

OPTIMALIZÁCIA VÝKONNOSTI POUŽITÍM NÁVRHU PROCESU A SIMULÁCIE MATERIÁLOVÉHO TOKU V NEMAK ČESKÁ REPUBLIKA.

Ing. Marek Kňážík

SimPlan Optimizations

Abstract (SK) :

Článok reprezentuje digitálny podnik v praxi. Pojednáva o návrhu novej výrobnéj linky počas plánovacej fáze. Článok je rozdelený do 3 častí: 1. grafický návrh zariadení linky, 2. návrh pracovných operácií, 3. simulácia materiálového toku. Prípadová štúdia popisuje moderné plánovanie a riadenie virtuálnym overovaním procesných návazností a požadovaných výkonových parametrov linky. Je unikátna tým že štúdia popisuje fázu plánovania, realizáciu nábehu a fázu optimalizácie, kde sa hľadali optimalizačné pravidlá a nápravné opatrenia už sprevádzkovanej liacej linky. Všetky tri fázy projektu boli sprevádzané simulačnými softvérmi a dĺžka celého projektu bola 6 mesiacov. Pre simuláciu a optimalizáciu bol firmou odporúčaný simulačný softvér WITNESS.

Throughput Optimization using Virtual Process Design and Simulation in NEMAK, Czech Republic

Abstrakt (EN):

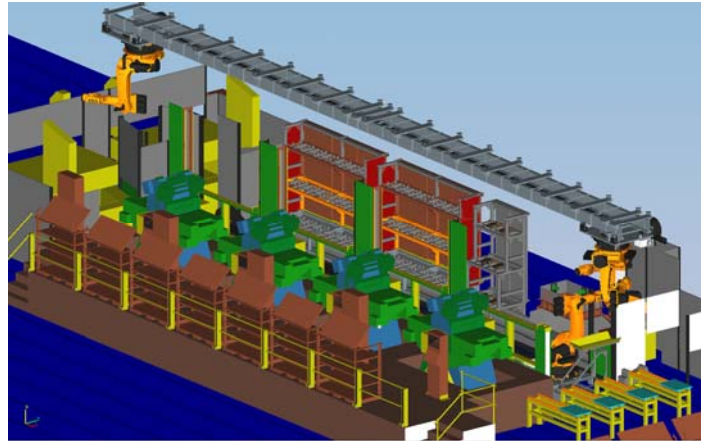
The article describes one practical implementation of the Digital Factory concept – design of a new production line using modern planning method of virtual testing and control of processes. The project covered graphical facility design, detailed design of operations and material flow simulation. This case study shows facility process planning, commission and in the end finding the optimization rules and corrective actions to increase existing casting line throughput. All phases of the project were carried out using simulation software, duration of the project was 6 months. Simulation software WITNESS has been used for material flow simulation.

Táto prípadová štúdia je klasický príklad využitia simulácie v plánovaní nových výrobných zariadení. Hlavným cieľom tohto projektu bolo:

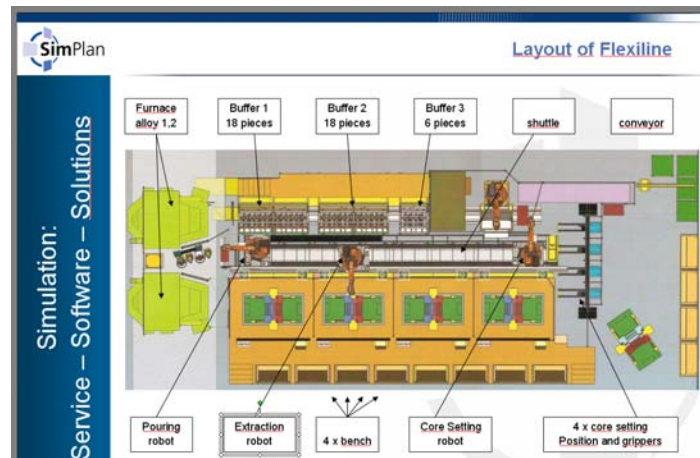
1. virtuálny návrh liacej linky
2. stanovenie procesnej reťaze, ich časov a návazností
3. kolízna analýza robotických pracovísk troch robotov
4. stanovenie priepustnosti / kapacity odlievacej linky a test naplnenia naplánovaného výrobného programu výroby odliatkov motorov pre dva OEM
5. prípadné stanovenie katalógu realizácie optimalizačných opatrení

