

# Plánovací a rozvrhovací algoritmy pro flexibilní výrobu



**Merica**

prof.Dr.Ing. Zdeněk Hanzálek

# Merica

## Produkty a služby

**FABRIO** - Rozvrhování výroby

**ROSLAB** - Rozvrhování lidí

**SW nástroje** obsahující

- **optimalizační algoritmy,**
- **připojení na informační systémy podniku**
- **grafické rozhraní**
- **přístup přes web - více uživatelů** s různými právy

**Provozování,** údržba a rozvoj SW nástrojů

Školení

Konzultace a studie

## Zákazníci

- Řízení letového provozu ČR, s.p.
- Škoda Auto, a.s.
- Colonia Press, a.s.
- EFAFLEX, s.r.o.
- EPT connector, s.r.o.
- Humanomed IT solutions, Rakousko
- ComAp a.s.
- Seznam.cz
- ERA a.s.



# Řízení podnikových procesů

## Dříve

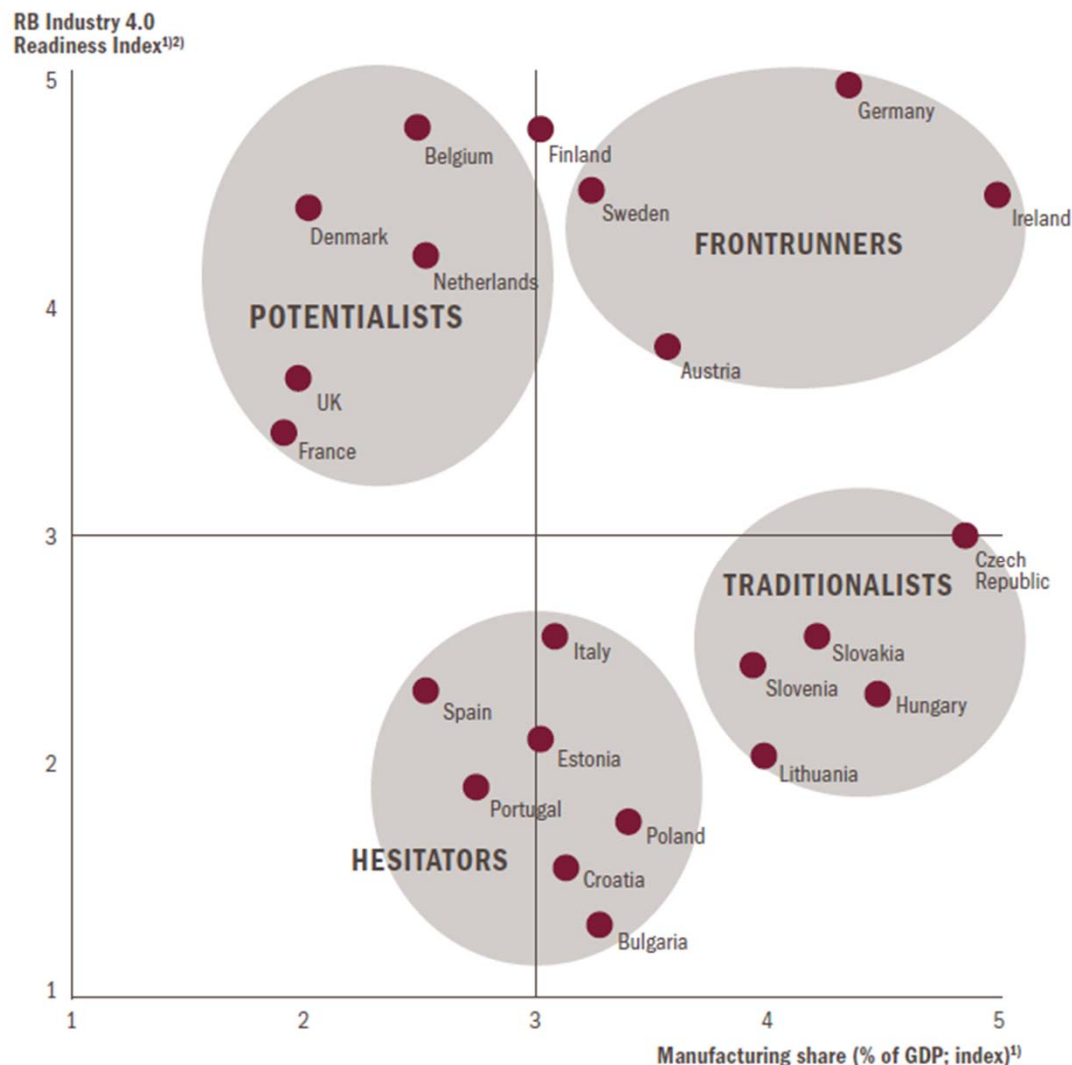
- Technické prostředky: **MS Excel**, email a papír
- Obtíže se **sjednocením** postupů v jednotlivých odděleních
- Informace pro management **pouze na vyžádání**
- Vliv mezilidských vztahů
- **Synchronizace dat**
- Neefektivní provoz, vyšší náklady
- **Malá flexibilita**



