje obširne analytické nástroje, grafy a štatistiky, ktoré pomáhajú používateľom vyhodnotiť rôzne výrobné procesy a spraviť rýchle a spoľahlivé kroky v začiatkových fázach plánovania výroby.

1.1 Modelovanie výrobných procesov

Simulácia závodu umožňuje spoločnostiam vytvárať dobre štruktúrované hierarchické modely výrobných zariadení, liniek a procesov. Dosahuje sa to prostredníctvom výkonných objektovo orientovaných architektúr a modelovacích schopností, ktoré zákazníkom umožňujú vytvárať a udržiavať vysoko komplexné systémy vrátane pokročilých riadiacich mechanizmov. Intuitívne, kontextovo citlivé používateľské rozhranie pásu kariet Plant Simulation sa riadi štandardmi systému Microsoft Windows, vďaka čomu je ľahké rýchlo sa zoznámiť a produktívne pracovať. Simulačné modely sa dajú vytvoriť rýchlo pomocou komponentov z knižníc aplikačných objektov určených pre konkrétne obchodné procesy, ako sú procesy výroby alebo výroby karosérií automobilov. Používatelia si môžu vybrať z preddefinovaných zdrojov, zoznamov objednávok, plánov operácií a pravidiel kontroly. Rozšírenie knižnice o objekty špecifické pre spoločnosť umožňuje zachytenie osvedčených technických skúseností pre ďalšie simulačné štúdie. S komplexnými a podrobnými simuláciami je možné manipulovať, porozumieť im a udržiavať ich oveľa lepšie ako v konvenčných simulačných nástrojoch pomocou architektonických výhod Plant Simulation.

1.2 Eliminácia úzkych miest

Modely Plant Simulation sa používajú na zefektívnenie priepustnosti, zmiernenie úzkych miest a minimalizáciu nedokončenej výroby. Grafické výstupy pre automatickú detekciu úzkych miest, analýzu priepustnosti, využitie strojov, zdrojov a vyrovnávacích pamätí, Sankeyho diagramy a Ganttovy diagramy patria medzi mnoho dostupných nástrojov na hodnotenie výkonnosti vašich výrobných systémov. Simulačné modely zohľadňujú interné a externé dodávateľské reťazce, výrobné zdroje a obchodné procesy, čo vám umožňuje dynamicky analyzovať vplyv rôznych výrobných variácií.

1.3 Prakticky uviesť do prevádzky výrobné systémy pred uvedením do prevádzky

Tecnomatix Plant Simulation umožňuje, aby sa virtuálny model zariadenia prepojil so skutočným riadením závodu, čím sa simuluje skutočná výroba. S týmto integrovaným simulačným prístupom je možné testovať a optimalizovať riadenie, automatizáciu, prepravu materiálu a celú technickú prevádzku. Je možné pripojiť buď virtuálny (softvérový) programovateľný logický kontrolór (PLC) alebo skutočný (hardvérový) PLC z reálneho prostredia. Toto uvedenie

do prevádzky je flexibilné a otvorené a dá sa použiť v spojení s akýmkoľvek PLC.

1.4 Výhody

Simulácia závodu pomáha výrobcam:

- Zisťovať a odstraňovať problémy, ktoré by si inak vyžadovali náklady a časovo náročné nápravné opatrenia počas výrobných rampy
- Zníženie investičných nákladov, ktoré by mohli v realite vzniknúť
- Optimalizovať výrobný proces v simulačnom prostredí pred implementáciou do reálnej výroby
- Odstránenie úzkych miest a zvýšené využitie výrobných zdrojov

Presné digitálne modelovanie, simulácia a priestorová (3D) vizualizácia dovoľujú vizualizovať, analyzovať budúci výrobný proces, čím sa obmedzuje možnosť vzniku chýb, ktoré by sa mohli objaviť počas nábehu výroby, ale aj počas jej bežnej činnosti.

2 Problémy vo výrobnom procese

Podobný návrh zefektívnenia výrobného procesu bol riešený aj v spoločnosti na výrobu rôznych druhov šalátov a iných výrobkov z rýb a rôznych iných surovín. Cieľom zefektívnenia výrobného procesu bolo splnenie dvoch faktorov:

