

Projekt zavedení automatického dispečinku výrobků na pracovišti plazmatického leptání ve společnosti ON Semiconductor

Bc. Filip Mikuláček

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Filip MIKULÁČEK
Osobní číslo: M09702
Studijní program: N 6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Průmyslové inženýrství

Téma práce: Projekt zavedení automatického dispečinku výrobků
na pracovišti plazmatického leptání ve společnosti
ON Semiconductor

Zásady pro vypracování:

Úvod

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z oblasti informačních systémů využívaných ve výrobě.
- Formulujte teoretická východiska.

II. Praktická část

- Provedte představení společnosti ON Semiconductor a specifik její výroby.
- Zpracujte analýzu informačních systémů, které jsou v současné době využívány ve výrobě.
- Porovnejte systém APF se současným IS využívaným ve výrobě.
- Vypracujte návrh projektu, který by definoval pravidla automatického dispečinku výrobků na pracovišti plazmatického leptání.

Závěr

Rozsah diplomové práce: cca 70 stran
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] BASL, J; BLAŽÍČEK, R. Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008. 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.
[2] FIALA, P. Řízení projektů. Vyd. 2., přeprac. Praha: Oeconomica, 2008. 186 s. ISBN 978-80-245-1413-0.
[3] SODOMKA, P. Informační systémy v podnikové praxi. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006. 351 s. ISBN 80-251-1200-4.
[4] VOLLMANN, T. E. Manufacturing planning and control systems for supply chain management. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2005. 598 s. ISBN 0-07-144033-X.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Dagmar Šulová, Ph.D.
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: 28. března 2011
Termín odevzdání diplomové práce: 2. května 2011

Ve Zlíně dne 28. března 2011

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka



prof. Ing. Felicitas Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí:
 - bez omezení;
 - pouze prezenčně v rámci Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- na mou bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²;
- podle § 60³ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezahrnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

- podle § 60⁴ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem bakalářskou/diplomovou práci zpracoval/a samostatně a použité informační zdroje jsem citoval/a;
- odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 28.4 2011



⁴ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přiměřeně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

V předložené diplomové práci se zabývám zavedením automatického dispečinku výrobků na pracovišti plazmatického leptání ve společnosti ON Semiconductor Czech Republic. V teoretické části se zaměřuji na popis podnikových informačních systémů typu ERP a APS a výrobního informačního systému MES. Dále se v této části diplomové práce zabývám řízením výroby podle teorie omezení (TOC).

V praktické části diplomové práce posuzuji vhodnost implementace systému pokročilého plánování výroby APF od firmy Applied Materials, z hlediska konkrétních potřeb výroby a uživatelských funkcí. V další části práce se zabývám návrhem pravidel pro řízení výrobků na pracovišti plazmatického leptání a identifikací problémů, které by mohly správné řízení výrobků narušit.

Klíčová slova:

Výrobní systémy (MES), systémy pro plánování podnikových zdrojů (ERP), systémy pokročilého plánování výroby (APS), vyvažování linek, řízení výroby, teorie omezení (TOC)

ABSTRACT

This thesis introduces the implementing of automatic dispatching products at the place work of plasma etching in the company ON Semiconductor Czech Republic. The theoretical part focuses on the description of business information systems ERP, APS and MES. Furthermore, the thesis deals with managing the manufacture of the theory of constraints (TOC).

The practical part of the thesis assesses the suitability of the implementation of advanced planning production APF by the company Applied Materials, in terms of specific production requirements and user functions. The next section deals with the rules suggested for the product management at place work of plasma etching, which could undermine the proper management of products.

Keywords:

Manufacturing Execution Systems (MES), Enterprise Resource Planning (ERP), Advanced Planning System (APS), Line balancing, Production Management, Theory of Constraints (TOC)

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Dagmar Šulové PhD. za odbornou pomoc a rady, které mi při zpracování diplomové práce poskytovala. Také chci poděkovat všem zaměstnancům firmy ON Semiconductor, kteří mi při zpracování projektů pomáhali, zvláště Ing. Marcelu Chovancovi a Ing. Michalu Kohoutkovi.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PODNIKOVÉ A VÝROBNÍ INFORMAČNÍ SYSTÉMY	13
1.1 PLÁNOVÁNÍ PODNIKOVÝCH ZDROJŮ (ERP)	13
1.1.1 Klíčové funkce a vlastnosti ERP v řízení výroby	13
1.2 VÝROBNÍ SYSTÉM (MES)	14
1.2.1 Funkce MES systémů podle MESA International	15
1.2.2 Integrace MES systému do IT infrastruktury	17
1.3 SYSTÉMY POKROČILÉHO PLÁNOVÁNÍ VÝROBY APS.....	18
1.3.1 Vyvažování linky (Line balancing).....	18
1.3.2 APS nenahradí ERP	19
1.3.3 Plánovací moduly systémů pokročilého plánování a rozvrhování výroby	19
2 ŘÍZENÍ VÝROBY	23
2.1 PŘÍSTUPY K ŘÍZENÍ VÝROBY	23
2.1.1 Teorie omezení (TOC).....	24
2.1.2 Metoda Drum-Buffer-Rope	25
Buben (Drum)	25
Zásobník (Buffer)	25
Lano (rope).....	26
2.1.3 Princip pěti kroků teorie omezení	26
2.1.4 Přínosy TOC	27
2.2 UKAZATELE POUŽÍVANÉ PŘI PLÁNOVÁNÍ A ŘÍZENÍ VÝROBY	28
2.2.1 OEE – celková efektivita zařízení.....	28
2.2.2 Critical Ratio (CR).....	28
2.3 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
3 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	31
3.1 VÝROBA A JEJÍ SPECIFIKA	32
4 STRATEGIE ŘÍZENÍ VÝROBY	34
4.1 STRATEGIE ŘÍZENÍ SAD	34
4.2 STRATEGIE VYVAŽOVÁNÍ LINKY (LINE BALANCING).....	36
5 ANALÝZA INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ POUŽÍVANÝCH VE VÝROBĚ	38
5.1 ORACLE (ERP).....	38
5.2 PROMIS (MES)	38
5.3 NADSTAVBY PROMISU	38
5.3.1 Wip MS	39
5.3.2 PROMIS Dispatcher	41

5.3.3	Prospector	41
5.3.4	Graphical Manufacturing Monitoring System (GraMMS)	43
5.4	POTŘEBY UŽIVATELŮ INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ	45
5.5	POŽADAVKY UŽIVATELŮ INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ	45
6	PROJEKT PŘEDIMPLEMENTAČNÍ FÁZE SYSTÉMU APF	47
	SLOŽENÍ TÝMU:	47
7	ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU	48
8	ADVANCED PRODUCTIVITY FAMILY – REAL TIME DISPATCHER	49
8.1	POPIS SYSTÉMU	49
8.2	FORMATTER	51
8.3	REPORTING	54
8.4	REAL TIME DISPATCHER (RTD)	56
8.5	POTENCIÁL APF V ŘEŠENÍ POŽADAVKŮ UŽIVATELŮ	56
8.6	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU SYSTÉMU	57
8.6.1	Kritéria v oblasti strategie	57
8.6.2	Kritéria v oblasti uživatelských požadavků	58
9	ANALÝZA PRACOVIŠTĚ PLAZMATICKÉHO LEPTÁNÍ	60
9.1	POPIS PROCESU A PRACOVIŠTĚ PLAZMATICKÉHO LEPTÁNÍ	60
9.1.1	Jak funguje Precision	61
9.1.2	Postup práce operátora na pracovišti plazmatického leptání	61
9.2	ZVÝŠENÍ PROPUSTNOSTI ZAŘÍZENÍ	63
10	PROJEKT ZAVEDENÍ AUTOMATICKÉHO DISPEČINKU VÝROBKŮ NA PRACOVIŠTI PLAZMATICKÉHO LEPTÁNÍ	65
10.1	ZPRACOVANÉ DIAGRAMY	65
10.2	SNÍŽENÍ MANIPULAČNÍCH ČASŮ	71
10.2.1	Přínosy opatření	75
10.3	PŘÍNOSY PROJEKTU	76
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK	86

ÚVOD

Informační systémy jsou v současné době součástí všech typů podniků. Od těch největších korporací až po nejmenší podniky, čítající jen několik málo zaměstnanců. Vysoké nároky na kvalitu výrobků a služeb, snižování nákladů, nutnost rychlé reakce na konkurenční kroky, časté změny při plánování výroby nebo potřeba aktuálních informací jsou důvodem velkého rozmachu všech druhů systémů.

Většina společností již nyní používá ERP systém, ale ve výrobních společnostech se stává nezbytností nasazení výrobních informačních systémů a systémů pokročilého plánování výroby. A právě na podnikové a výrobní informační systémy je zaměřena teoretická část této diplomové práce.

V analytické části se zabývám posouzením, zda je systém pokročilého plánování výroby (APS) od firmy Applied Materials vhodným řešením pro rožnovskou výrobu v úseku výroby čipů firmy ON Semiconductor. Posuzuji zde nejen uživatelské funkce systému, ale také funkce, jež jsou firmou vyžadovány pro potřeby výroby. Hlavními funkcemi, které jsou požadovány, jsou řízení, dávkování a sledování sad. Sady mají být řízeny tak, aby byl umožněn co největší průtok všech sad celou linkou a co nejrychlejší a nejefektivnější výroba každé sady desek. Dávkování sad musí být navrženo tak, aby byla efektivně využita úzká místa výroby a finančně náročné operace, a v neposlední řadě sledování každé sady při průchodu celou linkou.

V další části se zabývám návrhem pravidel pro řízení sad v konkrétní části výroby, a to sice v úseku plazmatického leptání. Cílem je vytvoření pravidel výroby tak, aby byl minimalizován lidský faktor a zároveň byly vzaty v úvahu všechny požadavky, respektující specifika výroby a celopodnikové cíle. Je nutné specifikovat všechny vstupy, které jsou důležité pro správné řízení sad, a rozdělit je na ty, které je možné získat z MES systému, a ty, které nikoliv. Všechny získané informace jsem transformoval do vývojového diagramu.

Tato pravidla budou využita IT oddělením při implementaci systému pokročilého plánování výroby APF. Podobná pravidla musí být definována pro všechna pracoviště, ale podstata pravidel je i pro ostatní pracoviště stejná. Tato pravidla tedy budou sloužit jako základ pro definování pravidel i na zbylých odděleních.

Při zpracování těchto úkolů jsem se také snažil identifikovat problémy, které by mohly narušit správný průběh zpracování a řízení sad, jako například nadbytečné úkony prodlužující dobu zpracování, které systém nemůže správně vyhodnotit.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PODNIKOVÉ A VÝROBNÍ INFORMAČNÍ SYSTÉMY

Podle holisticko-procesní klasifikace tvoří podnikový informační systém: systém pro plánování podnikových zdrojů (ERP), systém obsluhující procesy směřované k zákazníkům (CRM), systém řídicí dodavatelské řetězce (SCM) - jeho součástí bývá systém pokročilého plánování výroby (APS) a manažerský informační systém (MIS). Blíže se budu věnovat jen systémům typu ERP, APS a výrobnímu systému (MES). [6]

V první části této kapitoly je blíže popsán systém ERP a jeho klíčové vlastnosti. V další části definuji, co je to MES systém, popíši funkce tohoto systému a jeho postavení v podnikové architektuře. Posledním systémem, který budu v této práci popisovat, je systém pokročilého plánování výroby (APS). Přiblížím jeho moduly a celkový význam tohoto systému pro výrobu.

1.1 Plánování podnikových zdrojů (ERP)

Informační systém kategorie ERP (Enterprise Resource Planning) je dle Svaté definován jako „*nástroj, který je schopen pokrýt plánování a řízení všech klíčových interních podnikových procesů (zdrojů a jejich transformace na výstupy), a to na všech úrovních od strategické až po operativní. K těmto klíčovým procesům patří: výroba, logistika, personalistika a ekonomika.*“ (Svatá V. 2007)

1.1.1 Klíčové funkce a vlastnosti ERP v řízení výroby

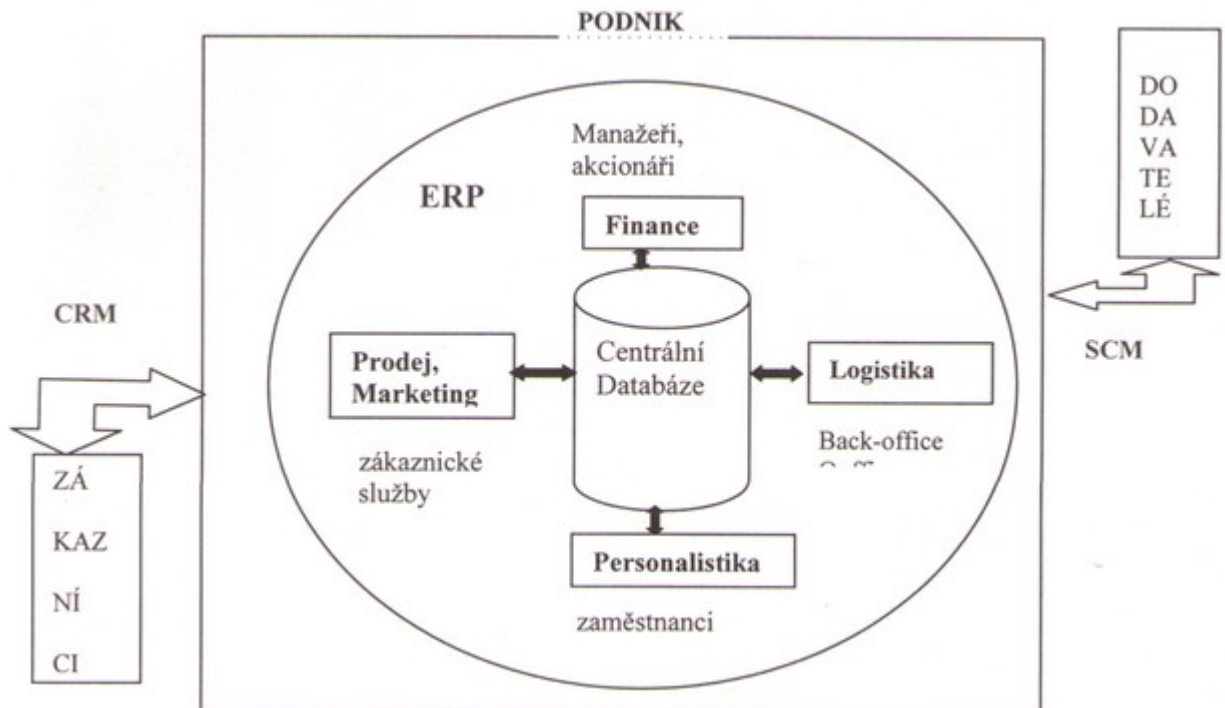
Mezi nejdůležitější vlastnosti ERP systému patří:

- automatizace a integrace hlavních podnikových procesů
- sdílení dat, postupů a jejich standardizace přes celý podnik
- vytváření a zpřístupňování informací v reálném čase
- schopnost zpracovávat historická data
- celostní přístup k prosazování ERP koncepce

Mezi hlavní požadavky kladené na ERP systém patří:

- realizace měřitelných přínosů v oblasti snižování celé struktury nákladů, vznikajících neefektivním řízením firmy

- realizace neměřitelných přínosů v oblasti řízení podnikových procesů a dostupnosti informací v reálném čase [6]

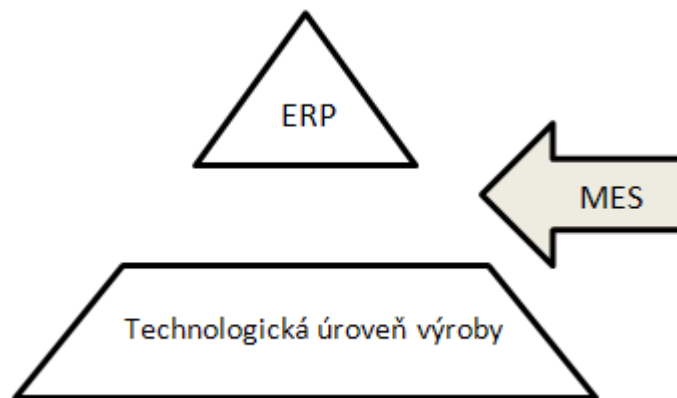


Obrázek 1 Struktura ERP systému [7]

1.2 Výrobní systém (MES)

Výrobní informační systémy (MES – Manufacturing Execution Systems) se zpravidla využívají k získávání provozních dat z výroby v reálném čase. MES se tedy využívají k detailnímu sběru dat a jejich zpracování pro účely vyhodnocení výroby a operativního řízení. [6]

V rámci podnikových informačních systémů tvoří MES vrstvu mezi technologickou úrovní výroby a ERP systémy (viz Obrázek 2). Ve srovnání s ERP jsou tyto systémy více ovlivněny typem výroby a nejsou tak univerzální, jako celopodniková řešení. Pro některé specifické výroby mohou být vytvořeny MES systémy jen od jedné či několika málo společností. [2]



Obrázek 2 Pozice MES v podnikové architektuře [5]

Na rozdíl od ERP systémů MES systémy pracují s aktuálními výrobními daty v reálném čase, což jim umožňuje pružně reagovat jak na výjimečné události ve výrobě, tak i na okamžité požadavky obchodu a přizpůsobovat výrobní proces tak, aby byl co nejefektivnější. [2]

1.2.1 Funkce MES systémů podle MESA International

MESA International (Manufacturing Enterprise Solutions Association), je mezinárodní organizací, která stanovila následujících jedenáct oblastí, do nichž jsou svou funkcionalitou směřovány výrobní informační systémy:

- řízení a přidělování zdrojů
- operativní plánování a rozvrhování výroby
- dispečerské řízení výroby
- řízení dokumentů
- sběr, kompletace a archivace dat
- řízení pracovních sil
- řízení kvality
- procesní řízení
- sledování produkce
- analýza a hodnocení výkonnosti [17] [5]

Řízení a přidělování zdrojů

Dnešní ERP systémy většinou plánují jen s teoretickou kapacitou výroby, protože nepřihlíží k aktuální situaci ve výrobě. Oproti tomu MES systémy většinou pracují se skutečnou a aktuálně dostupnou kapacitou zdrojů, s přihlédnutím k ostatním skutečnostem ve výrobě.

Operativní plánování a rozvrhování výroby

Díky aktuálním informacím o dostupnosti zdrojů a průběhu výroby, bývá operativní plánování, někdy spolu s dispečerským řízením výroby, nejdůležitější částí MES systému. Do operativního plánování vstupují data z nadřazeného ERP systému většinou na úrovni výrobních zakázek. Součástí MES systémů bývá plánování, které umožňuje podrobné rozplánování na jednotlivé operace a umožňuje operativně reagovat na situace ve výrobě.

Dispečerské řízení výroby

Některé typy výrob jsou řízeny centrálně, a k rozhodnutí je tedy potřeba úplných informací. Při úplném sběru dat z výrobního procesu, a při možnosti automatického předávání příkazů k úpravě parametrů výrobního procesu, je tento způsob řízení přínosem.

Řízení dokumentů

Součástí MES systému by měla být funkcionality, která v průběhu výrobního procesu umožní dostupnost dokumentace, tam a tehdy, kdy je třeba. Zobrazování aktuální výrobní dokumentace je možné přímo na displej terminálu, pro každý, právě vyráběný, díl.

Sběr, kompletace a archivace dat

Sběr dat může být dle typu výroby různě komplikovaný a různě nákladný. Některé části MES systému však na sběru dat závisí do té míry, že bez něj postrádají z velké části smysl.

Řízení pracovních sil

Pro řízení pracovních sil není podstatné jen elektronické sledování docházky, ale i identifikace a sledování pracovníků na jednotlivých operacích. Pomocí napojení na operativní plánování a další části MES systému lze dosáhnout zlepšení ve využití pracovních sil.

Řízení kvality

Systémy MES mohou také hlídat dodržování správného výrobního postupu. Zaručují, že na výrobku byly provedeny všechny operace a ve správném pořadí. Sledují, zda byly použity správné suroviny, ve správné operaci a ve správném množství, a zda byly dodrženy předepsané procesní parametry, ale také zajišťují odběry vzorků nebo evidenci výsledků testů.

Procesní řízení

Na úrovni MES systému nás zajímá spíše výrobní stránka procesu, než stránka technologická. Jde především o sledování a řízení výrobních procesů a všech událostí, které na ně mají vliv. Vznik prostoje, jeho příčina a další události. Systém vhodně zareaguje a automaticky o vzniku nestandardní situace vyrozumí zodpovědné osoby.

Sledování produkce

Sledováním produkce je možné zpětně dohledat jednotlivé výrobní kroky a dlouhodobě uchovávat kompletní historii výroby produktů. V případě potřeby je možné zjistit kdo, kdy a kde pracoval na konkrétním kroku daného produktu.

Analýza a hodnocení výkonnosti

Většina MES systémů umožňuje zpracování alespoň základních analýz výkonnosti. [17]

1.2.2 Integrace MES systému do IT infrastruktury

Integrace MES systému s ostatními systémy je velmi důležitá, protože jinak může být vytvořen perfektní plán, ale bez zpětné vazby o tom, co se děje v reálném provozu. A naopak je možné mít přesný přehled o tom, co se děje v reálném provozu, ale bez integrace nebude žádná vazba na původní plán. Je to také důležité pro ověření dat. Využíváním dat ze systému MES v následných procesech dojde k zajištění jejich přesnosti, a zároveň proběhne jejich kontrola.