1. Virtuálny návrh liacej linky

Návrh sa uskutočnil za účasti návrhárskej firmy a koncového odberateľa. Na základe priestorových predispozícií sa vytvoril unikátny koncept dvoch závesných robotických pracovísk, posúvajúcich sa po jednom shuttle dopravníku. Tretí robot je umiestnený pod nimi, pohybujúc sa paralelne po dolnom shuttle dopravníku. 3D interpretáciu dopravníkového systému vidíte na obrázku č.1.. 2D interpretácia s popisom linky je vidieť na obrázku č.2.



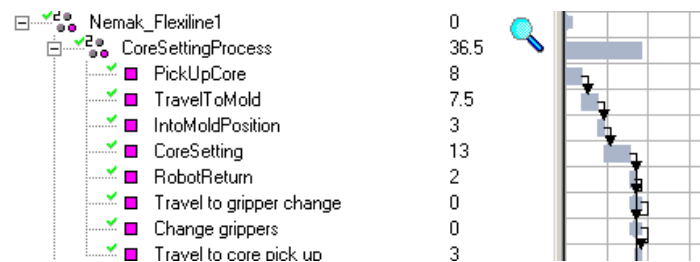
Obrázok č.1.: 3D návrh liacej linky



Obrázok č.2.: 2 D interpretácia aj s popisom

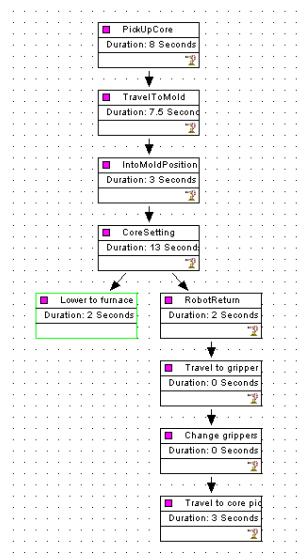
2. Stanovenie procesnej reťaze, časov, náväzností

Po navrhnutí layoutu a prevádzkových prostriedkov prichádza návrh pracovných operácií, ktorý sa tvorí logickou náväznosťou a zohľadňuje všetky procesné obmedzenia navrhovanej linky. Operácie sa rozložia na podoperácie, ktoré sa časovo prekalkulujú a vyhodnotia štandardnými tabuľkovými hodnotami časovej analýzy. Priradia sa náväznosti a automaticky sa vygeneruje GANTOV diagram na stanovenie celkového taktu linky. Gantov diagram môžete vidieť na obrázku č.3..



Obr. č. 3: Gantov diagram časov operácií procesu zakladania jadra do kokily.

Po pridelení časov nasleduje fáza, kde sa operáciám priradujú prevádzkové prostriedky, diely (podzostavy alebo produkčné zostavy). Tieto všetky tri elementy (produkt, proces, operácia) je možné kompletne prepojiť a vidieť v PERT diagrame, ktorý je vidieť na obr.č.4.



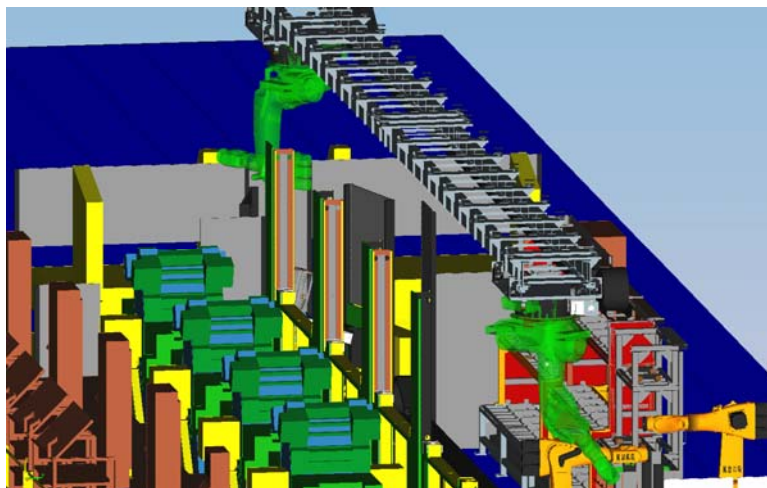
Obrázok č.4.: PERT diagram pracovných operácií zakladania jadra do kokily s priradením KUKA robota z knižnice prevádzkových prostriedkov.

