

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace výroby designových radiátorů Basic 50

Autor: **Bc. Jan Lach**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Lach	Jan
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Průmyslové inženýrství a management“	
VEDOUČÍ PRÁCE	Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Milan
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace výroby designových radiátorů Basic 50	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN

CELKEM	73	TEXTOVÁ ČÁST	61	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce se zaměřuje na aplikaci metod průmyslového inženýrství prostředí reálného podniku. V této práci je hlavním úkolem racionalizovat výrobní úsek designových topných těles typu Basic 50. Cílem je najít úzká místa současného výrobního procesu a zvýšit jejich efektivitu natolik, aby bylo dosaženo prokazatelný úspor a optimalizace výrobního systému.
KLÍČOVÁ SLOVA	Projektování výrobního systému, teorie úzkých míst, racionalizace výroby

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Lach	Jan
FIELD OF STUDY	2301R016 “ Industrial Engineering and Management“	
SUPERVISOR	Doc. Ing. Edl,Ph.D.	Milan
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Racionalization of production design radiators Basic 50	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES

TOTALLY	73	TEXT PART	61	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This diploma work focuses on the application of industrial engineering methods in real company. The main task is racionalisation of production design radiators Basic 50 The aim is find the constrains of these days production process and rise up their efectivity.
KEY WORDS	Designing the production systém, theory of constrains, racionalisation of production process

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval zaměstnancům fakulty strojní, západočeské univerzity v Plzni, zejména potom Doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Kudrnovi za velice cenné rady a pomoc při tvorbě této diplomové práce. Moje poděkování patří rovněž i zaměstnancům společnosti Kermi s.r.o. ve Stříbře, jmenovitě potom pánům Elgrovi, Bukovjanovi a Dvořáčkovi, kteří mi byli velice nápomocní při řešení praktického případu v jejich podniku.

Speciální poděkování potom náleží pracovníkům podílejících se na projektu OP VK č. CZ.1.07/2.3.00/09.0163, jehož výsledky jsou použity v této práci.

Obsah

Úvod	11
1. Teoretická východiska	12
1.1. Projektování výroby	12
1.2. Prostorové struktury	12
1.2.1. Volné rozmístění	13
1.2.2. Technologické rozmístění	13
1.2.3. Předmětné rozmístění	15
1.2.4. Kombinované rozmístění	20
1.3. Materiálový tok	20
1.3.1. Postupový graf	21
1.3.2. Sankeyův diagram	22
1.4. Rozmísťovací metody	23
1.4.1. Těžištní metoda	24
1.4.2. Mooreova metoda	24
1.4.3. Metoda vážených průměrů (Noyova metoda)	25
1.4.4. Trojúhelníková metoda	25
1.5. Optimalizace podnikových procesů	27
2. Představení společnosti a produktových řad	32
2.1. Představení společnosti	32
2.2. Produktová řada Basic 50 (B 50)	33
2.2.1. Varianta B 50	33
2.2.2. Varianta B 50 R	33
3.1. Představení výrobního postupu	35
3.1.1. Centrální sklad	35
3.1.2. Pila a mezisklad před montáží	36
3.1.3. Sesazování bočních profilů a trubek	38
3.1.4. Bodování a víčkování	40
3.1.5. Letování těles	41
3.2. Analýza materiálového toku	43
3.2.1. Materiálový tok a poznatky vyplývající z něj	45
3.2.2. Nalezení úzkých míst a specifikace problému	46
4. Návrhy variant řešení	48
4.1. Varianta 1 - Zrychlení sesazovacího automatu D 123	48

4.1.1.	Vstupní materiál, seřízení stroje.....	48
4.1.2.	Analýza činnosti stroje D 123	50
4.1.3.	Návrh optimalizace	56
4.1.4.	Vyhodnocení varianty 1	58
4.2.	Varianta 2 - Úprava technologie sesazování	59
4.2.1.	Současný stav	60
4.2.2.	Princip a přínos varianty 2	62
4.2.3.	Vyhodnocení varianty 2	64
4.3.	Varianta 3 – výrobní linka	65
4.3.1.	Rozsah výrobní linky	65
4.3.2.	Layout výrobní linky	66
5.	Vyhodnocení navržených variant a výběr nejvhodnější z nich	68
5.1.	Vzájemné porovnání variant řešení	68
5.1.1.	Varianta 1.....	68
5.1.2.	Varianta 2.....	69
5.1.3.	Varianta 3.....	69
5.2.	Výběr nejvhodnější varianty	70
	Závěr	71

Seznam obrázků

Obrázek 1: Technologická prostorová struktura [1]	14
Obrázek 2: Technologická prostorová struktura s centrálním meziskladem [1]	15
Obrázek 3: Typy hnízdového prostorového uspořádání pracovišť [1]	16
Obrázek 4: Typy uspořádání pracovišť podél výrobní linky [2]	19
Obrázek 5: Materiálový tok celým výrobním procesem	20
Obrázek 6: Sankey diagram [2]	23
Obrázek 7: Těžištní metoda graficky [2]	24
Obrázek 8: Trojúhelníkové uspořádání pracovišť [2]	26
Obrázek 9: Metoda Drum - Buffer - Rope (DBR) [5]	30
Obrázek 10: Ukázka sortimentu společnosti Kermi [3]	32
Obrázek 12: Rozdíl mezi B50 a B50 R [3]	33
Obrázek 11: Varianta B50 [3]	33
Obrázek 13: Parametry tělesa B50 [3]	34
Obrázek 14: Skladované příčné trubky	36
Obrázek 15: Skladované boční profily v požadovaných délkách	36
Obrázek 16: Pila pro dělení příčných trubek topných těles	37
Obrázek 17: Mezisklad před montáží	37
Obrázek 18: Sesazovací automat D122	38
Obrázek 19: Trapézy připravené na sesazení v zásobníku automatu D123	39
Obrázek 20: Sesazená topná tělesa typu B 50	40
Obrázek 21: Bodovací pracoviště D132 - v nečinnosti	41
Obrázek 22: Bodovací pracoviště D131	41
Obrázek 23: Tělesa připravená k letování spojů	42
Obrázek 24: Letovací pec Schwartz	43
Obrázek 25: Letovací pec Mahler	43
Obrázek 26: Layout - současný materiálový tok	44
Obrázek 27: Návrh plynulého materiálového toku	47
Obrázek 28: Vstupy a výstup pracoviště D 123	49
Obrázek 29: Automatický zásobník automatu D 122	50
Obrázek 30: Fáze 1 sesazování tělesa B 50	51
Obrázek 31: Části sesazovacího automatu D123	51
Obrázek 32: Magnetická ruka automatu D123	52
Obrázek 33: Činnost pohyblivého zásobníku příčných trubek	53
Obrázek 34: Pracovní prostor sesazovacího automatu D123	54
Obrázek 35: Mechanická ruka nad výstupním pásovým dopravníkem	56
Obrázek 36: změna pracovní fáze 1	57
Obrázek 37: Víčko bodované na D profil	60
Obrázek 38: Přívod vody bodovaný na spodní trubku tělesa	60
Obrázek 39: Topná tělesa Basic 50 po procesu bodování	61
Obrázek 40: Odstranění bodovacího pracoviště	63
Obrázek 41: Schéma varianty 2	64
Obrázek 42: Výstupní pásový dopravník sesazovacího automatu D123	66

Obrázek 43: Layout výrobní linky topných těles.....66

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled symbolů postupového grafu [2].....	22
Tabulka 2: Přehled metod TOC [5]	29
Tabulka 3: Vyhodnocení varianty 1.....	59
Tabulka 4: Vyhodnocení varianty 2.....	65
Tabulka 5: Vyhodnocení varianty 3.....	67
Tabulka 6: Porovnání navržených variant řešení.....	68