Integrace s ERP

- **Kmenová data** – informace o produktech, zaměstnancích a strojích, včetně kvalifikační matice, kdo je oprávněn vyrábět daný produkt, a kdo je oprávněn obsluhovat daný stroj.
- **Odvedení výroby** – je nutné pro zajištění správného účtování pohybu materiálu, polotovarů, finálních výrobků a zmetků, a v neposlední řadě mzdových podkladů v ERP systému.

Integrace s APS

- **Výrobní plán** – základní vstupní data pro MES. Určuje, co se má vyrábět, na jakém pracovišti a v jakém množství.
- **Odvedení výroby** – je důležité z pohledu sledování plnění plánu v APS a využití

všech plánovaných zdrojů – pracoviště, materiál, nástroje, formy, obsluha atd.

- **Poruchy a prostoje** – dostupnost aktuálních prostojů a poruch v APS je základem pro pružné reagování na změny ve výrobě. Následné přeplánování výroby je pro APS otázkou několika sekund. [18]

1.3 Systémy pokročilého plánování výroby APS

APS (advanced planning system) je systém pokročilého plánování v prostředí s omezenou kapacitou. Tento systém umožňuje zjednodušit, zlepšit a zrychlit činnosti v oblasti plánování, pomáhá provádět vyvažování, kdy se porovnává kapacita procesu s požadavky zákazníků.

Systém typu APS pomáhá předvídat zatížení, ukázat dopad neočekávaných událostí na kapacity a plánované dodávky. Poskytuje nástroje k testování variant před přijetím klíčových rozhodnutí.[15]

Systém pokročilého plánování výroby umožňuje operativní plánování. Týdenní plán, většinou dodávaný ze systému typu ERP (Enterprise resource planning) nebo MES (Manufacturing execution system), obvykle bývá zastaralý již po několika hodinách výroby, z důvodu prostojů strojů, zmetků, nepřítomnosti některých zaměstnanců atd. Často bývají potíže i s volbou optimálního rozvržení výroby na alternativních strojích.

APS také sleduje měnící se podmínky a neustále kontroluje omezující podmínky. APS bere v úvahu nejen dostupnost materiálu a teoretický výkon stroje, ale i potřebu sekundárních zdrojů, jako jsou nástroje, formy či lidské zdroje.[22]

1.3.1 Vyvažování linky (Line balancing)

Jak již bylo napsáno výše, systém pokročilého plánování výroby napomáhá k dosažení vyváženosti linky. Nyní přiblížím, co si pod pojmem vyvažování linky (line balancing) představit.

Podle definice Akademie produktivity „*je to činnost, jejímž cílem je dosáhnout relativně stejných časů cyklu jednotlivých operátorů na lince nebo buňce, resp. minimalizace plýtvání způsobeného čekáním pracovníků z důvodu nevybalancování. Je založena na analytickém rozboru činností pomocí technik měření práce a následném přerozdělování elementů práce mezi pracovníky.*“ (Bejčková, 2009)

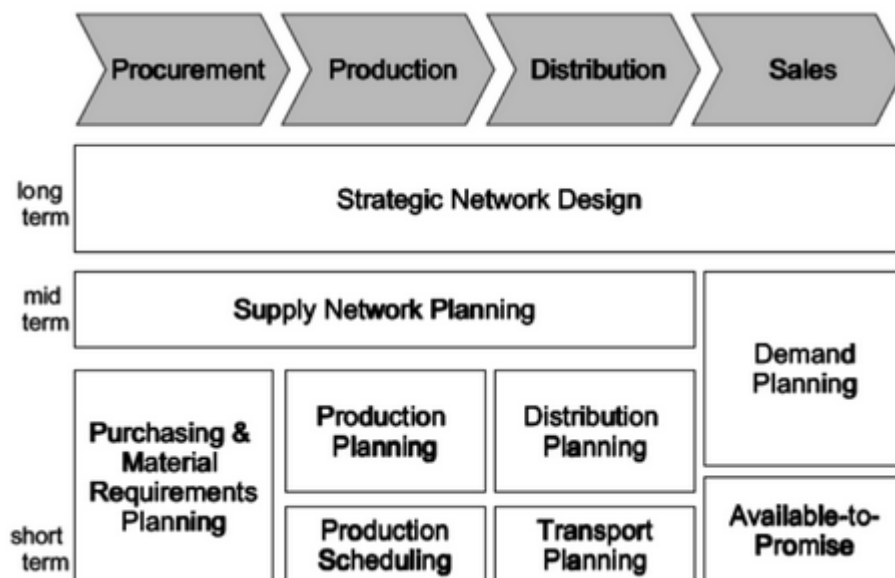
1.3.2 APS nenahradí ERP

Zavedení systému pokročilého plánování do výroby je nákladnou záležitostí a ne vždy má smysl. Je důležité, aby firma byla pro zavedení připravena a kladla důraz na zefektivnění podnikových procesů. Především to znamená, že firma má zavedený vhodný ERP systém, který je správně naimplementován, používán, a je tudíž schopen poskytnout potřebná data pro APS, a to včas a v potřebné kvalitě.

Jakýkoliv APS systém však nenapraví nesprávné a nekvalitní zavedení ERP systému, ani nenahradí jeho funkcionalitu. Výrobní společnost, která hodlá nadstavbový plánovací systém pořídit, by si měla uvědomit, že v tomto případě by šlo o zbytečnou investici, která očekávaný benefit nepřinese. Při kvalitním zavedení APS s propojením na ERP systém je přínosů hned několik a návratnost investice je otázka několika měsíců. [15]

1.3.3 Plánovací moduly systémů pokročilého plánování a rozvrhování výroby

APS systémy obvykle pokrývají většinu aspektů plánování dodavatelského řetězce, od nákupu po prodej, a od strategického po operativní rozhodování. Různé moduly APS systému podporují různé úkoly v plánovacím procesu. APS systém se obvykle skládá z několika modulů. Každý modul pokrývá určitou oblast plánování.



Obrázek 3 Moduly APS systémů [24]

Strategic Network Design (SND) pokrývá všechny oblasti dlouhodobého plánování, zvláště pak úkoly, spojené s výběrem umístění dodavatelů a návrhu podoby celého dodavatelské-

ho řetězce. Tento modul je podstatný pro odvětví s častými změnami v dodavatelských řetězcích a materiálových toků. [8] [24]

Demand Planning (DP) slouží pro střednědobé plánování, obvykle 12-24 měsíců. Jeho úkolem je předpovídání poptávky. Výsledky z tohoto modulu jsou potřebné jako vstupy pro ostatní moduly.

Předpověď se opírá o tři různé složky. První z nich je metoda predikce budoucího vývoje, na základě historických dat. Ta se opírá o metody časových řad, například klouzavý průměr a kauzální metody jako je regresní analýza, ekonometrické modely a neuronové sítě.

Druhou složkou je statistická předpověď, vycházející z marketingových kampaní a zpětné vazby od zákazníků.

Třetí složkou získávání dat jsou všechna oddělení, která mají na prodej vliv, jako například marketingové oddělení, obchodní oddělení nebo oddělení logistiky. [8] [24]

Supply Network Planning (SNP) Cílem tohoto modulu je synchronizace materiálového toku v rámci dodavatelského řetězce. Tento modul slouží pro střednědobé plánování a jeho úkolem je zajištění efektivního využívání kapacit společnosti v oblastech výroby, distribuce, zásobování a prodeje. K tomu, aby bylo možné pokrýt veškerou poptávku, je nutné, aby byl plán vytvořen alespoň pro jeden rok. Většinou plán pokrývá dvanáctiměsíční období a je rozdělen na měsíční nebo týdenní úsek. Vstupní informace tohoto modulu pocházejí z modulů Strategic Network Design (SND) a Demand Planning (DP), dále je potřeba znát kapacitní údaje, náklady a informace o množství zásob. Vzhledem ke složitosti plánování mohou být detailně rozplánovány pouze zdroje v úzkých místech.

Výstupem modelu je plán, který spojuje výrobní a distribuční plány. Vstupní informace tohoto plánu pocházejí z detailních plánů modulů Production Planning, Production Scheduling, Distribution Planning, Transportation Planning pro Purchasing & Material Requirements Planning. [8] [24]

Moduly **Production Planning (PP)** a Production Scheduling (PS) jsou mezi všemi moduly pokročilého plánování výroby považovány za nejdůležitější. Cílem modulů je určení optimální velikosti dávky a detailní rozplánování výroby.

V procesu výrobního plánování (PP) se získaný výrobní plán z modulu Supply Network Planning rozdělí na jednotlivé plány pro každou část dodavatelského řetězce. [24]

Interval plánování závisí na průmyslovém sektoru, ve kterém firma působí. Plánování se provádí v rozmezí jednoho dne až několika týdnů. To závisí na několika faktorech. Na jedné straně by měl tento časový interval odpovídat nejdelšímu průtokovému času v rámci výroby, a na straně druhé je plánovací interval omezen zákaznickými objednávkami a spolehlivostí předpovědí poptávky. Je zřejmé, že seřazování objednávek pro jednotlivé zdroje je užitečné pouze v případě, že tyto plány jsou do určité míry stabilní, tj. že nejsou předmětem častých změn v důsledku neočekávaných událostí, jako je například změna množství nebo skladby objednávky. [8]

Výstupem tohoto modulu je výrobní plán, odpovídající materiálovým a kapacitním požadavkům, upraveným v souladu s kapacitními omezeními. Detaily tohoto plánu jsou převedeny do dalšího modulu rozvrhování výroby (Production Scheduling).[12]

Úkolem **Production Scheduling (PS)** je detailně rozvrhnout výrobu, na základě plánu, vytvořeným modulem Production Planning. Tento modul většinou rozvrhuje výrobu v horizontu několika hodin nebo dnů. Výhodou tohoto modulu je, že bere v úvahu specifika výroby a různá omezení, jako jsou například, čas potřebný pro přenastavení stroje, prioritizace výroby či zdroje (přednostní spotřeba určitých zdrojů). [8] [24]

Výrobní rozvrhování může být vykonáváno buď ve dvou fázích, kdy je nejprve použit modul výrobního plánování a poté rozvrhování výroby, nebo mohou být oba moduly integrovány do jednoho. To, jestli budou moduly pracovat samostatně, nebo bude modul jen jeden, závisí na typu výroby.

V procesně řízené organizaci s mnoha různými stroji, jež mají velmi podobnou funkci a mnoho velikostí dávek, je potřeba snížit zatížení množstvím výpočtů, a proto je lepší použít dva samostatné moduly.

Pro výrobu, kde je použit automatizovaný tok s omezenými zdroji, s časově přesně určenými činnostmi a menším počtem výrobků, je vhodná varianta jen s jedním modulem, který bude vykonávat jak plánování, tak rozvrhování výroby.[24]

Distribution Planning (DisP) Distribuční plánování je součástí střednědobého plánování. Jeho cílem je plánování množství zásob hotových výrobků a jejich distribuce k zákazníkům. Musí vybrat nejoptimálnější variantu s ohledem na náklady, souvisejícími se zásobami a přepravními náklady.

Modul distribučního plánování vykonává následující rozhodnutí:

- Určuje četnost dodávek a jejich velikost
- Rozhoduje o distribučních kanálech s ohledem na velikost dodávky
- Stanovuje množství transportů pro každou cestu celého dodavatelského řetězce

Vstupní data jsou získávána z několika modulů - SND, SNP, TP. [8] [24]

Transport Planning (TP) Modul plánování dopravy je součástí krátkodobého plánování a snaží se vytvořit co nejefektivnější dopravní plán. Pracuje s omezeními, jako jsou náklady, dopravní informace, dostupnost a rychlost vozidel, omezení při nakládce a načasování.

Tři hlavní funkce tohoto modulu:

- Slučování nákladů a rozvrhování použití dopravních prostředků
- Plánování tras
- Výběr dopravce (umožňuje výběr z několika dopravců, využívá přitom internetové nabídky) [8] [24]

Available-to-Promise (ATP) Hlavním úkolem tohoto modulu je rychlé a realistické vytvoření termínu zákaznické dodávky. Tradiční systémy vychází při určování termínu dodání ze stávajících objednávek a průběžného času výroby, neuvažují s možnými omezeními. [9] [24]

2 ŘÍZENÍ VÝROBY

Systémy APS při plánování využívají kritická omezení, která byla definována v teorii omezení (TOC), proto se v této kapitole výše zmíněnou teorií zabývám z hlediska plánování a řízení výroby.

V poslední části literární rešerše jsou definovány ukazatele, které jsou při plánování a řízení výroby často používány.

2.1 Přístupy k řízení výroby

V dnešní době se uplatňují dva základní přístupy k řízení výroby:

- **Přístup využívající tlaku:** Systém tlaku nastává, když jsou v procesu stroje s různou kapacitou a před některými pracovišti se hromadí zásoby, protože kapacita předcházejícího místa byla větší než kapacita toho následujícího, a vyrobené množství tak tlačí na takzvané úzké místo, které se nachází před ním. Na základě plánu výroby se uvolňují materiály a díly do výroby. Existuje model výrobního procesu, který umožní předpovědět, jak budou materiály výrobním procesem procházet, kdy budou na jednotlivých operacích, a kdy budou dokončené výrobky připraveny k expedici. Takové systémy se označují jako MRP II (Manufacturing Resource Planning) a jsou základem velké části softwarových produktů pro řízení výroby. [14] [16]
- **Přístup využívající tahu:** Impuls ke spuštění výroby nepřichází na začátku výrobního procesu, ale na jeho konci. Vyrábí se jen to, co požaduje zákazník či následující proces. Nevyrábí se tedy nic, co by nebylo bezprostředně potřeba, klesají zásoby a zkracují se průběžné doby výroby. [4][14]

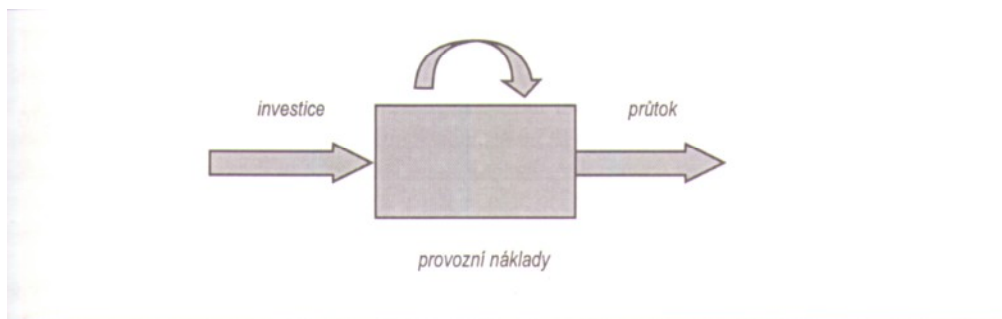
Teorie omezení se dívá na jakýkoli výrobní proces jako na řetězec událostí, kdy každá událost může být narušena nepředvídatelnou situací. Žádný řetěz není pevnější, než je jeho nejslabší článek. Každý výrobek musí projít tímto nejslabším článkem, výrobním zařízením s nejmenší kapacitou, a zároveň událostí s nejdelší dobou trvání. [14]

2.1.1 Teorie omezení (TOC)

Teorie omezení (Theory of Constraints – TOC) je manažerskou filozofií, jejíž základní myšlenku rozvinul dr. Eliyahu M. Goldratt. Tato filozofie pokrývá všechny základní funkční oblasti podniku.

U komerčních organizací je jediným cílem vydělávat co nejvíce peněz dnes i v budoucnosti. Klíčovou myšlenkou této teorie je tvrzení, že každý systém v sobě skrývá minimálně jedno úzké místo – omezení. Kdyby tomu tak nebylo, pak by systém (podnik) dosahoval svého cíle v neomezené míře. Tato teorie však také poskytuje metodiku, jak omezení nalézt a účinně je využívat. Zaměřením úsilí na nejslabší článek je dosaženo rychlých a reálných přínosů. [14]

Podle této teorie je možné podnik zobrazit jako černou skříňku (black box). Vstupy do této černé skříňky jsou investice, které se zde za pomoci provozních nákladů transformují a z podniku tak mohou vycházet výstupy ve formě výrobků a služeb, které jsou odebírány zákazníky. [2]



Obrázek 4 Základní paradigma podniku dle TOC [2]

Tři základní finanční metriky dle TOC:

- Investice (zásoby) jsou peníze vydané na nákup potřebných komponent. Jsou to veškeré peníze vázané v podniku.
- Provozní náklady jsou peníze, pomocí kterých podnik přetváří (transformuje) investice (zásoby) na průtok. Patří sem např. přímé i nepřímé mzdové náklady, pronájem budov, marketingové výdaje, energie a také veškeré režijní náklady
- Průtok se dá vypočítat odečtením variabilních nákladů od tržeb. Rozdíl oproti

klasickému pojetí je tedy v tom, že má zabránit tomu, aby se vyrábělo na sklad. [2]

2.1.2 Metoda Drum-Buffer-Rope

Charakteristika metody:

1. Prvním krokem je vytvoření hlavního plánu výroby pro nejužší místo výroby (buben).
2. Dále se musí ochránit propustnost výroby před problémy a musí se umístit časové zásobníky práce před kritická pracoviště (zásobník).
3. Posledním krokem je odvození práce na všech nekritických pracovištích podle kritického pracoviště (lano).

Buben (Drum)

Buben lze definovat jako podrobný hlavní plán podniku, který určuje rytmus výroby. Hlavní plán musí brát v úvahu kritická místa výroby. Celý plán se tedy bude řídit podle nejužšího místa výroby. Nemá totiž smysl uvolňovat více materiálu, než nejužší místo dokáže zpracovat.

Při sestavování plánu výroby je třeba vzít v úvahu následující faktory:

1. Určení priorit výroby
2. Procesní velikost dávek
3. Převážná velikost dávek

Výkonnost továrny ovlivňují právě kombinace těchto tří faktorů. [2] [13]

Zásobník (Buffer)

Úzké místo omezuje průtok celého výrobního systému, tedy i jeho schopnost generovat peníze. Žádná jiná výrobní operace takovou vlastnost nemá. Úzké místo musí proto pracovat nepřetržitě, na sto procent. Každá minuta ztracená v úzkém místě systému je nenahraditelná. Každá hodina, ušetřená v jiném, než úzkém místě, nemá žádný ekonomický význam. Nyní je tedy nutné nastavit velikost ochranných zásobníků. Zásobníky se dělí na časové a kusové. [2] [13]

- Časový zásobník umožňuje, aby materiál byl v plánovaném bodu výroby o plánovaný časový úsek dřív. V případě, že nastane nepředvídatelná situace,

například porucha, tento časový zásobník může umožnit, že nedojde k narušení plánu výroby.

- Kusový zásobník umožňuje splnění zákaznických dodávek i v případě, že dodací lhůta je kratší než průběžná doba výroby. Kusovým zásobníkem jsou zásoby rozpracované výroby, hotových výrobků nebo materiálu.

Využitím obou druhů zásobníků by nemělo dojít ke zvýšení zásob, ani k prodloužení doby výroby. Mělo by dojít jen k přesunutí zásob do strategických míst výroby. [2]

Lano (rope)

Funkcí lana je zajištění všech nekritických výrobních zdrojů výroby. Důležité je odhadnout, za jak dlouho se tok materiálu dostane k úzkému místu. Tato doba bude určující pro uvolňování materiálu. Lano musí být tak dlouhé, aby se ochranný nárazník před úzkým místem ani příliš neplnil, ani nevyprazdňoval. [2] [13]

2.1.3 Princip pěti kroků teorie omezení

Pro trvalé zlepšování podniku používá teorie omezení principu pěti kroků.

1. Identifikace omezení systému – Pokud výrobní plán ignoruje omezení systému, může se stát, že takový plán nebude realistický a nebude jej možné splnit. Proto je nutné úzké místo najít.

Podniková omezení mohou být rozdělena do dvou skupin: [2]

První skupinou jsou omezení vůči hranicím podniku. Mohou tedy být omezení uvnitř podniku nebo vně podniku. Externími omezeními jsou například dodavatelé, zákazníci nebo legislativa. Příkladem interních omezení mohou být kapitálové možnosti podniku nebo stroje.

Druhou skupinou je reálnost omezení. Ta se dělí na fyzickou a nefyzickou. Fyzické omezení je snadněji identifikovatelné a je jím například zařízení s nedostatečnou kapacitou. K nefyzickým omezením patří špatně definované procesy nebo způsob řešení problémů se zaměstnanci.

2. Maximální využití daného omezení - výstup úzkého místa, tedy omezení systému, je limitujícím faktorem pro výstup celého systému. To znamená, že pokud chceme maximalizovat výstup ze systému, musíme co nejvíce využít úzké místo.
3. Podřízení všeho v systému tomuto omezení – cílem tohoto kroku je zabránit

narušení maximálního využití úzkého místa. V praxi se řídicí pracovníci snaží o co největší využití všech zdrojů. Pokud maximálně nevyužívají veškerou kapacitu výroby, tak se to negativně projevuje v různých metrikách efektivity, na základě kterých se obvykle hodnotí výkon jednotlivých prvků v systému. Pokud nedojde k podřízení se úzkému místu a jednotlivé prvky systému budou pracovat na úrovni svých kapacit, dojde k zahlcení celého výrobního procesu a dochází tak k tvoření zásob nedokončené výroby.