Popis výrobného procesu: Proces začína impulzom pre robot osadzujúci jadrá (core setter). Z homepozície prichádza k držiakom (gripper) jadier a vyberie gripper podľa

pravostranného/ľavostranného typu motora. Potom prichádza k nachystaným jadram, ktoré vychystal pracovník, vezme držiakom jadrá, prichádza k jednej zo štyroch kokíl a umiestni jadrá do kokily. Akonáhle vyjde svojim ramenom z kokily, liaci robot dostáva impulz a naberá lyžicu hliníkovou zliatinou. Medzičasom pracovník vniká do kokily a manuálne prečistí a skontroluje či nie sú jadrá poškodené a či sú v kokile správne umiestnené. Zatvára bezpečnostné dvere, prichádza robot so zliatinou a naleje ju do kokily s jadrami. Liaci robot odchádza do svojej východzej pozície. Po uplynutí času tuhnutia sa kokila otvorí a prichádza tretí tzv. manipulačný robot (Extractor), ktorý vyberie vytvrdený odliatok z kokily a umiestni ho do zásobníka na ochladenie. Po uplynutí stanoveného času ten istý robot (Extractor) vyberá ochladený odliatok zo zásobníka a umiestňuje ho na odstavnú plochu pre nasledujúce opracovanie na pilu pomocou štvrtého tzv. manipulačného robota. Po opracovaní odliatku, ten istý manipulačný robot posúva opracovaný výrobok na válečkový dopravník k pracovisku výstupnej kontroly, zastúpenou manuálnym pracovníkom, ktorý skontroluje požadovanú kvalitu odliatku.

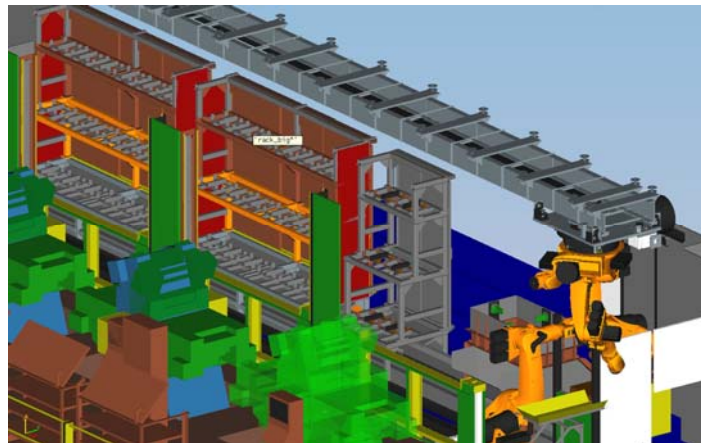
3. Kolízna analýza robotických pracovísk troch robotov

Navrhnuté robotické centrum spolu s priradenými operáciami a naviazanými dielmi tvoria základ výrobného konceptu. V našom prípade sa naša linka skladá z robota zakladajúceho jadrá, z liaceho robota, dvoch manipulačných robotov, 4 kokíl, zásobníka s kapacitou 42 odliatkov, píly, výstupného dopravníka a obslužného útvaru pracovníkov. Plánovaná linka z priestorových podmienok má niekoľko obmedzení. Hlavné obmedzenia sú v tom, že naplánovaný systém má robota zakladača jadier (len core setter) spolu s liacim robotom (len pouring robot) na jednom dopravníku a nedokážu sa vzájomne predbiehať. Naopak, hrozí riziko vzájomnej kolízie, preto komunikácia medzi oboma robotmi hrala v procesnej simulácii, ako ja v simulácii materiálnoinformačného toku kľúčovú rolu v dosahovaní produktivity celého systému. Vid. obr. č.5., roboty sú vyznačené zelenou farbou.



