

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Zavedení automatického plánování výroby ve vstřikovně plastů firmy Grupo Antolin Turnov

s.r.o.

Bakalářská práce

Vlastimil BRAUN

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Zpracovatel: **Vlastimil Braun**
- Studijní program: Ekonomika a management
- Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality
- Název tématu: **Zavedení automatického plánování výroby ve vstříkovně plastů firmy Grupo Antolin Turnov s.r.o.**
- Cíl: Cílem práce je analýza manuálního plánování výroby ve vstříkovně plastů firmy GAT, popis vytvoření specifikace na automatické plánování výroby, průběh zavedení systému autoplánu a následné porovnání výsledků automatického plánování oproti manuálnímu. Součástí práce bude identifikace a analýza rizik automatického plánování a návrh na jeho zlepšení.
- Rámcový obsah:
1. Popis základních pojmů a principů ohledně plánování výroby.
 2. Představení manuálního plánování výroby ve vstříkovně plastů firmy GAT.
 3. Popis vytvoření specifikace na automatické plánování výroby a průběh zavedení autoplánu do výroby.
 4. Porovnání výsledků automatického plánování oproti manuálnímu, zhodnocení výhod a nevýhod obou metod, identifikace a analýza rizik automatického plánování.
 5. Shrnutí výsledků zavedení autoplánu a navrhnutí jeho zlepšení.
- Rozsah práce: 25 – 30 stran
- Seznam odborné literatury:
1. PINEDO, M. *Scheduling: theory, algorithms, and systems*. Springer, 2016. 670 s. ISBN 978-3-319-26578-0.
 2. BRUCKER, P. *Scheduling Algorithms*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 371 s. ISBN 978-3-540-69515-8.
 3. MANLIG, F. – KOBLASA, F. *Plánování a rozvrhování výroby (vybrané kapitoly)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. 52 s. ISBN 978-80-7494-204-4.
 4. GREGOR, M. – JÁN, K. – BRANISLAV, M. *Dynamické plánovanie a riadenie výroby*. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 284 s. ISBN 80-7100-607-6.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2020

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2021

L. S.

Elektronicky schváleno dne 26. 5. 2021

Vlastimil Braun

Autor práce

Elektronicky schváleno dne 27. 5. 2021

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 27. 5. 2021

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijního oboru

Elektronicky schváleno dne 27. 5. 2021

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 8.12.2021

Děkuji doc. Ing. Janu Fábry, Ph.D. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod.....	8
1 Lisovny plastů.....	9
1.1 Komponenty vstřikování plastů	9
1.2 Proces vstřikování plastů	10
2 Plánování výroby	12
2.1 Systémy na plánování výroby	12
2.2 Výpočet optimálního plánu výroby	12
3 Systém COMES.....	15
3.1 Základní funkce systému COMES.....	15
3.2 Modul na plánování výroby systému COMES	15
3.3 Automatické plánování výroby pomocí systému COMES	16
4 Modul na plánování výroby systému COMES ve společnosti GAT.....	17
4.1 Složka Konfigurace	17
4.2 Složka Plánovací editace	18
4.3 Složka Plánovací reporty.....	19
4.4 Ostatní složky.....	20
5 Plánování výroby vstřikolisů.....	21
5.1 Společnost Grupo Antolin.....	21
5.2 Plánování výroby vstřikolisů v GAT	22
5.3 Optimální plán výroby.....	23
6 Zavedení automatického plánování výroby vstřikolisů v GAT	25
6.1 Vytvoření specifikace	25
6.2 Nastavení autoplánu	26
6.3 Zavedení autoplánu do výroby	27
7 Srovnání manuálního a automatického plánování výroby vstřikolisů v GAT..	30
7.1 Výhody a nevýhody automatického a manuálního plánování výroby	30
7.2 Rizika automatického plánování.....	31
7.3 Shrnutí výsledků projektu	32
Závěr.....	34

Seznam literatury	35
Seznam obrázků a tabulek	36

Seznam použitých zkratk a symbolů

APS	Advanced Planning and Scheduling system
COMES	Výrobní informační systém firmy COMPAS automatizace, spol. s r.o.
COMPAS	COMPAS automatizace, spol. s r.o.
ERP	Enterprise Resources Planning system
GA	Grupo Antolin
GAT	Grupo Antolin Turnov s.r.o.
MES	Manufacturing Execution System
SAP	Podnikový informační systém společnosti SAP SE

Úvod

V současnosti se výrobní podniky snaží stále více zoptimalizovat všechny součásti výrobního procesu. Jednou z těchto součástí je plánování výroby. Čím složitější výrobu podnik má, tím důležitější je pro něj najít správné řešení naplánování výroby. Proto se v této době čím dál více objednávají systémy, které tomuto pomáhají. Pomocí nich je možné výrobním podnikům výrazně snížit náklady a zvýšit tak jejich zisk. Jednou z těchto společností je i Grupo Antolin Turnov s.r.o., která vyrábí interiérové komponenty pro automobilový průmysl. Vzhledem ke komplexnosti jejich výroby se u nich plánování výroby řeší už dlouhou dobu a dlouhodobě se optimalizuje. Poslední optimalizací se stalo zavedení automatického plánování výroby. Tímto tématem se bude zabývat tato bakalářská práce.

Hlavním cílem práce je představit zavedení tohoto systému do stávajícího plánování, porovnat výhody a nevýhody tohoto systému oproti manuálnímu plánování výroby v GAT a zhodnotit, zda se projekt společnosti vyplatil a jak může systém případně do budoucna vylepšit.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části budou představeny základní informace k lisování plastů, jímž se GAT zabývá. Dále budou popsány současné systémy na plánování výroby a jakými principy se tvorba plánování výroby řídí. Zároveň budou popsány základní funkce systému COMES společnosti COMPAS automatizace, spol. s r.o., který společnost GAT využívá na plánování své výroby vstřikolisů plastů.

V Praktické části bude popsán modul COMES na plánování výroby ve společnosti GAT. Dále bude popsána firma GAT a její plánování výroby. Poté bude popsán proces zavedení automatického plánování výroby a jeho zhodnocení oproti plánování manuálnímu.

1 Lisovny plastů

V první kapitole bude stručně popsána teorie a proces lisování plastů pomocí vstřikolisů. Nejprve budou popsány komponenty, které jsou při lisování plastů používány a poté bude popsán samotný proces lisování plastů.

1.1 Komponenty vstřikování plastů

Hlavní komponentou vstřikování plastů je vstřikovací lis (viz Obr.1). Jedná se o mechanický tvářecí stroj, do kterého se vstříkne roztavený termoplast. Součástí lisu je často násypka, což je nádoba, do které se dopravuje termoplast ve formě granulátu. Granulát se do lisu zpravidla dostane šnekovým čerpadlem, které granulát nabírá šroubovým pohybem otáčením hřídele čerpadla. Lis též obsahuje plastifikační jednotku, ve které je termoplast zahříván. V lisu je též vložena forma, která určuje, jak hotový výlisek bude vypadat (Zeman, 2009).



Zdroj: (PlasticPortal.eu, 2021)

Obr. 1 Vstřikovací lis

Formy na lisování plastů se dělají na míru vstřikovacích lisů a dají se použít pouze na jeden konkrétní tvar výlisku. Vzhledem k velikosti většiny lisů bývají většinou velké a velmi těžké, pokud je tedy potřeba vyrábět na jednom lisu více druhů výlisků, musí se forma vyměnit zpravidla pomocí jeřábu. Pro efektivní výrobu jsou proto formy

často dělané tak, aby se v jednom vstřikovacím cyklu vyrobilo více stejných nebo podobných (pravý, levý kus) výlisků.