## Nyní

- **Tenký klient** (webový prohlížeč bez další instalace) + server s databází a business logikou
- **Datový model** určuje základní vztahy mezi datovými prvky
- Možnosti **on-line statistik**, sledování KPI a historických dat
- Uživatelé mají **vymezené role**, které definují co/kdy mohou číst/zapisovat
- **Integrita dat** a jejich zálohování
- Flexibilita při **implementaci nových strategií**, možnost změny koeficientů v čase, regionu,...

# Jaká je připravenost podniků v České republice?



## Připravenost pro průmysl 4.0

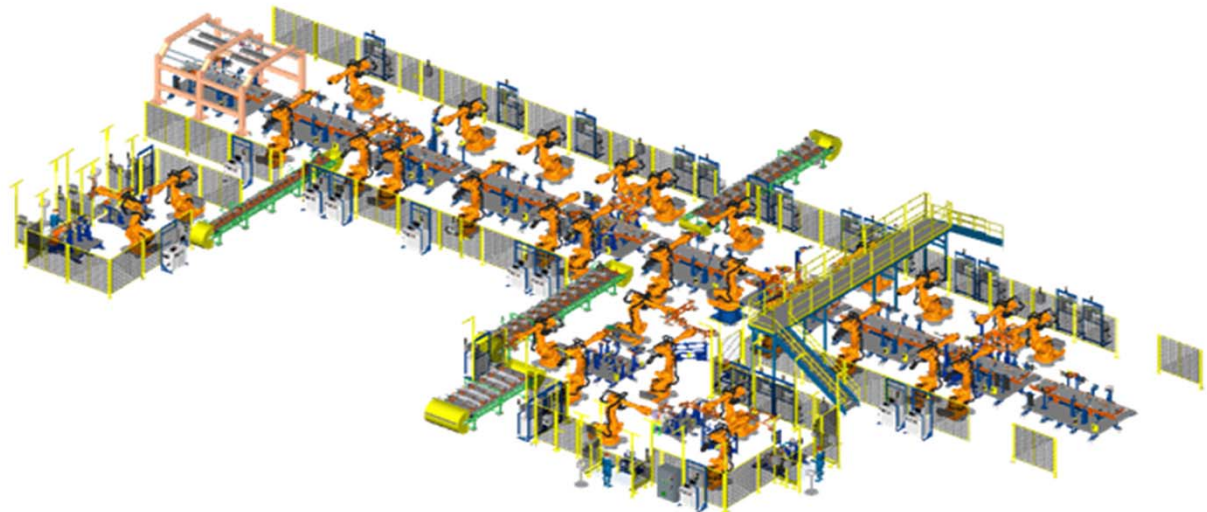
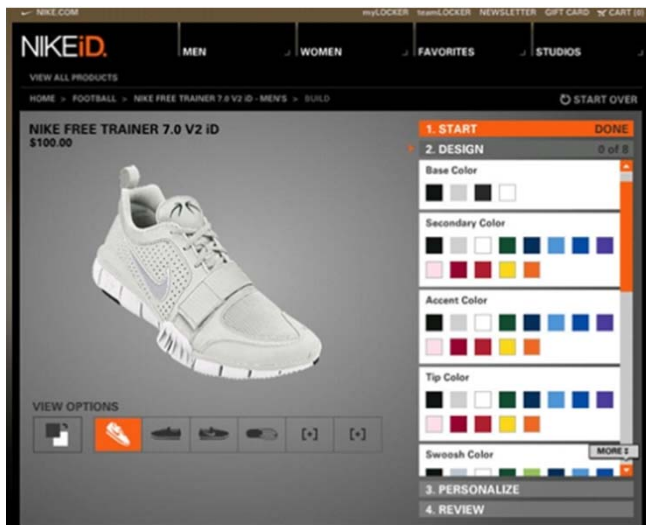
- sofistikovanost výrobního procesu
- stupeň automatizace
- připravenost lidí
- podíl inovací
- přidaná hodnota
- otevřenost průmyslu
- využití Internetu