Obrázok č. 5: Horný dopravník s nazeleno vyznačenými robotmi, napravo robot - zakladač jadier (core setter), naľavo robot - liaci robot (pouring robot)

Jedno z ďalších obmedzení a dôvod na priestorovú analýzu bolo zakladanie vytvrdeného odliatku z kokily do najvrchnejšieho/tretieho poschodia. Ak manipulačný robot na dolnom dopravníku zakladal horúci odliatok do tretieho poschodia, v okolitej zone - + 2m sa nesmel nachádzať žiadny robot z vrchného dopravníka. Toto obmedzenie tak isto zohralo dôležitú rolu pri výbere vhodnej logiky zakladania a výberu miesta zakladania odliatkov do zásobníka. Táto analýza sa taktiež uskutočnila pomocou simulácie materialového toku v simulačnom prostredí WITNESS. Odkladací zásobník je rozdelený na tri zvislé časti, ktoré majú tri poschodia. 3D interpretácia zásobníka na vychladenie odliatkov je vidieť na obrázku č.6..



Obr. č. 6: Zásobník je zložený z troch častí s celkovou kapacitou 42 ($18 + 18 + 6$) odliatkov na vychladenie.



Obr. č. 7: Robot vľavo hore stojí, pretože robot v pravo dole zaklada odliatok do zásobníka.

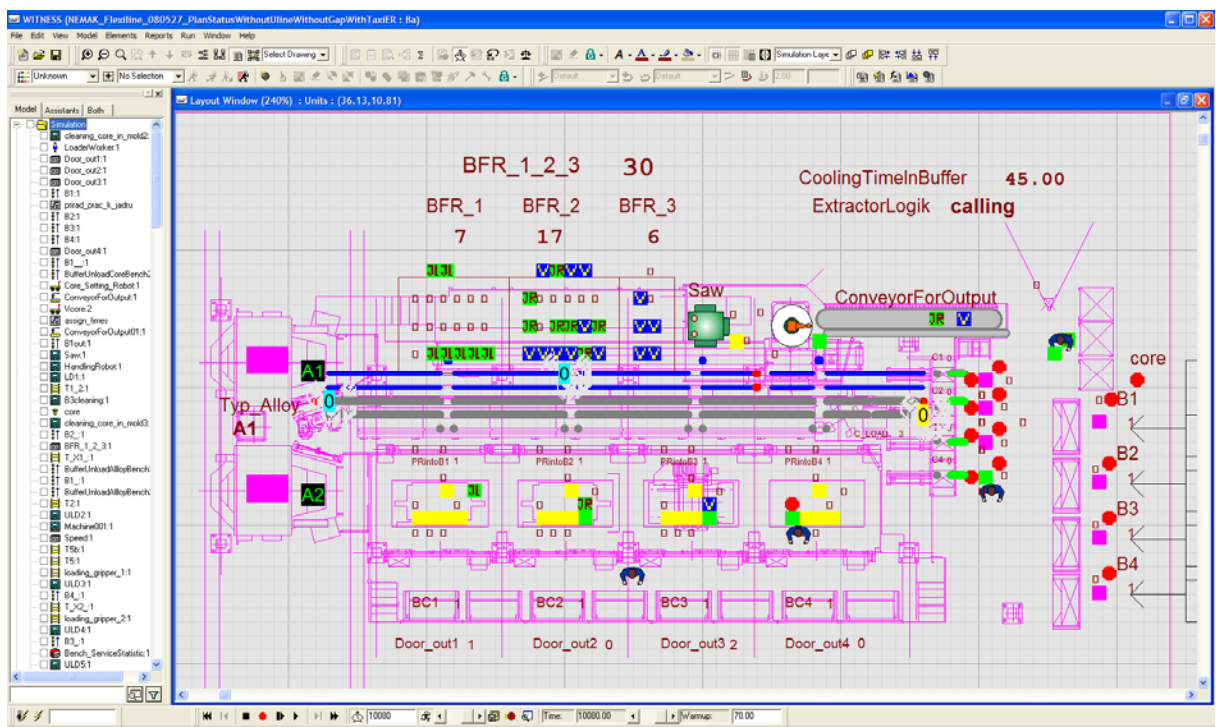
3. Stanovenie priepustnosti / kapacity odlievacej linky a test naplnenia naplánovaného výrobného programu výroby odliatkov motorov pre dva OEM