Termoplast je speciální typ plastu, který se po zvýšení jeho teploty stane kapalným, ale zároveň tvárným, dá se s ním tedy v této kapalně formě pracovat. Po ochlazení termoplast ztvrdne do nové podoby, po opakovaném zahřátí se však opět stane tvárným. Mezi nejznámější termoplasty patří plexisklo nebo Polyvinylchlorid (PVC), který se používá především ve stavebnictví.

V lisovnách plastů je granulát často uchováván ve vysokých silech kruhovitěho tvaru, kam je dovážen nákladními automobily. K jednotlivým vstřikolísům a jejich násypkám je ze sil dopravován speciálními trubicemi, které jsou zakomponovány v těchto továrnách.

Vylisované díly jsou uchovávány v obalech, což jsou většinou plastové KLT přepravky. Některé z nich jsou přímo modifikovány na jistý druh výlisků a jsou v nich zakomponovány látkové kapsy, které usnadňují přehlednost dílů. Velikost těchto obalů se většinou odvíjí od velikosti výlisků.

1.2 Proces vstřikování plastů

Nejprve je potřeba přesunout plánované množství granulátu ze sil do násypky vstřikolisu. Na to se většinou využívají plastové trubice, kterými je granulát nasáván a přepraven až do násypky. Granulát je před použitím zpravidla nutné vysušit, abychom ho zbavily vlhkosti. Do vstřikolisu se termoplast často dopravuje šnekovým čerpadlem z násypky. Z ní se materiál přivádí do plastifikační jednotky otáčením hřídele šroubovým způsobem z jednoho konce na druhý. V plastifikační jednotce se materiál zahřeje na požadovanou vstřikovací teplotu a následně je vysokým tlakem vstříknut do formy, kde vyplní všechny její části. Po vyplnění formy je třeba výlisek zchladiť natolik, aby ztvrdl. Doba chladnutí záleží na velikosti výlisku, většinou v řádu desítek sekund. Poté je výlisek vyjmut a je ostřížen do požadovaného tvaru, zbytek se stává odpadem (Zeman, 2018).

Po vylisování je výlisek zkontrolován operátorem a uložen do obalu. Poté může putovat buď rovnou k zákazníkovi nebo následuje na montáž, kde je zkompletován do finálního výrobku. Na montáži se výlisky často spojují do složitějšího tvaru nebo jsou doplněny jinými komponentami, např. do vnitřních výplní dveří aut se doplňují elektrické kabely.

V lisovnách plastů je také časté měnění forem na vstřikolisech, aby bylo možné vyrobit více druhů produktů. Předělání formy často trvá desítky minut, kvůli jejich rozměrům a váze a pro jejich přesun jsou nutné speciální jeřáby. Tyto přesuny jsou pro podnik velmi nákladné a je proto třeba výrobu správným způsobem naplánovat, aby nebyla plýtvána výrobní kapacita.

Před každým započatím výroby je třeba vyrobit několik zkušebních výlisků, u kterých se ověřuje, zda mají správné rozměry a dostatečnou kvalitu. Tyto výlisky se poté stávají odpadem. Lisování plastů lisy velmi zahřívá, je tedy nutné dodržovat nastavené přestávky v lisování. Zároveň je třeba lisy pravidelně kontrolovat a udržovat.

2 Plánování výroby

V této kapitole bude popsáno plánování výroby, které se v dnešní době stává stále častějším tématem. Zatímco velké množství podnikových procesů je již důrazně zoptimalizováno, možnost nalezení dokonalých plánů na výrobu dle zadaných požadavků není v praxi možné. Přesto existují podnikové systémy, které usnadňují optimalizování plánování výroby.

2.1 Systémy na plánování výroby

V každém výrobním podniku je výrobu třeba plánovat. Tento úkol má v podnicích, které mají složitější rozvrhování výroby na starost plánovač. Zaměstnanec v této pozici rozvrhuje výrobu zpravidla v podnikovém ERP systému, díky čemu je dokončený plán k zobrazení i ostatním zaměstnancům, kteří se podle něj mohou řídit. Zároveň jsou v těchto systémech udržována data potřebná pro plánování výroby a často plánovačům usnadňují práci při rozhodování. ERP systémy však většinou obsahují pouze základní rozhraní pro plánování výroby. Zaměřují se na podnik jako celek a obsahují tedy komplexní programové balíky s funkcemi pro plánování a řízení funkcí v celém podniku. Existují však i jiné systémy, které jsou cílené přímo na plánování výroby. Mezi tyto systémy patří systém APS, který se zaměřuje na pokročilé plánování a rozvrhování výroby za pomoci moderních plánovacích metod. Dále se k plánování dají využít systémy MES, které obsahují modul krátkodobého operativního plánování výroby. Tyto systémy spolupracují s ERP systémy, odkud berou potřebná data pro následné naplánování výroby (Manlig a Koblasa, 2015).

2.2 Výpočet optimálního plánu výroby

Matematická úloha nalezení dokonalého řešení v úloze plánování výroby má jeden zásadní problém, kterým je téměř nekonečné množství možných kombinací plánů. Pokud se pokusíme vyřešit zdánlivě jednoduchý problém, kdy bychom měli pouze 1 výrobní stroj, na kterém můžeme vyrábět pouze 1 typ výrobku a mezi dalšími parametry úlohy by bylo, že stroj může výrobu vyrábět nepřetržitě bez poruch a bez potřeby operace od lidí, každý jeho výrobek by měl stejnou kvalitu a cena dodávek jeho materiálu by se nijak neměnila, každý jeho výrobek by byl prodán za stejnou cenu bez ohledu na celkovou délku výroby tohoto stroje a měli rozplánovat výrobu

tak, abychom měli co nejnižší náklady a zároveň co nejvyšší zisk, výrobu jednoduše naplánujeme od začátku, až do ukončení doby jeho splatnosti. Problémy však nastanou, když všechny tyto parametry, a v praxi i mnoho dalších, nemají pouze 1 hodnotu. S problémem se musíme snažit vypořádat, i pokud budeme mít více strojů, které mohou dělat více typů výrobků, kterých je nutné vyrobit v čase vždy jiné množství, stroje vyžadují jiné množství péče, každá výroba je jinak nákladná, každý stroj je jinak cenově efektivní, každý typ výrobku potřebujeme v jiném čase, a i každá objednávka je pro nás jinak důležitá (Brucker, 2007).

Zatímco předchozí úlohy jsou navrženy pouze z pohledu plánování výroby, kdy si určíme počet proměnných a snažíme se najít ideální plán pro jistý časový úsek, v praxi se hodnoty těchto proměnných mohou kdykoliv změnit a plánování výroby musí být schopné se jim přizpůsobit. Musíme počítat s tím, že stroje musí být často operovány zaměstnanci, kteří stejnou práci odvedou vždy za jiný čas a jinak kvalitně, musíme proto počítat s jistými časovými rezervami u každého úkonu. Stroje se také mohou čas od času rozbít a je třeba čas a náklady na jejich opravu, nehledě na to, že plánovanou výrobu musíme stále někde vyrobit do naplánovaného času. Pokud bychom si tedy výrobu dopředu nenaplánovali, nepředvídané události by v ní mohly udělat naprostý chaos. S udržováním pořádku a informací o výrobě nám mohou pomoci právě ERP systémy nebo systémy na plánování výroby. V nich jsou shromážděna potřebná data pro rozhodování při plánování a pomocí reportů z jednotlivých pracovišť umožňují plánovačům výrobu nejen naplánovat, ale v případě nenadálých událostí na ně i pružně reagovat a plány předělat (Pinedo, 2016).

Přestože těmito matematickými problémy se řada odborníků zabývá již delší dobu, zatím neexistuje žádné univerzální řešení na tyto plánovací problémy, a to jak v teorii, tak v praxi. Metody na řešení těchto problémů se dělí na 2 základní směry, metody přesné a aproximační neboli přibližné. Metody přesné se snaží najít to jediné nejoptimálnější řešení problému, to však může vyžadovat velmi dlouhý výpočetní čas. Oproti tomu metody aproximační nezaručují vyhledání nejoptimálnějšího řešení, řešení však naleznou v relativně krátkém čase. Tyto metody se dělí na 3 různé algoritmy, konstruktivní, lokální prohledávání a meta-heuristické neboli evoluční (Manlig a Koblasa, 2015).