Seznam zkratek

BPR - Business Process Reengineering

CPI - Continue Process Improvement

DBR – Drum – Buffer – Rope

OPT – Optimized Production Technology

POOGI - Process Of Ongoing Improvement

PULL systém – Tažný princip výrobního procesu

PUSH systém – Tlačný systém výrobního procesu

TOC – Theory of Constrains

TQM - Total Quality Management

Úvod

Racionalizace výroby je důležitá součást projektování a rozvrhování výroby. Využívá čím dál tím více podniků. Uvědomují si totiž čím dál tím více, že zisk nelze dosahovat pouze zvyšováním ceny produktů, ale je potřeba dané finanční prostředky mimo jiné uspořít i v rámci výrobních procesů. A právě při využívání nástrojů průmyslového inženýrství, které se v rámci racionalizace aplikují, dochází k významným úsporám zdrojů, které ve výrobních procesech podniky využívají. Je však důležité tyto nástroje vhodně používat, abychom dosáhli co nejlepších výsledků. Samozřejmě je také potřeba orientovat procesy především na požadavky zákazníka, který je ochoten zaplatit pouze to, co požaduje. To znamená, že je zbytečné upravovat výrobní procesy na takovou úroveň kvality, kterou nám už zákazník nezaplatí. Při racionalizaci výrobních procesů proto hledáme ideální kompromis mezi požadavky zákazníka a vlastními požadavky podniku.

Tato práce se zabývá právě možnostmi racionalizace konkrétního pracoviště v podniku a to konkrétně výrobou designových radiátorů typu Basic 50, jeho analýzou a návrhy na jednotlivá zlepšení a zefektivnění té části výrobního procesu, která je předmětem řešení.

1. Teoretická východiska

Jako u každé činnosti ve výrobních procesech podniků, tak i v případě této racionalizace je nutno postupovat podle vybraných metod průmyslového inženýrství. Získáváme tak rámec a systém práce, kterou budeme v rámci racionalizace výrobního procesu topných těles typu Basic 50 aplikovat.

V následujících kapitolách si představíme, z jakých metod bude čerpáno pro následující případovou studii v podnikových výrobních procesech.

1.1. Projektování výroby

Projektování výroby je disciplína, která zdánlivě zasahuje pouze do investičních fází výrobních podniků a jim podobných podnikatelských záměrů. Skutečnost je však poněkud odlišná. Pokud totiž budeme nahlížet na výrobní proces z moderního inovačního pohledu, je pochopitelné, že ten se musí neustále vyvíjet a zdokonalovat. Ale zde už se nám samotné projektování do jisté míry svým způsobem kryje s dílčími optimalizacemi, kde jsou metody projektování stále uplatňovány, ale o čisté projektování se v tomto případě již nejedná. Zmíněná metodika je ovšem svým záběrem natolik široká, že provází výrobu po dobu jejího celého životního cyklu.

Na druhou stranu je důležité při provádění změn a optimalizací, co nejméně narušit samotný chod výroby. Není jednoduše možné, abychom každý měsíc zcela zastavili výrobní proces kvůli dílčím optimalizacím.

Z uvedeného tedy vyplývá, že projektování je především o hledání rovnováhy a kompromisních řešení mezi prosazováním teoretických poznatků a zachováním plynulosti výroby v praxi.

Představme si nyní jen ve stručnosti některé z konkrétních metod klasického projektování.

1.2. Prostorové struktury

Jak již bylo řečeno, tak samotné projektování je nesmírně široký a obecný pojem. Pokud se tedy máme podívat hlouběji do problematiky, je nutné rozlišovat určité úhly pohledu a úseky (fáze) celého procesu projektování.

Jedna část projektování nese označení prostorové struktury a pojednává v zásadě o základním členění různých druhů výroby [1]. Pokud bychom projektovali celý výrobní proces, lidově řečeno „na zelené louce“, je nutné zahájit celou práci právě tímto úsekem projektování.

Někdy se také hovoří o takzvaném technicko-organizačním uspořádání výroby, což je významově na stejné úrovni, jako právě určení prostorové struktury [8].

V zásadě se jedná o proces, při kterém na základě informací o výrobě (produkt, vyráběné množství, materiálový tok atd.) určujeme prostorovou strukturu pracovišť, kterých se proces týká. Na výběr máme z několika variant struktur.

1.2.1. Volné rozmístění

Jinými slovy rozmístění pracovišť bez použití jakýchkoliv metod projektování výroby. Počínáme si zde více intuitivně a pracoviště rozmístíme podle „selského rozumu“ a názorů bez ověření matematickými nebo jinými metodami.

Volné rozmístění pracovišť nalezneme nejčastěji v malých dílnách, například údržbářských [1]. V takovýchto typech výroby nelze vlastně nikdy pevně definovat určitý materiálový tok, neboť tyto dílny se zabývají výrobou většinou kusovou a velice často dochází ke změně předmětu výroby[9].

1.2.2. Technologické rozmístění

Typ uspořádání běžně využívaný v malosériových a kusových výrobních. Jedná se tedy o případy, kdy se poměrně často mění typ vyráběné součásti a je nereálné kvůli každému typu přestavovat dílnu – v tu chvíli bychom se vlastně zabývali neustálým stěhováním strojů a výroba by v produktivním čase zabírala jen velice malý úsek, což by bylo extrémně neefektivní řešení [8].

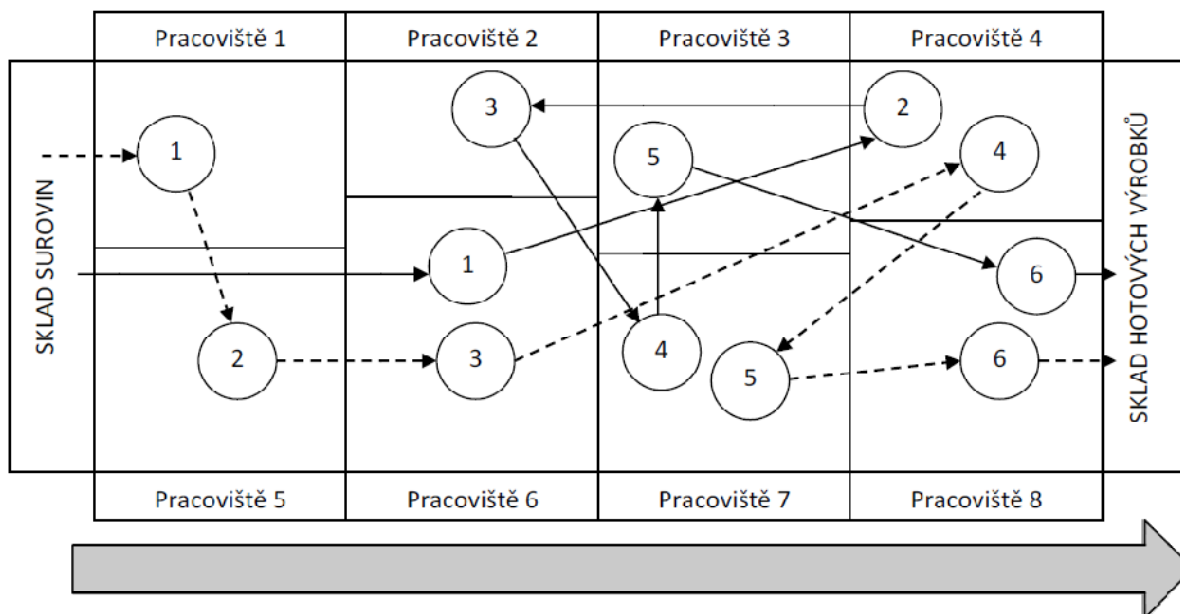
Jak už sám název rozmístění napovídá, výrobní jednotky, respektive pracoviště, jsou zde rozmístovány podle své technologické příbuznosti podle hesla svůj ke svému. Z toho vyplývá, že na dílně najdeme například střediska soustruhů, frézek, vrtaček, brusek apod.