Firma NEMAK sa opäť rozhodla na overenie priepustnosti najmodernejšieho výrobného systému pre simulačný systém WITNESS. Pre stanovenie priepustnosti sa rozhodla otestovať dva motory, oba od popredných svetových výrobcov vozidiel, pričom jeden z motorov mal pravostrannú a ľavostrannú variantu. K tomu prislúchalo aj prerozdelenie kokíl. Testoval sa motor XL, XP, a Y, pričom niektoré operácie a ich časy boli odlišné. Ideálny stav bol obsluhovať kokily v poradí 1,2,3,4,1,2,3,4,...., čo bol aj cieľ riadenia celého systému. Simulácia materiálového toku riešila desiatky až stovky simulačných experimentov. Nasadenie simulačného softvéru WITNESS sa potvrdila ako správna voľba. Uživateľsky veľmi jednoduchý a flexibilne reagujúci softvér na zmeny požiadaviek f.NEMAK sa konzultačnej firme SimPlan Optimizations, ktorá celý projekt realizovala, toto tvrdenie len potvrdilo s argumentom rýchlej tvorby a verifikácie modelu, ako ja pri experimentoch a ich vyhodnocovaní.

Hlavné body ktoré sa riešili so simuláciou boli:

- optimalizácia komunikácie medzi core setterom a pouring robotom
- analýza prerušovania práce pracovníkov, definovanie poradia priorit vykonávania operácií
- stanovenie počtu obslužného personálu pre vychystávanie jadier
- stanovenie počtu obslužného personálu kontroly založených jadier a čistenia kokíl
- analýza stanovenia home pozície extractora a jej dopad na produktivitu
- stanovenie priorit extractora 1.výber z kokily daj do zásobníka 2.výber zo zásobníka daj na pilu, za akého naplnenia zásobníka sa mení poradie týchto priorit
- testovanie logiky FIFO systému umiestňovania vytvrdených jadier extractorom zo štyroch kokíl do chladiaceho zásobníka na jednotlivé pozície. Ktoré poschodie je prioritované, ktoré odkladacie miesto a ktoré odoberacie miesto je optimálne z pozície aktuálneho rozmiestnenia robotov na linke.
- Simulácie obmedzení tretieho poschodia, kde pri zakladaní / odoberaní extractorom nemôžu core setter ani pouring robot vojsť do zony 3 poschodia extractora.
- Logika informačného toku medzi extractorom, kokilami a zásobníkom (home version kontra calling version)

Analýzou týchto bodov sa simuláciou materiálového a informačného toku podarilo zistiť, že požadovaný výkon linky pri aktuálnom naplánovaní je schopný vyprodukovať len 70 % požadovanej produkcie. Obrázok 2 D simulačného modelu vo WITNESSe je vidieť na obrázku č.8.