4. Odstranění omezení – po nalezení omezení a naučení se podle něj řídit celý systém dochází ke zjištění, že potenciál podniku dramaticky vzrostl. V případě, že podnik chce výstup ještě více zvýšit, je nutné rozšířit kapacitu úzkého místa. Například nákupem dalších strojů, přijetím nových zaměstnanců nebo přesunem činností z úzkého místa na jiné zdroje.
5. Pokud bylo omezení odstraněno, cyklus se opakuje návratem k prvnímu kroku – Jestliže po zvýšení kapacity v úzkém místě došlo k odstranění omezení, pak vzniklo nové úzké místo a je nutné jej identifikovat. Celý cyklus se tedy bude opakovat.

[2] [3] [21]

2.1.4 Přínosy TOC

Aplikace teorie omezení na řízení výroby není otázkou instalace nějakého nového počítačového programu. Je to otázka změny způsobu myšlení lidí, kteří v mnoha případech řídí výrobu už mnoho let.

Jaké přínosy lze tedy od aplikace teorie omezení ve výrobě očekávat:

- dramatické snížení zásob,
- zvýšení průtoku,
- snížení průběžné doby výroby,
- snazší plánování než v MRP II a vyšší kontrolu než v JIT,
- lepší předvídatelnost výrobního procesu,
- možnost zacílit nástroje zlepšení procesů (TPM, SMED, atd.) jen tam, kde to přinese reálné efekty, nasměrování investic do výrobního systému jen tam, kde to přinese reálné efekty. [13]

2.2 Ukazatele používané při plánování a řízení výroby

Při plánování a řízení výroby se používá mnoho ukazatelů. Pro účely této práce však postačí seznámení se s následujícími dvěma ukazateli.

2.2.1 OEE – celková efektivita zařízení

Měření celkové efektivity zařízení (overall equipment effectiveness, OEE) se používá k vyhodnocení klíčových parametrů výrobních procesů.

Faktory ovlivňující využívání strojů a zařízení:

- míra využití (dostupnost)
- míra výkonu (rychlost)
- míra kvality.

$$\text{OEE} = \text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}$$

Míra využití – procentuální vyjádření toho, kolik času stroj skutečně běží

$$\text{Míra využití} = (\text{skutečný čas výroby} / \text{plánovaný čas výroby}) * 100$$

$$\text{Skutečný čas výroby} = \text{Plánovaný čas výroby} - \text{Neplánované odstávky}$$

Míra výkonu - poměr mezi skutečnou rychlostí stroje, při které jsou produkovány výrobky, a rychlostí projektovanou či plánovanou

$$\text{Míra výkonu} = (\text{skutečná rychlost výroby} / \text{ideální rychlost výroby}) * 100$$

Míra kvality – vyjadřuje kolik procent vyrobených výrobků je dobrých

$$\text{Míra kvality} = (\text{počet dobrých výrobků} / \text{celkový počet vyrobených výrobků}) * 100$$

V případě, že je využití strojů a zařízení větší než 85 %, je možné usoudit, že stroje a zařízení běží účinně a efektivně. [10] [18]

2.2.2 Critical Ratio (CR)

CR je index, který je počítán jako podíl času zbývajících do plánovaného času dokončení a předpokládaného času do dokončení. Oproti pravidlům používající priority je tento index dynamický a lze jej jednoduše aktualizovat.

Critical Ratio upřednostňuje operace (výrobky), které musí být provedeny proto, aby byly výrobky expedovány podle plánu. CR určuje míru naléhavosti zpracování výrobků ve vztahu k ostatním výrobkům.

$$\text{CR} = \frac{\text{čas zbývající do plánovaného času dokončení}}{\text{předpokládaný zbývající čas do dokončení}}$$

CR<1 – zaostávání oproti plánu

CR=1 – práce probíhají na čas

CR>1 – práce jsou dopředu oproti plánu

[23]

2.3 Shrnutí teoretické části

Pro analýzu informačních systémů v praktické části diplomové práce je nejdůležitější znalost vymezení jednotlivých informačních systémů a jejich funkcí. Je důležité vědět, že výrobní systémy (MES) se využívají pro sběr výrobních údajů, především pro detailní sběr dat a jejich zpracování pro účely vyhodnocení výroby a operativního řízení, a umožňují získávat informace z výroby v reálném čase, což umožňuje pružně reagovat na výjimečné události ve výrobě, ale i na okamžité požadavky obchodu, a přizpůsobovat výrobní proces tak, aby byl co nejefektivnější.

Informace získané MES systémy slouží jako jeden ze zdrojů informací pro podnikové informační systémy (ERP). ERP systémy jsou schopny pokrýt plánování a řízení všech klíčových interních podnikových procesů.

Systémy pokročilého plánování výroby (APS) se zaměřují na detailní rozplánování a rozvrhování výroby na základě informací, které získávají z ERP systémů. Aby APS systém mohl reagovat na okamžité změny ve výrobě a optimálně plánovat a rozvrhovat výrobu, musí být spolu všechny tři systémy - MES, ERP a APS správně integrovány.

Pro projektovou část je nutná detailní znalost funkcí APS systémů a znalost problematiky vyvažování linky (line balancing) a také způsobů řízení výroby, s ohledem na kritická místa výroby, která popisuje teorie omezení.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

ON Semiconductor je mezinárodní společností se sídlem v Phoenixu v americkém státě Arizona. Je jedním z předních světových výrobců integrovaných obvodů a diskretních polovodičových součástek, které jsou používány v nejrůznějších elektronických zařízeních.

České společnosti skupiny ON Semiconductor navazují na již 60ti letou tradici v oboru elektroniky a na své historické předchůdce Tesla Rožnov (1949-1991), Tesla Sezam a Tesrosil. Moderní integrované obvody se dnes navrhují a vyrábí ve společnostech SCG Czech Design Center, ON Design Czech a ON Semiconductor Czech Republic.

V současnosti úsek výroby čipů produkuje na monokrystalických křemíkových deskách čipy různých typů integrovaných obvodů, které patří do jednotlivých aplikačních "rodin". Jsou to zejména:

- operační zesilovače a komparátory: precizní přístrojové zesilovače, standardní operační zesilovače, výkonové operační zesilovače, audiozesilovače
- regulátory: fixní lineární stabilizátory napětí a proudu, od 0.9V až do 40V, nastavitelné lineární stabilizátory napětí a proudu, speciální nízkošumové regulátory pro vysokofrekvenční aplikace, speciální regulátory s rychlou odezvou pro mikroprocesorové obvody, nízkoúbytkové regulátory, vícenásobné regulátory napětí
- spínané zdroje: zvyšující i snižující měniče, obvody pro řízení spínaných zdrojů, multifázové kontroléry pro napájení procesorů v PC, spínané zdroje pro televizní aplikace
- kontroléry napětí: speciální obvody kontrolující správnou činnost spínaných napájecích zdrojů
- časovací obvody: univerzální časovací obvody
- napěťové reference: přesné zdroje pevného či nastavitelného napětí
- automobilové aplikace: řízení stahování oken, stmívače osvětlení, řízení ABS, řízení airbag systému, snímače otáček, regulátory motorů, podsvětlení zobrazovacích displejů [19]

Výsledným produktem jsou tedy křemíkové desky s čipy integrovaných obvodů. Hotové křemíkové desky s čipy integrovaných obvodů jsou transportovány k dalšímu zpracování,

což je montáž do jednotlivých typů pouzder, do závodů ON Semiconductor a jeho kontraktorů, zejména na Dálný východ. Zapouzdřené integrované obvody jsou poté distribuovány k zákazníkům po celém světě. Jsou mezi nimi téměř všichni špičkoví výrobci spotřební elektroniky, počítačů, automobilů i telekomunikačních zařízení, včetně mobilních telefonů.

Díky modernizaci výrobních technologií se zvyšuje podíl nových technologií na celkové výrobní kapacitě. Společnost ON Semiconductor stále pokračuje v převodech částí výroby ze světa do Rožnova.

Dosahovaná vysoká kvalita výrobků vedla k rozhodnutí znovu vytvořit v Rožnově výzkumné a vývojové oddělení. Jeho hlavním úkolem je rychlé zavádění nových technologií, včetně sjednocení výrobních postupů. To podporuje zvýšení konkurenční schopnosti součástek, vyráběných v tuzemsku, a pomáhá k získávání většího segmentu světového trhu.[20]

3.1 Výroba a její specifika

Každý produkt má v systému MES pevně daný postup, kterým prochází. Postup zpracování má vliv na specifické vlastnosti produktu a určuje jeho použití v konečné aplikaci.

Na základě technologického postupu sada, která se u šesti palcových desek skládá z 24 desek, prochází různými procesy, v přesně stanoveném pořadí. Výrobní proces každé sady je složen z jednotlivých kroků. Jeden krok se rovná jedné operaci. Například zadání údajů je jeden krok, kontrola shody krabice je další krok, atd.

Sledem několika po sobě jdoucích kroků je tvořen recept. A několik po sobě jdoucích receptů tvoří „stage“, neboli úroveň. Těmi je tvořen technologický postup.

Každý krok může být během výroby v jednom výrobním postupu obsažen několikrát. Jedna sada tak neustále koluje celou výrobní linkou, a na některé lokace se tedy vrací opakovaně.

Důležité je vědět, že některé výrobní operace musí být provedeny v určitém časovém intervalu od skončení předchozí výrobní operace. Pokud by toto bylo opomenuto, hrozí znehodnocení produktu. Je tedy nutné tyto operace k sobě svázat v čase v rámci daného intervalu. Tento interval se může pohybovat v řádu hodin.

010 S-ADINITOX-L602.03 (STAGE)		6" Laser Scribe - HD na fezete	
Ins Name	Recp Title	Location	EqpType Capability
010 DSC00.13	3-MYTI-Kontrola udaju monokrystalu (RECEPT)		
DSC10.11	T Zadej udaje o monokrystalu (SDQWAFER-RK1 T90A70/Y) (KRCK)	ADIFF	ADCOM
020 DZZ03.01	4-DIFUZE- Enter Recipe		
GEN04.01	F ***** POZOR *****	ADIFF	ADCOM3
GEN02.01	F Zkontroluj shodu krabice a SiD		
DZZ05.01	F Casovac po namyti sady: (SD-TIME-MST 4 HODINY)		
GEN05.01	F *****		
DZZ06.01	F DONLUV namyti sady MAX (SD-TIME-MST 4 HODINY) pred dalsi operaci		
030 DSC11.01	3-MYTI-Laserove znaceni SiD		
DSC01.01	I Popis desky	ADIFF	ADLSC
040	MOVE TO LOCATION AHSTARTED		
050 DFM01.03	4-MYTI-Myti v FSI		
GEN02.01	F Zkontroluj shodu krabice a SiD	ADIFF	ADASP3 ADM01F
EMY04.01	F Prelez SiD do teflonoveho zasobniku		
EMY33.01	F Spust FSI program (SDQPROCPRGM-C01 M81)		
EMY06.01	F Vyloz zasobniky		
EMY08.01	F Nafazetuj SiD		
GEN06.01	F Prelez SiD do transportniho zasobniku		

Obrázek 5 Výňatek z výrobního postupu [vlastní zpracování]

V různých výrobních postupech jsou obsaženy stejné recepty, což znamená, že do jedné dávky na stroji můžeme seskupit sady z více výrobních postupů, a tím plně využít kapacitu zařízení.

Dalším specifickým je, že identifikace a stupeň rozpracovanosti výrobku není možné provést lidským okem. Proto je nezbytné vše sledovat pomocí systému. Každá sada má na přenosné krabici čárový kód. Na základě tohoto čárového kódu je možné danou sadu identifikovat, zjistit, kterými operacemi již prošla, a které operace jí ještě čekají. Pokud dojde k záměně desek, může se na ni přijít až na konci linky, po dokončení poslední operace a následném testování, což může trvat měsíce a stojí nemalé finanční prostředky, protože tyto desky se musí vyhodit. Proto je snahou omezení jakékoliv manipulace operátorů s deskami.

4 STRATEGIE ŘÍZENÍ VÝROBY

Firma ON Semiconductor má definovaná pravidla řízení výroby, které musí každá výroba v rámci korporace dodržovat. Na vrcholové úrovni má společnost stanovenou základní logiku a metriky, které musí jednotlivá pracoviště v různých zemích respektovat. Každá výroba si může tyto metriky přizpůsobit, ale ty musí podporovat pravidla na globální úrovni. Strategie je rozdělena na dvě oblasti. V první oblasti jsou stanovena pravidla řízení sad a jejich ovlivnění výroby. Dále jsou zde rozdělena zařízení na ta, která jsou úzkým místem, a ta, která nikoliv. Ve druhé oblasti je stanovena strategie vyvažování linky.

4.1 Strategie řízení sad

Následující body reprezentují základní logiku, kterou se společnost řídí v oblasti řízení sad:

- stanovení hlavních parametrů řízení sad, na kterých je postaveno řazení a optimalizace sad
- jak se budou tyto parametry vzájemně ovlivňovat, a jak se budou stanovovat priority pro operátory
- jak budou pravidla vyvažování linky (line balancing) integrována do pravidel řízení sad

Výjimkami z této logiky mohou být:

- priority sad (Lot priorities)
- sady, které je nutné opravit (Rework lots)
- testovací sady (SPC monitors)
- omezení času stráveného ve frontě (Queue time restrictions)

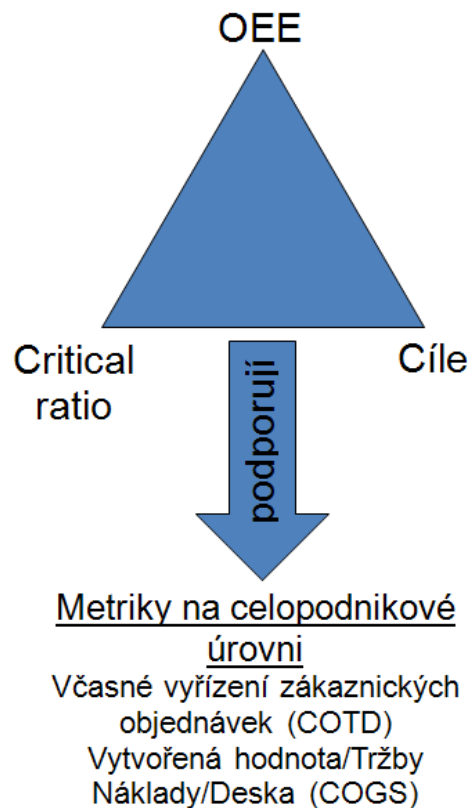
V rámci strategie se počítá s rozdělením zařízení na ta, která jsou úzkým místem, a která nikoliv:

- zařízení, která jsou úzkým místem výroby (**bottleneck tools**)
- zařízení, která nejsou úzkým místem výroby (**non bottleneck tools**)
- **Bottleneck tools:** Množství zařízení, která jsou úzkým místem, se pohybuje pod hranicí 10 %. Pro tato místa je stěžejní parametr OEE (Overall Equipment Effectiveness), protože je třeba zajistit maximální využití těchto míst. Za předpokladu, že je

parametr OEE u dvou zařízení shodný, měli by operátoři třídít sady dle critical ratio a/nebo podle cílů (turns goal), směřujících k vyvážení linky. Optimalizace podle OEE může být vykonávána zvláštním nástrojem, nebo prostřednictvím různě nastavených parametrů.

- **Non-Bottleneck tools:** Jsou řízena na základně pravidel vyvažování linky a critical ratio.

Základní logiku popisuje Obrázek 6, kde vidíme, že tři základní parametry rozhodující o pořadí zpracování sad tvoří trojúhelník. Rozhodnutí, které přijmeme při prioritizování sad, musí podporovat metriky na korporátní úrovni, obvykle přes metriky, které si každý závod určí sám. [25]



Obrázek 6 Strategie řízení [25]

Výpočet critical ratio

$$CR = \frac{t_r}{t_c + t_r} \cdot W_r$$

$$W_c + W_r$$

t_r = zbývající čas na dokončení v požadovaném termínu

$t_r = d_r - d_o$ d_r = požadovaný čas dokončení d_o = aktuální čas

t_c = čas strávený zpracováním

$t_c = d_s - d_o$ d_s = začátek zpracování d_o = aktuální čas

w_r = předpokládaný čas dokončení

$w_r = d_c - d_t$ d_c = plánovaný čas dokončení d_t = čas zahájení zpracování aktuálního kroku

w_c = čas, který již sada měla mít za sebou

$w_c = d_t - d_p$ d_p = plánovaný čas startu d_t = čas zahájení zpracování aktuálního kroku

[25]

4.2 Strategie vyvažování linky (Line balancing)

Strategie vyvažování linky (line balancing) se úzce pojí se strategií řízení sad. Cílem je dosáhnout optimálního průtoku a optimálních zásob ve výrobní lince.

Výsledkem této strategie by měly být:

- nižší critical ratio/vyšší produktivita/vyšší průtok
- vyšší efektivita výrobní linky
- flexibilnější reakce na zákaznické požadavky
- snížení zásob
- lepší využití aktiv a kapacity

Vyvažování linky (line balancing) začíná vložением dat požadované expedice sady do výrobního systému (MES) na základě počtu kroků na den a technologii je definován plán, který však zohledňuje i prioritu sady. Po definování plánu pro každý krok se tento plán musí přetřansformovat na počet deskooperací (move) a musí se stanovit rozpracovanost (WIP) na produkt/cestu/operaci. Stanoví se ideální počet deskooperací na směnu a ideální rozpracovanost na produkt/cestu/operaci na směnu. Cíle se počítají na začátku každé směny.

- Vyvažování linky (Line balancing) je založeno na vztahu:

$$\mathbf{AMT = IMT + SA - RA}$$

(Adjusted Moves Target = Ideal Moves Target + Sender Adjustment – Receiver Adjustment)

kde

AMT = upravený počet deskooperací (nevyvážená linka)

IMT = ideální počet deskooperací (vyvážená linka)

BOH = počet desek na začátku směny

IWIP = ideální počet desek v procesu

BOH downstream = počáteční WIP (Beginning On Hand) následující stage

IWIP downstream = ideální WIP následující stage

BOH current step = počáteční WIP dané stage

IWIP current step = ideální WIP dané stage

Recovery target = číslo vyjadřující počet cyklů, do kdy se WIP stabilizuje

RA = (BOH downstream – IWIP downstream)/Recovery target

SA = (BOH current step – IWIP current step)/Recovery target

[25]

5 ANALÝZA INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ POUŽÍVANÝCH VE VÝROBĚ

Pro účely výroby jsou využívány dva hlavní informační systémy. Pro řízení výroby je klíčovým systémem Manufacturing execution system (MES), jehož úkolem je řízení výroby a sběr dat. Druhým systémem je Enterprise Resource Planning system (ERP).

5.1 Oracle (ERP)

Jako ERP systém je používán systém od společnosti Oracle. Z hlediska výrobních potřeb je ERP systém používán spíše jako úložiště dat. Výrobní systém (MES) posbírání a roztřídí data z výroby a tato data jsou následně uložena v datových úložištích. Poté je vytvořen jejich obraz do datového úložiště ERP systému. Odtud jsou teprve data stahována a využívána pro tvorbu reportů a dalších potřeb.

5.2 PROMIS (MES)

PROMIS je zkratkou PROcess Manufacturing Integration System. PROMIS umožňuje získávání dat v reálném čase a tedy získávání okamžitých informací, důležitých pro reakci na vzniklé situace. Například díky aplikaci GraMMS je možné u každého zařízení ve výrobě sledovat stav, využití, zpracovávanou sadu atd. Detailněji se této aplikaci věnuji v podkapitole Graphical Manufacturing Monitoring System (GraMMS).

5.3 Nadstavby PROMISu

Data z výroby jsou sbírána informačním systémem PROMIS. Jím shromážděná data jsou v databázi zpřístupněna uživatelům mnoha různými nástroji, které většinou doprogramovalo IT oddělení společnosti.