I přes fakt, že neznáme stabilní tok materiálu, snažíme se při tomto rozmístění středisek alespoň odhadovat nejpravděpodobnější verzi průběhu materiálového toku a dle něj pracoviště rozmístit. To znamená, že vedle střediska pil, kde se většinou provádí základní dělení materiálu, neumístíme středisko, kde se provádí dokončovací práce na výrobcích.

Technologické rozmístění pracovišť je ale stále velice široký pojem na to, abychom mohli jednoduše výrobu označit za technologicky orientovanou. Následující odstavce představí základní členění technologického rozmístění výroby[1].

Při prvním úhlu pohledu na technologické nebo někdy také tzv. dílenské uspořádání výroby samozřejmě v zásadě ctíme jeho základní podstatu ve vztahu k výrobním jednotkám nebo střediskům. Nejčastějším hlediskem členění jsou spíše skladové plochy v rámci celého výrobního procesu.

Je samozřejmě pravda, že prakticky na každém pracovišti se tvoří nějaká malá dílčí zásoba materiálu jak na vstupu tak i výstupu z pracoviště. Pokud nám tyto skladové plochy postačují v rámci celého výrobního procesu, můžeme v tomto případě hovořit o takzvaném řešení „**bez centrálního meziskladu**“ [1]. Je pravdou, že přeprava materiálu mezi pracovišti je více intuitivní a příliš neomezovaná zásadními pravidly a systémem řízení dopravy materiálu v rámci výrobního procesu. Jednoduše se přepravuje to, co je právě nejvíce potřeba.



Obrázek 1: Technologická prostorová struktura [1]

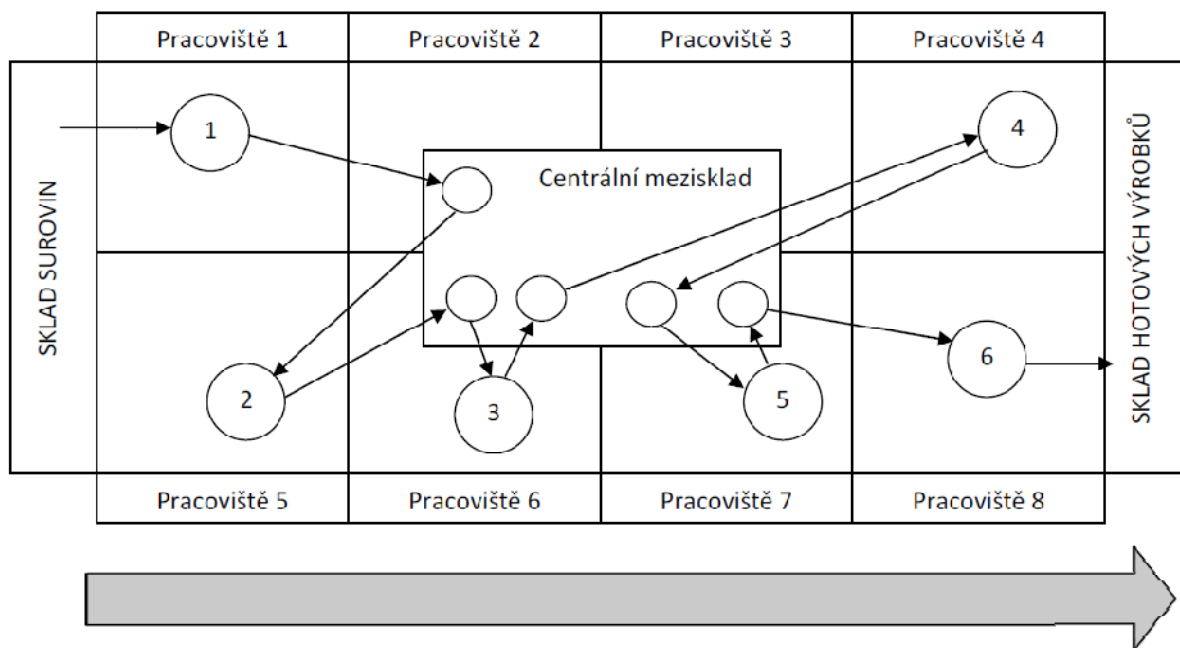
Na výše uvedeném jednoduchém schématu jsou uvedeny dva typy výrobků, které procházejí technologicky uspořádanou výrobou. Je zde rovněž patrné, tak samozřejmě ani jeden z výrobků neprochází výrobním procesem zcela jednoduše a plynule. Často se přesouvá někdy až nelogicky napříč dílnou a někdy se i vrací zpět. Pokud ale kvantifikujeme výrobní postupy jednotlivých vyráběných součástí, dojdeme k závěru, že rozmístění pracovišť je v zásadě neefektivnější.

Technologické rozmístění pracovišť (středisek) bez centrálního meziskladu bude určitě využitelné ve výroбах, kde je definována nižší norma zásob a rovněž i tam, kde je všeobecně nižší míra rozpracovanosti.

Logicky druhou základní možností oproti výše zmíněné, je technologické rozmístění „s centrálním meziskladem“ [1]. Tato varianta je protipól varianty první a do celého výrobního procesu vnáší na první pohled možná nelogické zásahy vnitřní přepravy materiálu, ale z hlediska systematičnosti a ve výsledku i efektivity celého procesu je tato možnost v jistých případech výhodnější.

Základní princip je postaven na faktu, že po každé provedené operaci na výrobku, má být tento převezen do centrálního meziskladu, kde bude připraven na další operace. Z hlediska řízení výroby je tato varianta velice výhodná, protože máme přesný a důkladný přehled o aktuální rozpracovanosti výroby a můžeme tak lépe vyvažovat celý výrobní proces, hledat úzká místa a provádět jejich optimalizace. Další výhodou je značná úspora samotné výrobní plochy, protože rozpracované výrobky nám již nezabírají místo přímo na pracovištích.

Z níže uvedeného schématu jsou jasně patrné i nevýhody, které jsou především vázané na nutnou vyšší manipulaci s materiálem.



Obrázek 2: Technologická prostorová struktura s centrálním meziskladem [1]

1.2.3. Předmětné rozmístění

Tento typ rozmístění pracovišť ve výrobě je orientován na samotný předmět výroby, tedy pracoviště jsou umístěna za sebou tak, aby jimi výrobek plynule procházel pokud možno po přímce a bez větších odchylek ze svého směru do expedičního skladu.