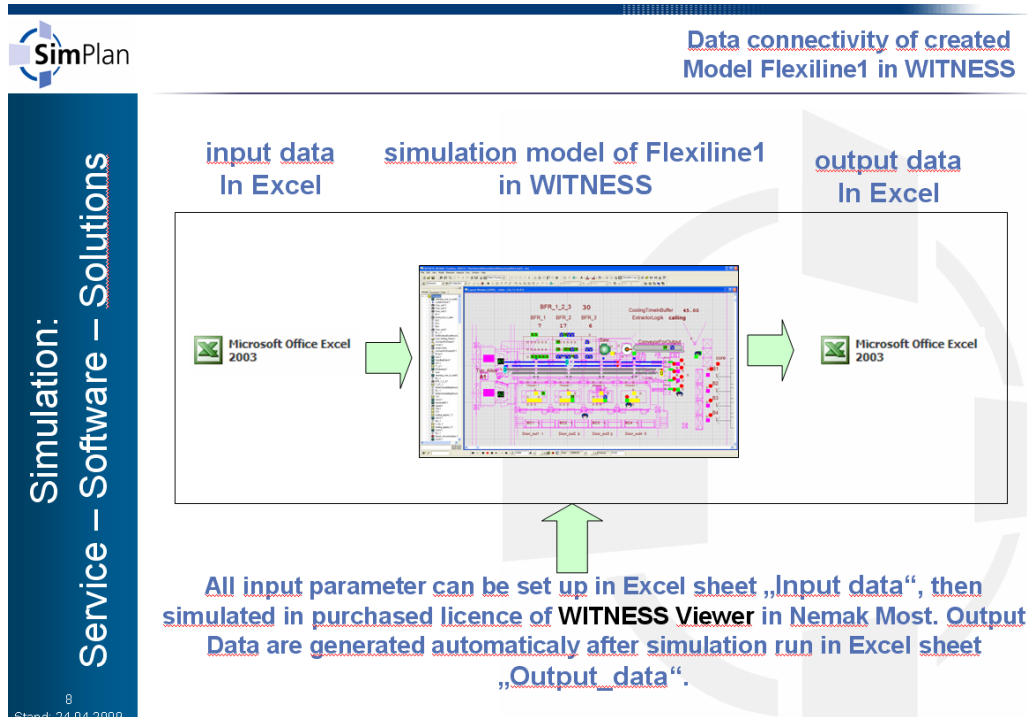
Obr. č. 8: 2D model linky v simulačnom prostredí WITNESS

Zo simulácie vyplynuli tieto závery a prínosy:

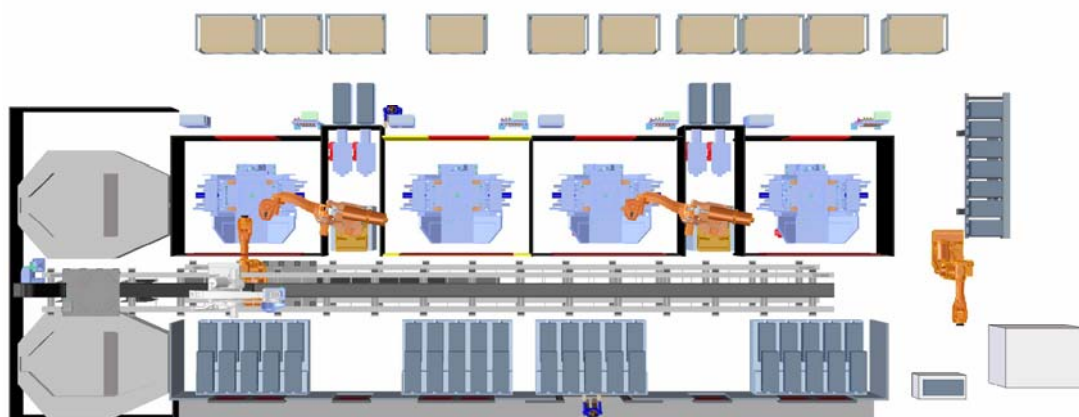
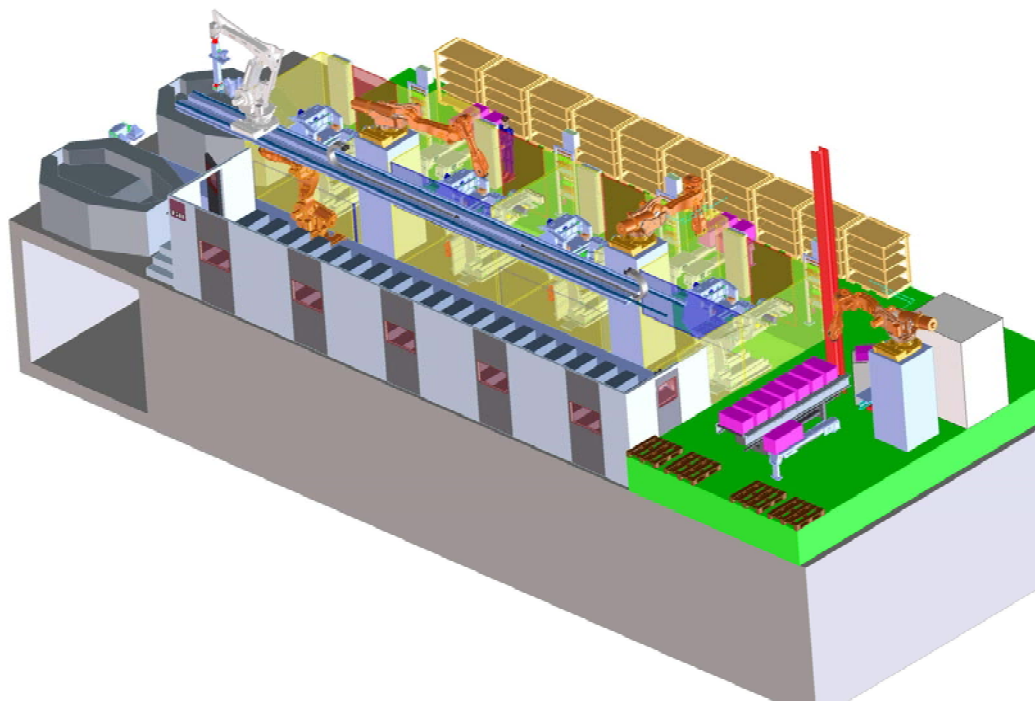
- definovanie a meranie úzkeho miesta
- stanovenie optimálnej logiky zaskladňovania a odberu odliatkov extraktorom (+6 až 9%)
- porovnanie variánt komunikácie medzi robotmi Core Setter a Pouring, výber najproduktívnejšej varianty (10 až 15%)
- výmena gripperu (+3%)
- optimalizácia pohybu ramena Core Setter robota (+13%)
- stanovenie optimálneho počtu pracovníkov inkl optimalizácia informačného toku pri paralelných procesoch obsluhy kokíl
- **IMPLEMENTÁCIA TÝCHTO NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ TRVALA 3-4 MESIACE v SPOLUPRÁCI S FIRMOU KUKA GERMANY.**