# Jak zůstat efektivní, když roste počet malých zakázek a proces je tak složitý?

Pracovní skupina Industrie 4.0:

“**Plánování** a srozumitelné **modely** mohou představovat potřebný základ pro to, abychom zvládli rostoucí složitost produktů a výrobních systémů.“

„Musíme být vybaveni vhodnými metodami a nástroji.“





# Spouštět operace událostmi nebo časem?

## Dopravní analogie

Auta jsou spouštěny událostmi

- jezdí kdy potřebují
- konflikty jsou řešeny pravidly on-line
- výhoda - flexibilita
- nevýhoda – nedeterministické a neefektivní



Vlaky jsou spouštěny časem

- jezdí podle jízdního řádu
- algoritmus předchází konfliktům
- výhoda – deterministické
- nevýhoda - flexibilita vyžaduje algoritmy



© Can Stock Photo - csp1805673

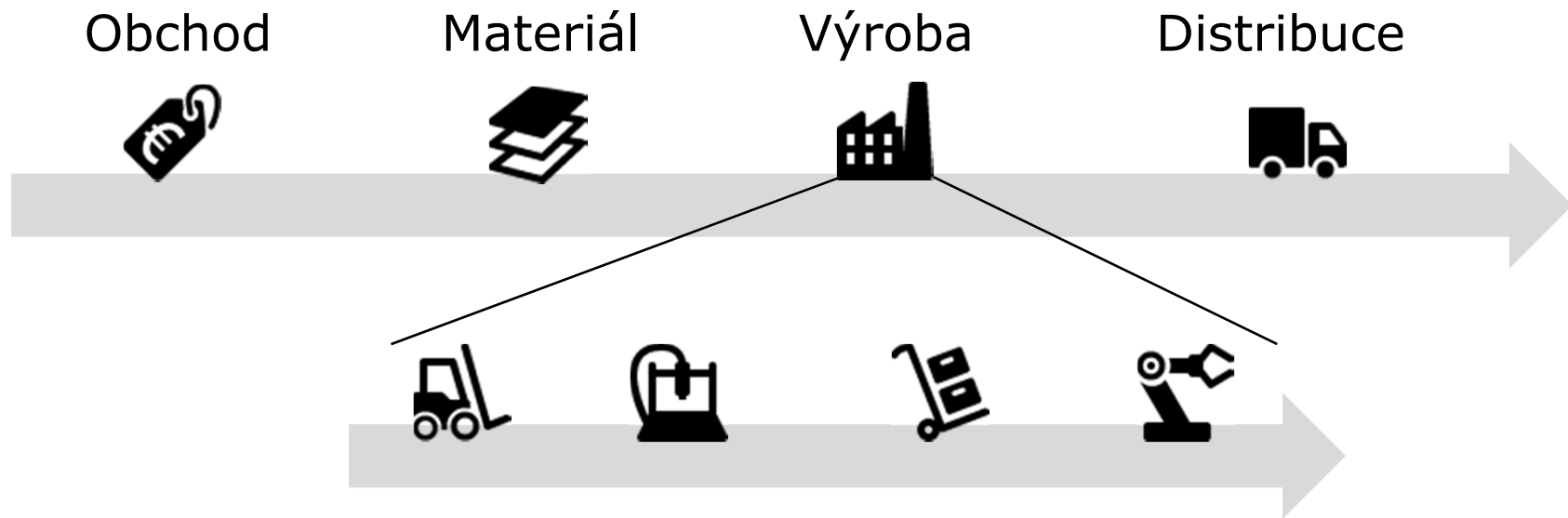
# Realizovaná aplikace: Flexibilní plánování a rozvrhování v tiskárně