1. Jeden významný odberateľ spoločnosti vyžaduje u výrobkov, ktoré sú predávané pod jeho obchodnou značkou, aby tieto výrobky boli skontrolované proti prítomnosti nežiadúcich telies, ako sú: kovy, plasty a sklo, ktoré boli zistené v malom množstve výrobkov od iného dodávateľa. Prítomnosť takýchto telies je vo výrobkoch veľmi málo pravdepodobná, nakoľko sa všetky suroviny pridávané do výrobkov kontrolujú už v predchádzajúcich krokoch výroby, avšak, bez vykonania takejto kontroly sa nikdy nedá úplne vylúčiť, že sa počas výrobného procesu nemôže niečo nežiadúce do výrobku dostať. Takýmto spôsobom sa tento odberateľ snaží predísť strate svojich zákazníkov a poškodeniu dobrého mena svojho obchodného reťazca. Pri takejto závažnej chybe v procese výroby môže dôjsť k následnému poškodeniu zdravia koncových zákazníkov, ktorí by mohli výrobok s takýmto telesom skonzumovať. Predmetná spoločnosť je preto nútená výrobky, ktoré vyrába pre tohto odberateľa pod jeho obchodnou značkou podrobovať kontrole pomocou samostatného detektora na takéto prvky, čo v značnej miere predlžuje výrobný proces, pretože takéto kontrolovanie si vyžaduje značný časový interval na skontrolovanie všetkých výrobkov, ktoré tento odberateľ vyžaduje.



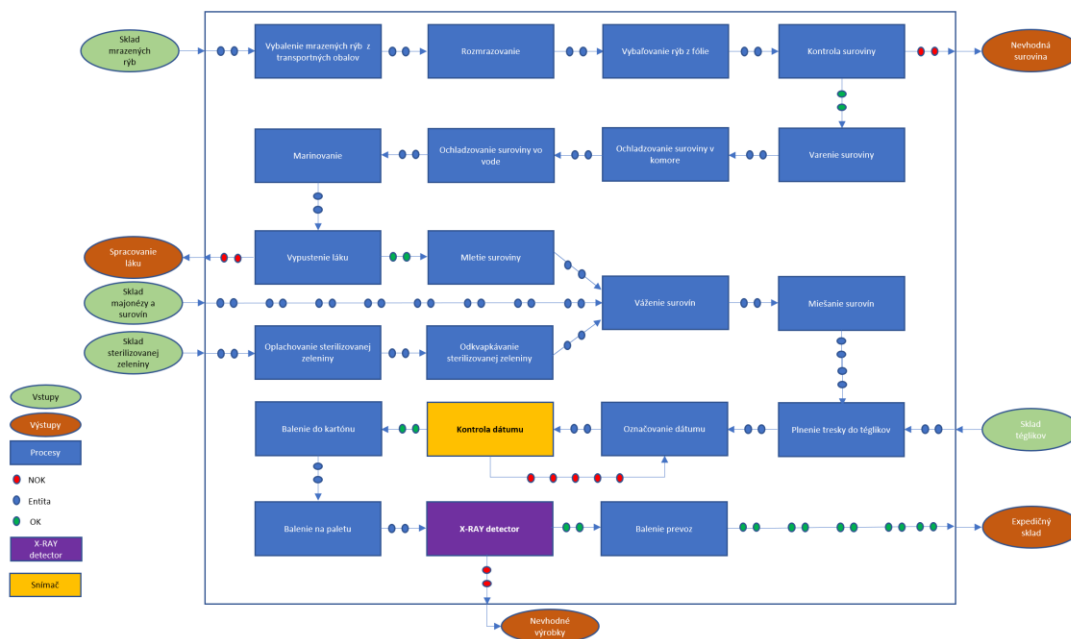
Obr. 2 - Detektor na kontrolu výrobkov ako prevencia prítomnosti nežiaducich telesám

2. Výrobná spoločnosť má v pláne zaviesť prvky automatizácie do oblasti balenia svojich výrobkov a znížiť tak manuálne zaťaženie pracovníkov, ako aj zabezpečiť väčší objem zabalených výrobkov na svojich baliacich linkách. Týmto krokom chce skvalitniť výrobný proces a zabezpečiť jeho väčšiu efektívnosť.

2.1 Popis výrobného procesu vybraných druhov výrobkov

Výrobný program spoločnosti zastrešuje široké spektrum výrobkov. Jej sortiment obsahuje viac ako 400 druhov rôznych potravinársky výrobkov. Dnešný sortiment spoločnosti prezentujú dve vlastné sortimentné brandové značky. Je držiteľom certifikátu, ktorý potvrdzuje zavedenie a používanie systému manažérstva kvality podľa normy EN ISO 22000:2005. Taktiež má zavedený systém HACCP, ktorým sa zabezpečuje kvalita a zdravotná nezávadnosť celého výrobného procesu. Denne sa vykonávajú skúšky vo vlastnom laboratóriu. Zároveň je zavedený stály veterinárny dozor. O kvalite výrobkov svedčia aj viaceré ocenenia SLOVAK GOLD. [10]. Výroba celého sortimentu výroby prebieha na dvoch poschodiach v samostatnej výrobnjej hale.