Úspechom nasadeného simulačného softvéru WITNESS v projekte je aj fakt, že NEMAK CZ počas projektu zakúpil licenciu tohto softvéru a po zaškolení pracovníkov si na hotovom modeli, ktorý vytvorila f.SimPlan Optimizations, prehráva nové alternatívy výrobných programov v závislosti od kolísania trhu a stanovuje na koľko smien a s akým

počtom personálu je optimálne ist' v týždňových intervaloch. WITNESS sa stal v NEMAK CZ nástroj na operatívne plánovanie kapacít s minimálnymi nákladmi. Štruktúra terajšieho prepojenia WITNESSu v NEMAK CZ je znázornená na obrázku č.9.



Obr.9.: Prepojenie simulačného systému WITNESS pre vstup a výstup dát s MS Excel
 Na simulačnej štúdii sa podielali členovia firiem NEMAK USA, NEMAK Canada, NEMAK Mexico, NEMAK Germany Dillingen, NEMAK CZ Most, KUKA Roboter GmbH Germany a simuláciu ako aj integrátor informácií a ku koncu projektu aj koordinátor projektu zastrešoval SIMPLAN OPTIMIZATIONS zo Slovenska (TRNAVA). Projekt plánovania ako aj optimalizácie trval 6 mesiacov. (Máj – Nov 2008). Výsledkom tohto projektu je pokračovanie SimPlanu Optimizations v simulácii novej výrobnéj linky f.NEMAK v CZ, kde Core Setter a Pouring robot sú vzájomne nezávislé. Viď obr. č.10.



Ak sa chcete o prípadovej štúdií dozvedieť viac, kontaktujte:
firmu NEMAK CZ:

- Kent Powell Kent.Powell@nepak.com

Viac na : www.nepak.com

Za simuláciu a optimalizačnú koordináciu a implementáciu kontaktujte firmu SIMPLAN Optimizations v Trnave:

- Marek Kňazík Marek.Knazik@SimPlan.sk

Viac na : www.SimPlan.sk