Konstruktivní algoritmy jsou zpravidla velmi jednoduché a dají se tedy lehce použít v praxi i pro méně zkušené zaměstnance. Jednou z rozhodovacích složek této metody je rozhodování dle prioritních pravidel. Výrobu touto metodou naplánujeme tak, že bereme jednu operaci za druhou a přiřazujeme je tam, kde se dají vyrobit. Seřazení těchto operací závisí na tom, jakou váhu každé dáme na základě stanovených argumentů a jejich váhy. Algoritmy založené na lokálním prohledávání patří mezi ty nejjednodušší a nejuniverzálnější. Tato metoda hledá optimální řešení pomocí porovnávání výsledků vygenerovaných jistým algoritmem. Meta-heuristické algoritmy se snaží najít nejlepší řešení pomocí optimalizování množiny řešení pomocí principů z biologie. Mezi tyto principy patří mutace, křížení, přirozený výběr a přežití nejsilnějších jedinců. Pomocí počítačové simulace je možné tyto metody realizovat a optimalizovat. Nalezení kvalitního systému plánování výroby je velmi podstatné pro zvýšení efektivity podniku (Manlig a Koblasa, 2015).

3 Systém COMES

Jednou z možných aplikací na plánování výroby je systém COMES dodávaný společností Compas automatizace, spol. s.r.o. COMES je jedním z MES systémů. Je možné ho využívat jako komplexní MES systém nebo si z něj pouze vybrat některé složky.

3.1 Základní funkce systému COMES

Do systému COMES se dá dostat pomocí internetové aplikace, je tedy velmi univerzální. Jednou z jeho složek je příprava materiálů a řízení skladů. Tato aplikace pomáhá podniku se správou skladu a monitoringem materiálů. Její součástí je i mobilní rozhraní pro operátory ve skladu, díky které je možné pracovat s daty v reálném čase. Další ze složek je sběr dat z výroby, který velmi usnadňuje analýzu výroby. Z každého stroje, na kterém je systém integrován, jsou sbírána potřebná data jako např. časy cyklu, prostoje a poruchy a následně jsou odesílána do systému. Pokud tyto parametry překročí nastavenou mez, je upozorněn vedoucí pracovník pomocí sms nebo emailu. Další ze složek jsou operátorské terminály. Tyto terminály jsou dotykové obrazovky, přes které mohou operátoři zaznamenávat potřebné informace. Jeden z těchto terminálů může sloužit pro jeden i více strojů, a kromě zadávání dat z výroby se díky nim dá např. i identifikovat obaly, materiály a formy, prohlížet výrobní dokumentaci, zobrazovat reálný stav výroby oproti plánu nebo přivolat ke stroji údržbu. Systém též umí komunikovat se systémy ERP odkud bere potřebné informace pro jeho fungování, a naopak do nich zasílá informace, které sám sesbírá nebo jsou do něj zadány. Součástí mohou také být grafy a tabulky sloužící k rychlému zhodnocení situace

ve výrobě, které pomáhají vedoucím pracovníkům k rychlejšímu jednání v případě nežádoucích výsledků. Jedním z nejdůležitějších prvků systému COMES je modul na plánování výroby (COMES solution for MES & Industry 4.0, 2021).

3.2 Modul na plánování výroby systému COMES

Firma Compas nabízí ve svém balíčku systému COMES i samostatně modul plánování výroby. V tomto modulu se dá pracovat s řadou tabulek a grafů, které plánovačům výroby plánování usnadňují. Patří mezi ně tabulka výrobních

objednávek, definice výrobků a jejich výroby, definice a spotřeba surovin a dalších zdrojů při výrobě, definice a data z výrobních zařízení a další. Potřebná data do těchto tabulek a grafů lze získat buď importováním z podnikových ERP systémů, do COMESu zapsat nebo je získat automaticky z jiných částí COMESu. Samotné plánování se realizuje v interaktivním grafu, kam jsou přiřazovány jednotlivé výroby. Plánovač si v rozhraní plánování výroby zároveň může sledovat omezující prvky, jako jsou např. omezený počet surovin, omezený počet skladového místa, nedostatek operátorů ve výrobě nebo nedostatek obalů. V systému může též vytvářet odstávky strojů a přestavení výrobních linek (COMES solution for MES & Industry 4.0, 2021).

3.3 Automatické plánování výroby pomocí systému COMES

Firma Compas zároveň nabízí funkci automatického plánování výroby, kterou dodává každému podniku na míru. Použitím této funkce se spustí plánovací algoritmus, který výrobu naplánuje na základě dostupných informací v systému. Mezi jeho hlavní rozhodovací argumenty patří maximální využití výrobních kapacit, minimalizovat počty pracovníků nebo omezení případných přestavení strojů. Plán se pokusí sestavit co nejoptimálnější, což může podniku snížit náklady a zvýšit tak celkový zisk (COMES solution for MES & Industry 4.0, 2021).

4 Modul na plánování výroby systému COMES ve společnosti GAT

Plánování výroby je v GAT realizováno v systému COMES. V tomto systému se udržují informace o téměř celém výrobním procesu. Na obrázku č. 2 je zobrazena architektura systému COMES pro vstřikovny plastů. Najdeme v něm celou řadu nástrojů a tabulek, které slouží plánovačům k vytvoření optimálního plánu výroby vstřikolisů. Aplikace je velmi složitá, proto zde budou představeny jen základní složky potřebné pro plánování výroby. Kromě aplikace COMES využívá GAT i ERP systém SAP.



Zdroj: (Comes.eu, 2021)

Obr. 2 Architektura systému COMES pro vstřikovny plastů

4.1 Složka Konfigurace

Složka Konfigurace slouží především jako zdroj informací pro plánování. Mezi její záložky patří např. Definice výrobků a výroby, Výroba, Materiály, Nástroje, Pracoviště, Projekty, Zákazníci a Import dat. Tyto záložky jsou zde stručně popsány:

- V záložkách Definice výrobků a výroby a záložce výroba jsou definovány konkrétní výlisky a finální výrobky. Každý výrobek i výlisek má své SAPové číslo, protože je zároveň evidován v informačním systému SAP, kde jsou všechny vyrobené i uskladněné výrobky a výlisky. Také jsou zde informace jako Popis výrobku, Minimální a Maximální skladová zásoba, Barva výrobku, Forma, Materiál, proklik, k jakému projektu a zákazníkovi výrobek patří a také zda je výrobek stále aktuální, tedy jestli se stále vyrábí, případně zda slouží již pouze jako náhradní díl.
- V záložce Materiály jsou uvedeny všechny materiály použité při výrobě, jako je např. plastový granulát a je zde uvedeno opět SAPové číslo, název materiálu a také ve kterém silu se nachází.
- V záložce Nástroje jsou vidět konkrétní formy na výrobu výlisků a které výlisky se s jejich pomocí mohou vyrobit.
- V záložce Pracoviště jsou uvedeny konkrétní vstřikolisy a zda jsou v danou chvíli aktivní.
- V záložce Zákazníci jsou uvedeni zákazníci společnosti GAT a zda se jim v danou chvíli dodávají výrobky.
- V záložce Projekty jsou uvedeny projekty, na kterých se pracuje, ke kterému zákazníkovi projekt patří a zda jsou aktivní.
- V záložce Import dat lze do COMESu importovat data, pomocí předpřipravených většinou excelovských souborů, aby se nemuseli manuálně doplňovat do systému.