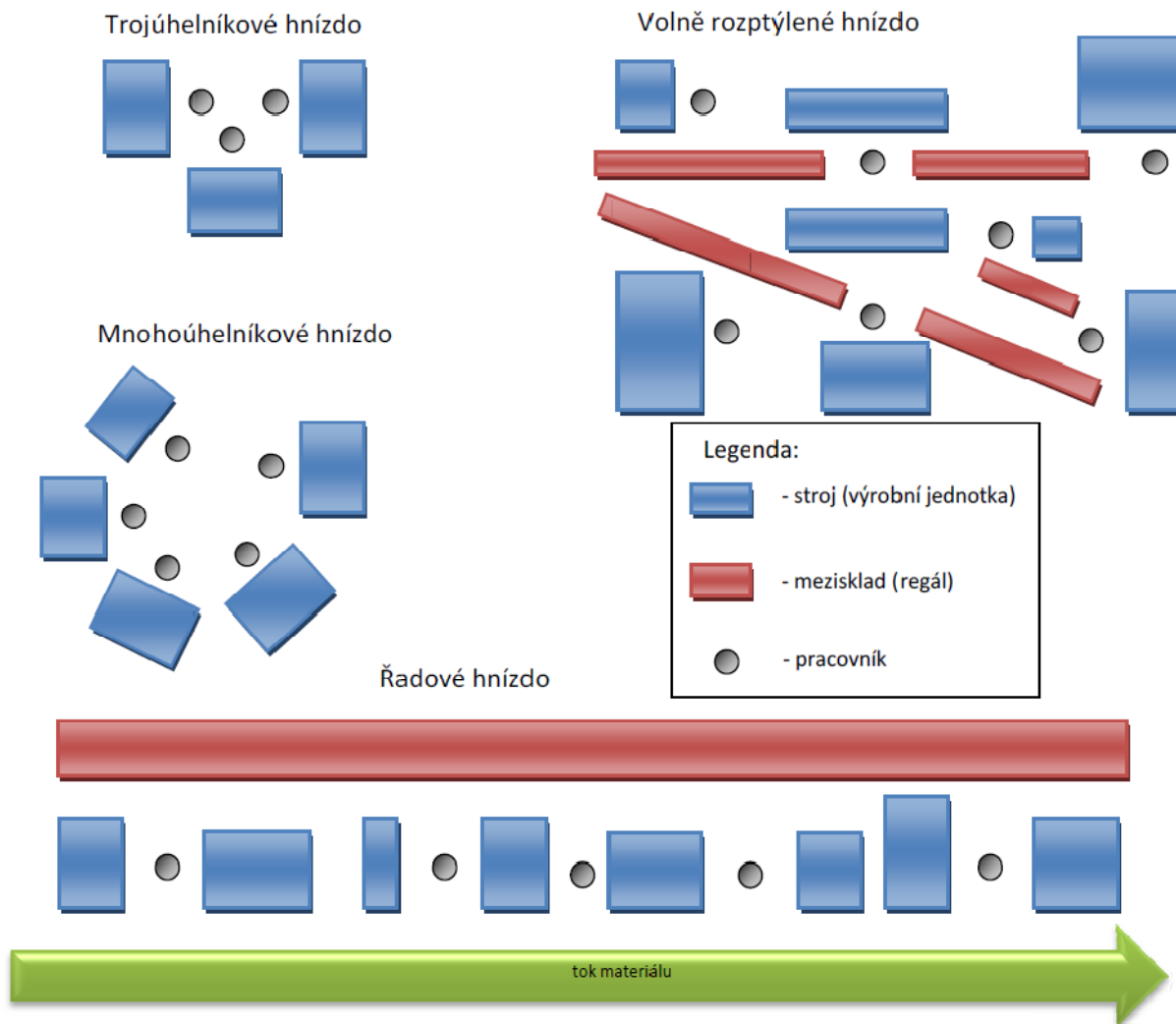
Prostorová struktura pracovišť orientovaná předmětně je ovšem velmi specifická a lze ji tedy použít ve skutečně dobře vyvážených a řízených výroбах. V následujících odstavcích si představíme základní kritéria pro nasazení předmětného uspořádání výroby [1].

Prvním kritériem je samozřejmě počet vyráběných kusů. Je evidentně nesmyslné nasazovat předmětný charakter uspořádání výroby na zakázkovou (kusovou) nebo dokonce i sériovou výrobu. Samozřejmě u velkých sérií vyráběných kusů už se pohybujeme na hranici mezi technologickým a předmětným uspořádáním [9]. Zde totiž už může hrát roli skutečně každá minuta ztracená zbytečnou manipulací s materiálem.

Kde je naopak předmětné rozmístění prakticky jasným předpokladem, to je logicky výroba hromadná, respektive výroba, kde se vyrábí vysoké množství minimálního počtu typů technologicky příbuzných výrobků.

Klíčové pro stanovení typu rozmístění, resp. hranice mezi sériovou (velkosériovou) a hromadnou výrobou je základní dělení předmětného uspořádání na dvě části (varianty). První z nich je tzv. hnízdové uspořádání. Tento typ je velmi blízký technologickému uspořádání s centrálním meziskladem. Místo centrálního meziskladu je zde ovšem využito možnosti, aby mělo každé pracovní hnízdo svůj vlastní skladovací prostor, do kterého putují výrobky dokončené na tomto pracovišti. Při tomto pojetí výroby není tedy obvykle stanoven žádný časový takt výroby a hnízda pracují v tzv. „volné časové návaznosti“ [8]. To ovšem neznamená, že se jedná o modifikované technologické uspořádání. Od toho se právě tato hnízdová varianta liší v zásadě tím, že je zde kladen velký důraz na plynulý tok

materiálu a to znamená, že pracoviště a stroje nejsou řazeny dle technologické příbuznosti, ale dle operací ve výrobním postupu aktuálně vyráběného výrobku.



Obrázek 3: Typy hnízdového prostorového uspořádání pracovišť [1]

Na uvedeném schématu je znázorněno několik variant hnízdového uspořádání strojů (pracovišť). Je tedy očividné, že hnízdo nemusí vždy připomínat jeho reálný tvar. Řadové nebo volně rozptýlené hnízdo je toho jasným příkladem. Volně rozptýlené hnízdo nám také může do jisté míry připomínat volné dílenské rozmístění strojů, ale v tomto případě je dané rozmístění uvnitř hnízda dáno materiálovým tokem daného výrobního procesu [10]. Je ovšem nutno dodat, že ve velkosériové praxi je volně rozptýlené hnízdo strojů prakticky nepoužitelné.

O něco zajímavější z hlediska použitelnosti v praxi hromadné výroby jsou už tzv. buňková hnízda (trojúhelníková, mnohoúhelníková). Prakticky je možné buňky aplikovat do řadového uspořádání, čímž vznikají praktické formy předmětné hnízdové struktury jako jsou například pružné výrobní buňky, integrované výrobní úseky – IVÚ nebo pružné výrobní systémy – PVS [1].

Je tedy hnízdové uspořádání v nějakém ohledu výhodné nebo se v zásadě jedná pouze o jakousi nástavbu na technologicky orientované pracoviště? Bezesporu jsou hnízda v dnešní praxi poměrně využívanou variantou prostorového uspořádání pracovišť ve výrobě. Jako jedna z výhod se dá určitě uvést možnost více-strojové [8] obsluhy jedním pracovníkem, tedy možnost, aby jeden pracovník obsluhoval více strojů v rámci jednoho hnízda. Tato možnost je efektivní vzhledem k nákladům na lidské zdroje, ale neměla by být prováděna na úkor přetížení pracovníka a s tím souvisejícími časovými ztrátami.

Jako jistá nevýhoda hnízdového uspořádání je, že jednotlivé stroje v daném hnízdě by měli mít pokud možno stejný časový takt. To znamená, že by operace prováděné na všech strojích v jednom hnízdě měli být stejně časově náročné, protože v opačném případě by tak mohlo docházet k hromadění rozpracovaných výrobků někde uvnitř hnízda. Jako optimalizační metodu je tedy vhodné aplikovat teorii úzkých míst na každé jedno hnízdo a vyvážit tak hnízda do přesných taktů.

Druhou variantou a zároveň i tou poměrně známější je klasické linkové uspořádání. Výrobní linky jsou využívány v hromadných výroбах úzkého sortimentu výrobků. Nejzářivějším příkladem těchto typů výrob je pochopitelně automobilový průmysl a jeho subdodavatelské výroby. Tento obor je všeobecně známým tahounem technologií a inovací nejen technických a technologických, ale také právě inovací z hlediska řízení výroby.

Samotná linková výroba se člení na dva základní typy [1]:

- Pružná linka
- Proudová linka

Dalo by se říci, že pružné linky jsou více předmětně určené pro výrobu vybrané skupiny součástí vymezené tvarem, rozměry, technologií výroby, velikosti výrobní dávky atd. Charakteristické je volné spojení mezi jednotlivými pracovišti linky, takže tok materiálu se může podle potřeby měnit jak v počtu, tak v pořadí prováděných operací. Výsledkem je technologická pružnost v rámci daného sortimentu produktů.

Vybavení pružné linky musí odpovídat jejímu základnímu charakteru. To v zásadě znamená, že pružná výrobní linka je vybavena většinou univerzálními stroji, které pochopitelně snadno reagují na eventuální změnu vyráběného sortimentu.