Bolo by veľmi zložité riešiť optimalizáciu celého sortimentu výroby. Ako model pre riešenie návrhov na vylepšenie bol vybraný 1 druh výrobkov, ktoré sú v sortimente vo významnej miere zastúpené a sú jedny z najpredávanejších v rámci celej produkcie. Vybraná bola výroba Tresky. Schéma výrobného procesu je znázornená na obrázku 3 a jej popis je uvedený nižšie.



Obr. 3 - Schéma výrobného procesu tresky

2.2 Priebeh výroby tresky

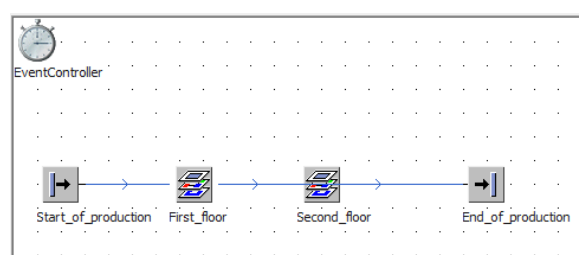
Výrobný proces Tresky sa začína prijatím zmrazených rýb zo skladu. Pred spracovaním sa mrazená rybacia surovina vybalí z transportných obalov a ukladá sa do rozmrazovacieho boxu, kde nastáva samotný proces rozmrazovania. Rozmrazovanie prebieha v popoludňajších a nočných hodinách. Doba rozmrazovania je 15 až 24 hodín. Po ukončení rozmrazovacieho procesu sa surovina vybalí z fólií a zároveň sa kontroluje kvalita rozmrazenej suroviny. Ďalším procesom je varenie vo varných komorách, ktoré trvá približne 90 minút. Po uvarení sa surovina schladzuje vzduchom v ochladzovacej komore približne 30 až 45 minút. Následne sa uvarená ryba dochladzuje vodou približne 30 až 45 minút. Vychladená uvarená rybacia surovina sa posúva na marinovanie, ktoré trvá 12 až 15 hodín. Po uplynutí doby marinovania sa lak vypustí a následne sa surovina poreže na mlynčeku. Takto spracovaný polotovar je pripravený na výrobu Tresky. Ďalším procesom je príprava sterilizovanej zeleniny, ktorá sa musí opláchnuť a následne po vysypaní do nádob so sitom nechá minimálne 5 minút odkvapkať. Ďalšie potrebné polotovary ako majonéza sú vopred pripravené a uložené na svojom mieste, odkiaľ sa presunie predpokladaný objem na daný deň na návažku. Ostatné prídavné látky sa navážia podľa materiálovej normy a pridávajú sa pri navážke zmesi na Tresku. Po navážení jednotlivých polotovarov a prídavných látok sa nádoba presunie do výrobnjej miestnosti, kde prebieha predposledná fáza výroby. Navážená zmes sa vysype do stroja, v ktorom prebieha miešanie a vymiešaná zmes Tresky sa následne presúva do zásobníka. Zmes zo zásobníka sa postupne presúva do stroja a prichádza k samotnému plneniu Tresky do vopred označených téglikov.

Stroj vyznačí správny dátum spotreby. Výrobky sa následne presúvajú po dopravníku ku procesu balenia. Na tomto dopravníku je umiestnený snímač, ktorý skenuje celý výrobok. Tento snímač kontroluje, či je na téglíku správne vytlačенý dátum minimálnej spotreby (na obrázku 3 je vyznačený žltou farbou). Pokiaľ na balení dátum nie je vytlačенý, snímač tento výrobok automaticky vyradí pomocou výklopky do zásobníka pri dopravníku. Tieto výrobky následne obsluha vráti naspäť do označovacieho zariadenia pre uvedenie dátumu minimálnej spotreby.

Pracovník zabalí požadovaný počet 16 kusov výrobkov do papierového kartónu a preloží na paletu. Pokiaľ ide o výrobky pre vyššie uvedeného zákazníka, ktorý požaduje navyše kontrolu na prítomnosť nežiadúcich telies, tak sa celá paleta s výrobkami presúva k samostatne stojacemu detektoru (Obr.2). Na tomto detektore sa postupne kontrolujú všetky výrobky zabalené v papierovom kartóne. Túto kontrolu vykonáva pracovník, ktorý postupne z palety berie kartóny s výrobkami a vkladá ich do detektora. Pokiaľ detektor zaznamená nežiaduce častice, celý kartón je automaticky vyradený. Kartóny, ktoré sú v poriadku pracovník uloží naspäť na paletu a táto postupuje ďalej na zabalenie palety fóliou na bezpečný prevoz výrobkov do expedičného skladu odkiaľ sa postupne rozvážajú podľa objednávok do pobočiek a k zákazníkom.