4.2 Složka Plánovací editace

Složka Plánovací editace slouží jako nástroj pro plánování výroby vstřikolisů. Mezi její záložky patří např. Editace plánu, Správa plánu, Počty operátorů a Odstávky strojů. Tyto záložky jsou zde stručně popsány:

- V záložce Editace plánu je možné upravovat stávající plán výroby vstřikolisů. Plán je vyobrazen jako interaktivní graf, jehož osa x vyobrazuje časovou osu a na osa y jsou jednotlivé vstřikolisy. Na každém z nich je možné určit počet výrobků k výrobě, začátek a konec výroby a také změna formy na vstřikolisu. V grafu poté vidíme jednotlivé výroby v čase, nevyužité kapacity strojů

a výměny forem. V záložce je také možné nastavit konkrétní časový úsek, ve kterém se chce plánovat.

- V záložce Správa plánu se ukládá plán vytvořený v záložce editace plánu, po jeho uložení se přepíše starý plán. Vždy se musí nastavit i časový úsek, se kterým se pracuje.
- V záložce Počty operátorů lze konkrétně nastavit počet operátorů na každou směnu. Směny se dělí na ranní, odpolední a noční 7 dní v týdnu. Počet operátorů je třeba nastavit dopředu, aby bylo na každou směnu domluveno dostatek lidí. Počet lidí lze buď odhadnout nebo zkopírovat z minulého týdne.
- V záložce Odstávky strojů lze zadat a případně odstranit odstávku konkrétního vstřikolisu. Důvod může být např. porucha stroje, rutinní kontrola nebo čištění.

4.3 Složka Plánovací reporty

Složka Plánovací reporty zobrazuje grafy a tabulky, ze kterých se dá vyčíst aktuální stav výroby. Mezi její záložky patří např. Výrobní plán, Aktuální stav výstupního skladu, Plán výměny osazení nástroje a Plánované spotřeby granulátu. Tyto záložky jsou zde stručně popsány:

- V záložce Výrobní plán lze vidět stejný graf jako v záložce Editace plánu, nelze na něm ale nic měnit. Také je zde možné zobrazit plán i do minulosti.
- V záložce Aktuální stav výstupního skladu je vidět seznam výrobků a jejich počty kusů ve skladu. Tento seznam lze importovat nahráním předpřipraveného souboru vygenerovaného ze SAPu.
- V záložce Plán výměny osazení nástroje je graf podobný Výrobnímu plánu, jsou na něm však pouze výměny forem na vstřikolisech. Výměny jsou také zaznamenány pod grafem.
- V záložce Plánované spotřeby granulátu je zaznamenána spotřeba konkrétního granulátu v určitém časovém úseku.

4.4 Ostatní složky

Mezi zatím nepopsanými složkami jsou složka Management forem, ve které jsou záložky na prevenci, opravy a management forem. V ní se dají naplánovat kontroly forem a podívat se na jejich reporty. Další složka Přípravná se zabývá granulátem a sily. Ve složce Reporty je velké množství tabulek s informacemi pro plánovače, výrobu i kvalitu.

5 Plánování výroby vstřikolisů

Nejprve bude představena nadnárodní společnost Grupo Antolin, její historie a výroba. Dále bude popsána společnost Grupo Antolin Turnov s.r.o., spadající pod GA. Na obrázku č. 3 je vidět sídlo firmy v Turnově a část výrobní haly. Poté bude představen způsob plánování výroby v GAT.

5.1 Společnost Grupo Antolin

Společnost Grupo Antolin je předním developerem, designérem a výrobcem interiérových komponent v automobilovém průmyslu. Mezi hlavní výrobní komponenty patří přístrojové desky, stropní panely, osvětlení uvnitř auta a dveřní výplně. Byla založena roku 1950 v mechanické dílně ve španělském městě Burgos rodinou Antolin. Dnes působí ve 26 zemích světa a zaměstnává přes 30 000 lidí. V České republice má GA 5 hlavních závodů a přes 3 300 zaměstnanců.



Zdroj: (Grupo Antolin Turnov, 2017)

Obr. 3 Továrna GAT v Turnově

Dlouhodobá vize GA je být vedoucí společností na trhu automobilových interiérů a vytvářet hodnoty pro své investory. Mezi její hodnoty patří zaměření na lidi, jako klíč k úspěchu, rozvinutí společnosti, nadšení pro dobře odvedenou práci, rodinný duch a inovace.

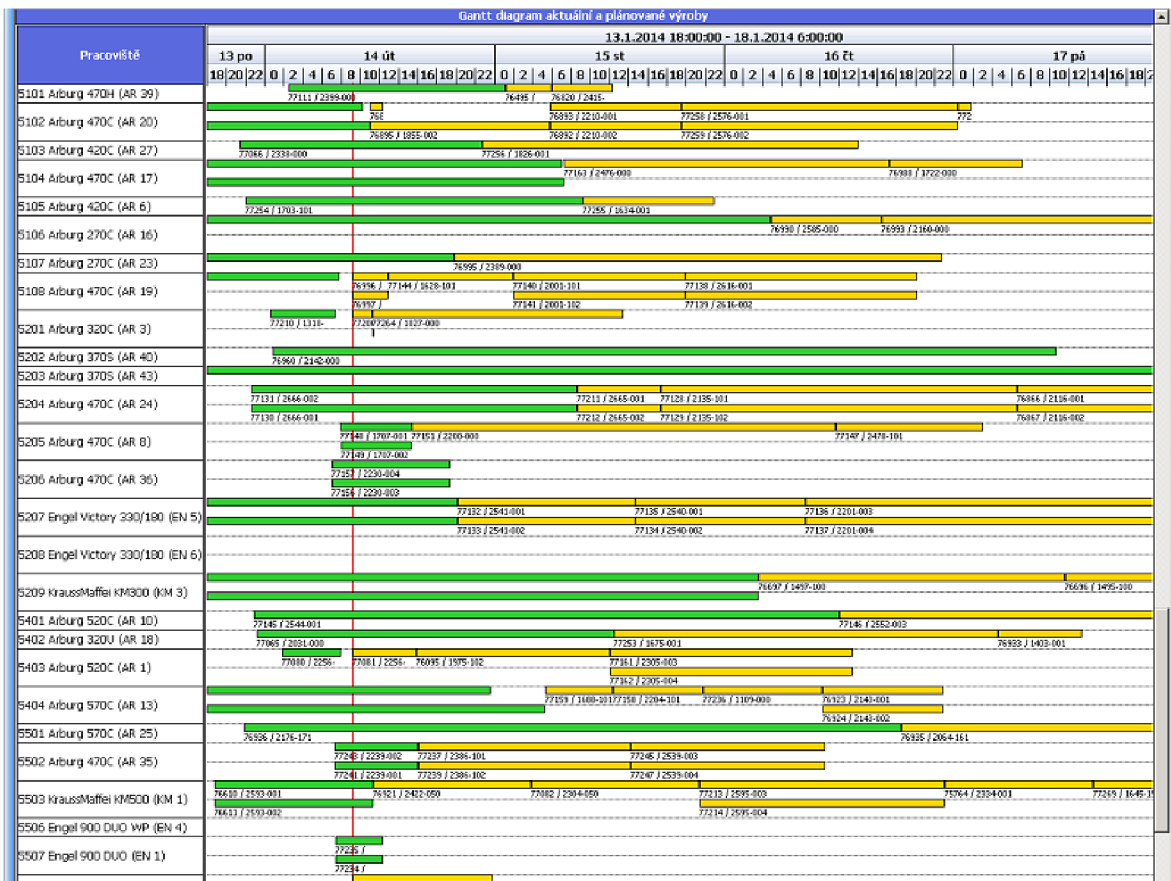
GAT se specializuje na vstřikování plastů a montáž interiérových dílů. Vyrábí se především výplně dveří, stropní konzole, boční sloupky a plastové obložení zavazadlového prostoru. Vyrábí díly např. pro značky Škoda Auto, Volkswagen, Audi, Volvo, Ford, Mercedes, Hyundai, Renault a další. GAT má kromě hlavního

závodu v Turnově ještě 2 pobočky, a to v Mladé Boleslavi, kde vyrábí především pro značku Škoda Auto, a v Příšovicích, kde je umístěn hlavní sklad dílů. V hlavním závodě v Turnově je zaměstnáno asi 850 lidí, na pobočce v Mladé Boleslavi asi 200 lidí a na pobočce v Příšovicích asi 150 lidí.