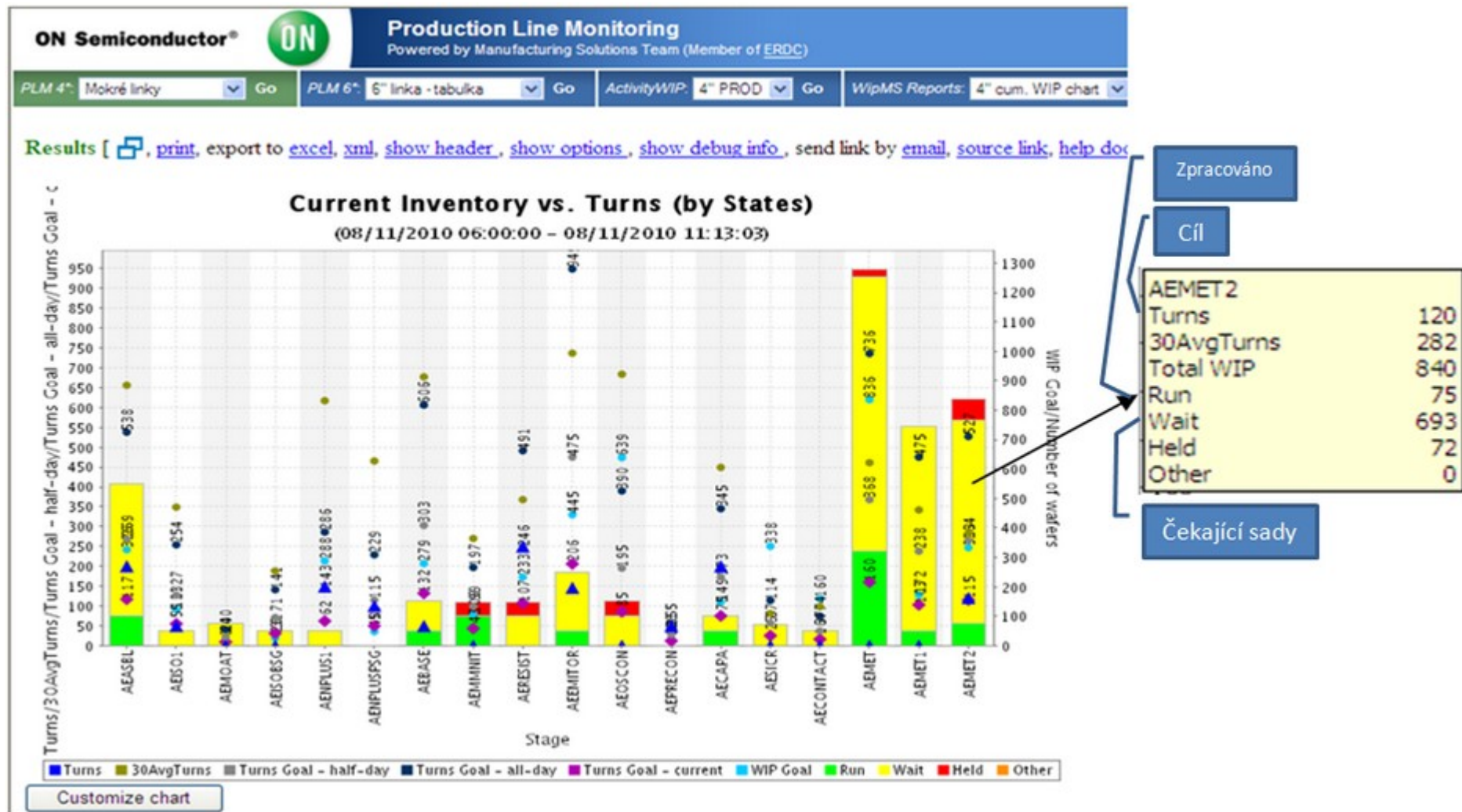
Vzhledem k tomu, že ve společnosti neexistuje jednotný a jednoduchý nástroj pro prezentování reálných informací ve výrobě, používají uživatelé ve výrobě různé kombinace nástrojů tak, jak to vyhovuje konkrétně danému uživateli na konkrétním pracovišti (v tomto případě se jedná zejména o směnové mistry).

5.3.1 Wip MS

Cílem Wip MS (WIP Management System) je zajistit rovnoměrné rozložení sad v lince, poskytnout vedoucím pracovníkům lepší přehled o dění na lince a o plnění cílů, zabezpečit, aby se deskooperace zpracovávaly na správných místech, snížil se cyklový čas a zajistit jeho nízkou variabilitu. Dále umožnit lepší předvídatelnost výstupů z linek a tím zlepšit plánování.

Wip MS vypočte ideální cíl deskooperací pro každou lokaci. Z ideálního cíle deskooperací a ideální doby zpracování na lokaci je pro každou lokaci vypočten ideální počet desek (WIP). Ten je jednou denně porovnáván s aktuálním WIPem a podle výsledků je potom cíl deskooperací pro danou lokaci upraven. Cíl je upraven i s ohledem na následující lokace. Tímto korigováním cílů se Wip MS snaží dosáhnout ideálního a stabilního počtu desek na všech lokacích.

[25]



Obrázek 7 Wip MS [vlastní zpracování]

5.3.2 PROMIS Dispatcher

PROMIS Dispatcher je nadstavba MES systému. Jeho úkolem je zobrazit operátorovi, případně mistrovi, kterou sadu má nyní vzít ke zpracování. Dispatcher pracuje tak, že všechny sady ohodnotí na základě souboru kritérií, specifikovaných uživateli. Sady jsou poté seřazeny podle toho, jak by měly být zpracovány (priorita, critical ratio). [25]

LotId	Recipe	EqId	Stage	Qty	PartId	P Ty	NextPrgrm1	C.R	Exp_Arrv_Time	State	Catg10
RG64103.1K	PCN01.05		APPASS	16	WT6NCP333525A00X.0	1 NN		1.00	*WAITING*	WAIT	X500DL60-99D
RG68462.1F	PCN01.05		APNET	50	WTEL494912B.01	5 PS		-2.4	*WAITING*	WAIT	X750SHRS-44V
RG68712.1H	PCN01.05		APCAPA	24	WT6NC7805SH00B.02	5 PS		-1.6	*WAITING*	WAIT	X750SH6S-44
RG68713.1Y	PCN01.05		APCAPA	24	WT6NC7805SH00B.02	5 PS		-1.6	*WAITING*	WAIT	X750SH6S-44
RG68828.1N	PCN01.05		APSICR	24	WT6LP2951-500N.02	5 PS		-1.2	*WAITING*	WAIT	X750ST6S-80A
RG68994.1L	PCN01.05		APPASS	24	WT6145286G7400Z.02	5 PS		-7.4	*WAITING*	WAIT	M300XX6S-MG
RG69012.1Y	PCN01.05		APCAPA	14	WT6NC3307800N.01	5 PS		-1.4	*WAITING*	WAIT	X750ST6S-80A
RG69062.1N	PCN01.05		APPASS	24	WT6LM2396SH22Z.01	5 PS		-3.7	*WAITING*	WAIT	X750SH6S-44
RG69110.1N	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV426400H.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69202.1L	PCN01.05		APSICR	24	WT6L2951-3300N.02	5 PS		-0.8	*WAITING*	WAIT	X750ST6S-80A
RG69205.1N	PCN01.05		APSICR	24	WT6L2951-3300N.02	5 PS		-0.7	*WAITING*	WAIT	X750ST6S-80A
RG69215.1L	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV4276A00K.01	5 PS		-0.4	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69219.1H	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV814100S.01	5 PS		-0.7	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69221.1R	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV866400K.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69222.1J	PCN01.05		APEMITOR	23	WT6NCV866400K.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69223.1A	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV866400K.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69224.1T	PCN01.05		APEMITOR	23	WT6NCV86643300K.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69225.1K	PCN01.05		APEMITOR	24	WT6NCV86643300K.02	5 PS		-0.3	*WAITING*	WAIT	X500ST6S-50S
RG69226.1C	PCN01.05		APCAPA	24	WT6NC3317900N.02	5 PS		-0.4	*WAITING*	WAIT	X750SH6S-44

Use Up/Down Arrow or PageUp/PageDown to Scroll, CTRL/Z to Exit

H937TX at APHOTO (213 Msgs) in ALL INNA:Prim

Obrázek 8 PROMIS Dispatcher – čekající sady [vlastní zpracování]

5.3.3 Prospector

Prospector slouží k zobrazování detailních informací o sadách ve výrobním procesu. Tyto informace zahrnují i historii, tzn. kdo, kde, kdy a jak na sadě pracoval.

Prospector tedy umožňuje vyhledat konkrétní sady a zobrazit činnosti, kterými již sada prošla, činnost, která je momentálně vykonávána, a činnosti, kterými sada musí ještě v budoucnu projít, než bude hotová.

Prospector
Enter the first 7 chars from LotID
GO...
Advanced Search

Identifikační číslo sady
Full Lot Report - RG81033.1F

General Information

Lotid	RG81033.1F	PartId	PLANNABLE
Customer Name		Engineer	FFB94Q
Order Number		Lot Type	PS
Customer Ref.1	PNX_1CZ	Mat. Type	WAFER
Customer Ref.2	W650B00	Priority	5
Customer Ref.3	"	Parent Lot	RG81033.1F
Supplier ID	CZ2	Source Lot 1	8017644 AL
Suppl. Batch ID	D9TC660001	Source Lot 2	

Current Step Detail Information

RecipeID	POD02.01 2-FOTO-VYVOLAVANI NA DNS (capabilita APDEVPS)	WAIT
Prod Area	TEM1_FAB	Main Prod Area
Current Procedure	S-APCO-P601.05	Procedure Kind
Stage	APCO	Instr. Num
Location	APHOTO	Location Type

Callouts:

- Počet desek na začátku linky (Points to Source Lot 1)
- Aktuální počet desek (Points to Current Size)
- Plánované dokončení zpracování (Points to Mech. Lot Yield)
- Informace o aktuální operaci (Points to Current Procedure)
- Datum vložení do linky (Points to Start Date)

Prospector
Enter the first 7 chars from LotID
GO...
Advanced Search

CHARTS
PC data UP data

WEB REPORTS
DCOP Browser
Lot Commonality
Grp Dissimilarity
Rejects Summary
PC Data Matrix
Yield/Waf Maps

LINKS
Synergy Mapper

Table of Recipes:

226	S-APPE-P601.04	BCD02	2-FOTO-LAKOVANI NA DNS (capabilita APCOTDNS)	APCOT53
227	S-APPE-P601.04	SES01	2-FOTO-ORIENTACE A EXPOZICE NA UTS	APSTP06 **
228	S-APPE-P601.04	BCD02	2-FOTO-VYVOLAVANI NA DNS (capabilita APDEVPS)	APDEV58
229	S-APPE-P601.04	PIS28	2-FOTO-KONTROLA PO FOTOLITO MASKOVANI	APSCP12 **
230	S-APPE-P601.04	PZZ99	2-FOTO-Photo Exit Recipe	APCOM01
231	S-AIPE-601.03	IQG68	1-IMPL-Implant. P-EMIT, bor, RESIST	AIIMP31
232	S-AIPE-601.03	IQG68	1-IMPL-Implant. P-EMIT, bor, RESIST	AIIMP31
233	S-	AKZ00	1-IMPL-Sortovani SiD	AISTP02
234	S-	MA02	5-PLAZMA-Pl.strip.-Mattson HDI Strip	AEASH18Z
235	S-	KR06	5-PLAZMA-Kontrola SiD	AESCP03 **
236	S-AIPE-601.03	EWM40	4-MOKRE-STRIPOVANI REZISTU V OZONU - M40	AEQZST01
237	S-AFCAPANIT-602.06	FZZ01	4-CVD- Enter Recipe	APCOM04
238	S-AFCAPANIT-602.06	CEM73	4-MYTI-Myti pred difuzi	ADASP13
239	S-AFCAPANIT-602.06	EVN31	4-CVD-LPCVD NI- 6531- 125nm	AFHTB04 **
240	S-	CEE30	4-DIFUZE-RTA zihani, ON50	ADATP41
241	S-	BCD02	2-FOTO-LAKOVANI NA DNS (capabilita APCOTDNS)	APCOT53
242	S-	SES01	2-FOTO-ORIENTACE A EXPOZICE NA UTS	APSTP06 **
243	S-APCO-P601.05	POD02	2-FOTO-VYVOLAVANI NA DNS (capabilita APDEVPS)	APDEVDNS
244	S-APCO-P601.05	PIS28	2-FOTO-KONTROLA PO FOTOLITO MASKOVANI	APSCP
245	S-APCO-P601.05	PZZ99	2-FOTO-Photo Exit Recipe	APCOM
246	S-APCO-P601.05	PXX55	2-FOTO-Sada ve stavu HOLD-technik	APCOM
247	S-APCO-P601.05	PZZ99	2-FOTO-Photo Exit Recipe	APCOM
248	S-AECO-601.04	EEF30	4-PLAZMA- Pl.etch P5000- Nitride	AEQX
249	S-AECO-601.04	EKP07	4-PLAZMA-Kontrola po plazm.lept.-P5000	AESCP1
250	S-AECO-601.04	ESF06	5-PLAZMA-Pl.strip.-MATRIX-pred mytim	AEASHC
251	S-AECO-601.04	EKP06	5-PLAZMA-Kontrola SiD	AESCP1
252	S-AECO-601.04	EKL01	KONTROLA - Klasifikace defektu na KLA	AEPTC
253	S-AECO-601.04	EWM15	2-MOKRE-PRIPRAVA POVRCHU PRED MASK.-M15	AEANDP1R

Callouts:

- Pořadové číslo receptu (Points to RecipeID)
- Aktuální recept (Points to RecipeID)

Obrázek 9 Detaily sady v nástroji Prosperator [vlastní zpracování]

5.3.4 Graphical Manufacturing Monitoring System (GraMMS)

GraMMS v sobě zahrnuje tři různé nástroje.

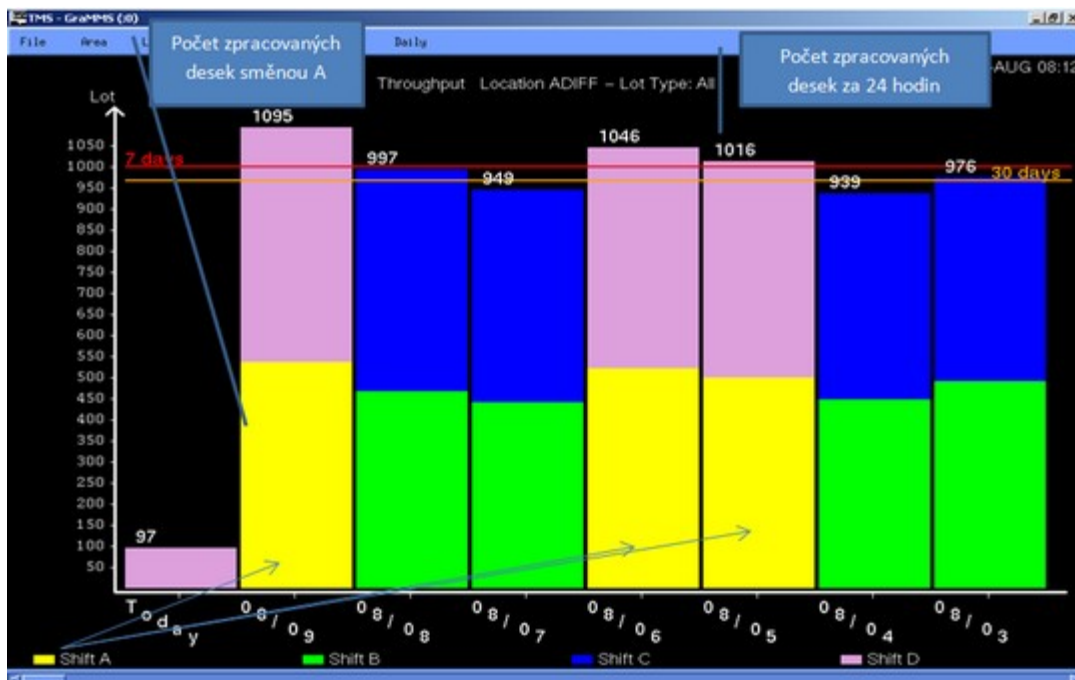
Equipment Management System (EMS) je nástroj na sledování zařízení ve výrobě. Vedoucí výroby, plánovači nebo směnoví mistři mají díky němu přehled o tom, která zařízení právě pracují, stojí, jsou v opravě, je na nich prováděna údržba nebo jsou nevyužita apod.



Obrázek 10 Equipment Management Systém [vlastní zpracování]

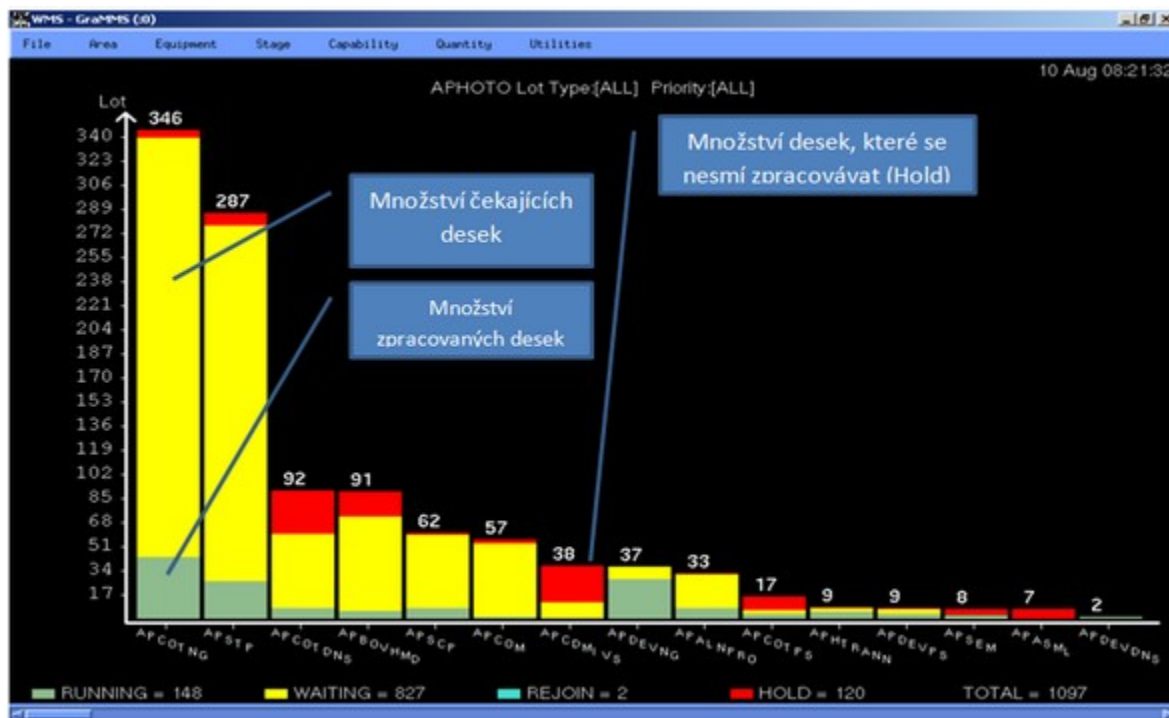
Throughput Monitoring System (TMS) zobrazuje průtok sad a desek, které byly zpracovány na jednotlivých úrovních (stage) nebo receptech (recipe). Používá se k měření výkonu a vývoje průtoku v reálném čase. Z možností, které nabízí, jmenujme např.:

- zobrazení dat za posledních 30 dnů, pro každou směnu
- zobrazení úrovní (stage) nebo receptů pro každou směnu
- zobrazení průměrů za 7 nebo 30 dnů
- zobrazení průtoku podle lokace, data nebo typu výrobního zařízení
- zobrazení množství sad nebo desek a zmetků
- filtrace dat podle typu sady



Obrázek 11 Množství zpracovaných desek na pracovišti difúze (sloupec=den) [vlastní zpracování]

WIP Monitoring System (WMS) poskytuje informace o stavu desek, nacházejících se ve výrobě (možno zobrazit podle výrobních oblastí a typu zařízení). [28]



Obrázek 12 WIP Monitoring systém podle úrovní (stage) [vlastní zpracování]

5.4 Potřeby uživatelů informačních systémů

Na základě rozhovorů se zaměstnanci firmy byly zjištěny potřeby uživatelů informačních systémů, nutné pro výkon činností na jejich pozici. Jednotliví uživatelé jsou rozděleni do tří skupin: operátoři, směnoví mistři a management.

Operátor: potřebuje jednoduché dílčí informace. Musí vědět, co má zpracovat, kdy to má zpracovat, v jakém pořadí, a kde to najde.

Směnový mistr: Potřebuje komplexnější informace – sledovat pohyb sad s prioritou 1 a 2 (nejen na jeho pracovišti), aby mohl urychlit zpracování těchto sad, vytíženost strojů i operátorů a plnění denního plánu.

Management: potřebuje komplexní informace o celé výrobě, přičemž je nutné sledovat stav zásob, produktivitu, plnění plánu, trendy, inventury, deskooperace (move), dostupnost zařízení, opravy sad (rework) a příčiny oprav, zmetky (trendy, kde k nim došlo) apod.

Názory jednotlivých skupin na možná zlepšení:

Operátoři: Podle jejich názoru mají všechny informace, které potřebují.

Směnoví mistři: Většinou se shodují v tom, že jsou víceméně spokojeni s tím, jaké informace PROMIS (MES) poskytuje. I tak by určitá zlepšení přivítali. Jedná se zejména o zvýšení rychlosti reakce informačního systému na dotazy a dohledatelnost sad (jejich přesnou fyzickou polohu).

Management: Uvítal by kvalitní reporting, nad kterým by měl kontrolu.

5.5 Požadavky uživatelů informačních systémů

Současný stav informačních systémů ve výrobě je takový, že uživatelům (operátorům, směnovým mistrům, managementu) jsou data zprostředkovávána ze systému PROMIS (MES), pomocí různých aplikací, naprogramovaných IT oddělením. Zaměstnanci jsou pak nuceni ke své práci používat mnoho nástrojů.