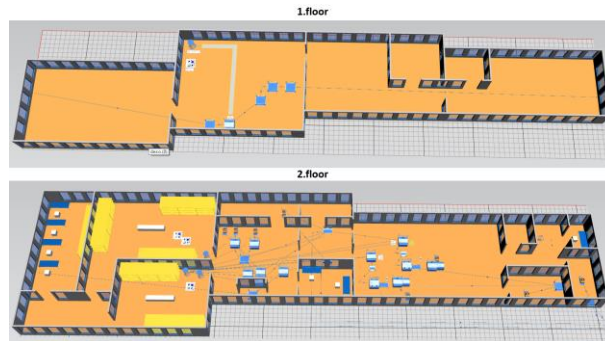
2.3 Digitalizácia výrobného procesu

Potom ako bol celý výrobný proces produktu zmapovaný, zanalyzovali a popísali sa jeho potrebné vlastnosti bolo pristúpené k tvorbe digitálneho modelu tejto výroby. Ako už bolo spomenuté, výroba prebieha v spoločnosti na dvoch poschodiach, na ktorých prebiehajú jednotlivé výrobné operácie. Aby bolo možné celý výrobný proces na oboch poschodiach zachytiť a prepojiť do jednej simulácie, je nevyhnutné pri tvorbe simulačného modelu využiť Framy. V každom Frame sú namodelované všetky potrebné operácie na danom poschodí a tieto Framy sú navzájom prepojené (Obr.4).



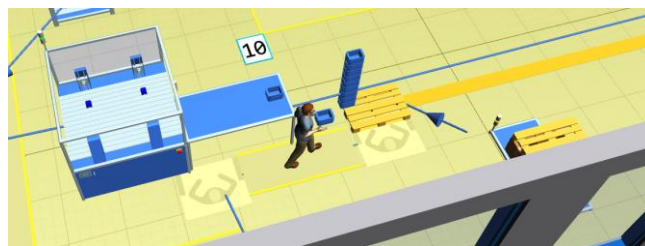
Obr. 4 - Modelovanie výroby pomocou framov

Po kliknutí na jednotlivé Framy sa zobrazia namodelované jednotlivé poschodia výrobnej haly (Obr.5).



Obr. 5 - Modely jednotlivých poschodí v 3D prostredí Tecnomatix Plant Simulation

Vo výrobných priestoroch na oboch poschodiach prebieha výroba ďalších výrobkov zo sortimentu spoločnosti. Simulačný model, bol však tvorený len na vybraný reprezentatívny výrobok. Na obrázku 5 je možné vidieť model výroby v pôvodnej podobe ako prebieha dnes. V tomto modeli je zachytený bežný výrobný proces, pre bežných odberateľov. Tento model neobsahuje vyššie uvádzanú kontrolu výrobkov na eventuálnu prítomnosť cudzích predmetov. A taktiež neobsahuje ani spomínanú optimalizáciu v procese balenia. V tomto simulačnom modeli prebieha balenie manuálnym spôsobom za pomoci pracovníka, ktorý každé balenie výrobku prenesie ručne a vloží ho do kartónu na paletu (obr.6). Po naplnení táto paleta opúšťa výrobnú halu priamo do expedičného skladu.



Obr. 6 - Manuálny proces balenia

Na Obr. 7 je možné vidieť štatistické zhodnotenie takéhoto výrobného procesu v normálnom a doterajšom stave. Zo softvéru boli prevzaté štatistické údaje o základných ukazovateľoch, ako sú napríklad: Produktivita výrobného procesu, ktorá je pri tomto procese na úrovni 46,15%. ďalej je možné sledovať údaje o tom, koľko boli jednotlivé zariadenia v pracovnom režime, ako dlho boli blokováné inými súvisiacimi operáciami, alebo ako dlho čakali na dokončenie operácii pred nimi.