# Globální a lokální optimalizace

## Globální optimalizace

- spouštěna časem – dílčí termíny pro jednotlivé úseky podniku
- nebere v úvahu detailní specifika jednotlivých zakázek a zdrojů



## Lokální optimalizace

- hledí pouze na svou efektivitu - nevhodné pořadí zakázek



# Plánování a rozvrhování

## Plánovací vrstva

- Jakou zakázku přijmou a **zařadit do výroby**
- Dostupnost materiálu
- Kdy ji vyrábět (nastavit **časové okno** [materiál, termín])
- Kolik vyrobit - **velikost dávky**
- Potřebné **výrobní kapacity** (například % v daných týdnech)

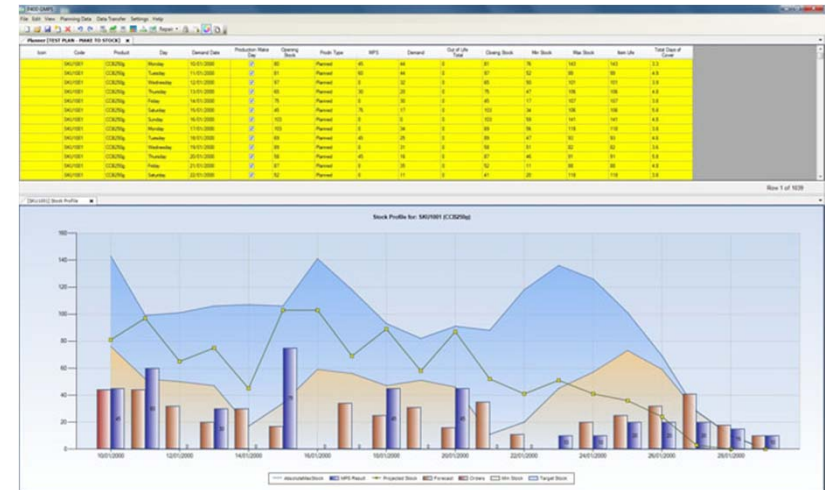
## Rozvrhovací vrstva

- Všechny operace zakázky a jejich operace **musí být vykonány**
- Všechna **omezení** (následnosti, směny) musí být respektovány
- **Kapacity zdrojů** nesmí být překročena
- Výstup - **pořadí operací se startovacími časy**
- **Flexibilní přerozvržení** podle aktuálního stavu

# Plánování vs. Rozvrhování

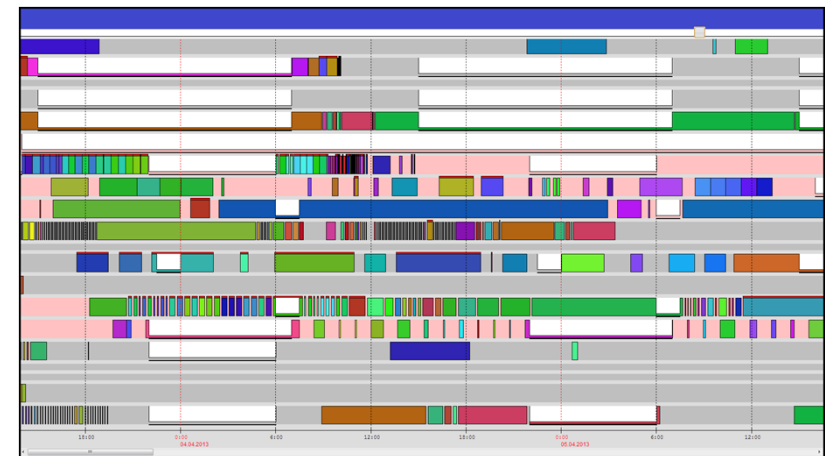
## Plánovací vrstva – zpravidla v ERP

- Typicky pracuje s kumulativními kapacitami v časových úsecích
- Přiřazuje operace do časových úseků zdroje
- Nebere v potaz pořadí operací, přestavbové časy, návaznosti