Na základě rozhovorů se směnovými mistry a managementem byly identifikovány tyto požadavky:

- mít jednotný nástroj, který by sjednotil jednotlivé funkce všech aplikací, v jednoduchém a snadno ovladatelném rozhraní

- přizpůsobivý systém, který by plně odrazil potřeby konkrétního pracoviště
- možnost nastavit automatické reporty (spustí se samy a uloží se pro potřeby uživatele)
- kvalitní nástroj pro vytváření reportů dovolující kontrolu nad reporty
- vyšší rychlost reakce na dotazy
- seskupení sad, které mohou být zpracovány spolu, i když nepatří ke stejnému výrobnímu procesu (dávkování)
- sledování prioritních sad ve výrobě
- sledování sad, které musí být zpracovány do určitého času od předchozí operace
- sledování polohy sad

6 PROJEKT PŘEDIMPLEMENTAČNÍ FÁZE SYSTÉMU APF

Cílem tohoto projektu bylo porovnání a zjištění hlavních rozdílů mezi systémy používanými ve výrobě v Rožnově pod Radhoštěm a systémem pokročilého plánování Advanced productivity family – Real Time Dispatcher (dále jen APF) od firmy Applied Materials. Dalším úkolem tohoto projektu bylo zjištění požadavků uživatelů pro budoucí implementaci tohoto systému pokročilého plánování výroby APF a doporučení, která mají být vzata v úvahu při nasazení tohoto systému.

Kapitoly 4,5 a 8 vychází z této práce, kterou jsme zpracovávali v týmu v rámci letní stáže ve společnosti ON Semiconductor (srpen-září 2010).

Složení týmu:

Bc. Filip Mikuláček

Ing. Michal Pivnička

Vedoucí týmu:

Ing. Michal Kohoutek

7 ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU

1. Studium literárních pramenů (září – listopad 2010)
2. Zpracování literární rešerše (prosinec 2010)
3. Formulace cílů (prosinec 2010)
4. Zpracování analýzy současného stavu IS a porovnání současných IS používaných ve výrobě se systémem pokročilého plánování APF (leden 2011)
5. Provedení analýzy současného stavu na pracovišti plazmatického leptání (leden – březen 2011)
6. Vypracování projektu automatického dispečinku výrobků na pracovišti plazmatického leptání (březen – duben 2011)
7. Zhodnocení výsledků a vypracování diplomové práce (leden – duben 2011)

	2010				2011				
	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen
Studium literárních pramenů									
Zpracování literární rešerše									
Formulace cílů									
Zpracování analýzy současného stavu IS a porovnání současných IS používaných ve výrobě se systémem pokročilého plánování APF									
Provedení analýzy současného stavu na pracovišti plazmatického leptání									
Vypracování projektu automatického dispečinku výrobků na pracovišti plazmatického leptání									
Zhodnocení výsledků a vypracování diplomové práce									

Obrázek 13 Časový harmonogram prací [vlastní zpracování]

8 ADVANCED PRODUCTIVITY FAMILY – REAL TIME DISPATCHER

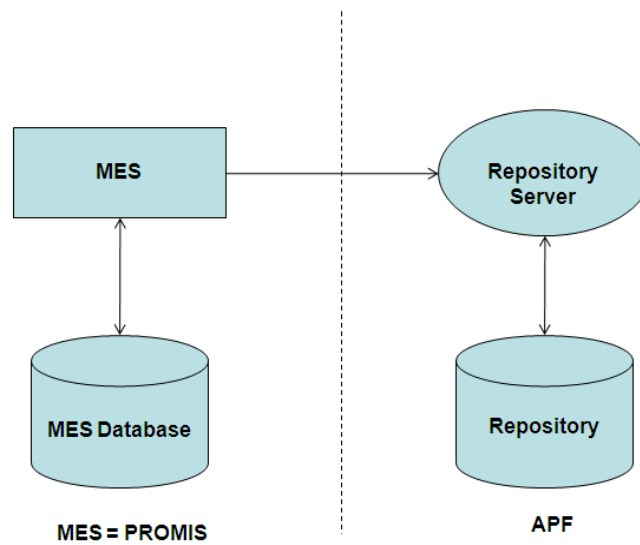
Tento informační systém není v současné době ve výrobě používán. Teprve se uvažuje o jeho zavedení. V této kapitole jsou popsány funkce systému APF-RTD (dále jen APF), od firmy Applied Materials, a zhodnocení jejich teoretického přínosu pro firmu.

APF software slouží pro pokročilé plánování výrobního toku (APS) ve výrobě. Smyslem tohoto softwaru je poskytnout detailní instrukce lidem ve výrobě, na jejichž základě zpracovávají materiál takovým způsobem, aby se ideálně vyvážila linka (line balancing) a aby se nestávalo, že na operaci A čekají sady ve frontě, zatímco na operaci B nemají operátoři na čem pracovat. Software pracuje s mnoha parametry, jako je optimalizace využití času stroje, priority jednotlivých sad, vzájemná návaznost toku v navazujících operacích atd.

Výhodou tohoto systému je, že již je upraven pro potřeby polovodičové výroby, a v současné době je používán v závodech firmy ON Semiconductor v Belgii a USA.

8.1 Popis systému

Jako zdroj dat APF slouží úložiště dat, nazvané Repository. Obsah Repository (úložiště dat) z větší části zahrnuje informace, které APF získá z Manufacturing Executive System (MES), kterým je ve firmě On Semiconductor PROMIS. Ačkoliv data uskladněná v APF Repository pochází z MES databáze, tak tato data nemusí být jejich identickou kopií. Některé sloupce či celé tabulky nemusí být pro vytváření reportů a pravidel používány. Nepoužívané objekty, za předpokladu, že jsou do APF nahrány, zbytečně zpomalují jeho činnost.



Obrázek 14 Zdroj dat [vlastní zpracování, upraveno dle [27]

APF je však schopno využít i jiné zdroje dat, jako jsou například data z jiných databází, pomocí SQL dotazů, či importováním dat z textových souborů, přímo do pravidel a reportů.

System APF (APS) se skládá ze tří modulů (Obrázek 11), jejichž účel, a tudíž i funkcionality, se liší.



Obrázek 15 Propojení modulů APF [vlastní zpracování, upraveno dle [27]

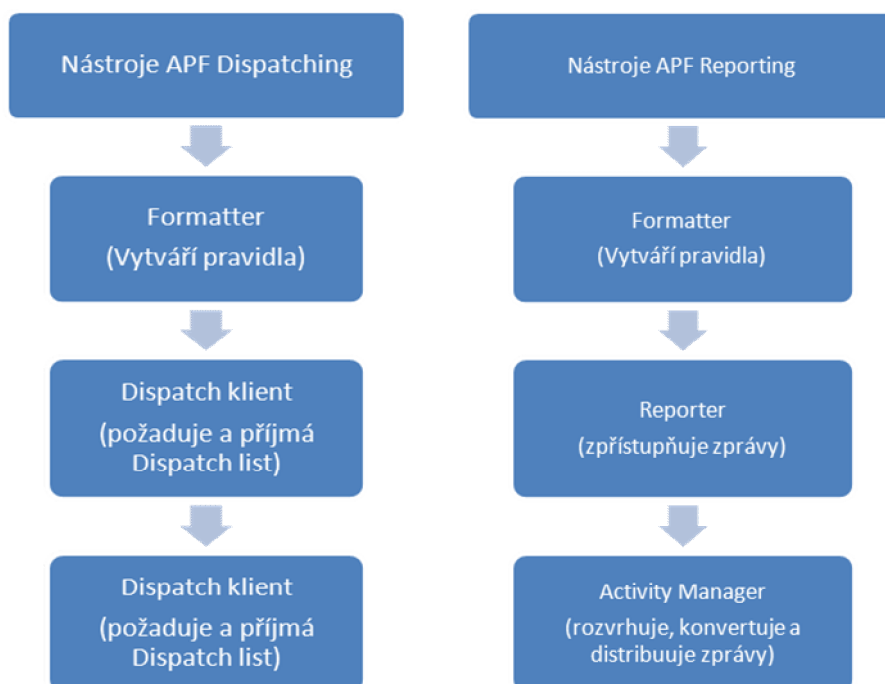
	Real Time Dispatcher	Reporter	Activity Manager
Cí	Vytváření rozvrhů sad pro zpracování	Vytváření zpráv na základě aktuálních výrobních dat	Uspadnění rozhodování
Funkce	Na základě definovaných pravidel vytvoří seznam sad	Vytvoření a zpřístupnění zprávy	Plánování automatického spuštění zpráv a jejich konverze do různých formátů
Výstup	Dispatch list (seznam sad pro zpracování)	Zpráva (Report)	Správné informace ve správný čas na správném místě

Tabulka 1 Význam modulů APF [vlastní zpracování]

Hlavním výstupem APF (APS) je Dispatch list. Na tomto listě je zaznamenáno pořadí sad, ve kterém je má operátor zpracovávat. Logika nadeřinovaná v APF (APS) musí respektovat strategii společnosti; report podávající dle přesně nadeřinovaných podmínek zpětnou vazbu a distribuce informací správným lidem ve správný čas.[27]

8.2 Formatter

K nadeřinování pravidel pro dispečink a reportování slouží nástroj Formatter, který je součástí jak modulu Real Time Dispatcher, tak modulu Reporter.

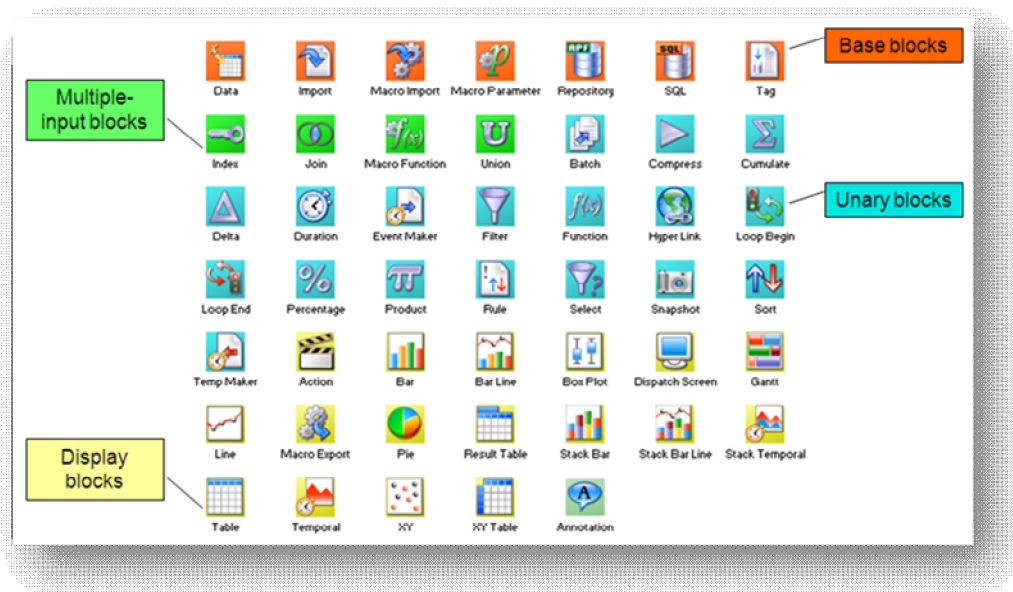


Obrázek 16: Nástroje APF Dispatching a Reporting [vlastní zpracování, upraveno dle [26]]

Základním stavebním kamenem jsou tzv. bloky (blocks). **Bloky** jsou používány k sestavování reportů a pravidel. Každý blok má soubor vlastností, které mohou být použity k řízení funkcionality příslušného bloku. Bloky, které odevzdávají data jiným blokům, se nazývají **argumenty**.

Bloky jsou spojeny vazbami. **Vazby** působí jako datová propojení, kterými se přenáší data mezi bloky. Data jsou také nazývány **kontext** (context). Output context (výstupní) – kontext opouští blok. Input Context (vstupní) – kontext vstupuje do bloku.

Existují čtyři druhy bloků: base, unary, multiple-inputs a display blocks.



Obrázek 17 Bloky používané v APF Formatter [vlastní zpracování, upraveno dle [26]

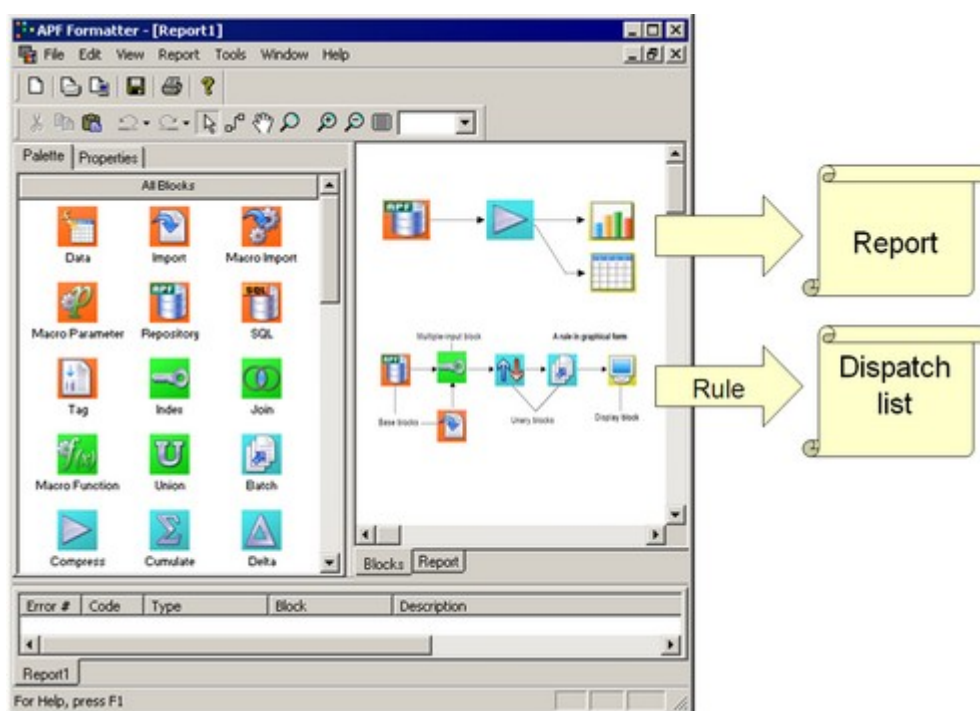
Base blocks (oranžové): poskytují data, která jsou potom pomocí nastavených pravidel, za využití unary, multiple-input a display bloků, transformována na potřebnou informaci (Report, Dispatch list). Z toho plyne, že v každém pravidle musí být obsažen minimálně jeden *base blok*. Tyto bloky umožňují přístup do Repository (datové uložště) i jiných databází, případně, je-li to potřeba, zpřístupní data ze souborů.

Unary blocks (modré): akceptují pouze jeden argument. Na něj použijí specifickou operaci, která je tím blokem vymezena. *Unary blocks* umožňují značné množství operací, mezi nimiž jsou např. filtrování, řazení, suma, seskupování dle určitých kritérií apod.

Multiple-input blocks (zelené): liší se od *unary blocks* tím, že umožní více vstupů. Pomocí těchto bloků se mohou například slučovat tabulky nebo je možné je spojit (existuje 7 možností, jak je spojit).

Display blocks (žluté): charakterizují výstupy (více viz kapitola Reporting 8.3).

Formatter (Obrázek 18) obsahuje menu, panel nástrojů, nabídku bloků, pracovní plochu a oblast pro poznámky. Při sestavování pravidel se přetahují myší bloky z nabídky na pracovní plochu, vytvoří se vazby a definují se vlastnosti použitých bloků.



Obrázek 18 APF Formatter [vlastní zpracování, upraveno dle [26]

Výstupem z Formatteru by mělo být pravidlo, podle kterého se řadí sady v Dispatch listu, nebo pravidlo, definující chování reportu.

Každý blok má soubor vlastností, které je možné nastavit v okně, a spustí se dvojitým kliknutím. [26]

8.3 Reporting

APF nabízí značné množství typů reportů, které jsou definovány pomocí Display blocks. Report může obsahovat tabulky a grafy (sloupcové, vývojové, spojnicové, koláčové, burzovní, Ganttův diagram, atd.).



Obrázek 19 Druhy grafu a tabulek v reportovacím modulu APF [26]

Reporty je také možné exportovat do Excelu, textových souborů, HTML, ODBC, JDBC a databáze Oraclu.

Rozložení reportu si může uživatel měnit podle svého přání. K užitečným nástrojům patří také lupa (zoom tool), která umožní zaměřit se na určitou část reportu.

Z hlediska vyvažování linky (line balancing) patří v reportu mezi důležité položky IMT (ideální počet deskooperací), AMT (upravený cíl deskooperací) a Moves (aktuální deskooperace). Indikátor výkonu (Performance indicator-PI) ukazuje, zda je cíl plněn ve stanoveném rozmezí (porovnávají se deskooperace (Moves) a AMT), cíl není plněn, nebo je výkon v předstihu. Tento indikátor funguje na principu semaforu, kdy červená znamená, že cíl ještě nebyl dosažen, oranžová barva vyjadřuje, že výkon je v předstihu a zelená barva značí plnění cíle.

Facility: production [LiveDB] Author: SYSTEM Date : 02:01 PM 09 Aug 2010		F2_Management Report Workpost								Performance indicator	
WerkPost	IWIP	BOH	BOH_Hold	EOH	EOH_Hold	WIP_Delta	WIP_Delta%	IMT	AMT	Moves	PI
1	2618	1460	32	1449	0	-1169	-45	1989	2010	1987	HIT
2	259	1160	22	1044	22	785	304	268	311	229	MISS
2S	534	1438	16	1412	41	878	164	581	605	545	MISS
3	706	426	171	329	120	-377	-53	5828	5679	6871	OVER
3M	2874	5834	61	5902	61	3028	105	3097	3312	3288	HIT
4	163	290	98	53	0	-110	-68	276	262	295	OVER
5A	1168	1253	26	1066	0	-102	-9	1926	1932	2187	OVER
5B	1780	1307	35	889	26	-891	-50	3058	3031	3227	OVER
6	2287	912	17	1263	17	-1024	-45	4721	4674	4496	HIT
7	949	1571	8	1489	0	540	57	651	678	776	OVER
7L	624	779	83	1181	39	557	89	523	545	376	MISS
8	845	917	44	712	19	-133	-16	539	530	766	OVER
8M	394	296	0	398	0	4	1	342	344	402	OVER
9	614	679	25	1002	25	388	63	794	771	635	MISS
A0	1065	1872	0	1975	25	910	85	1014	1069	495	MISS
A1	7399	7210	1	6868	1	-531	-7	7378	7268	6382	MISS
A2	1255	2342	24	2450	24	1195	95	1102	1158	1253	OVER
A3	319	357	158	413	174	94	29	1384	1359	1341	HIT
PC	31	185	0	343	49	312	993	202	205	111	MISS
	25884	30288		30238				35673	35743	35662	

Obrázek 20 Ukázka reportu o provedených deskooperacích [vlastní zpracování]

BOH = Počet desek na začátku směny

Boh_Hold = Část z počtu desek BOH, které se nemohou zpracovávat (hold)

EOH = Počet desek na konci směny

EOH_Hold = Část z počtu desek EOH, které se nemohou zpracovávat (hold)

IWIP = Ideální počet desek v procesu

WIP_Delta = EOH-IWIP

IMT = Ideální počet deskooperací (vyvážená linka)

AMT = Upravený cíl deskooperací (nevyvážená linka)

Moves = Aktuální počet deskooperací

PI = Indikátor výkonu

Reporty se vytvářejí jak v nástroji Formatter, tak v nástroji Reporter. K tomu, aby reporty přicházely ve správný čas ke správným lidem, slouží modul *Activity manager*. Nastavit můžeme nejen ad hoc reporty, ale taktéž můžeme nastavit, aby se reporty automaticky vytvořily a uložily. Pracovník tak může mít už před začátkem směny potřebné informace připraveny, aniž by na ně musel čekat, nebo požadavek na ně opakovaně zadával. [26]

8.4 Real Time Dispatcher (RTD)

Real Time Dispatcher (RTD) rozvrhuje práci, která má být v továrně udělána. Dispečink je proces, jehož výstupem je seznam sad (Dispatch list), seřazených dle priority a critical ratio (CR), případně dalších kritérií. Na základě tohoto seznamu pracovník zpracovává příslušné sady na svém pracovišti. Vytvořením pravidel se vymezuje, jak jsou dávky řazeny na seznamu (dispatch list), čímž se zvýší efektivnost a sníží se náklady na celý proces výroby.

RTD je proces klient/server. Dispatch klienti požadují seznam sad (*Dispatch list*) od Dispatchera, serverového procesu na APF serveru. V případě více Dispatcherů, Dispatch server mezi ně inteligentně distribuuje požadavky. Dispatcher zpracovává APF pravidla a jako odpověď klientovi vrací dispatch lists. Často se stává, že jeden Dispatcher nemůže řídit množství dispečinkových dotazů. Zde se to dá řešit více Dispatchery, jejichž činnost bude řídit dispečinkový server. Užitím více Dispatcherů se zvyšuje rychlost.

Stejně jako u reportingu je velmi důležitou součástí Formatter, s jehož pomocí se vytváří pravidla (rule). Důležité jsou tyto bloky: batch (seskupování položek, které k sobě patří dle nějakého kritéria), rule (pravidla), dispatch screen (výstup). Pomocí bloků se sestaví pravidlo, nastaví se jeho parametry a poté se definuje formát Dispatch listu (šířka sloupců, nadpisy). [26] [27]

8.5 Potenciál APF v řešení požadavků uživatelů

Tabulka 2 shrnuje, které z požadavků uživatelů ve výrobě (kapitola 5.5) je možné díky systému APF (APS) vyřešit.