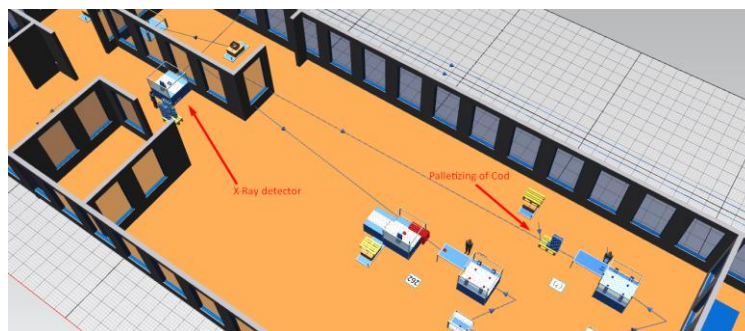
Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
End_of_production	Pallette_of_cod	1:59:01.0441	7	1	46.15%	53.85%	0.00%	0.00%	

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Portion
Cod_decantation	51.00%	0.00%	0.00%	49.00%	
Weighing_of_cod	6.25%	0.00%	62.06%	31.69%	
Mixing_of_cod	15.63%	0.00%	9.01%	75.36%	
Cod_tray	0.15%	0.00%	5.93%	93.92%	
DS_2500	33.41%	0.00%	5.94%	60.65%	
Packaging_of_cod	50.00%	0.00%	50.00%	0.00%	
Palletizing_of_cod	55.53%	0.00%	44.47%	0.00%	

Obr. 7 - Štatistické údaje súčasného výrobného procesu

2.4 Výrobný proces pri vykonávaní kontroly pomocou X-Ray detectoru

Vyššie bolo spomenuté, že jeden z významných odberateľov požaduje okrem kontrol kvality, zdravotnej nezávadnosti, hygienických kontrol a pravidelných auditov týkajúcich sa jednotlivých výrobných noriem, navyše preventívnu kontrolu všetkých potravinárskych výrobkov na možnú prítomnosť nežiadúcich predmetov ako sú: kovy, plasty, sklo a podobne. Predmetná spoločnosť takúto kontrolu vykonáva na zariadení, ktoré sa nazýva X-Ray detector. Vykonanie takejto kontroly má hneď niekoľko nevýhod. Jednou z nich je, že toto zariadenie sa nachádza mimo výrobnú halu, kde sa uskutočňuje balenie a výroba produktov a je preto potrebná manipulácia a transport výrobkov medzi výrobou a týmto zariadením. Znamená to, že výrobky ako už bolo uvedené sa vo výrobnej hale zabalí do kartónov v potrebnom množstve kusov, tieto kartóny sa na seba uložia na paletu a výrobky sa presunú k X-Ray detectoru (Obr. 8). Pri tomto zariadení musí stáť obsluha, ktorá postupne po jednom vkladá do zariadenia kartóny so zabalenými výrobkami. Pokiaľ sú výrobky v poriadku kartón sa uloží na ďalšiu paletu a po jej naplnení sa celá paleta zabalí a postupuje do expedičného skladu. Takáto kontrola každého zabaleného kartónu si vyžaduje čas, čím sa znižuje produktivita a počet výrobkov, ktoré dokáže výroba za danú smenu odvieť ako hotové výrobky. Ďalšou nevýhodou je, že napríklad u nami skúmaného typu výrobku je v jednom kartóne zabalených 16 balení výrobku a pri zaznamenaní nežiadúceho telesa v takomto balení, sa považuje celé balenie za nevyhovujúce. To znamená, že aj keby bol v kartónovom obale len jeden výrobok nevhodný na export, vyradzuje sa celé balenie.



Obr. 8 - Umiestnenie X-Ray detectoru vo výrobnej hale

Výrazný úbytok produktivity výroby pri takomto spôsobe kontroly je možné vidieť aj v štatistickom zhodnotení, ktoré ponúka softvér Tecnomatix Plant Simulation (Obr. 9). Produktivita takého výrobného procesu je 19,03% čo je značný pokles oproti pôvodnému stavu. Tým pádom vzrastá aj náročnosť plnenia objednávok pre tohto zákazníka. Navyše v takomto výrobnom procese musí figurovať ďalší pracovník, ktorý obsluhuje kontrolné zariadenie a zabezpečuje balenie produktov naspäť na paletu. Naopak je viditeľný nárast percenta transportu produktov po výrobnom procese. Z pôvodných 53, 85% transport vzrástol na 80,97%. Keď si teda dáme do pomeru pokles produktivity výrobného procesu a nárast transportu dostaneme sa na hodnoty približne 29 : 27 %, čo je značné zhoršenie ukazovateľov.