## Rozvrhovací vrstva - **FABRIO**

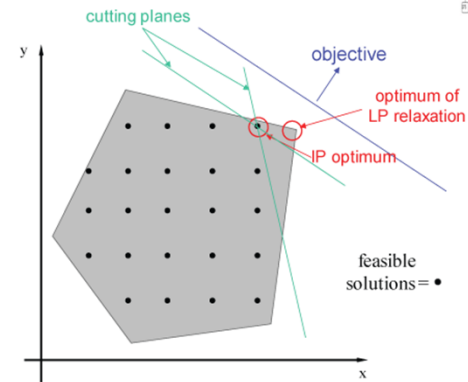
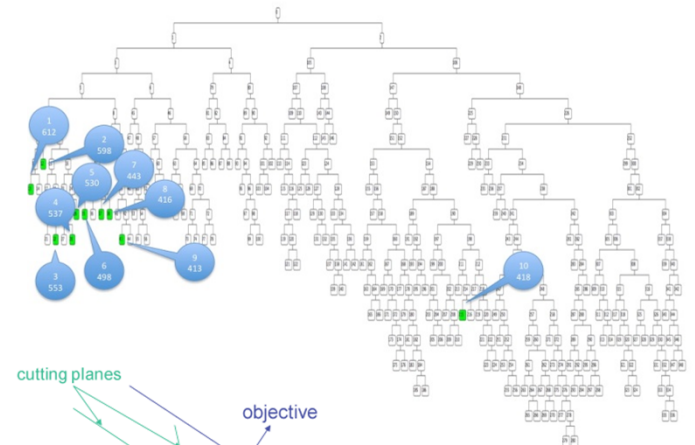
- Přesný čas začátku každé operace
- Známe čas dokončení zakázky
- Přiřazuje operace strojům/lidem
- Bere ohled na přestavbové časy, charakter zdrojů, transport
- Přináší opravdové úspory a řád



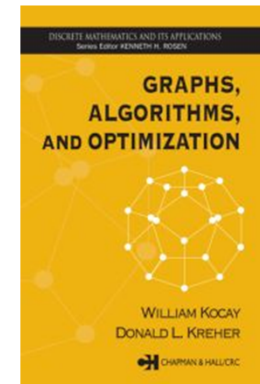
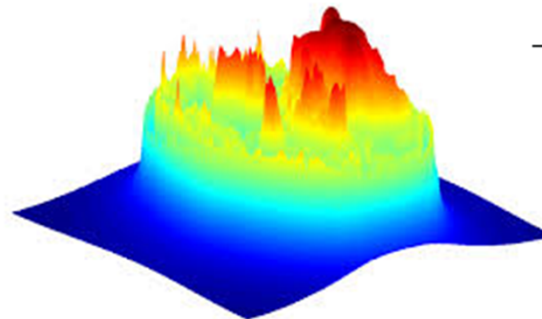
# Řešení pomocí algoritmů