Z tabulky je patrné, že díky systému APF je možné vyřídit téměř všechny požadavky, vyžadované uživateli, kromě sledování polohy sad.

Request	Solution
mít jednotný nástroj, který by sjednotil jednotlivé funkcionality doprogramovaných aplikací v jednoduchém a snadno ovladatelném rozhraní	ANO
přizpůsobivý systém, který by plně odrážel potřeby konkrétního pracoviště	ANO
možnost nastavit automatické reporty (spustí se sami a uloží se pro potřeby uživatele)	ANO
kvalitní nástroj pro vytváření reportů a dovolující kontrolu na reporty,	ANO
vyšší rychlost reakce na dotazy	MOŽNÁ
seskupení sad, které mohou být zpracovány spolu, i když nepatří ke stejnému výrobnímu procesu	ANO
zacomponování testovacích a inženýrských sad, zvláště pokud mají prioritu	ANO
sledování prioritních sad ve výrobě	ANO
sledování sad, které musí být zpracovány do určitého času od předchozí operace	ANO
sledování polohy sad	NE

Tabulka 2 Řešení požadavků uživatelů systémem APF [vlastní zpracování]

8.6 Zhodnocení přínosu systému

Pokud porovnáme stav, který je nyní, a stav, jež by přinesl APF systém (Tabulka 3), můžeme kritéria rozdělit do tří oblastí: podpora strategie, uživatelská přívětivost a kritéria z hlediska IT.

8.6.1 Kritéria v oblasti strategie

Shrme-li poznatky z oblasti strategie a bereme-li v úvahu, že APF (APS) byl vybrán s ohledem právě na tuto strategii, tak APF odpovídá svými schopnostmi strategii mnohem lépe, než je současný stav. Rozhodnutí, které z APF učinilo globálně používaný nástroj v rámci společnosti, sebou nese výhodu možnosti lepšího sdílení know-how, již nastavených pravidel (rule) a reportů. Navíc, pokud se splní předpoklad přínosů, zvolených strategií v oblasti řízení sad a vyvažování linky (line balancing), měl by výraznou měrou přispět k očekávaným zlepšením v oblasti nákladů, výnosů a včasných dodávek produktů.

Současná sada nástrojů v oblasti strategie konkurovat nemůže, protože neumožňuje takové sdílení znalostí, a není ani tak pružná, jako APF.

8.6.2 Kritéria v oblasti uživatelských požadavků

Kritéria v oblasti uživatelských požadavků byla stanovena na základě rozhovorů s koncovými uživateli a jsou shrnuta v kapitole 5.5.

Velký přínos systému APF je v tom, že poskytuje prakticky jedno uživatelské rozhraní a odráží rozmanité potřeby různých pracovišť. V současné době se různé potřeby pokrývají různými nástroji. Systém APF dokáže tyto rozdílné potřeby respektovat, ale celé řešení zároveň zůstává jednoduché.

Dalším přínosem je, že lidé, kteří potřebují pracovat s reporty, dostanou do ruky nástroj, ve kterém po proškolení budou schopni sestavovat své vlastní reporty, aniž by museli posílat požadavky na vytížené IT oddělení, které vzhledem k množství projektů, na nichž pracuje, nemůže na tyto požadavky okamžitě reagovat. Tato skutečnost řeší jeden z problémů, a to nedostatečnou kontrolu nad reporty.

Nástroj nabízí široké možnosti v oblasti nastavování pravidel a reportů. Zvláště reporty mohou být upravovány dle konkrétních požadavků, vytvářeny automaticky nebo ad hoc, distribuovány komukoliv, v jakémkoliv formátu a v jakémkoliv čase.

APF (APS) by měl oproti stávajícímu stavu také lépe sledovat sady, a to hlavně v tom smyslu, že bude umět seskupit sady různých receptů na jednotlivých lokacích a pomůže tedy plně využít kapacitu zařízení.

Kritérium	Současné nástroje	APF	Přínos
Na strategické úrovni:			
Jednotnost řešení	Ne	Ano	sdílení znalostí (využití best practices), využití pravidel (rule) a reportů, které už byly vymyšleny na jiných pracovištích
podpora sjednocení strategie (dispatch strategy, line balancing strategy)	částečná	Ano	
Na úrovni uživatelů:			
Jednoduchost/rozhraní	mnoho nástrojů	jeden nástroj pro vše	přehlednost, jednodušší zaškolení nových pracovníků
přizpůsobivost pracovištím	Ano za cenu složitosti	Ano	každé pracoviště si může nastavit pravidla (rule) dle svých potřeb
tvorba reportů	nutnost požadavků na IT, dlouhá čekací doba, nejistota schválení, využívání zástupných prostředků (Excell)	jednoduché vytváření, kontrola nad nimi	rychlost, samostatnost, kontrola nad reporty, plně respektují požadavky výroby (nedochází ke ztrátě informačního obsahu jako např. špatné pochopení požadavků apod.
automatické reporty	částečně	Ano	
nastavení pravidel sledování sad	částečně	Ano	

Tabulka 3 Porovnání současného stavu se stavem po zavedení systému APF [vlastní zpracování]

9 ANALÝZA PRACOVNÍHO MÍSTĚ PLAZMATICKÉHO LEPTÁNÍ

9.1 Popis procesu a pracovního místa plazmatického leptání

Plazmatické leptání probíhá plynným leptadlem. Proces probíhá při velmi nízkém tlaku. Energie, potřebná k reakci, je dodávána vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem. Plazma je tvořena souborem nabitých částic (elektronů a iontů), které vzniknou dodáním energie atomům plynu ve vakuu. Energeticky bohaté ionty a elektrony jsou vytvořeny společně s dalšími reaktivními částicemi a mohou tak působit na povrch velmi efektivně, v zásadě třemi různými způsoby: Mikropískování – bombardování povrchu ionty. Chemické působení – ionizovaný plyn chemicky reaguje s povrchem UV záření – rozbíjí vazby ve sloučeninách uhlíku. Povrch je vystaven působení vysoce reaktivního plynu. Materiál se naleptá, odpaří a odsaje, efektivní plocha povrchu se zvětší. [25]

Úsek plazmatického leptání je úzkým místem výroby. Sady tímto úsekem během procesu výroby procházejí několikrát. Probíhají zde procesy leptání oxidu, polySi, via, taper a trench. Pro procesy leptání oxidu jsou k dispozici 3 komory, kde je možné sady zpracovávat. Nyní se spouštějí do provozu dvě další zařízení, každé se dvěma komorami. Uvedení do provozu trvá velmi dlouho. Technologové musejí mít jistotu, že zařízení je v pořádku, a že každá zpracovaná sada bude splňovat všechny parametry. Každý recept se zde testuje samostatně. Provádí se to tak, že se sada zpracuje podle konkrétního receptu, ale protože je technicky nemožné již nyní zjistit, jestli vše proběhlo v pořádku, musí sada dojít až na konec linky a teprve po poslední operaci, na základě měření, se zjistí, jestli tato operace proběhla v pořádku. Jenže problém může nastat i na jiném zařízení, a vzhledem k tomu, že doba výroby jedné sady může zabrat i několik měsíců, může trvat velmi dlouhou dobu, než se zjistí, zda nastala chyba. Proto se zpracování na každém zařízení, určitými recepty, povoluje postupně.

Pro zpracování sad procesy leptání via jsou k dispozici dvě komory, ale vzhledem k malému množství sad, které touto operací procházejí, je využívána spíše jedna komora a druhá je brána jako záložní, pro případ poruchy.

Pro zpracování procesem leptání PolySi se používají tři komory a další dvě komory jsou ve fázi kvalifikace. Trenchových komor bude v budoucnu k dispozici pět, ale v současné době se využívají tři komory. Procesní časy na trenchových komorách jsou velmi dlouhé.

Jedna dvaceti čtyř desková sada se v jedné komoře zpracovává i více než sedm hodin. Posledním druhem komor na zařízení Precision 5000, při plazmatickém leptání, jsou taperové komory. Taperové komory jsou 4 na dvou zařízeních.

9.1.1 Jak funguje Precision

AMAT (Applied Materials) Precision 5000 je dvou nebo tříkomorové zařízení, vytvořené pro účely plazmatického leptání. V každém zařízení je možné mít i tři různé komory (například poly, via, oxid). Takto je to na zařízení Precision 5000 #1. V každém zařízení je jedno nakládací zařízení, které překládá ze zásobníku do překládací komory, která je v každém zařízení jen jedna. Z překládací komory jsou desky dodávány do příslušné komory. Po zpracování jsou vráceny zpět do překládací komory, a odtud naloženy zpět do zásobníku.



Obrázek 21 Pohled na z pracoviště na zařízení Precision 5000 [25]

9.1.2 Postup práce operátora na pracovišti plazmatického leptání

Operátor se přihlásí do systému PROMIS (MES) a zobrazí si seznam sad pro danou lokaci. Při výběru sad se bere v úvahu priorita a čas čekání sady. Sady s prioritou 1 a 2 se musí co nejdříve zpracovat.

Operátor si vybere sady, které je možné zpracovat na konkrétní komoře, a jde je fyzicky vyhledat do regálu, který je na pracovišti nebo u výtahu. Vyhledávání probíhá na základě čísla sady, které je vytištěno na štítku krabice.

Každá sada se před zpracováním musí, pomocí čárového kódu, přihlásit do systému PROMIS (MES), aby ji bylo možné sledovat, a operátor podle načtených údajů zjistí, kolik desek je v sadě, a podle jakého programu se bude sada zpracovávat.

Než operátor může dát zpracovávat celou sadu desek, musí zkontrolovat, jestli počet desek v sadě odpovídá počtu desek zaznamenaných v systému PROMIS. Pohledem zkontroluje, jestli desky nejsou poškozené.

Dále na jedné desce ze sady provede zkoušku. Zkouška se provádí tak, že tato deska se zpracuje zcela běžným způsobem, a poté je zkontrolována pod mikroskopem. Pokud je vše v pořádku, tak se zbytek desek naloží a začne se s jejich zpracováním. Po zpracování se desky prohlédnou pod mikroskopem, a pokud jsou v pořádku, tak jsou operátorem posílány na další stanoviště. Pokud se na některé z desek objeví vada, pak je tato deska vyřazena a čeká na posouzení technologa.

Operátor vybírá sady podle výše zmíněných pravidel: priorita a doba čekání sady. Níže je tabulka ze systému PROMIS (Obrázek 22), jakou vidí i operátoři. Tato tabulka je seřazena podle priorit (P) a doby čekání (Q-Time). Dále operátoři sledují údaje ve sloupci Eqpid, na základě kterých zjistí, na jakém zařízení je možné sadu zpracovávat. Vidí zde i status značící, zda se sada již zpracovává (run), nebo čeká na zpracování (wait), ale jsou tu zobrazeny i sady, které z nějakého důvodu byly zablokovány (held) - například je zde podezření, že by sada mohla být špatná. Vybranou sadu identifikují podle Lot Id.

The screenshot shows a software interface with a table of pending work orders. The table has the following columns: Stage, Location, Part Name, Cat07, Lot Id, T, P, Qty, R, State, O-Time, Eppid, Recipe Title, and Lot Comment. The data is sorted by priority, queue time, and lot stage. Labels above the table point to specific columns: 'Pracoviště' points to Location, 'Kód sady' points to Part Name, 'Priorita' points to State, 'Množství desek v sadě' points to Qty, and 'Čas čekání v hodinách' points to O-Time.

Stage	Location	Part Name	Cat07	Lot Id	T	P	Qty	R	State	O-Time	Eppid	Recipe Title	Lot Comment
AEPHIN	AETCH1	WTA4142BK1800S	6IGBTAS	RG83809.1A	PS	1	24		WAIT	1.7	cAESP6M01	5-PLAZMA-Pl.strip.-Mat Malenovsky I	
AEGATE	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG74623.1L	NN	2	9		HELD	178.9	cAESP6S10	4-PLAZMA- Pl.etch P500 Smela D.	
AEVIAETCH	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG76494.1W	PS	2	24		HELD	74.4	cAESP130	5-PLAZMA- LAM4520I - L Smela Dana	
AESPADER	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG74622.1W	NN	2	11		HELD	64.0	cAESP660	4-PLAZMA- Pl.etch P500 Smela D.	
AEPOLY1	AETCH1	E60CRBW88-ET	6JFET1L	RG82509.1A	NN	2	12		RUN	62.1	AEPT003	KONTROLA - Klasifikace BG46 Aizu CC	
AEM1	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG77279.1C	PS	2	24		RUN	10.4	AEDES83	4-PLAZMA- Lam 9600- Me Smela Dana	
APM1	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG78376.4K	PS	2	2	R	WAIT	3.2	cAESP6SA	5-PLAZMA- Pl.strip.-MA Smela Dana	
AEOD	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG78912.1W	PS	2	24		RUN	2.9	AEDES61	4-PLAZMA- Pl.etch P500 Smela Dana	
AEP2	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG82916.1W	PS	2	24		RUN	2.5	AEASH07	5-PLAZMA-Pl.strip.-MAT Smela Dana	
NEOLNOPYIM	AETCH1	WAK77T1	6BIP3LM	RG80720.1L	PS	2	24		WAIT	2.1	cAESP6M03	5-PLAZMA-Pl.strip.-Mat Vinklarek Ji	
AEM1	AETCH1	WTOMCS306300K	6BIP2L5	RG77918.1R	PS	2	23		WAIT	1.9	cAEL7B	4-PLAZMA- Lam 9600- Me Smela Dana	
MPKLAREV03	AETCH1	ML44ET0	6BIP3LM	RG78832.1K	PS	3	12		WAIT	33.9	tAEPTC	KONTROLA - Klasifikace 1/2 lot Vi	
MPKLAREV03	AETCH1	ML98GT0	6BIP3LM	RG77962.1C	PS	3	15		WAIT	33.8	tAEPTC	KONTROLA - Klasifikace Vinklarek J.	
MPKLAREV01	AETCH1	ML98GT0	6BIP3LM	RG80729.1T	PS	3	20		WAIT	32.2	tAEPTC	KONTROLA - Klasifikace Vinklarek Ji	
AEILDITAPE	AETCH1	WT6CLPD000-ET	6BIP2LU	RG84001.1Y	NN	3	24		WAIT	17.4	cAESP990	4-PLAZMA- Pl.etch P500 GB, CLPD, ri	
AEM2	AETCH1	WTONCP7812T00K	6BIP2L5	RG76649.1C	PS	3	23		WAIT	13.9	cAEL18	4-PLAZMA- Lam 9600- Me Smela Dana	
AEM2	AETCH1	WTONCP7812T00K	6BIP2L5	RG78667.1Y	PS	3	24		WAIT	11.6	cAEL18	4-PLAZMA- Lam 9600- Me Smela Dana	
NEPASSTAPE	AETCH1	ML65BT000KEP111	6BIP3LM	RG74271.3H	PS	3	6		WAIT	10.6	cAESP380	4-PLAZMA- Pl.etch P500 Vinklarek J.	

Obrázek 22 Seznam čekajících sad [vlastní zpracování]

9.2 Zvýšení propustnosti zařízení

Jednou z potřeb, kterou by měl pokrýt systém APF, je dávkování sad. Vytváření dávek je důležité z hlediska efektivního využívání zařízení. Z lokace plazmatického leptání jdou sady na různé další lokace, a na některých zařízeních se zpracovává několik sad najednou. Ale na každou lokaci přicházejí sady i z jiných stanovišť, proto je potřeba koordinovat i tato pracoviště. Zde je možné jen někdy přidávat odlišné druhy sad, například do pecí. To znamená, že pokud je možné například v peci zpracovávat 6 sad najednou, a z lokace plazmatického leptání přijdou 4 sady, které se budou zpracovávat podle stejného receptu, tak k nim můžou být přidány jiné dvě sady, které mají stejný recept pro zpracování.

Některé procesy v pecích probíhají při vysokých teplotách a než je možné zpracovávat sady podle jiného receptu, kdy se sada zpracovává při nižších teplotách, mohou tyto pece chládnout i několik hodin. Navíc z hlediska ekonomického provozu je důležité mít tyto pece co nejvíce naplněné, protože je zde velmi vysoká energetická náročnost, opotřebení pece a spotřeba chemikálií.

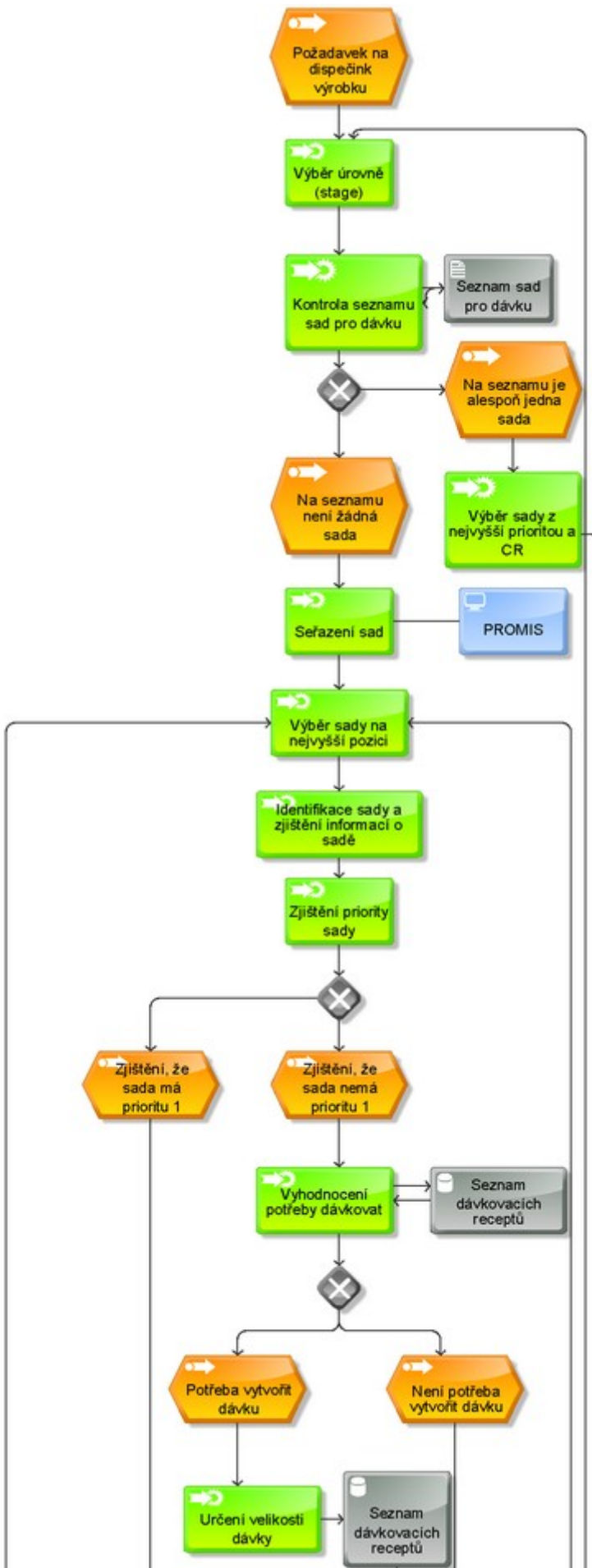
Při pozorování práce operátorů jsem si všimnul, že operátoři při výběru sad nemají k dispozici alespoň přibližné časy zpracování jednotlivých sad. Operátor pouze vidí množství desek v sadě. Nemůže tedy dávat sady s podobnou dobou zpracování k sobě, tak, aby byly komory maximálně efektivně využity. Operátor zde musí přemýšlet nad nejlepší kombinací sad a využívá přitom svých zkušeností, což může vyústit v nesprávný závěr a tím k neefektivnímu využití zařízení. Obzvláště u nezkušeného operátora může docházet ke zbytečným prostojeům.

Každý recept má jinou dobu zpracování, a tyto doby se mohou lišit i o několik stovek sekund na jednu desku, což je při zpracování 24 desek v jedné sadě velmi dlouhá doba. Takže pokud má sada 24 desek a jedna deska se zpracovává 60 sekund a deska ve druhé komoře u 24 deskové sady se zpracovává 400 sekund, pak výsledkem je, že první komora je zablokována na 160 minut místo 24 minut, kterých trvá zpracování první sady. Důvod je takový, že desky se nakládají po 4 nebo po 12 kusech z každé sady a až po zpracování těchto desek se zpracovávají další 4 nebo 12 desek. Z tohoto důvodu dochází k časovým ztrátám.

10 PROJEKT ZAVEDENÍ AUTOMATICKÉHO DISPEČINKU VÝROBKŮ NA PRACOVIŠTI PLAZMATICKÉHO LEPTÁNÍ

Cílem tohoto projektu je vytvoření pravidel výrobků tak, aby byl minimalizován lidský faktor a byly vzaty v úvahu všechny požadavky, respektující specifika výroby a celopodnikové cíle. Je nutné specifikovat všechny vstupy, které jsou důležité pro správné řízení sad a rozdělit je na ty, které je možné získat z MES systému, a které nikoliv. Všechny získané informace jsem transformoval do vývojového diagramu.