5.2 Plánování výroby vstřikolisů v GAT

V GAT se zaměříme na výrobu plastových výlisků, které jsou poté využity jako interiérové komponenty v automobilovém průmyslu nebo dále slouží jako díly pro výrobu jiných komponent. Tyto výlisky se vyrábí ve vstřikolisech plastů v Turnově. Vyrábí se z plastového granulátu, který je do strojů dopravován nasáváním speciálními trubicemi. Granulát je uchováván v silech vedle závodu. Na každém vstřikolisu je umístěna jiná forma, která určuje tvar vylišovaného výrobku. Po vyjmutí výlisku ze vstřikolisu je výlisek ostříhnut od vtokové soustavy, která se stává odpadem. Poté je výlisek zkontrolován, zda odpovídá zadaným parametrům a není zdeformován. Výroba probíhá na 3 směny, většina vstřikolisů má 1 formu na několik hodin. Výměna formy na jinou trvá i s následným zajištěním vstřikolisu okolo 1 hodiny. Formy jsou velmi těžké a pro jejich výměnu jsou používány speciální jeřáby.

Plánování výroby vstřikolisů V GAT je velmi složitá práce, kterou má na starost skupina plánovačů výroby. Mezi jejich hlavní úkoly patří optimální naplánování výroby vstřikolisů na následující týden s denními úpravami plánu, hlídání splnění výrobních kapacit a komunikace s výrobou, kvalitou, skladem a především logistikou. S oddělením výroby je třeba řešit kontrola dodržení výroby dle plánu a vyvstalé problémy, jako jsou např. prostoje kvůli nedostatku materiálu a operátorů, prostoje kvůli špatné konfiguraci konkrétního vstřikolisu, který nevyrábí kvalitní výlisky, nebo plánovanou údržbu strojů. S kvalitou musí řešit především kvalitu výlisků a případnou potřebu zopakovat nebo upravit počet výlisků v plánu. Se skladem řeší počet uskladněných dílů a s nimi vzniklé problémy jako je např. nedostatek skladových prostorů pro konkrétní výrobky nebo neočekávaná změna skladových zásob. S logistickými operátory musí být v neustálém kontaktu, aby byly dodrženy denní kapacity objednávek a aby i několikadenní výhled byl splněn. Na obrázku č. 4 je vidět rozhraní plánování výroby v systému COMES.



Zdroj: (Comes.eu, 2021)

Obr. 4 Rozhraní plánování výroby v systému COMES

5.3 Optimální plán výroby

Manuální plánování provádí v GAT plánovači každý den. Vytvoření denního plánu vyžaduje získávání co nejvíce informací pro optimální naplánování a velkou dávku zkušeností. Aby se neplytvala kapacita výrobních zařízení, ale přesto se všechny objednané výrobky stačily vyrobit, je třeba najít optimální plán. Ten se však plánuje velmi těžko, neboť na něj má vliv velký počet argumentů. Kromě splnění objednávek je třeba uchovávat minimální skladovou zásobu, aby se v případě neplánované poruchy stačili výrobky zákazníkům dodat, zároveň se však nesmí výrobků vyrobit více, než je možné uskladnit, přičemž čím více skladových zásob, tím dražší se pro podnik stávají. Dále je třeba vzít v potaz fakt, že počet výměn forem na vstříkolisech je omezen časově, protože je k dispozici omezený počet jeřábů a jejich operátorů. Zároveň každá výměna formy snižuje maximální objem výroby na daném stroji. Také je třeba hlídat počet operátorů, tedy zda je jich pro danou výrobu dostatek a případně aby pro většinu nebo ideálně všechny bylo co na práci. Plán je také

limitován nedostatkem surovin, případně vratných obalů, ve kterých se výlisky uskladňují. V neposlední řadě je třeba hlídat dostatečný počet výlisků pro následnou montáž, která často probíhá souběžně s výrobou vstřikolisů.

Se všemi těmito argumenty je při manuálním plánování třeba počítat. Každý z nich má pro plánovače v danou chvíli jinou váhu a každá optimalizace plánu může společnosti ušetřit peníze. Při velkém počtu vstřikolisů jako je v GAT je však možnost vytvoření ideálního plánu téměř nemožná. Plánovači proto vycházejí ze svých zkušeností a každý den znovu řeší tento matematický problém. Nejdůležitější argument pro jejich rozhodování jsou denní vykrytí odvolávek zákazníků, které pro ně i s vykrytím na nejbližší týden každý den vytváří operátoři logistiky. V těchto schématech je vyobrazen reálný počet výrobků na skladě připravených k expedici a počet dní, který se tím vykryje, protože většina zákazníků má denní dodávky. Pro usnadnění jejich práce a zoptimalizování plánu se proto společnost GAT rozhodla objednat automatické plánování výroby vstřikolisů.

6 Zavedení automatického plánování výroby vstřikolisů v GAT

V této kapitole bude popsáno vytvoření funkční specifikace pro projekt zavedení automatického plánování výroby ve firmě GAT. Dále zde bude popsáno testování autoplánu a jeho následné nasazení do výroby.

6.1 Vytvoření specifikace

Nejprve bylo třeba napsat specifikaci zavedení automatického plánování výroby vstřikolisů. Součástí této specifikace jsou úpravy aplikace COMES, aby v ní autoplán mohl správně fungovat. Mezi tyto změny patří:

- Změna formuláře v záložce Definice výroby, ve které je parametr Čas cyklu, ve kterém je zadán čas, který je třeba na vytvoření jednoho výlisku. Do tohoto formuláře se dodá parametr Čas cyklu plán, se kterým bude plánovat autoplán. Tento parametr bude lehce vyšší, protože je u něj třeba zohledňovat zmetkovitost výlisku a přestávky. Zatímco plánovač s těmito údaji může díky zkušenostem počítat, autoplán by je ignoroval.
- Přidání záložky Části haly do složky Konfigurace. Výrobní hala je rozdělená na několik částí. Vstřikolisy jsou rozděleny dle polohy a každá část má lehce jiná nastavení, např. ne do každé části se dostanou všechny jeřáby, a ne v každé části je možné provádět zároveň stejný počet výměn forem. Plánovač opět s těmito údaji počítal, autoplán by je však nebral v potaz. V záložce Pracoviště se přidá sloupec Číslo lodi, aby se vstřikolisy daly rozdělit do těchto částí.
- Přidání záložky Plán montáží do složky Plánovací editace, kde se budou moci nastavit konkrétní výrobky, jejich počet a časový horizont. Tento formulář přímo souvisí s plánováním výroby vstřikolisů. Některé výlisky nejsou rovnou posílány zákazníkům, ale je ještě potřeba je přetvořit na finální výrobky. Některé proto po vylisování putují přímo na montáž, aby se zbytečně nemuseli zaskladňovat a poté vyskladňovat. Výroba některých výlisků tedy běží souběžně s jejich následnou montáží. Montáže probíhají ve 3 směnném provozu a je tedy nutné konkrétně naplánovat, kdy a kolik takovýchto výlisků bude třeba vyrobit.