# Algoritmy kombinatorické optimalizace

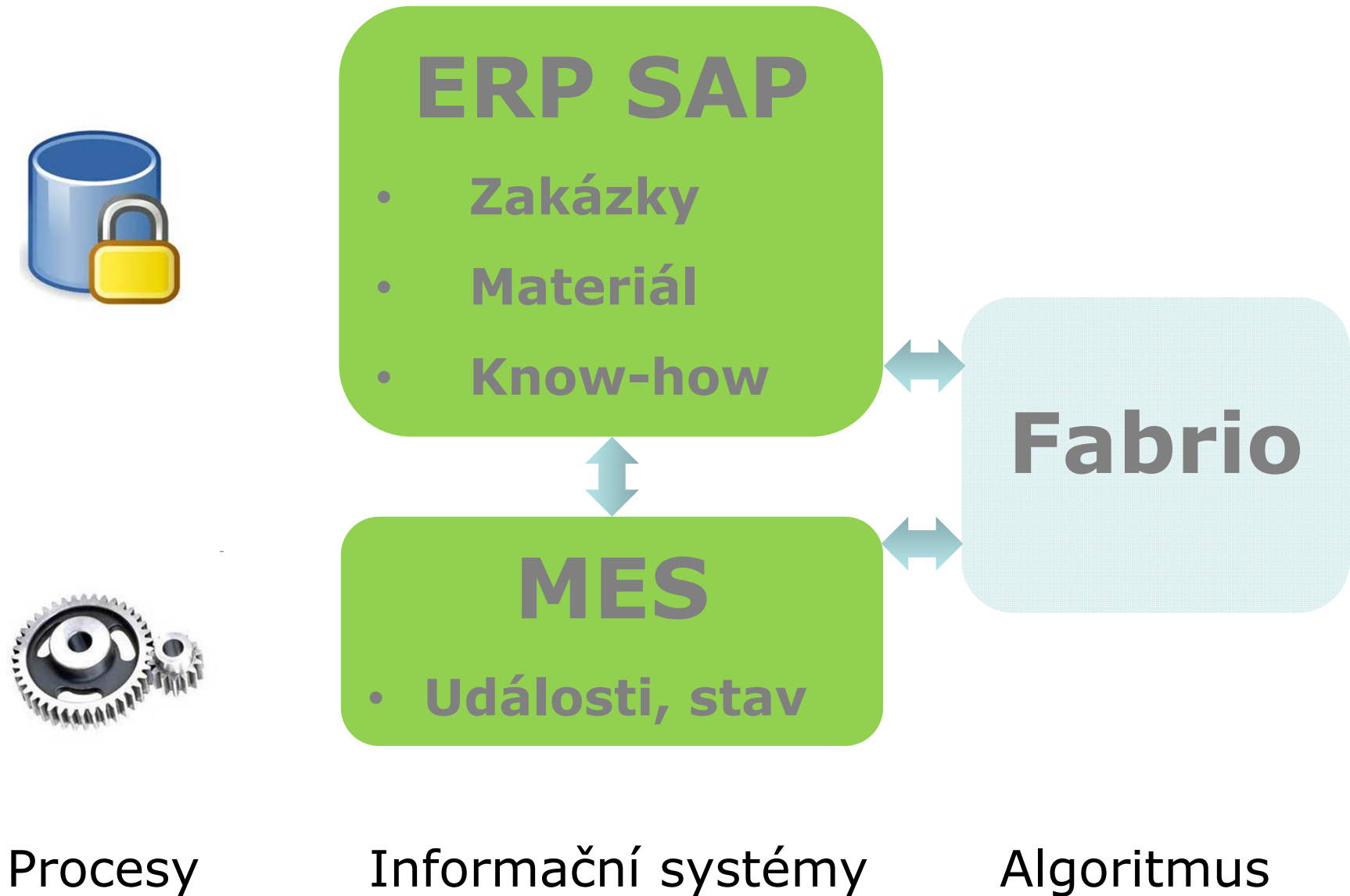
- Celočíselné lineární programování
- Metoda větví a mezí
- Genetické algoritmy
- Metaheuristiky
- Hyperheuristiky
- Approximační algoritmy