Tou pravou výrobní linkou takovou, jak je nejčastěji připomínaná, je teprve linka proudová. Flexibilita zmíněná u linky pružné, je zde prakticky nereálná. Proudová linka je skutečně tvrdě orientovaná na jeden výrobek se stabilním materiálovým tokem. Někdy je v této souvislosti použit pojem jedno-předmětová výrobní linka. Časová návaznost mezi jednotlivými pracovišti je řešena dvěma možnými způsoby [1]:

- Synchronizovaná výrobní linka
- Nesynchronizovaná výrobní linka

První jmenovaná varianta je pojmem pro absolutně pevně časově sladěnou výrobní linku, kdy celá pracuje v jednom taktu, tedy každé pracoviště má přesně stejný čas na vykonanou operaci. Předpokladem pro zavedení této synchronizace je dobrá analýza výrobního

postupu výrobku a následně dobře provedené časové studie jednotlivých operací. V dnešní době se k těmto účelům hojně používají počítačové simulace, které nám poměrně přesně určí úzká místa procesu a my tyk můžeme velmi pohodlně linku postupně vyladit do jednoho taktu. Vyladěním linky je prakticky rozuměno odstranění front, kde se hromadí rozpracovaný materiál. To můžeme provést neustálou dekompozicí výrobních operací až na jednotlivé drobné operace. Někdy ani tato metoda ovšem nestačí, protože některé operace jsou nepoměrně časově náročnější než ostatní. V takovýchto případech tedy využíváme jednoduchého duplikování některých pracovišť. Zde už se mohou v důsledku duplikace objevit na některém místě linky i výše zmíněná jednoduchá například trojúhelníková hnízda strojů, které provádí všechny absolutně totožnou operaci a rozpracované výrobky na ně přicházejí střídavě aktuálně vždy na stroj, který je aktuálně uvolněn.

Druhá možnost je proudová výrobní linka nesynchronizovaná. Pokud se poučíme z výše zmíněné varianty proudové linky synchronizované a jejího principu, je princip nesynchronizované proudové linky nasnadě. Přesněji řečeno každé pracoviště zde pracuje ve svém individuálním taktu a při přechodu na pracoviště jiné je zde využíváno tzv. transformačních zásob. Ty si můžeme představit jako odkládací plochu u výstupu z každého pracoviště, na kterou se hromadí rozpracované výrobky. Ovšem tyto zásoby rozpracované výroby jsou zde skutečně pouze proto, aby výrobní linka pracovala v plynulém chodu a žádné pracoviště nestálo. Některé společnosti si tuto variantu ovšem vykládají po svém a velice často to ve výrobních halách může připomínat spíš sklad rozpracované výroby než výrobní linku. Tím je naznačeno, že i přes transformační přechodové zásoby by měla být linka časově dobře sladěna v taktu, který je u pracovišť velice podobný [9].

Proudová výrobní linka [1] byla v podstatě zavedena za účelem dosažení maximální efektivity výroby a je s úspěchem v dnešní praxi běžně uplatňována. Ovšem neznamená to, že proudové výrobní linky jsou cílem každého výrobního závodu a kdo vyrábí technologicky orientovanou výrobou, je určen k zániku společnosti. Vše totiž závisí na charakteru výroby, počtu výrobků, jejich technologické podobnosti, respektive rozmanitosti vyráběného sortimentu apod. Dále taky bývá pravidlem, že profesní schopnosti u personálu obsluhující proudovou linku se od personálu v technologických univerzálních hnízdech velice liší. Je to samozřejmě logické. Pracovníci na proudových linkách jsou školeni často pouze na pár jednoduchých pohybů a úkonů, zatímco pracovníci na univerzálních strojích svůj obor velice dobře ovládají a jsou schopni vysoce kvalitně reagovat na jakoukoli změnu charakteru výroby [9].

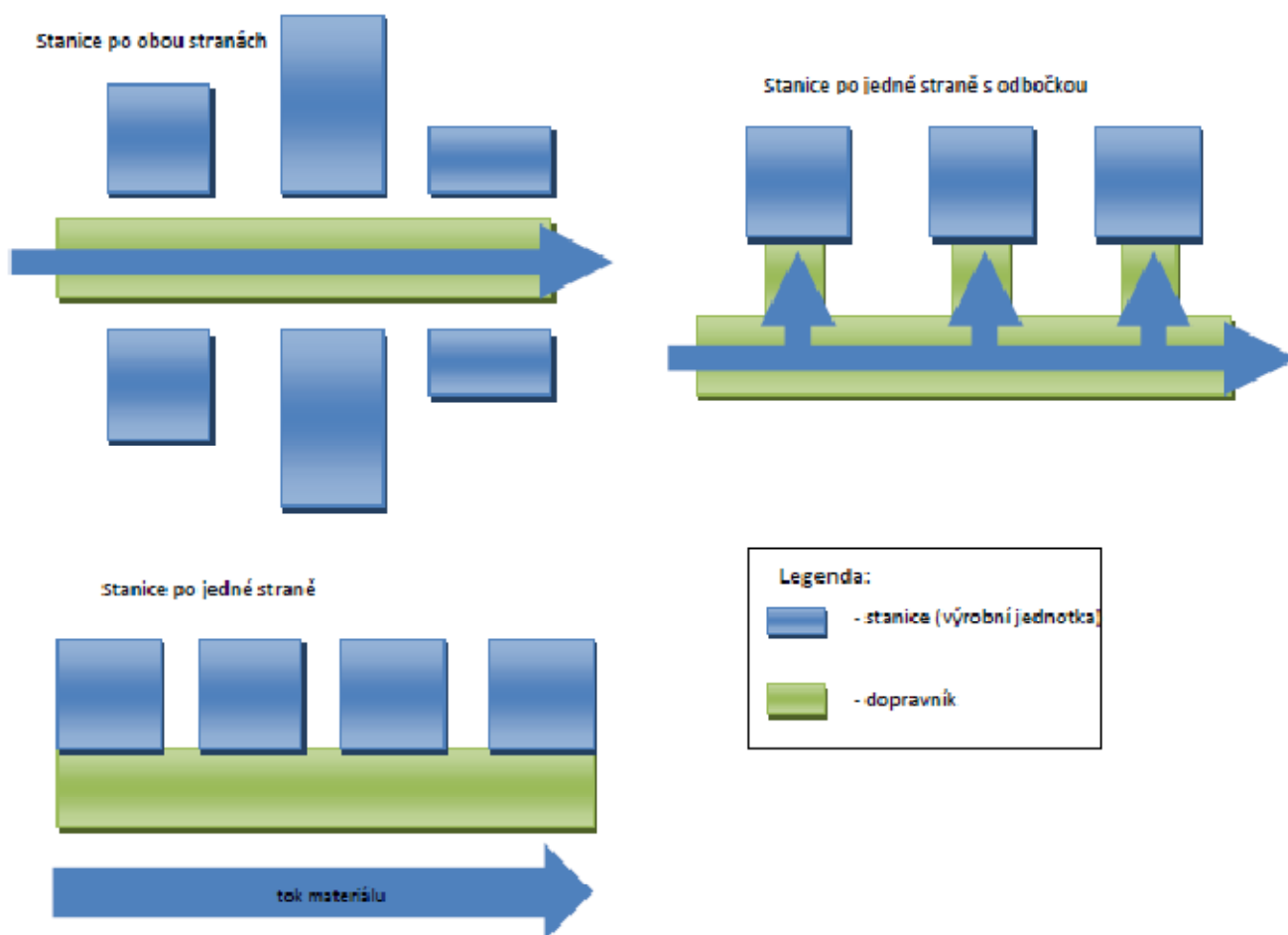
Zavedení proudové výrobní linky z ekonomického hlediska samozřejmě znamená nepoměrně vyšší investici, než zavádění výroby technologicky orientované. Do proudových linek velkou měrou v dnešní době již přispívá automatizace, což samozřejmě pořizovací náklady směřuje do někdy až astronomických dimenzí. Je paradoxní, že vysoké investiční náklady na vstupu nijak nekompenzuje případná nízká investice na eventuální změny ve výrobě. Spíše naopak. Přestavění a přeprogramování proudových linek je možná ekonomicky ještě náročnější, než jejich zavedení. Jak tyto vysoké náklady tedy alespoň trochu snížit? Příkladem nám může posloužit automobilový průmysl. Představa, že

s každým novým modelem vozu automobilky přestavují výrobní linky, je samozřejmě mylná.