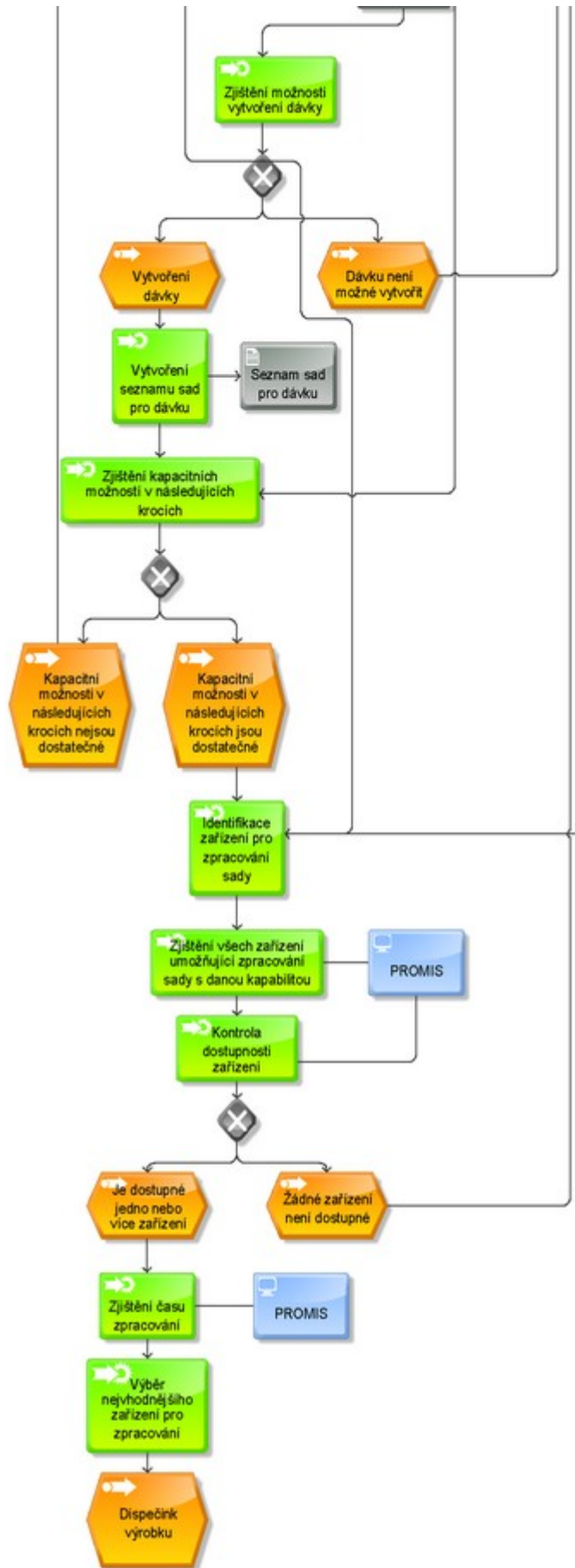
10.1 Zpracované diagramy



Když systém vydá **požadavek na dispečink výrobku**, je nutné na základě cílů vybrat úroveň (stage), pro kterou budou sady vybírány. První činností je **kontrola seznamu sad pro dávku**. Je to seznam, na který se zapisují sady z dávek již dříve vytvořených. To znamená, že pokud byla dříve (např. před 20 minutami) vytvořena dávka čtyř sad, které se mají zpracovat, a doposud se zpracovaly nebo zpracovávají dvě sady, pak na tomto seznamu musí být ještě další dvě čekající sady. Potom tedy s těchto dvou sad bude přednostně vybrána sada s nejvyšší prioritou (1 je nejvyšší, 5 nejnižší), a v případě stejných priorit se vybere sada s nejvyšším CR (critical ratio – výpočet v kapitole 4). V tomto případě se budeme zabývat až činností **Identifikace zařízení pro zpracování sady**.

V případě, že na seznamu není žádná sada, je nutné **seřadit** všechny čekající sady pro danou úroveň (stage). Toto seřazení provede MES systém PROMIS.

Řazení proběhne dle následujícího klíče: priorita, critical ratio (CR). Nyní dojde k **výběru sady na nejvyšší pozici**. Tato sada bude mít



Obrázek 23 Diagram požadavku na dispečink výrobků [vlastní zpracování]

nejvyšší prioritu a CR. Poté je nutné **identifikovat a zjistit veškeré informace o dané sadě**.

Když už jsou známy všechny důležité údaje o sadě, je potřeba zjistit, jestli má nebo nemá prioritu jedna. V případě, že sada byla ohodnocena nejvyšší prioritou, je nutné ji co nejrychleji zpracovat. S touto sadou se tedy nepojí žádné dávky. Dále systém zjistí, kde se může sada zpracovat. Dalším krokem je tedy **identifikace zařízení pro zpracování sady**.

Když už jsou známy všechny důležité údaje o sadě, je potřeba zjistit, jestli má nebo nemá prioritu jedna. V případě, že sada byla ohodnocena nejvyšší prioritou, pak je nutné ji co nejrychleji zpracovat. S touto sadou se tedy nepojí žádné dávky. Dále systém zjistí, kde se může sada zpracovat. Dalším krokem je tedy **identifikace zařízení pro zpracování sady**.

Pokud tedy sada nemá prioritu jedna, pak je nutné zjistit, jestli se s danou sadou pojí dávky. To znamená, že na základě receptu v **seznamu dávkovacích receptů** zjistíme, jestli je potřeba vytvořit dávku. Pokud není potřeba

dávku vytvořit, následuje krok **zjištění kapacitních možností v následujících krocích**. Je-li recept v seznamu pro **vytvoření dávky**, musí se určit velikost dávky.

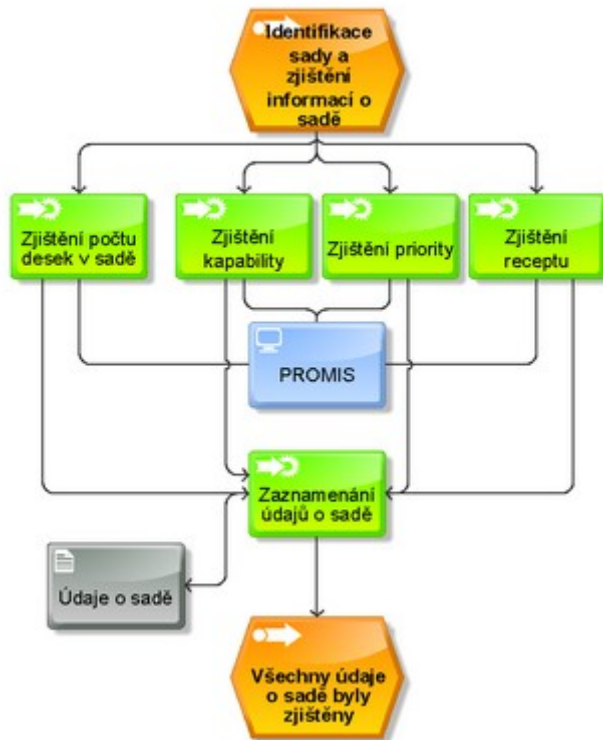
Nastane-li situace, kdy je nedostatek sad pro vytvoření dávky, pak se tato sada přeskočí a výběr další sady začne od začátku (**výběr sady na nejvyšší pozici**). Důvodem, proč se nepřechází až na **kontrolu seznamu sad pro dávku** je to, že podle předcházející kontroly tohoto seznamu na něm nebyly nalezeny žádné sady a seřazení sad už bylo provedeno. Předcházející sada, která je na nejvyšší pozici, se pro tuto chvíli přeskočí. Jak dlouho v tomto režimu zůstane, bude nutné odzkoušet ve zkušebním provozu.

Při možnosti vytvoření dávky dojde k vytvoření **seznamu sad pro dávku**. Tento seznam se vytvoří následujícím způsobem: sady se stejným receptem se seřadí podle priorit a CR (sestupně od nejvyšší priority) a vybere se, postupně od první položky, požadovaný počet sad.

Následně je nutné **zjištění kapacitních možností u následujících kroků**, aby nedošlo k tomu, že bychom zpracovali sady a ony by čekaly před další operací, místo toho, aby se zpracovaly jiné sady, které by mohly být na dalších operacích ihned zpracovány. Pokud z nějakého důvodu nejsou **kapacitní možnosti dostatečné**, například z důvodu poruchy zařízení, pak se zpracování těchto sad odloží a dojde k výběru jiné sady.

V případě, že je v následujících krocích dostatečná kapacita, musí se **identifikovat zařízení pro zpracování sady**. V případě, že je **dostupné jedno nebo více zařízení**, pak se pomocí MES systému PROMIS zjistí předpokládané časy zpracování (u každého zařízení se čas zpracování stejné sady může lišit). Poté se vybere **nejvhodnější zařízení** pro zpracování.

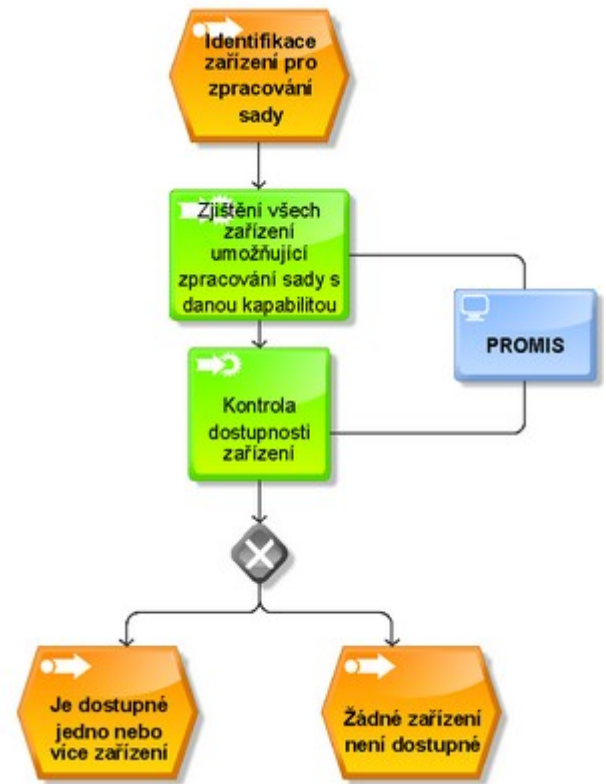
Identifikace sady a zjištění informací o sadě



Obrázek 24 Diagram identifikace sady a zjištění informací o sadě [vlastní zpracování]

Identifikace a zjištění veškerých informací o dané sadě proběhne na základě údajů ze systému PROMIS a zaznamenají se následující informace: počet desek v sadě, priorita sady, recept a kapabilita (kód, kterým se označuje, na kterém zařízení je možné daný recept zpracovat).

Identifikace zařízení pro zpracování sady



Obrázek 25 Diagram identifikace zařízení pro zpracování sady

Na základě kapability, (kód, kterým se označuje, na kterém zařízení je možné daný recept zpracovat), se díky systému PROMIS zjistí všechny zařízení, na kterých je možné danou sadu zpracovat, a také se zjistí dostupnost zařízení (např. jestli některé zařízení není porouchané nebo na něm neprobíhají zkoušky).

Zjištění možnosti vytvoření dávky

Na základě receptu se v **seznamu dávkovacích receptů** zjistí velikost dávky. Dále je nutné zjistit, zdali je **vytvoření várky vůbec možné**. To znamená, že se musí zjistit, jestli je dostatek sad pro vytvoření dávky. Základem je **vyhledat krok, pro který chceme dávku vytvořit**. To se zjistí vyhledáním daného receptu v **seznamu dávkovacích receptů**. Aby nedošlo k zahlcení místa, pro které chceme dávku vytvořit a zbytečně se nezpracovávaly některé sady na úkor jiných sad, musíme **vyhledat všechny sady, které by měly přijít na dávkovací krok přibližně ve stejnou dobu jako tato sada**. Po vyhledání všech těchto sad se vytvoří jejich seznam a podle **množství sad, potřebných pro vytvoření dávky**, dojde k vyhodnocení toho, jestli je možné dávku vytvořit. Pokud ano, pak se dávka vytvoří. Pokud ne, pak na základě dat ze systému PROMIS dojde k vyhledání čekajících sad se stejným receptem, jako má tato sada, a v případě dostatečného množství těchto sad dojde k vytvoření dávky. Pokud není dostatek sad se stejným receptem, pak se dávka nevytvoří.



Obrázek 26 Diagram požadavku na zjištění možnosti vytvoření dávky [vlastní zpracování]

10.2 Snížení manipulačních časů

Abychom při výrobě co nejvíce minimalizovali lidský faktor, musíme zajistit co nejnižší manipulační čas operátora se sadou. Na základě měření jsem zjistil, že jen manipulace operátora se sadou zabere 11 minut. Manipulace operátora se sadou zahrnuje přihlášení sady (pomocí čtečky čárového kódu) do systému, rovnání desek pomocí fazetovače, spočítání počtu desek a kontrolu desek pohledem, vytažení jedné desky ze sady a vložení této desky do zásobníku, určeného pro testovací desku, který je následně vložen do nakladače Precisionu. Operátor poté zadá konkrétní program a po zpracování desky zásobník vytáhne. Poté vloží zbytek desek v sadě do nakladače, zadá program a po vytažení zpracované sady přidá testovací desku k ostatním. Nakonec sadu odhlásí. Vše také průběžně zapisuje. Není zde započteno vyhledávání sady v systému, ani její fyzické hledání a přinesení na pracoviště.

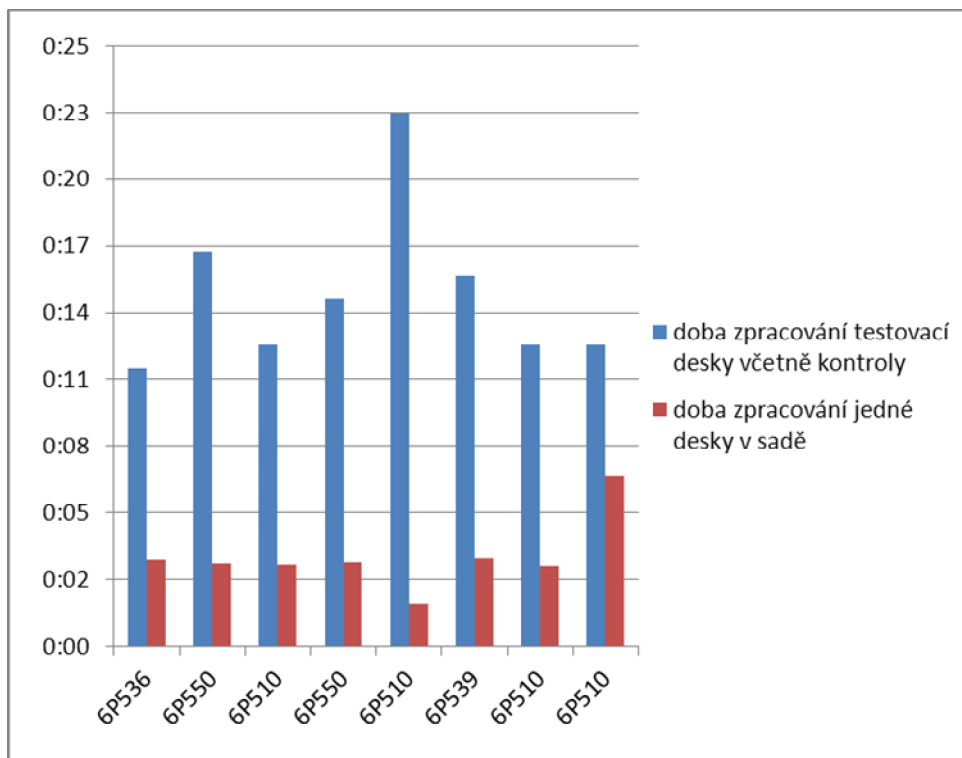
Při měření a sledování práce operátorů jsem si všiml, že na zařízeních probíhají pravidelné zkoušky, které mají za cíl zjistit, jestli jsou podmínky pro zpracování v rámci stanovených mezí. To vše proto, aby byly minimalizovány vady. Tyto zkoušky probíhají v pravidelných 48 hodinových intervalech, ale také poté, kdy na zařízení probíhal servisní zásah. Například při opravě nebo po preventivní údržbě. Navíc, pokud se v některé z komor nezpracovávalo déle než 3 hodiny, musí zde být zkouška provedena také. To znamená, že zde probíhá velké množství zkoušek. Již dříve jsem při popisu postupu operátora uvedl, že při zpracování každé sady se provádí také zkouška, a to sice zkouška na jedné desce. Prakticky jde o neustálé provádění zkoušek. Protože se mi to zdálo jako obrovská časová ztráta na zařízení, které je úzkým místem výroby, tak jsem provedl analýzu, která měla za cíl zjistit časovou náročnost testování první desky.

V následující tabulce (Tabulka 4) jsou naměřeny časy jednotlivých operací na zařízení Precision 5000 #4 ze dne 26.1.2011 a ve spodní části jsou výpočty, které z těchto naměřených časů vycházejí.

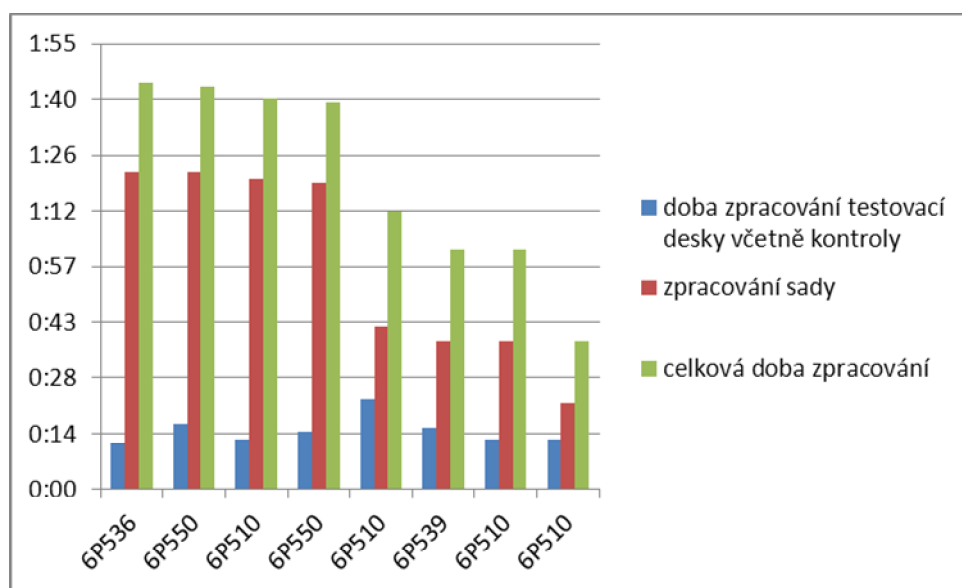
počet desek v sadě	23	24	24	23	24	3	11	12	4			
návodka	6P536	6P550	6P510	6P550	6P510	6P586	6P539	6P510	6P510	zkouška		
komora	AEDES57,58	AEDES59	AEDES57,58	AEDES59	AEDES57,58	AEDES59	AEDES57	AEDES58	AEDES58	AEDES59		
přihlášení sady	8:44	8:45	10:31	10:32	12:14	12:14	14:24	14:25	15:27	15:27		
rovnání fazet	8:45	8:47	10:33	10:33	12:16	12:15	14:28	14:29	15:27	x		
naložení testovací desky a zápis	8:48	8:47	10:34	10:34	12:16	x	14:28	14:29	15:28	x		
zadání programu	8:49	8:48	10:34	10:35	12:17	x	14:28	14:29	15:28	x		
ukončení zpracování testovací desky	8:57	9:00	10:44	10:44	12:37	x	14:40	14:40	15:35	x		
vytažení desky	8:58	9:01	10:45	10:46	12:37	x	14:40	14:40	15:39	x		
kontrola pod mikroskopem	9:00	9:04	10:47	10:49	12:39	x	14:44	14:42	15:41	x		
vložení sady	9:04	9:04	10:49	10:50	12:41	12:16	14:45	14:45	15:41	15:42		
zadání programu	9:04	9:06	10:49	10:50	12:41	12:17	14:45	14:45	15:41	15:43		
konec procesu	10:26	10:26	12:09	12:09	13:23	12:37	15:23	15:23	16:03	16:03		
kontrola počtu desek a zápis	10:26	10:26	12:10	12:10	13:24	12:37	15:25	15:25	16:04	16:04		
vytažení sady a přidání testovací desky	10:26	10:27	12:10	12:11	13:24	12:38	15:25	15:26	16:04	16:04		
odhlášení sady	10:29	10:29	12:12	12:12	13:26	12:40	15:26	15:27	16:05	16:05		
doba zpracování v hodinách	1:45	1:44	1:41	1:40	1:12	0:26	1:02	1:02	0:38	0:38		
	6P536	6P550	6P510	6P550	6P510	6P586	6P539	6P510	6P510		medián	celková doba
doba zpracování testovací desky včetně manipulace	0:10	0:14	0:11	0:12	0:21		0:12	0:11	0:11		0:11	
kontrola	0:02	0:03	0:02	0:03	0:02		0:04	0:02	0:02		0:02	
doba zpracování testovací desky včetně kontroly	0:12	0:17	0:13	0:15	0:23		0:16	0:13	0:13		0:14	
zpracování sady	1:22	1:22	1:20	1:19	0:42		0:38	0:38	0:22			
celková doba zpracování	1:45	1:44	1:41	1:40	1:12		1:02	1:02	0:38			10:44
poměr doby zpracování testovací desky k době zpracování celé sady	14,6%	20,7%	16,3%	19,0%	54,8%		42,1%	34,2%	59,1%			
doba zpracování jedné desky v sadě	0:03	0:03	0:03	0:03	0:01		0:03	0:03	0:07		0:03	
množství možných zpracovaných sad za dobu zpracování testovací desky	3,2	4,8	3,7	4,2	12,6		4,2	3,8	1,8			
teoretická doba zpracování bez zpracování testovací desky	1:36	1:30	1:31	1:28	0:50		0:49	0:52	0:32			9:12

Tabulka 4 Naměřené časy operací a výpočty [vlastní zpracování]

Výsledky ukázaly, že zpracování testovací desky zabere přibližně 14 minut (medián naměřených časů), včetně kontroly. Když to porovnáme s časem, za který je zpracována jedna deska při zpracování celé sady najednou, vyjde, že zpracování testovací desky trvá několiknásobně déle (blíže Obrázek 27 a Obrázek 28).