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
End_of_production	Pallets_of_cod	4.39-41.8999	5	1	19.03%	80.97%	0.00%	0.00%	

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Portion
Cod_decantation	51.00%	0.00%	0.00%	49.00%	
Grinding_of_cod	69.88%	0.00%	0.05%	30.06%	
Weighing_of_cod	6.25%	0.00%	62.06%	31.69%	
Mixing_of_cod	15.63%	0.00%	9.01%	75.36%	
Cod_tray	0.15%	0.00%	5.93%	93.92%	
DS_2500	33.41%	0.00%	5.94%	60.65%	
Packaging_of_cod	50.00%	0.00%	50.00%	0.00%	
Palletizing_of_cod	55.53%	0.00%	44.47%	0.00%	
X_ray_detector	51.28%	0.00%	18.60%	30.11%	

Obr. 9 - Štatistické zhodnotenie výroby s použitím X-Ray detector

2.5 Návrh zefektívnenia výrobného procesu a zlepšenia kvality všetkých vyprodukovaných výrobkov

Ako je už uvedenú v úvode príspevku, spoločnosť zvažuje investíciu do zlepšenia časti výrobného procesu. V prvom rade by rada optimalizovala proces kontroly svojich výrobkov a zvýšila ich kvalitu pre všetkých svojich odberateľov, nie len pre uvádzaného odberateľa, pre ktorého vyrába výrobky pod značkou jeho obchodného reťazca. Spoločnosť by rada deklarovala a vykonávala kontrolu všetkých výrobkov pred prípadným výskytom nežiadúcich telies v obsahu svojich produktov. Na predmetnom simulačnom modeli, vykonanom na vybranom druhu výrobkov je názorne ukázané, že vykonávanie takejto kontroly pomocou doterajšieho spôsobu by bolo vysoko neefektívne. Návrh zefektívnenia procesu takejto kontroly spočíva v umiestnení zariadenia, ktoré by dokázalo prípadné nežiaduce telesá v produktoch odhaliť priamo na výrobnéj linke. Vyššie bolo uvádzané, že na linke sa nachádza snímač, ktorý kontroluje správnosť vytlačenia dátumu minimálnej spotreby na balení produktov (Obr.3 vyznačené žltým). V dnešnej vyspelej dobe existencie rôznych snímačov a detektorov je možné na trhu nájsť, alebo na zákazku vyrobiť detektor podobného tvaru a funkčnosti aj na snímanie napríklad kovov, plastov, skla, dreva a podobných látok, ktorý by mohol byť rovnako ako snímač dátumu minimálnej spotreby prítomný priamo na výrobnéj linke. Takýto detektor by mal za úlohu zosnímať každý jeden výrobok pohybujúci sa po linke. V prípade zistenia akejkoľvek nehody upozorniť obsluhu nato, že s konkrétnym produktom nie je niečo v poriadku, prípadne tento produkt automaticky z linky vyradiť, bez zdĺhavého prerušenia chodu výroby. Takýto snímač by bolo vhodné umiestniť na výrobnú linku

bezprostredne za zaradenie pomenované ako DS 2500 ktoré vykonáva plnenie tresky do obalov, ich zatváranie a následne označovanie dátumu minimálnej spotreby výrobkov. Na takýto snímač (Obr.10), by dozeral operátor výroby, ktorý by mal za úlohu bo signalizovaní chybného výrobku takýto výrobok vyradiť z procesu výroby. Týmto spôsobom, by sa zabezpečila 100% kontrola všetkých výrobkov vo výrobnom procese a zvýšila by sa tak kvalita celého výrobného systému. Spoločnosť by potom mohla deklarovať, kontrolu všetkých svojich výrobkov pre všetkých odberateľov v súvislosti s prítomnosťou nežiadúcich látok a telies vo svojich produktoch. Tým by mohla samozrejme aj deklarovať úplnú zdravotnú nezávadnosť svojich výrobkov v súvislosti možnou chybou pri procese výroby, pri ktorej by sa takéto nežiaduce telesá mohli do výrobkov dostať. Tým by sa úplne eliminovalo aj zdravotné riziko súvisiace s konzumáciou takého chybného výrobku pre koncového zákazníka v úplne všetkých výrobkoch, ktoré spoločnosť ponúka. Dĺžka vykonávania takejto kontroly priamo v procese výroby by sa skrátila na čas zosnímania takého výrobku čo by činilo zhruba jednu sekundu na každý výrobok. Tým by sa eliminovali časy manipulácia a balenia výrobkov pred kontrolou na X-Ray detectore a po nej. Balenie výrobkov by sa vykonávalo len raz a hotové výrobky by zabalené na paletách postupovali priamo po výrobe do expedičného skladu, čím by sa zvýšila efektivita a produktivita celého výrobného procesu. Aplikácia takéhoto zariadenia by eliminovala aj odpad, ktorý môže zbytočne vznikáť v súvislosti s použitím X-ray detectora, pretože by sa kontrolovalo každé balenie výrobku samostatne. Pokiaľ by došlo k zisteniu nehody, odpadom pre spoločnosť by bolo len dané chybné balenie jedného produktu a nie celý zabalený kartón so 16 kusmi výrobkov.