- Nastavení automatických importů dat stavu skladu ze SAPu do záložky Aktuální stav výstupního skladu před spuštěním autoplánu, aby měl autoplán co nejpřesnější informace pro plánování.
- Přidání záložky Odvolávky do složky Plánovací reporty, kde bude tabulka se všemi objednanými výrobky a daty jejich plánované expedice. Tato data budou také importována ze SAPu před spuštěním autoplánu, aby měl autoplán co nejpřesnější informace pro plánování.
- Do záložky Počty operátorů se přidá tlačítko Vypočítej lidi podle odvolávek, díky kterému půjde vypočítat potřebný počet operátorů na každou směnu dle odvolávek na týdenní bázi. Tento počet bude zobrazován ve vedlejší tabulce, aby nepřekryl manuálně zadaný počet plánovačem.
- Do složky Plánovací editace se dodá záložka Konstanty, ve které bude číselník se seznamem konstant pro ohodnocení plánu. V tomto seznamu budou jednotlivé argumenty pro plánování a u každého z nich bude možné nastavit číselnou hodnotu, která mu dodá důležitost v rozhodování autoplánu.

6.2 Nastavení autoplánu

Autoplán musí být nastaven tak, aby některé podmínky nikdy nebyly překročeny. Mezi tyto podmínky patří nepřekročení maximální současné výměny forem na strojích kvůli omezenému počtu jeřábů a jejich operátorů, použití jedné z forem na více zařízeních v témže čase a nepřekročení maximálního počtu operátorů na směně.

Autoplán se zároveň musí řídit pravidly nastavenými již v počátcích jeho testování. Tyto pravidla jsou uvedeny ve specifikaci a nejdou měnit. Patří mezi ně to, aby autoplán plánoval výrobu co nejdříve. Dále lze v manuálním plánování konkrétní požadavek na výrobu uzamknout, díky čemuž ji autoplán nechá být a naplánuje výroby jinde. Plán bude generován v rozsahu 1 směny až 14 dní, autoplán tedy vždy naplánuje výrobu dle odvolávek na příští 2 týdny od jeho spuštění. Dle těchto pravidel např. pokud by nejbližší odvolávka byla až za 2 týdny, ale bylo místo na skladě, autoplán výrobu zaplánuje hned 1. den.

Kromě dodržení daných pravidel bude plánovací algoritmus fungovat na základě bodového systému. V nově vytvořené záložce Konstanty budou zadané jednotlivé argumenty, jako např. konstanta pro nesplnění odvolávky, která počítá s počtem hodin od nesplnění dodání objednaných výrobků, nebo konstanta pro výměnu formy, která počítá s počtem výměn v aktuálním plánu. U všech těchto argumentů lze nastavit a měnit jejich hodnotu. Autoplán bude výrobu plánovat dle těchto argumentů a jejich váhy. Mezi nejdůležitější argument by měl vždy patřit argument pro splnění odvolávek, které jsou uvedené v záložce Odvolávky, kam jsou importovány ze SAPu. Pokud by některá funkce nebyla třeba nebo s ní plánovač nechtěl počítat, může její hodnotu nastavit na 0.

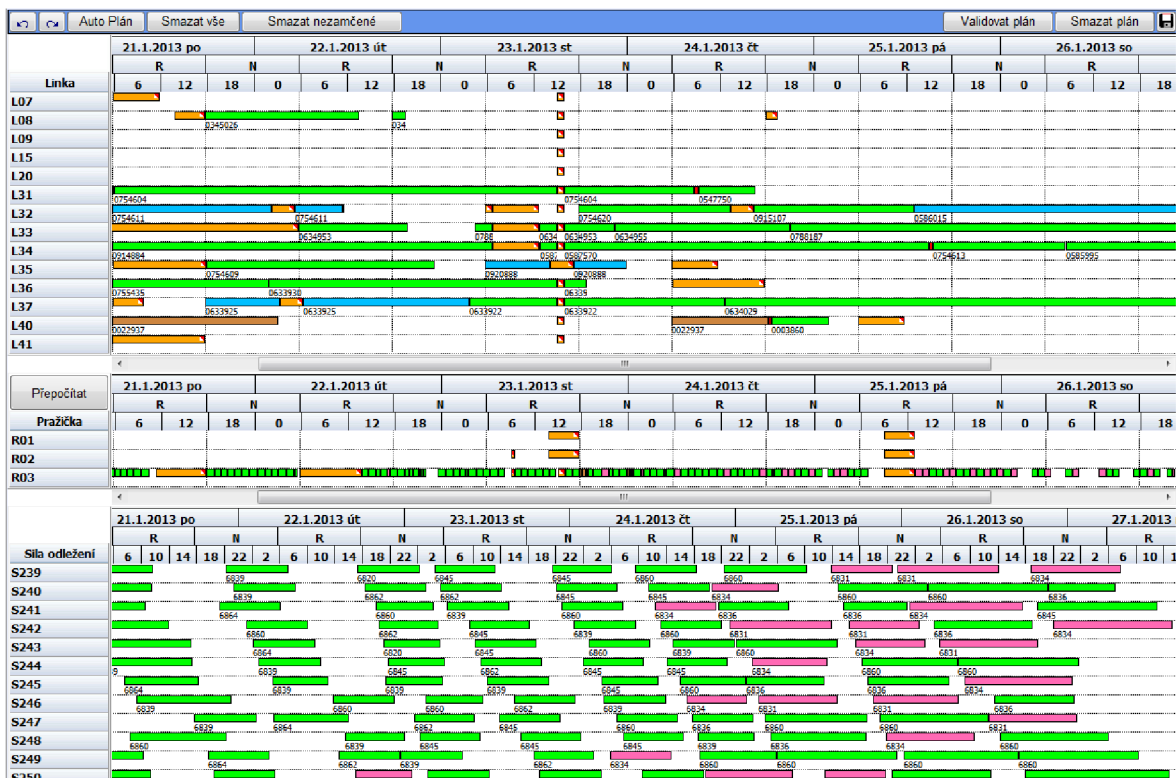
Autoplán dle všech těchto pravidel vytvoří plán na další 2 týdny, to ovšem neznamená, že plně nahradí plánovače. Kromě toho, že je třeba stále doplňovat a aktualizovat data do systému COMES, aby autoplán fungoval, jak má, musí plánovač vždy plán zkontrolovat a případně upravit. Ve specifikaci se s těmito úpravami počítá, a to až s 30 % změn průměrně za 5 plánů. Důvodem jsou mimořádné situace, jako jsou poruchy strojů, nedostavení plánovaného počtu operátorů, nedostatek obalů z důvodu pozdního dodání od zákazníka atd.

6.3 Zavedení autoplánu do výroby

Po vytvoření specifikace a objednání automatického plánování výroby bylo třeba doplnit a opravit některé informace v systému COMES. Mezi tyto úkony patřilo nastavení minimální a maximální výše skladových zásob u každého výrobku, aby se autoplán mohl těmito čísly řídit. Dále bylo třeba vytřídit aktivní položky od neaktivních. Většina formulářů v COMESu má u každé položky možnost zaškrtnutí, zda je stále používaná, tedy zda je aktivní, nebo ne. Položky se poté dají třídit pomocí filtrů. Dále bylo třeba navzájem propojit položky, které spolu souvisejí, aby s nimi autoplán mohl pracovat jako s celkem. Každý zákazník má několik projektů a v každém z těchto projektů jsou jiné výrobky. S těmito výrobky jsou dále spojeny různé druhy obalů, jiné formy na lisy a jiný materiál. Po doplnění všech těchto informací následovala důkladná kontrola všech složek a jejich záložek, aby byl systém připravený na integraci autoplánu.

Po podpisu smlouvy na dodání automatického řízení výroby firma Compas představila časový plán projektu, který se měl dodat v rozmezí několika měsíců.