Obrázek 27 Srovnání času zpracování testovací desky s časem zpracování jedné desky v sadě [vlastní zpracování]



Obrázek 28 Srovnání dob zpracování s celkovou dobou zpracování [vlastní zpracování]

Celková čistá doba měření těchto vzorků byla 5 hodin a 37 minut. Za tuto dobu na Precisionu 5000#4 byly zpracovány sady v celkové časové délce 10 hodin 44 minut. Kdyby se zde první deska nezpracovávala samostatně, tyto sady by teoreticky mohly být zpracovány za 9 hodin a 12 minut. První deska tedy z tohoto času zabrala hodinu a půl. Za tento čas mohly být zpracovány další dvě sady. Kdybychom to vztáhli k 24 hodinám výroby, bylo by teoreticky možné získat navíc i více než 5 hodin (2,5 až 2,7 hodiny*2 komory) práce zařízení Precision 5000 pro zpracování dalších sad, což je přibližně 13 % uspořené času.

Návodka	6P536	6P550	6P510	6P550	6P510	6P539	6P510	6P510	Medián
Čas zpracování testovací desky (v min)	12	17	13	15	23	16	13	13	14
Optimální čas zpracování sady upravený na konkrétní počet desek (v min)	78,5	117	54,6	113	54,6	21	56,76	32,92	
Procentuální vyjádření času zpracování testovací desky k optimálnímu času zpracování	15%	15%	24%	13%	42%	76%	23%	39%	23%

Tabulka 5 Vyjádření času zpracování testovací desky k optimálnímu času zpracování [vlastní zpracování]

Prostřední řádek v tabulce (Tabulka 5) vyjadřuje optimální čas na zpracování daného počtu desek, čili je zohledněn počet desek v sadě.

Při porovnání času zpracování testovací desky a optimálního času pro zpracování sady dojdeme k závěru, že při správném párování sad a odstraněním zpracovávání testovací desky by teoreticky bylo možné ušetřit i více, než 20 % času.

Časy u sad, které se zpracovávají podle návodky 6P510, jsou ovlivněny sadami, které se zpracovávaly ve vedlejší komoře, proto se od sebe podstatně liší. Sada 1 a 3 (Tabulka 6) (pro lepší orientaci jsou sady označeny čísly) obsahují stejný počet desek, ale čas zpracování se liší o téměř půl hodiny. Zde je jasná ukázka toho, jak párování sad může ovlivnit délku zpracování sady. Zde je také prostor pro zlepšení průtoku sad.

Sada	1	2	3	4	5	6	7	
Počet desek v sadě	24	23	24	3	11	12	4	
Návodka	6P510	6P550	6P510	6P586	6P539	6P510	6P510	zkouška
Komora	AEDES57,58	AEDES59	AEDES57,58	AEDES59	AEDES57	AEDES58	AEDES58	AEDES59
Přihlášení sady	10:31	10:32	12:14	12:14	14:24	14:25	15:27	15:27
Odhlášení sady	12:12	12:12	13:26	12:40	15:26	15:27	16:05	16:05
Doba zpracování	1:41	1:40	1:12	0:26	1:02	1:02	0:38	0:38

Tabulka 6 Srovnání časů zpracování sad [vlastní zpracování]

Po konzultaci s technologií, vedoucí výroby a dalšími lidmi bylo rozhodnuto o postupném rušení zpracování testovacích desek s cílem zvýšení jejich propustnosti na těchto zařízeních. Neznamená to, že by zde byly zrušeny zkoušky, jen dojde k jejich omezení na efektivní míru.

10.2.1 Přínosy opatření

V případě odstranění těchto zkoušek dojde k největším časovým úsporám na oxidových komorách, na kterých je prováděno nejvíce operací z pohledu plazmatického leptání. Čas, jež ročně zabere zpracování testovacích desek, byl vyjádřen jako roční počet zpracovaných sad, vynásobených dobou zpracování zkušební desky v jedné sadě. Tento druh zkoušek jen na těchto komorách zabere více než tři a půl tisíce hodin ročně. Na všech komorách plazmatického leptání to v ročním úhrnu dělá déle než 9700 hodin.

Druh leptání	Roční počet zpracovaných sad zařízení	Doba zpracování zkušební desky (v min.)	Doba zpracování zkušební desky za rok (v hod.)	Počet komor v užívání
Oxid	15184	14	3543	3
Via	5200	14	1213	2
Poly	11960	14	2791	3
Taper	3484	14	813	4
Trench	3276	25	1365	3
Celkem	39104		9725	15

Tabulka 7 Roční počet zpracovaných sad podle druhu zpracování [vlastní zpracování]

Druh leptání	čas zpracování jedné sady na všech operacích danou technologií	Navýšení počtu sad za rok
Oxid	12	295
Via	2	606
Poly	14	199
Taper	3,8	213
Trench	7,12	191

Tabulka 8 Roční navýšení počtu zpracovaných sad, bez zpracování zkušební desky, podle druhu zpracování [vlastní zpracování]

Počet sad, které je možné navíc zpracovat za jeden rok, je počítán pro jednu, nejčastěji zpracovávanou technologii. Jedna sada musí projít každou operací několikrát. To znamená, že jedna sada této konkrétní technologie se na oxidových komorách celkem zpracovává 12 hodin. Jedna sada, počítáme-li čistý procesní čas, stráví na oddělení plazmatického leptání téměř 39 hodin. Velké navýšení počtu možných zpracovaných sad u leptání via je dáno malým využíváním tohoto druhu zpracování.

Vzhledem ke kapacitním omezením na zařízeních Trench, kdy musíme brát v úvahu nejslabší článek výroby, by tedy bylo možné zpracovat navíc 191 sad.

10.3 Přínosy projektu

Vytvoření pravidel pro automatický dispečink výrobků na oddělení plazmatického leptání je důležitou součástí řízení celé výroby. Tato pravidla budou použita IT oddělením při implementaci systému pokročilého plánování výroby APF. Podobná pravidla musí být definována pro všechna pracoviště, ale podstata pravidel je i pro ostatní pracoviště stejná. Tato pravidla tedy budou sloužit jako základ pro definování pravidel i na zbylých odděleních.

Na tento projekt se tedy nemůže pohlížet jako na samostatný projekt, ale musí být brán v kontextu s celým systémem APF (systém pokročilého plánování výroby). Proto ani na vyjádření přínosů projektu nemůže být nahlíženo v samostatné rovině. Přínosy jsem tedy vyjádřil jako celek systému APF. Systém bude mít mnoho přínosů, ale uvedu jen ty nejpodstatnější. Jsou jimi:

- Snížení cyklového času
- Rychlejší dodávky výrobků
- Úspory na provozu zařízení
- Možnosti nárůstu výroby

Velkým přínosem je urychlení výroby. Čas na zpracování se sníží z 3,5 na 2,8 DPML (Days per masking layer)=dny na maskovací úroveň

Příklad: Výrobní postup jedné sady se například skládá z 50 úrovní (stage) a 10 maskovacích úrovní. Pokud jede linka rychlostí deskoperace (Move)/WIP = 1.0, bude celkový čas zpracování 50 dní (jedna úroveň (stage) za den) a DPML bude 5 (jedna maskovací úroveň za 5 dní).

Díky snížení času zpracování, rovnoměrněji rozloženým deskám v procesu (WIP), plynulejší výrobě a usnadnění práce operátorů při výběru sad pro zpracování, byl vytvořen předpoklad, že dojde ke zvýšení produktivity práce operátorů o 5 %, což u jednoho operátora dělá ročně 88 hodin produktivní práce navíc.

Za předpokladu lepšího rozplánování výroby, které má tento systém přinést díky lepšímu vytváření dávek, než bylo doposud, dojde k lepšímu využití všech zařízení ve výrobě, protože budou komory plně využívány, ale také provoz u těchto zařízení bude úspornější. Tímto jsou myšleny úspory energie a plyného materiálu. Předpokládané snížení je ve výši 2 % z celkové spotřeby. Tyto úspory jsou tedy odhadovány na 3,5 milionu korun ročně.

Velkým přínosem tohoto systému je předpokládané navýšení kapacity výroby. Předpokladem je, že produkce desek technologie ON50 bude zvýšena o 100 desek týdně, z původních celkových 12 500 desek za týden na 12 600 desek týdně.

Vzhledem k tomu, že firma si nepřeje zveřejnit ceny, za jaké své výrobky prodává, nemohu přínos nárůstu výroby finančně vyjádřit. Nemohu pochopitelně zveřejnit ani náklady na pořízení tohoto systému. Mohu jen uvést, že návratnost tohoto systému pokročilého plánování výroby byla spočítána na 13 měsíců. Vzhledem k tomu, že jde o nemalou investici, je patrný velký očekávaný přínos tohoto systému.

ZÁVĚR

V této diplomové práci byly popsány dva druhy systémů, podnikový a výrobní, a to nejen teoreticky, ale i prakticky. V praktické části této práce byl blíže představen výrobní systém (MES) PROMIS, systém pro plánování podnikových zdrojů (ERP) Oracle a systém pro pokročilé plánování výroby (APS) APF-RTD. A právě systém APF-RTD od firmy Applied Materials se ukázal jako vhodným systémem pro nasazení v rožnovské výrobě, jak z hlediska uživatelských funkcí, tak i z hlediska výrobních potřeb. Tento systém splňuje nároky na řízení sad s ohledem na efektivní a co nejrychlejší výrobu každé desky, a umožňuje sledování i dávkování sad ve výrobě.

Cílem práce bylo navržení pravidel pro automatický dispečink výrobků na pracovišti plazmatického leptání. Na základě pravidel pro řízení výroby, stanovených ve strategii společnosti, reálné situace v celé výrobě a na pracovišti plazmatického leptání jsem vypracoval vývojový diagram, ve kterém jsou vyjádřena pravidla pro řízení sad pro toto konkrétní pracoviště.

Podobná pravidla musí být definována pro všechna pracoviště ve výrobě. Tato pravidla budou sloužit při implementaci systému pokročilého plánování výroby APF-RTD.

Ale ani sebelepší systém s perfektně nadefinovanými pravidly nedokáže přinést očekávané výsledky, pokud bude docházet k velkým časovým rozdílům při zpracování výrobků, nebo pokud budou výrazné rozdíly v počtech zmetků. Pokud stroje pracují správně, pak zpracovávají výrobky vždy stejně rychle, při stejné kvalitě. Faktor, který nejčastěji způsobuje jakékoliv rozdíly ve výrobě, je ten lidský. Proto jsem se také snažil zaměřit na omezení kontaktu operátorů s deskami.

Největšími přínosy tohoto systému by mělo být zvýšení produktivity práce, rychlejší dodávky výrobků, nemalé úspory na provozu zařízení a v neposlední řadě navýšení kapacity výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografická publikace

- [1] BASL, Josef; BLAŽÍČEK, Roman. Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha : Grada, 2008. 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.
- [2] BASL, Josef; MAJER, Pavel; ŠMÍRA, Miroslav. Teorie omezení v podnikové praxi : zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC. 1. vyd. Praha : Grada, 2003. 213 s. ISBN 802470613X.
- [3] FIALA, Petr. Řízení projektů. Vyd. 2., přeprac. Praha : Oeconomica, 2008. 186 s. ISBN 978-80-245-1413-0.
- [4] KOŠTURIÁK, Ján; FROLÍK, Zbyněk. Štíhlý a inovativní podnik. Praha : Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [5] SODOMKA, Petr. Informační systémy v podnikové praxi. Vyd. 1. Brno : Computer Press, 2006. 351 s. ISBN 80-251-1200-4.
- [6] SODOMKA, Petr. Informační systémy v podnikové praxi: Petr Sodomka. 2., aktualiz. a rozšíř. vyd. Brno : Computer Press, 2010. 501 s. ISBN 978-80-251-2878-7.
- [7] SVATÁ, Vlasta. Projektové řízení v podmínkách ERP systémů. Vyd. 3., přeprac. Praha : Oeconomica, 2007. 142 s. ISBN 978-80-245-1183-2.
- [8] VOLLMANN, Thomas E. Manufacturing planning and control systems for supply chain management. 5th ed. New York : McGraw-Hill, 2005. 598 s. ISBN 0-07-144033-X.

Disertační práce

- [9] ŠULOVÁ, Dagmar. Metody plánování a řízení výroby v podnikových informačních systémech a jejich uplatnění při řízení výrobního procesu. Zlín, 2009. 149 s. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky.

Internetové zdroje

- [10] API - Academie produktivity a inovací [online]. [cit. 2011-04-24]. Ukazatel OEE. Dostupné z WWW: <<http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oe/>>.

- [11] BEJČKOVÁ, Jana. API - Academie produktivity a inovací [online]. 2009 [cit. 2011-01-20]. Slovník průmyslového inženýrství - 1. část. Dostupné z WWW: <<http://e-api.cz/page/69243.slovník-pi/>>.
- [12] ENTRUP, M. L. Advanced Planning in Fresh Food Industries. [online]. Cit. [2010-11-25]. Dostupné z www: <<http://www.springerlink.com/home/main.mpx>>.
- [13] Goldratt.cz [online]. [cit. 2010-11-20]. Drum-Buffer-Rope. Dostupné z WWW: <<http://goldratt.cz/teorie-omezeni-toc/nastroje-toc/drum-buffer-rope.html>>.
- [14] Goldratt.cz [online]. [cit. 2010-11-20]. O Teorii omezení. Dostupné z WWW: <<http://goldratt.cz/teorie-omezeni-toc/o-teorii-omezeni.html>>.
- [15] HÉGR, Michael. Systém On Line [online]. 2010 [cit. 2010-11-24]. APS systém nenahradí funkcionalitu ERP systému. Dostupné z WWW: <<http://www.systemonline.cz/aps-scm/aps-system-nenahradi-funkcionalitu-erp-systemu.htm>>.
- [16] HŘEBÍČEK, Vladimír. BusinessInfo.cz [online]. 7.4.2010 [cit. 2010-11-30]. Lean management ve výrobě . Dostupné z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/management-msp/lean-management-ve-vyrobe/1001663/56944/>>.
- [17] JÄGER, Michal; OTŘÍSAL, Lubomír. Systém On Line [online]. 2008 [cit. 2011-04-24]. Výrobní informační systémy v průmyslu. Co přináší informační systémy typu MES. Dostupné z WWW: <<http://www.systemonline.cz/rizeni-vyrobby/co-prinasi-informacni-systemy-MES.htm>>.
- [18] KÖNIG, Pavel; ŠIMÍČEK, Stanislav. Systém On Line [online]. 2010 [cit. 2010-11-24]. Úskalí a přínosy implementace MES. Dostupné z WWW: <<http://www.systemonline.cz/rizeni-vyrobby/uskali-a-prinosy-implementace-mes-1.htm>>.
- [19] ON Semiconductor [online]. 2004 [cit. 2011-03-20]. Produkty. Dostupné z WWW: <<http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15034>>.
- [20] ON Semiconductor [online]. 2011 [cit. 2011-03-20]. Výroba čipů. Dostupné z WWW: <<http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15003>>.

- [21] PIVONKA, Pavel. Systém On Line [online]. 2001 [cit. 2010-12-14]. TOC - Theory of Constraints. Dostupné z WWW: <<http://www.systemonline.cz/clanky/toc-theory-of-constraints.htm>>.
- [22] PLÁČEK, Petr. Systém On Line [online]. 2008 [cit. 2010-11-10]. Pokročilé plánování výroby z pohledu uživatelů. Dostupné z WWW: <<http://www.systemonline.cz/aps-scm/pokrocile-planovani-vyroby-pohled-uzivatele.htm>>.
- [23] Short-Term Scheduling [online]. 2 [cit. 2011-04-18]. Critical Ratio. Dostupné z WWW: <<http://kewhl.tripod.com/critical2.htm>>.
- [24] STADTLER, Hartmut; KILGER, Christoph. Supply chain management and advanced planning : concepts, models, software, and case studies. 4th ed. Berlin : Springer, 2008. 556 s. ISBN 978-3-540-74511-2.

Ostatní zdroje:

- [25] Interní dokumenty firmy.
- [26] Dokument firmy Applied Materials, APF Reporting and Dispatching Guide, verze 7.4.6.
- [27] Dokument firmy Applied Materials, APF Systém Administration Guide, verze 7.4.6.
- [28] Dokument firmy Motorola, GraMMS Administration Guide, verze 1.3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APF-RTD Advanced productivity family – Real Time Dispatcher

APS Advanced planning and scheduling

ATP Available-to-Promise

CR Critical Ratio

CRM Customer Relationship Management

DisP Distribution Planning

DP Demand Planning

EMS Equipment Management Systém

ERP Enterprise Resource Planning

IT Informační technologie

JIT Just in Time

MES Manufacturing Executive systém

MESA Manufacturing Enterprise Solutions Association

MIS Management information system

MRP Material Requirement Planning

OEE overall equipment effectiveness

PP Production Planning

PS Production Scheduling

SCM Supply Chain Management

SMED Single-Minute Exchange of Die

SND Strategic Network Design

SNP Supply Network Planning

TMS Throughput Monitoring Systém

TOC Theory of Constraints

TP Transport Planning

TPM Total productive maintenance

WIP Wafers in process

WMS WIP Monitoring Systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura ERP systému [7]	14
Obrázek 2 Pozice MES v podnikové architektuře [5]	15
Obrázek 3 Moduly APS systémů [24]	19
Obrázek 4 Základní paradigma podniku dle TOC [2]	24
Obrázek 5 Výňatek z výrobního postupu [vlastní zpracování].....	33
Obrázek 6 Strategie řízení [25]	35
Obrázek 7 Wip MS [vlastní zpracování].....	40
Obrázek 8 PROMIS Dispatcher – čekající sady [vlastní zpracování].....	41
Obrázek 9 Detaily sady v nástroji Prospector [vlastní zpracování]	42
Obrázek 10 Equipment Management Systém [vlastní zpracování]	43
Obrázek 11 Množství zpracovaných desek na pracovišti difúze (sloupec=den) [vlastní zpracování].....	44
Obrázek 12 WIP Monitoring systém podle úrovní (stage) [vlastní zpracování]	44
Obrázek 13 Časový harmonogram prací [vlastní zpracování].....	48
Obrázek 14 Zdroj dat [vlastní zpracování, upraveno dle [27]].....	50
Obrázek 15 Propojení modulů APF [vlastní zpracování, upraveno dle [27]].....	50
Obrázek 16: Nástroje APF Dispatching a Reporting [vlastní zpracování, upraveno dle [26]].....	51
Obrázek 17 Bloky používané v APF Formatter [vlastní zpracování, upraveno dle [26]]	52
Obrázek 18 APF Formatter [vlastní zpracování, upraveno dle [26]].....	53
Obrázek 19 Druhy grafu a tabulek v reportovacím modulu APF [26]	54
Obrázek 20 Ukázka reportu o provedených deskooperacích [vlastní zpracování].....	55
Obrázek 21 Pohled na z pracoviště na zařízení Precision 5000 [25]	61
Obrázek 22 Seznam čekajících sad [vlastní zpracování].....	63
Obrázek 23 Diagram požadavku na dípečink výrobků [vlastní zpracování]	67
Obrázek 24 Diagram identifikace sady a zjištění informací o sadě [vlastní zpracování].....	69
Obrázek 25 Diagram identifikace zařízení pro zpracování sady.....	69
Obrázek 26 Diagram požadavku na zjištění možnosti vytvoření dávky [vlastní zpracování].....	70
Obrázek 27 Srovnání času zpracování testovací desky s časem zpracování jedné desky v sadě [vlastní zpracování].....	73

Obrázek 28 Srovnání dob zpracování s celkovou dobou zpracování [vlastní zpracování]..... 73

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Význam modulů APF [vlastní zpracování]	51
Tabulka 2 Řešení požadavků uživatelů systémem APF [vlastní zpracování]	57
Tabulka 3 Porovnání současného stavu se stavem po zavedení systému APF [vlastní zpracování].....	59
Tabulka 4 Naměřené časy operací a výpočty [vlastní zpracování]	72
Tabulka 5 Vyjádření času zpracování testovací desky k optimálnímu času zpracování [vlastní zpracování].....	74
Tabulka 6 Srovnání časů zpracování sad [vlastní zpracování]	74
Tabulka 7 Roční počet zpracovaných sad podle druhu zpracování [vlastní zpracování].....	75
Tabulka 8 Roční navýšení počtu zpracovaných sad, bez zpracování zkušební desky, podle druhu zpracování [vlastní zpracování].....	75