V první řadě dnešní automobilky zpravidla nevyrábí svá vozidla od základu ve svých závodech, ale na jednotlivé komponenty mají různé subdodavatele. Proto se hovoří o tom, že automobilový průmysl je tahounem dnešní ekonomiky. Je na něm totiž závislé velké množství výrobních závodů.

Samotné závody automobilek tedy velice často fungují jako montážní linky, které mají za úkol zkrátka složit výsledný výrobek z toho, co jim přivezou subdodavatelé. To ovšem neplatí na všechny komponenty vozidla. Příkladem za všechny může být výroba karoserie, která se zpravidla vytváří na postupových automatizovaných lisech přímo v závodu. Pokud by tedy s každou změnou karoserie vozu museli automobilky přestavovat celou linku, nemohlo by se vyplácet vyvíjet stále nové typy vozidel. Tento problém je pochopitelně ošetřen pouhou výměnou lisovacích forem mezi čelistmi lisu, což není příliš nákladný zásah do výroby. Postu lisování zůstává stejný, jen se vytváří zkrátka jiné tvary.

Uveďme si ještě pouze přehledově možné varianty uspořádání výrobní linky:



Obrázek 4: Typy uspořádání pracovišť podél výrobní linky [2]

Jak vyplývá z výše uvedeného schématu, jednotlivé typy linek se od sebe liší skutečně jen pouhým rozmístěním výrobních jednotek od centrálního dopravníku.

- Tok výrobního materiálu
- Tok odpadů
- Tok pomocného materiálu
- Tok nářadí
- atd.

Ve stručnosti lze říci, že je nutné kalkulovat veškerý materiál, co se výrobní halou pohybuje.

Aby byla tedy výroba navržena kvalitně po všech stránkách, analýzy materiálových toků jsou základní stavební kámen pro projektování. To ovšem platí pouze pro určité typy výrobních procesů [8]. Ano je pravdou, že o přibližném materiálovém toku bychom měli mít přehled při navrhování každého typu výroby, ale analýza toku bude určitě vypadat jinak u výroby zakázkové technologicky orientované a jinak bude vypadat u proudové výrobní linky orientované výhradně předmětně.

V následujících odstavcích si představíme několik metod, kterými materiálový tok můžeme analyzovat a přispět tak ke zkvalitnění procesu projektování výrobního procesu.

1.3.1. Postupový graf

Velice jednoduchá, ale dobře názorná grafická metoda mapování materiálového toku. Metoda zachycuje v první řadě důležitá i méně důležitá (záleží na požadované podrobnosti analýzy) jednotlivá místa z výrobního postupu výrobku, tedy například číslo operace, její druh nebo její časovou náročnost.

Další informace, které získáme z postupového grafu, se už více týkají samotného materiálového toku. Například jsou uváděny hmotnosti přepravovaných materiálů, vzdálenosti mezi pracovišti, umístění skladů, velikost odpadu apod.

Abychom ovšem do grafu nemuseli dlouze vypisovat specifikace v daných místech výroby, je zavedeno jednotné značení tak, aby byl graf co nejjednodušší, ale zároveň přesný a spolehlivý [2].

V rámci přehlednosti grafů je důrazně doporučováno, aby se pro každý předmět (každý tok) vypracovával individuální postupový graf. Tyto jednotlivé grafy se po vypracování vzájemně porovnávají a můžeme tak relativně snadno optimalizovat a organizovat výrobní proces.

SYMBOL	ČINNOST
○	Výrobní (technologické) operace
⇒	doprava
□	Kontrola
△	Skladování
D	Prodleva (zdržení, čekání)
×	Nakládka a vykládka
⊥	Vážení
◊	Balení

Tabulka 1: Přehled symbolů postupového grafu [2]

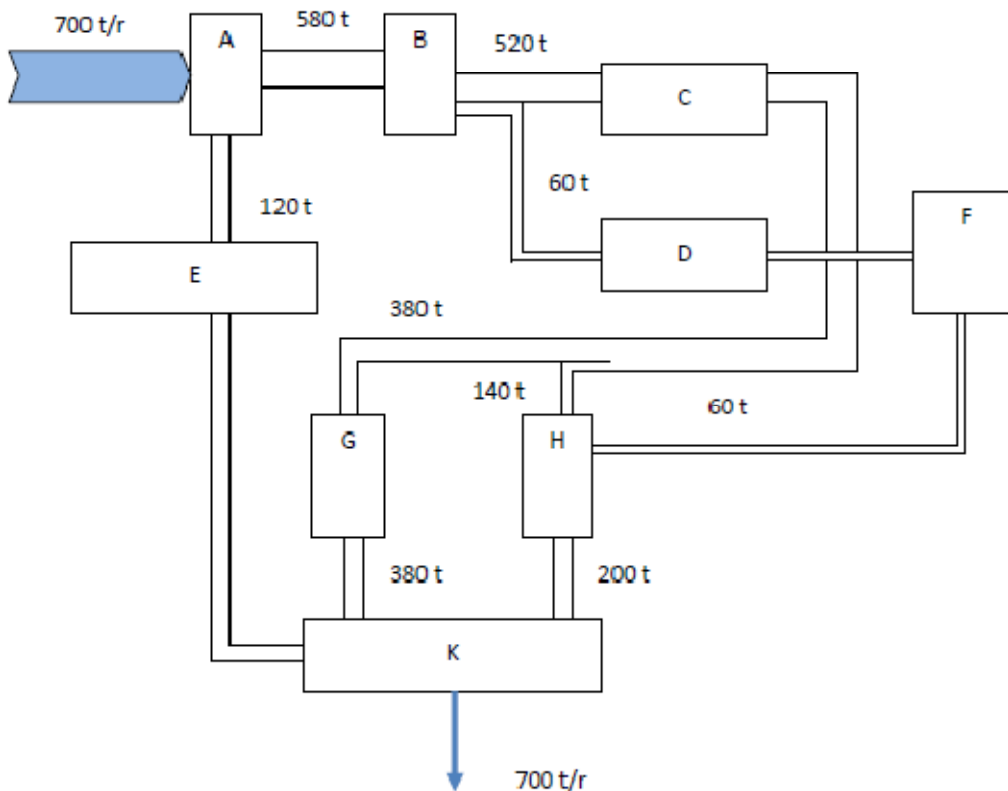
1.3.2. Sankeyův diagram

Velice přehledná a názorná grafická pomůcka při navrhování cest pro manipulaci s materiálem je právě Sankeyův diagram [2].

Teorie této metody je postavena na závislosti přepravovaný materiál – jeho intenzita. Abychom opět předešli nějakému složitému vypisování informací o přepravovaném množství materiálu a jeho intenzitě, je tento problém vyřešen zcela elegantně.

Údaje o intenzitě toku se do schématu k jednotlivým šipkám, znázorňujícím cesty, zaznamenávají pomocí dvou čísel, např. 520/120, což znamená, že daným místem proteče 520 jednotek určitého materiálu za určité časové období (t/rok, ks/směna, dávek/měsíc) a pod lomítkem pak udáváme délku dané dopravní cesty v délkových jednotkách. Celé schéma je vhodné kreslit v měřítku, jak délek cest, tak i proporci jednotlivých pracovišť, abychom získali skutečně věrný obraz skutečnosti [2].

Sankeyův diagram toto schéma modifikuje tím způsobem, že v něm vyjadřuje tok pouze jednoho typu materiálu, takže pro celou výrobu získáme několik těchto diagramů s různými prioritami, které odpovídají prioritám daných toků. Výhodou tohoto diagramu je, že zde na první pohled vidíme vytíženost jednotlivých cest, protože objem toku materiálu je zde vyjádřen šířkami jednotlivých šipek, znázorňujících cesty mezi pracovišti. Zde je měřítko velice důležitý předpoklad a je bezpodmínečně nutné jej dodržovat.