## Integer Program: Cutting Planes

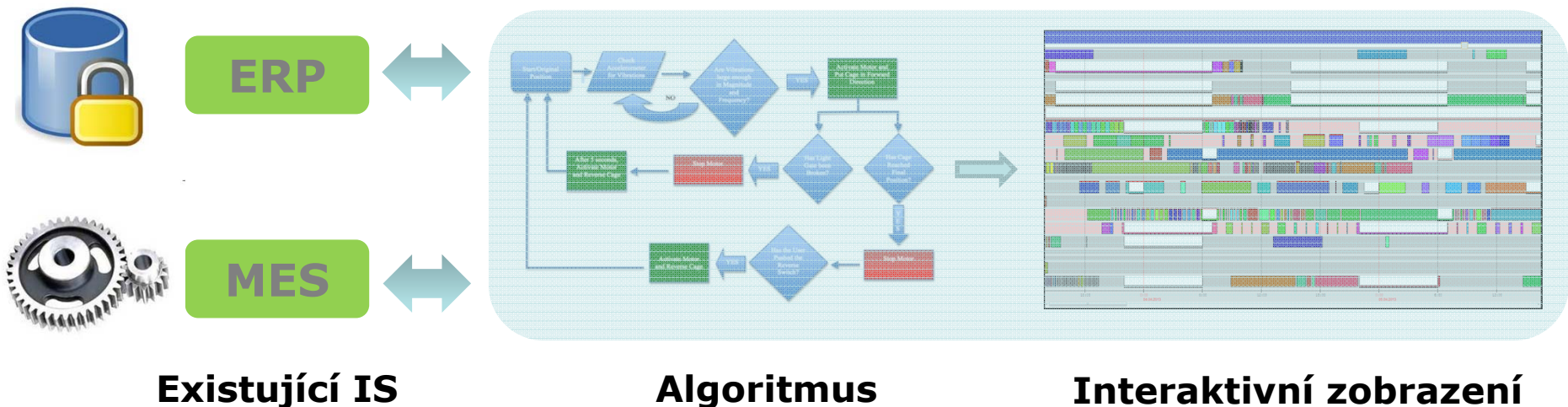


# Řešení pomocí Fabrio



# Co je Fabrio?

- Propojení vašeho informačního systému s optimalizačním algoritmem a interaktivním zobrazením rozvrhu
- Webová aplikace pro více uživatelů



# Interakce s existujícími IS

## **Vstupy z ERP**

- Operace
- Doby vykonávání
- Relace následností - kusovník
- Dostupnost materiálu
- Termín zakázky
- Přestavbové časy

## **Výstupy do ERP**

- Stratovací časy operací

## **Vstupy z MES**

- Stav stroje
- Stav operace

## **Výstupy do MES**

- Pořadí operací





# Uživatelé a jejich role

## Manažer

- Vidí stav výroby
- Sleduje statistiky a KPI

## Plánovač

- nastavuje dostupnost zdrojů
- Vytváří globální rozvrh
- Přerozvrh

## Mistr

- Vidí rozvrh a stav své haly
- Vloží očekávanou výrobu do plánu

## Dělník

- Pracuje podle rozvrhu
- Zadá materiálu v jaký čas

Plánovač provádí globální optimalizaci  
Mistr snadno zadává a sleduje práci



# Příklad realizované zakázky: Zvýšení uptime v Colognia Press

- **Optimalizační modul** napojený na existující ERP
  - **Průběžná aktualizace** výrobního plánu každých 30 min.
  - Kritériem je maximální uptime nejdůležitějšího stroje
  - Náhled obchodníků do kapacitního vytížení v blízké budoucnosti
  - Přínos: **zvýšení uptime ze 30% na 41%** díky seřazení
  - Přínos: plně automatické - **úspora** jednoho-dvou lidí tvořících rozvrh



# Fabrio – snadná orientace

Fabrio - Merica s.r.o.

Merica Fabrio

Jan Smejkal (Plánovač) Administrace Odhlásit se

Produkční režim... Publikovat Automatický návrh Import z ERP

Kusovník Objednávky Zakázky odběratele Zakázky Technologický postup Přesun materiálu Rozvrh

A2 12538235\_1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Poloha rozvrhu	Rozv...	Zmrazeno	Cil. mnozství	Poz. čas zahájení	Stanice	Název...	Alter...	Přípravný...	Strojový čas
2	12538235_1	125...	false	1	2014-10-02 15:06:00	1201002	125...	2	5	
3	12538235_10	125...	false	1	2014-10-02 15:20:00	1202002	125...	1	185	
4	12538235_20	125...	false	1	2014-10-02 19:32:00	1203002	125...	5	35	
5	12538235_5	125...	false	1	2014-10-02 15:13:00	1202002	125...	2	5	
6	12538237_10	125...	false	1	2014-10-02 08:47:00	1206001	125...	0	12	
7	12538313_1	125...	false	1	2014-10-02 15:05:00	1201001	125...	2	5	
8	12538313_10	125...	false	1	2014-10-02 15:19:00	1202004	125...	1	185	
9	12538313_20	125...	false	1	2014-10-02 19:29:00	1203001	125...	5	35	
10	12538313_5	125...	false	1	2014-10-02 15:12:00	1202004	125...	2	5	
11	12538315_10	125...	false	1	2014-10-02 08:29:00	1206002	125...	0	12	
12	12538392_1	125...	false	1	2014-10-02 15:02:00	1201003	125...	2	5	
13	12538392_10	125...	false	1	2014-10-02 15:16:00	1202001	125...	1	185	
14	12538392_20	125...	false	1	2014-10-02 18:52:00	1203002	125...	5	35	
15	12538392_5	125...	false	1	2014-10-02 15:09:00	1202001	125...	2	5	