Vzhledem ke komplikovanosti autoplánu bylo třeba dodat systém přímo na míru GAT, což vyžadovalo několikaměsíční vývoj algoritmu a následná integrace a odzkoušení zabralo též několik měsíců. V prvních měsících projektu dodal Compas změny do systému COMES, aby s nimi mohl autoplán pracovat. V rámci těchto úprav byly organizovány schůzky mezi oběma stranami většinou na týdenní bázi, aby se odstranily všechny nedostatky a systém fungoval správně a na míru GAT. Mezi tyto úpravy patřilo předělání číselníků dle funkční specifikace, dořešení automatických importů ze SAPu do COMESu, doděláné vazeb mezi jednotlivými položkami systému COMES a úpravy některých tabulek a diagramů na modernější a praktičtější vzhled. Na obrázku č. 5 je vidět rozhraní plánování výroby po přidání autoplánu. Po implementaci nových číselníků bylo třeba doplnit potřebná data a provázat je se stávajícím systémem.



Zdroj: (PlasticPortal.eu, 2021)

Obr. 5 Rozhraní automatického plánování výroby

Před implementací autoplánu bylo vytvořeno testovací prostředí, ve kterém se mohl autoplán testovat bez toho, aniž by bylo ovlivněno reálné plánování výroby. Toto prostředí bylo vytvořeno jako kopie reálného systému COMES GAT. Následně započalo testování autoplánu v testovacím prostředí na reálných datech,

kteřá byla do systému nahrávána z ostrého prostředí před každým testováním. Kromě celkové funkčnosti a dodržování jasných pravidel stanovených ve specifikaci projektu bylo třeba správně nastavit hodnocení argumentů, aby autoplán plánoval tak, jak má. Tento proces testování zabral několik měsíců, přičemž na jeho testování se podílel jak Kompas, tak plánovači z GAT. Po úspěšném ukončení testování byl autoplán integrován do ostrého prostředí COMES, kde začal fungovat jako jeden z nástrojů k ulehčení práce plánovačům a zefektivnění celkové výroby vstřikolisů. Po dodání všech částí ve specifikaci byla dodána dokumentace projektu společně s návodem k obsluze. I po implementaci autoplánu do ostrého prostředí COMES po nějakou dobu stále platil testovací režim, ve kterém plánovači zjišťovali možná úskalí autoplánu na reálných datech a případné nedostatky sdělovali firmě Kompas, která autoplán dle jejich požadavků upravila. Plánovači se v tomto období také naučili s novým systémem pracovat a využívat ho pro zjednodušení jejich práce. Tím byl projekt úspěšně dokončen.

7 Srovnání manuálního a automatického plánování výroby vstřikolisů v GAT

Po zavedení automatického plánování výroby je třeba porovnat jeho výhody a nevýhody oproti manuálnímu plánování. Tato kapitola se věnuje tomuto tématu a zároveň popisuje možná rizika automatického plánování. Na konci kapitoly je projekt zhodnocen. Také je navrženo vylepšení autoplánu do budoucna.

7.1 Výhody a nevýhody automatického a manuálního plánování výroby

Jeden z hlavních důvodů, proč byl autoplán zaveden, bylo ušetření práce plánovačům výroby. V tomhle ohledu má jistě automatické plánování výhodu, neboť po nahrání a doplnění všech aktuálních dat plán vytvoří sám. Plánovači stále tak, jako dřív plánují každý všední den znovu a plán na další 2 týdny neustále přepisují, ale samotné vytvoření plánu, jež jim dříve zabralo většinu pracovní doby, už dělat nemusí. To neznamená, že by plán vytvořený autoplánem nebyl bez chyb a nevyžadoval úpravy po jeho vytvoření, ale tyto úpravy zaberou zpravidla několikanásobně menší čas. Úpravy pro optimalizaci plánu a změny nutné kvůli nepředpokládaným okolnostem jsou nutné dělat manuálně. Patří mezi ně např. nedostatek materiálu kvůli zpoždění jeho dodání, nedostatek obalů z důvodu zpoždění dodání od zákazníků, neočekávaný nedostatek objednaných operátorů strojů, zrušení nebo snížení objednávky od zákazníka, poruchy strojů atd. Zároveň pravidelné údržby a odstávky strojů a testování nových forem na budoucí výrobky se stále musí plánovat manuálně. Všechny tyto úpravy se však dělají mnohem jednodušeji, neboť se dají buď zaplánuvat do volných bloků v plánu nebo se dají naplánuvat předem a jejich uzamčením před spuštěním autoplánu v budoucím plánu zůstanou.

Další z důvodů zavedení autoplánu bylo vytvoření optimálnějších plánů, než jaké vytvářeli plánovači z důvodu lepšího využití výrobních kapacit a celkovém snížení nákladů na výrobu, jako je např. zbytečně vysoký počet výměn forem na vstřikolisech. Toto kritérium se však porovnává velmi těžce, neboť se nikdy neplánuje oběma způsoby naráz. V dlouhodobém měřítku se jistě dají celkové plány, výrobní kapacita a náklady na výrobu porovnat, kvůli každodenní úpravě automaticky vygenerovaného plánu se však nikdy nedá jednoznačně určit, zda by

plánovač vytvořil optimálnější plán. Dále se u tohoto bodu nedá jednoznačně určit, zda jsou některé chyby, které autoplán v plánování udělá, chybami jeho algoritmu nebo špatným nastavením výše argumentů pro jeho plánování. Pokud jsou tyto argumenty nesprávně nastaveny, může např. autoplán preferovat plán, ve kterém nedodrží všechny odvolávky od zákazníků, kvůli tomu, že pro jejich dodržení by musel zvýšit počet výměn forem na strojích o 10 %, oproti plánu, kde odvolávky dodrží. Z tohoto důvodu je nutné, aby se plánovači s autoplánem naučili pracovat a neustále se ho snažili zdokonalovat úpravami hodnot těchto argumentů.

Jedna z nevýhod autoplánu pro plánovače je nová povinnost udržovat systém COMES aktuální každý den. Zatímco při manuálním plánování většina tabulek, čísel a propojení v COMESu sloužila pouze jako pomoc při jejich rozhodování, při automatickém plánování je třeba udržovat všechny tyto informace aktuální a zkontrolovat je před každým zapnutím autoplánu. Přestože většina těchto informací je v systému automatizovaná, jako např. nahrávání výše odvolávek ze SAPu, některé informace jako stavy obalů musí být doplněny manuálně. Plánovačům se z tohoto důvodu rozdělila pracovní doba na hlavní 2 složky. Jedna z nich je zmíněné doplňování a kontrola aktuálních informací pro autoplán před jeho spuštěním. Druhá se změnila z každodenního tvoření plánu na úpravy plánu vygenerovaného autoplánem a možná optimalizace jeho argumentů.

Jedním z dalších důvodů zavedení automatického plánování bylo zjednodušení práce plánovačů. Při manuálním plánování výroby v GAT je nutné znát nespočet informací o výrobě a mít velké množství zkušeností s jejím plánováním. Pokud by bylo třeba najmout nového plánovače, doba jeho školení před tím, než by mohl sám nezávisle plánovat, by byla velmi dlouhá a zároveň by ubírala čas stávajícím plánovačům. Přestože automatické plánování též vyžaduje velkou míru znalostí a zkušeností, nejtěžší část vytvoření celého plánu odpadá.

7.2 Rizika automatického plánování

Automatické plánování se dá, co se týče efektivity, jen těžce porovnávat s manuálním. Kromě toho, že stále vyžaduje manuální úpravy, plán v GAT je často tak složitý, že nalezení chyb nebo jeho zefektivnění zabere příliš mnoho času, než aby mohlo být reálně využitelné v praxi. Z tohoto důvodu může být autoplán potenciálním rizikem při plánování, neboť může obsahovat chyby, které jsou jen

velmi těžce dohledatelné. Pokud se tyto chyby nepodaří nalézt a opravit, může automatické plánování potenciálně vyžadovat více času než to manuální pro nalezení stejně optimálního plánu. Je proto třeba, aby plánovači při úpravách plánu vytvořeným autoplánem často opakované chyby identifikovali a snažili se porozumět, proč je autoplán dělá. Pokud se jim to podaří, můžou být argumenty předělány nebo algoritmus autoplánu upraven.