Ďalším krokom k zlepšeniu produktivity daného výrobného procesu by bol návrh použitia manipulátora medzi pracoviskami balenia tresky do kartónov a paletizácie týchto kartónov (Obr. 10). Týmto krokom by sa odbúrala záťaž pracovníka, ktorý takéto balenie vykonával manuálne a každý výrobok jednotlivito ručne ukladal do kartónov na paletu. Tento pracovník by sa z pozície balenia mohol presunúť na pohodlnejšiu a menej namáhavú pozíciu ku Alien body detector a vykonávať odoberanie výrobkov, ktoré by tento detector označil ako chybné.



Obr. 10 - návrh implementácie Alien body detector a manipulátora pri procese balenia

Na štatistických ukazovateľoch Obr. 11 je viditeľné akým spôsobom by takýto manipulátor vplýval na celý chod výroby. Celková produktivita modelovanej výroby by vzrástla na 47,16%. Oproti pôvodnému stavu výroby (Obr.10), v ktorom sa nevykonávala ani kontrola nežiadúcich častí vo výrobkoch a manipuláciu vykonával manuálne pracovník došlo k nárastu o 1,1% celkovej produkcie.

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted								
Object	Name	Mean Life Time	Throughput [TPH]	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
End_of_production	Pallets_of_cod	1.25.53.6496	10	1	47.16%	52.84%	0.00%	

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Portion
Cod_decantation	58.20%	0.00%	0.00%	41.79%	
Grinding_of_cod	80.96%	0.00%	0.05%	18.98%	
Weighing_of_cod	7.50%	0.00%	71.62%	20.88%	
Mixinf_of_cod	18.62%	0.00%	10.83%	70.56%	
Cod_tray	0.18%	0.00%	5.93%	93.89%	
DS_2500	26.30%	0.00%	47.29%	26.42%	
Alien_body_detector	40.09%	0.00%	33.52%	26.39%	
Packaging_of_cod	33.40%	0.00%	53.62%	12.98%	
manipulator	32.63%	0.00%	50.69%	16.68%	
Palletizing_of_cod	33.37%	0.00%	66.63%	0.00%	

Obr. 11 - Štatistické zhodnotenie implementácie návrhov na zefektívnenie a zvýšenie kvality výroby pomocou simulácie

3 Záver

Celý príspevok je orientovaný do oblasti výrobných systémov a procesov a poukazuje na významnú úlohu simulácie v oblasti zvyšovanie efektivity, produktivity a optimalizácie výroby. Návrhom implementovať priamo do výrobného systému detektor na zisťovanie prítomnosti nežiadúcich cudzích telies sa zvyšuje aj kvalita výrobkov a bezpečnosť koncového spotrebiteľa. Použitie takéhoto zariadenia priamo na výrobnéj linke zvýši v podstatnej miere aj produktivitu, čo je dobre viditeľné na štatistickom zhodnotení jednotlivých výrobných situácií a výstupov zo štatistik simulačného softvéru. Pri súčasnom spôsobe výroby a kontroly je produktivita na úrovni 19,03%, kým v návrhu využitia detektora a použitia manipulátora pri balení je jej úroveň 47,16%, čo je značný nárast. Pokiaľ je porovnaný súčasný výrobný systém, ktorý sa využíva u bežných zákazníkov, na ktorom sa nevykonáva kontrola nežiadúcich častí tak je produktivita takejto výroby na úrovni 46,15%. Aj v tomto prípade je viditeľné zlepšenie v návrhu oproti pôvodnej situácii o 1,1%. Takýto nárast sa nemusí zdať veľmi závažný a na mieste je otázka, aká by bola návratnosť takejto investície pre spoločnosť. Do úvahy však treba brať fakt, že uvedená simulačná štúdia bola vykonávaná na jednom výrobkovom reprezentantovi a v úvode je uvedené že výrobná spoločnosť má v portfóliu svojej ponuky 400 produktov. Väčšina týchto produktov sa vyrába, alebo aspoň balí podobným spôsobom ako Treska, ktorá bola zvolená ako príklad pre tvorbu takýchto modelov. Pokiaľ by sa u každého výrobku potvrdilo podobné navýšenie produktivity, doba návratnosti takýchto investícií by sa značne skrátila. Stanovením výšky investície sa v tejto časti nezaoberalo, takáto štúdia je len ukážkou pre výrobné spoločnosti realizovanú na reálnej výrobe. Po jej preštudovaní je už na manažmente danej spoločnosti zaoberať sa výškou a efektívnosťou takejto investície.