137% 1 / 16

Vše - De Gaspar.H5 H? H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7 Zakázka odběratele:

1503001

1504001

1504002

1505001

1506001

1600001

1650001

01.10.2014

6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15

11 h

Fabrio 2006 - 2015 © Copyright Merica s.r.o.

# Výhody pro Vaši společnost

## **Globální optimalizace**

- zkrácení doby zpracování zakázky
- zkrácení přestavbových časů
- efektivní využití zdrojů

## **Flexibilní přeplánování při**

- urgentních zakázkách
- nemoci zaměstnance
- poruše stroje

## **Přehlednost**

- okamžitá viditelnost rozvrhu
- dohledání příčiny problému
- zobrazení konfliktů



**Od centimetru k milimetru**  
**Od dnů k hodinám a minutám**

# Předpokládané benefits

- Velká **úspora času** při aktualizaci plánu
  - Současné **2 hodiny** denně práce mistra hotovy během **pár minut**
- Zvýšení flexibility
  - Vyhodnocení dopadu **přijetí zakázky** před finálním potvrzením zákazníkovi
  - Možnost reagovat na vývoj trhu, kdy zakázky se zmenšují
- Zvýšení **Uptime** (využití) výrobní linky o **5%**
  - Při obratu 100M je to **5M ročně**
- Redukce postihů za **zpoždění** zakázek
  - Přímý vliv na zisk ze zakázek, větší spokojenost zákazníků
- Snížení času potřebného na **přestavbu** strojů až o **10%**
  - Kromě přímého vlivu na Uptime i efektivnější práce pro zaměstnance



# Proč zvolit právě firmu Merica

- Poskytujeme **řešení na míru** konkrétních potřeb
- Máme za sebou řadu **úspěšných** implementací
- Vytváříme vysoce **modulární** systémy
- Poskytujeme **dlouhodobou podporu**
- Nabízíme **skutečnou optimalizaci** výrobního plánu
  - Se všemi omezeními a dle stanoveného kritéria
  - Velmi komplexní algoritmy, podložené silnou teoretickou i aplikovanou činností

**Není nic praktičtějšího, než  
dobře použitá matematika**



# Algoritmy pro rozvrhování

25 - 28 August 2015

Conference Chairs

[Zdenek Hanzalek](#), CTU Prague, Merica

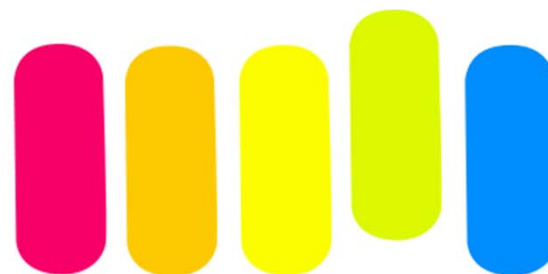
[Graham Kendall](#), University of Nottingham

[Barry McCollum](#), Queens University Belfast

[Premysl Sucha](#), CTU Prague



# MISTA



Multidisciplinary International Scheduling Conference: Theory & Applications

**Prague, Czech Republic**

# Děkuji Vám za pozornost



Merica

prof.Dr.Ing. Zdeněk Hanzálek

[hanzalek@merica.cz](mailto:hanzalek@merica.cz)

Kombinatorická optimalizace FEL ČVUT

25 článků v impaktovaných časopisech

20 doktorandů