Obrázek 6: Sankey diagram [2]

1.4. Rozmíst'ovací metody

Nyní se blíže zaměříme na některé konkrétní rozmíst'ovací metody, které bývají zpravidla popsány matematickými algoritmy.

V projekční praxi se řeší převážně následující typy problémů [1]:

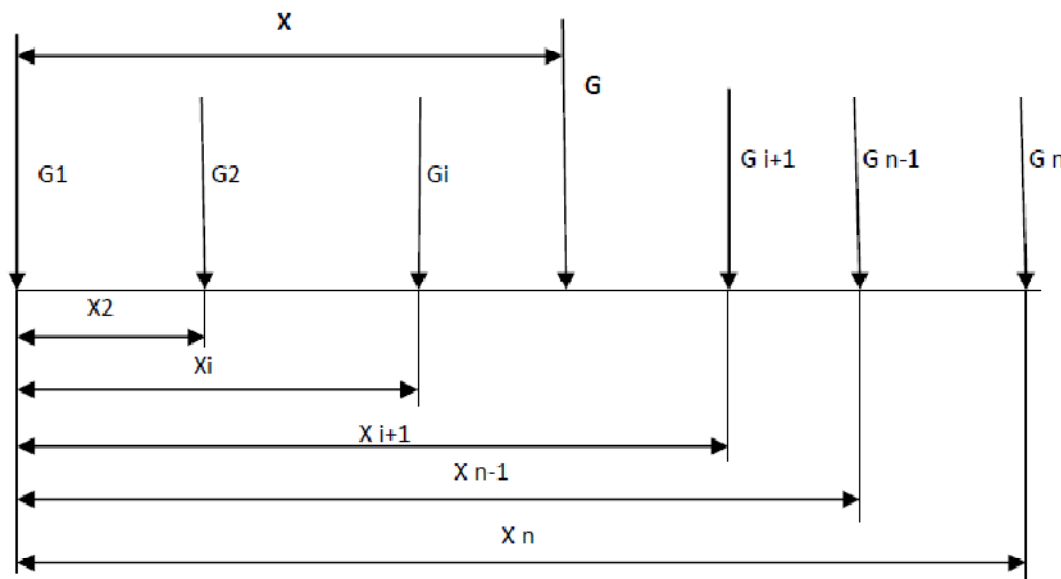
- Umístění jednoho stroje do stávající linky
- Umístění jednoho stroje do stávající technologické dispozice
- Umístění několika strojů do stávající technologické dispozice
- Rozmístění několika strojů do linky
- Rozmístění většího počtu strojů do technologické dispozice

Tyto výše zmíněné úlohy mají tedy převážně inovační charakter výroby. To znamená, že většinou existuje nějaká fungující výroba, kterou určitým způsobem chceme modifikovat, ať už naše modifikace má jakoukoli příčinu. Nástroje na správné projektování inovací jsou uvedeny v následujících kapitolách.

1.4.1. Těžištní metoda

V již zmíněném případě, kdy máme existující dispozici výrobní linky a potřebujeme do ní doplnit jedno pracoviště, je tato metoda vhodným a jednoduchým nástrojem, který nám dává přibližný výsledek vhodného umístění nového pracoviště.

Princip, na kterém je tato metoda založena je velice jednoduchý a má své kořeny v oboru mechanika, konkrétně statika. Vhodné umístění nového pracoviště je totiž posuzováno z hlediska jeho vztahů se stávajícími pracovišti respektive z hlediska objemů jednotlivých vzájemných materiálových toků. Graficky se tato metoda řeší právě v analogii s grafickými metodami statiky [8]. Jednotlivé objemy toků materiálu si lze představit jako rovnoběžné síly v odpovídajících velikostech a vzdálenostech. Nyní pomocí metody vláknového polygonu snadno sestrojíme jejich těžnici, která nám udává právě ono vhodné umístění nového pracoviště. Názorně je tato metoda uvedena na následujícím schématu.



Obrázek 7: Těžištní metoda graficky [2]

1.4.2. Mooreova metoda

Tuto metodu rozmístění je vhodné používat spíše při technologicky orientovaném uspořádání výroby. Předpokládáme, že chceme do stávající výroby zavést několik nových strojů respektive pracovišť. Dalším předpokladem je, že známe veškeré objemy materiálových toků mezi stávajícími i nově umístěnými pracovišti (stroji) a že v současném dispozičním řešení výroby jsou stále ještě volná místa pro nová pracoviště.

Metoda a její postup řešení se dá nejlépe formulovat matematicky. Prvním krokem je sestavení tzv. matice vzdáleností značená „L“. Zde počet řádků odpovídá počtu stávajících strojů a počet sloupců počtu disponibilních míst pro nové stroje. Hodnotami zde jsou potom jednotlivé vzdálenosti mezi stroji [2].

Druhým krokem postupu je sestavení tzv. matice přepravních objemů značená „V“. Zde počet řádků odpovídá počtu nových strojů a počet sloupců počtu stávajících strojů. Hodnoty vynášené do této matice jsou objemy toků materiálu mezi jednotlivými stroji.

Pokud mezi některými dvěma stroji (pracovišti) žádný materiál neproudí, je na tomto místě v matici pochopitelně nula.

Třetím krokem, který nám už dává řešení, spočívá ve výpočtu třetí matice, tzv. matice účinnosti (efektivnosti) značená „T“. Tato matice je dána vektorovým součinem dvou předchozích matic, takže $T = V \times L$ [2]. V matici účinnosti počet řádků odpovídá počtu nových strojů a počet sloupců počtu disponibilních míst pro nové stroje. Hodnoty této matice jsou tzv. „dílčí hodnocení efektivnosti“ při umístění určitého nového stroje na určité volné místo. Jinými slovy se dá tento výsledek nazvat jako dopravní výkon (=objem násobený vzdáleností) [2].

Takto provedený postup řešení a tento výsledek nám připravuje překážku, která je nazývána jako tzv. „přiřazovací problém“. Tento problém se dále řeší pomocí lineárního programování.

1.4.3. Metoda vážených průměrů (Noyova metoda)

V případě, že má podnik fungující linkovou více-předmětnou výrobu a jeho cílem do ní je zavedení několika strojů, je tato metoda vhodným nástrojem pro realizaci tohoto procesu. Tato metoda je trochu idealistická ve vztahu vzájemných vzdáleností jednotlivých strojů, respektive je považuje za jednotkové, neboť předpokládá, že jsou v řadě za sebou a zaujímají přibližně stejnou pracovní plochu. Počítáme zde pouze s jejich vzdáleností ve vztahu k celé lince, takže uvažujeme pouze pořadí daného stroje v lince.

Jako všechny ostatní rozmisťovací metody, je i tato založená na analýze materiálového toku, dále je důležitou výchozí hodnotou sled operací vyráběných výrobků. Na základě znalosti těchto dvou aspektů je samozřejmě přehledným způsobem zaznamenáváme do tabulek, abychom měli dostatečně pevný základ pro aplikaci metody [2].

Nyní se ocitáme ve fázi, kdy zvažujeme rozmístění jednotlivých strojů na různá místa linky (v řadě). Toho docílujeme tak, že z výše zmíněných informací vypočítáváme tzv. vážený průměr možného místa v řadě. Jinými slovy můžeme říci, že se jedná o průměrné pořadí vážené objemem materiálu.