Na podobných príkladoch je dobre viditeľný význam a uplatniteľnosť simulačných softvérov a procesov digitalizácie v akejkoľvek oblasti priemyslu. Digitalizácia výrobných procesov a systémov má význam ako pre oblasť automotive, tak aj v iných oblastiach, kde je výsledkom transformačného procesu produkt. Každý výrobný proces je možné neustále vylepšiť a digitalizácie tieto procesy výrazne skráti. Z vedeckého hľadiska je tvorba takýchto digitálnych modelov potrebná, pretože pri analyzovaní rôznych typov výrobných systémov je možné uplatnením nových technológií možné vytvárať nové modelové teórie. Tieto teórie je potom možné uplatňovať v ďalších napríklad štatistických analýzach, ktoré budú aplikovateľné aj v rôznych iných oblastiach života.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantových projektov: VEGA 1/0438/20, KEGA 001TUKE-4/2020, APVV-17-0258 a APVV-19-0418.

Použitá literatúra

- [1] EDL M., LERHER T., ROSI B. 2013. „Energy efficiency model for the mini-load automated storage and retrieval systems “. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, č. 2013, s. 1-19. ISSN: 0268-3768.
- [2] STRAKA M., KHOURI S., ROSOVA A., CAGANOVA D., CULKOVA K. 2018. Utilization of computer simulation for waste separation design as a logistics system, International Journal of Simulation Modelling, Vol. 17, No. 4, pp. 583-596.
- [3] KŁOS S. 2015. Implementation of the AHP method in ERP-based decision support systems for a new product development. Communications in Computer and Information Science. ISSN 1865-0929.
- [4] CHROMJAKOVA, F., BOBAK, R., HRUSECKA, D.: Production process stability – core assumption of Industry 4.0 concept, 5 th International Conference on Manufacturing, Optimization, Industrial and Material Engineering, pp. 143-154, 2017.
- [5] BUCKOVA, M.; KRAJCOVIC, M.; EDL, M (2017) Computer simulation and optimization of transport distances of order picking processes: 12TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS ON SUSTAINABLE, MODERN AND SAFE TRANSPORT, Procedia Engineering, Volume: 192 Pages: 69-74, doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.012.
- [6] FUSKO, M.; BUCKOVA, M.; GASO, M.; KRAJCOVIC, M.; DULINA, L. ; SKOKAN, R. (2019) Concept of Long-Term Sustainable Intralogistics in Plastic Recycling Factory: Sustainability, Volume: 11, Issue: 23, Article Number: 6750, doi: 10.3390/su11236750.
- [7] FUSKO, M., RAKYTA, M., KRAJCOVIC, M., DULINA, L., GASO, M., GRZNAR, P. 2018. Basics of Designing Maintenance Processes in Industry 4.0. In: MM Science Journal. No. March (2018), p. 2252-2259. ISSN 1803-1269

- [8] MANLIG, F.; SLAICHOVA, E.; KOBLASA, F.; VAVRUSKA, J.(2014) Innovation of business processes by means of computer-aided simulation: Novel Trends In Production Devices And Systems, Applied Mechanics and Materials, Volume: 474, Pages: 67-72, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.474.67.
- [9] MILLER, A., BUREŠ, M. (2015) New Approach to Industrial Engineering Education with the Help of Interactive Tools, Volume 174, 12 February 2015, Pages 3413-3419, doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1012
- [10] GREGOR, M.; HERCKO, J.; GRZNAR, P (2015) The Factory of the Future Production System Research: 2015 21st International Conference On Automation And Computing (ICAC), Pages: 254-259, DOI: 10.1109/IConAC.2015.7313998
- [11] FUSKO, M. – RAKYTA, M. – KRAJCOVIC, M. – DULINA, L. – GASO, M. – GRZNAR, P. 2018. Basics of Designing Maintenance Processes in Industry 4.0. In: MM Science Journal. No. March (2018), p. 2252-2259. ISSN 1803-1269.
- [12] PLINTA, D. – KRAJČOVIČ, M. 2016. Production System Designing with the Use of Digital Factory and Augmented Reality Technologies. In Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 350 (2016), p. 187-196. ISSN 2194-5357
- [13] POÓR, P., ŠIMON, M., & KARKOVÁ, M.: CMMS as an effective solution for company maintenance costs reduction. Production Management And Engineering Sciences, 241-246. doi: 10.1201/b19259-45, (2015)
- [14] POÓR, P., KUCHTOVÁ, N., & ŠIMON, M. (2014). Machinery Maintenance as Part of Facility Management. Procedia Engineering, 69, 1276-1280. doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.119