Dalším rizikem autoplánu může být získaná závislost plánovačů na jeho plánech. Autoplán funguje správně pouze tehdy, pokud má k dispozici všechna aktuální data, může se však stát, že se objeví větší množství neočekávaných problémů, jako např. poruchy na několika strojích nebo nepředpokládaný nedostatek obalů, které způsobí příliš velké změny oproti automaticky vygenerovanému plánu. Plánovači proto musí být stále schopní celý plán vytvořit manuálně, aby dokázali na takto vyvstalé problémy pružně reagovat nebo v nejhorsím případě celý plán vytvořit sami.

Jedno z rizik autoplánu je i jeho možný efekt na kvalitu práce plánovačů. Zatímco při manuální plánování jsou za všechny jejich rozhodnutí odpovědní oni sami, po zavedení autoplánu mohou nízkou efektivitu výroby svádět na něj. Náplň práce se jistě po zavedení autoplánu plánovačům změní, a ne každý z nich může být stejně efektivní jako před tím. Plánovači též musí být schopni nově vygenerované plány upravovat pouze tam, kde je potřeba, a ne snažit se je celé přetvořit tak, jak je dělali dříve, protože tím mohou snížit efektivnost celého plánu.

7.3 Shrnutí výsledků projektu

Projekt je celkově hodnocen kladně. Podařilo se implementovat autoplán do systému COMES a vylepšit některé jeho části. Díky tomu byla usnadněna práce plánovačů a předešlo se některým rizikům manuálního plánování. Autoplán rozhodně plánovače nenahradí, ale měl by jim pomoci při jejich každodenní práci. Při správném zacházení by měl autoplán zefektivnit plánování výroby a díky tomu snížit náklady a zvýšit zisky celého podniku.

Současné plánování výrob s pomocí autoplánu jistě není dokonalé. Kromě neustálého vylepšování lehkými úpravami argumentů autoplánu se dá plánování zefektivnit i jinými způsoby. Jedním z nich je pokračování v automatizaci celého podniku a získávání dat, které následně pomohou autoplánu vytvořit lepší

plán díky širší škále argumentů. Jedním z těchto vylepšení by mohlo být zavedení automatického sledování obalů, se kterými má společnost často problém. Po jejím zavedení by se v systému COMES rovnou zobrazovaly stavy obalových kont a nemuseli by se neustále sledovat a každý den znovu přepočítávat. Zároveň by se tím vyřešil problém jejich nedostatku, neboť by se z dat dalo dohledat, kde se zrovna nachází. Automatickému plánování by to přidalo další z argumentů, podle kterého má výrobu plánovat.

Závěr

Hlavním cílem této práce bylo popsat zavedení systému automatického plánování výroby vstřikolisů ve společnosti GAT, zhodnotit, zda se projekt společnosti vyplatil a porovnat ho se stávajícím systémem manuálního plánování výroby, případně navrhnout jeho vylepšení. Nejprve bylo nutné představit základní problematiku vstřikování plastů a plánování výroby. Dále byl představen systém COMES, který firma GAT používá k plánování. Poté byl představen proces dodání automatického plánování výroby firmou COMPAS a jeho zavedení do stávajícího plánování. Následovalo porovnání automatického a manuálního plánování, jejich výhody a nevýhody. V poslední části byla představena rizika automatického plánování a zhodnocení projektu s návrhem na jeho zlepšení.

Projekt byl společností hodnocen kladně a díky novému systému automatického plánování se nejenom zjednodušila práce plánovačů výroby, ale také se odstranila některá rizika, které manuální plánování přináší. Dále by mělo automatické plánování zvýšit efektivnost výroby a tím snížit společnosti náklady a zvýšit její zisk. Návrh na vylepšení systému je automatizování více částí celkové výroby, jakým by mohlo být ve firmě GAT např. zavedení automatického sledování obalů, které by dodalo autoplánu informace o stavech kont obalů na výrobky a zároveň by snížilo jejich ztráty v průběhu času.

Snaha o naplánování dokonalého rozvrhu výroby vyžaduje u komplexnějších příkladů porovnání nepředstavitelného počtu jejich možných výsledků a v teorii ani v praxi stále není možné tento problém efektivně vyřešen, přesto se pomocí systémů plánování výroby dá plánování optimalizovat.

Seznam literatury

BRUCKER, P. Scheduling Algorithms. 5. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. ISBN 978-3-540-69515-8.

COMES solution for MES & Industry 4.0 [online]. Žďár nad Sázavou: Compas automatizace, spol. s r.o., 2021 [2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.comes.eu/koncepty-a-aplikace/57-rizeni-lisoven-plastu>.

MANLIG, F. – KOBLASA, F. Plánování a rozvrhování výroby (vybrané kapitoly). Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-204-4.

PINEDO, M. Scheduling: theory, algorithms, and systems. 5. New York: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-26578-0.

ZEMAN, L. Vstřikování plastů. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.

ZEMAN, L. Vstřikování plastů teorie a praxe. 1. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Vstřikovací lis	9
Obr. 2 Architektura systému COMES pro vstřikovny plastů	17
Obr. 3 Továrna GAT v Turnově	21
Obr. 4 Rozhraní plánování výroby v systému COMES.....	23
Obr. 5 Rozhraní automatického plánování výroby.....	28

Comes.eu [online]. Žďár nad Sázavou: Compas automatizace, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.comes.eu/koncepty-a-aplikace/56-rizeni-diskretni-vyroby>

Comes.eu [online]. Žďár nad Sázavou: Compas automatizace, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.comes.eu/koncepty-a-aplikace/57-rizeni-lisoven-plastu>

Grupo Antolin Turnov [online]. Turnov: Grupo Antolin Turnov, 2017 [2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.praceturnov.cz/>

PlasticPortal.eu [online]. Praha: ICOSA s.r.o, 2021 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/meritelne-a-prokazatelne-snizovani-nakladu-interflon/c/1358/>

System Online [online]. Praha: CCB spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/prehled-informacnich-systemu/aps-systemy/comes-aps-1.htm>

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Vlastimil Braun		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	Zavedení automatického plánování výroby ve vstříkovně plastů firmy Grupo Antolin Turnov s.r.o.		
VEDOUCÍ PRÁCE	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2021
POČET STRAN	38		
POČET OBRÁZKŮ	5		
POČET TABULEK	0		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato bakalářská práce se zaměřuje na popsání zavedení automatického plánování výroby do firmy Grupo Antolin Turnov s.r.o. a jeho porovnání oproti starému manuálnímu plánování výroby. V práci je popsána základní problematiku vstříkování plastů a plánování výroby. Dále je představen systém COMES, který firma GAT používá k plánování. Následuje popis procesu dodání automatického plánování výroby firmou COMPAS a jeho zavedení do stávajícího plánování. V závěru je porovnání automatického a manuálního plánování. V poslední části je představena rizika automatického plánování a zhodnocení projektu s návrhem na jeho zlepšení.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Plánování výroby, vstříkovna plastů, systém COMES		

ANNOTATION

AUTHOR	Vlastimil Braun		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Implementation of automatic production planning in the plastics injection molding company Grupo Antolin Turnov s.r.o.		
SUPERVISOR	doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2021
NUMBER OF PAGES	38		
NUMBER OF PICTURES	5		
NUMBER OF TABLES	0		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>This bachelor thesis focuses on the description of the implementation of automatic production planning in the company Grupo Antolin Turnov s.r.o. and its comparison with the old manual production planning. The work describes the basics of plastic injection and production planning. The COMES system, which GAT uses for planning, is also introduced. Next is a description of the process of delivering automatic production planning by company COMPAS and its implementation into existing planning. There is also a comparison of automatic and manual planning. In the last part, the risks of automatic planning are described and evaluation of the project is presented with a proposal for its improvement.</p>		
KEY WORDS	Production planning, plastic injection molding, COMES system		