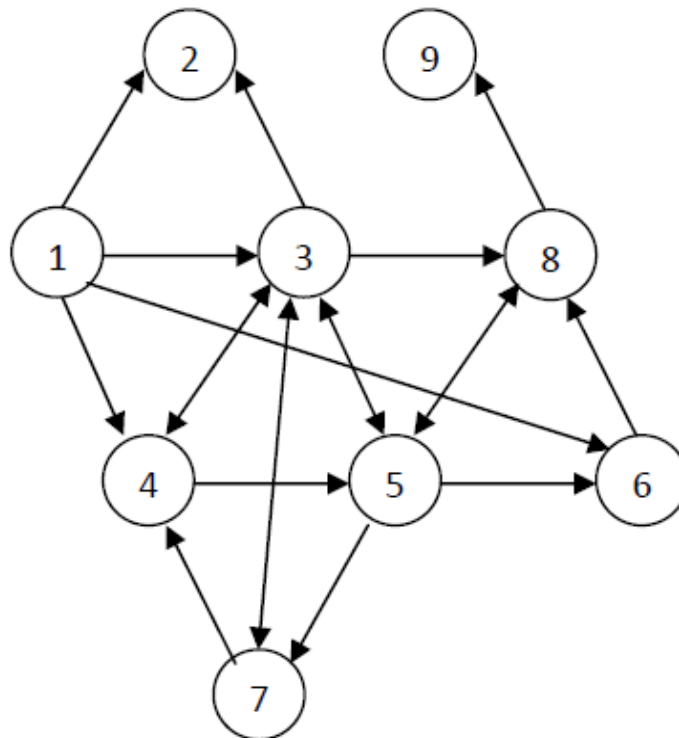
1.4.4. Trojúhelníková metoda

Jednou z nejobecnějších rozmisťovacích metod je právě tato. Řeší úlohy, kdy potřebujeme „n“ výrobních jednotek (strojů) rozmístit do výrobní plochy na „n“ disponibilních míst a přitom se snažíme, aby přepravní výkon mezi jednotlivými pracovišti byl v rámci našich možností minimální.

Docílujeme toho velmi jednoduchou, ale účinnou úvahou. Rozmísťujeme totiž výrobní jednotky postupně tak, abychom v první řadě do nejkratší vzájemné vzdálenosti rozmístili od sebe jednotky s nejobjemnějším vzájemným tokem materiálu [9]. Tuto dvojici pak doplníme třetí výrobní jednotkou tak, že tvoří rovnostranný trojúhelník. Tímto způsobem pokračujeme dál, čímž nám vzniká celá síť rovnostranných trojúhelníků. Důležitým předpokladem je zde fakt, že plochy výrobních jednotek i disponibilních míst uvažujeme přibližně stejné.

Postup metody je zachycen v následujících bodech [2]:

- Sestavíme přehled vzájemných přepravních vztahů všech výrobních jednotek souboru pomocí šachovnicové tabulky. Z této tabulky vytvoříme směrově orientovanou matici „V“ obousměrných objemů toku materiálu mezi výrobními jednotkami.
 - Seřadíme všechny přepravní vztahy podle velikosti (sestupně) a sestavíme tabulku významnosti přepravních vztahů ve struktuře. Přepravní vztahy se shodnou velikostí materiálového toku řadíme podle příslušného operačního sledu.
 - Do připravené půdorysné sítě rovnostranných trojúhelníků rozmístíme dvě výrobní jednotky s největším objemem materiálového toku. Tato dvojice bude ležet na nejkratší spojnici, tedy dvou soustředných uzlech sítě.
 - Dále umístíme třetí výrobní jednotku a to takovou, která má nejvyšší společný přepravní vztah s rozmístěnou dvojicí.
 - Dále umístíme jednotku, která má nejvyšší přepravní vztah s již umístěnou trojicí výrobních jednotek.
 - Analogicky postupujeme při umísťování dalších výrobních jednotek, přičemž každá nová jednotka je umísťována do vhodného volného uzlu trojúhelníkové sítě.
- Výsledné schéma může potom vypadat například následovně:



Obrázek 8: Trojúhelníkové uspořádání pracovišť [2]

1.5. Optimalizace podnikových procesů

Každý proces musí být průběžně zlepšován - optimalizován. Pro podnik jako takový to tedy znamená, že bude neustále průběžně pracovat na tom, aby se procesy permanentně vyvíjely a posunovaly tak výrobu jako celek stále kupředu. Proto, aby mohl být proces stále zlepšován, je potřeba znalost údajů o jeho výkonnosti (schopnosti uspokojit potřeby zákazníka, průchodnost, časy - zejména různé čekací), efektivitě (spotřeba všech typů zdrojů) a schopnosti změřit změnu (optimalizaci). K samotné optimalizaci nám pak pomáhají optimalizační metody.

V dnešní době existuje celá řada různých metod optimalizace podnikových procesů, které jsou v praxi již hojně využívány. Jsou to zejména následující metody: [5]

- Kaizen,
- Total Quality Management (TQM),
- Business Process Reengineering (BPR),
- Theory of Constraints (TOC).
- Atd.

V zásadě existují na dva základní přístupy k optimalizaci podnikových procesů:

1. **Radikální zlepšování** procesů předpokládá, že jednorázová změna je nezbytná pro takzvané „narovnání“ procesů, které způsobí dramatickou změnu výkonnosti v podniku [4].

2. **Kontinuální zlepšování** procesů (Continue Process Improvement - CPI) předpokládá, že jednorázová změna v podniku je nejen efektivní, ale je i nedostatečná a dokonce škodlivá. Proto usiluje pouze o postupnou změnu podnikových procesů, která je pro organizaci lépe přijatelná [5].

Při jisté míře zjednodušení lze k radikálnímu zlepšování procesů přiřadit BPR a ke kontinuálnímu zlepšování procesů Kaizen, TQM a TOC.

V této práci byla použita pro řešení praktického příkladu metoda TOC, proto bude v následující kapitole podrobněji popsána.

Teorie omezení – Theory of constraints (TOC)

Klíčovou metodou pro optimalizace podnikových procesů je metoda TOC. Kořeny Theory of Constraint (TOC), česky překládané jako Teorie omezení, sahají do konce sedmdesátých let a jejím autorem je E. M. Goldratt. Goldratt je původem jaderný fyzik, který se začal právě v sedmdesátých letech zabývat logistikou, řízením výroby a operačním výzkumem. Právě pro Goldrattův původ je jím vystavěná teorie přísně logická. TOC vznikla zobecněním principů Optimized Production Technology (OPT), což byla metoda určená pro řízení výroby. Někdy je též TOC označován jako Constraints Management a právě toto spojení naznačuje co je cílem TOC - řídit omezení.

TOC jako výchozí základ používá systémový přístup, dívá se tedy na organizaci (systém) z globálního pohledu. Nezajímá ji, jak fungují jednotlivé části celku, ale jak funguje celek. Jednotlivé části systému se musí podřítit cíli, který si daný systém určil. Tomuto globálnímu pohledu odpovídá jak metrika, tak metody řešení problémů včetně jejich nástrojů.

Tento přístup tedy předpokládá [5]:

- každý systém je součástí většího systému,
- systém má cíl, který chce dosáhnout,
- systém jako celek je více než pouhý součet jeho částí,
- úsilí systému je omezeno jednou proměnnou (nebo velmi málo proměnnými).

Každý systém je součástí většího systému. To je předpoklad, který zdůrazňuje vnitřní a vnější provázanost zkoumané části reality (systému) nejen se svými jednotlivými subsystémy, ale i s nadřazenými částmi systému.

Cílové chování systému je jednou z nezbytných podmínek chování každého systému, který chce být z dlouhodobého hlediska životaschopný. Od vytyčeného cíle se odvíjí strategie a způsob jejího naplnění. Dle TOC je cílem podniku generování peněz nyní i v budoucnu.

Je zřejmé, že celý systém bude fungovat lépe, jestliže jeho **jednotlivé části budou podřízeny úsilí celku** k dosažení vytyčeného cíle, než kdyby každé části celku sledovaly a plnily své částečné (lokální) cíle. Plnění těchto lokálních cílů neznamená ve výsledku plnění cíle globálního.

Každý je limitován omezením, protože jinak by svých cílů dosahoval neomezenou rychlostí a v neomezeném čase. Těchto omezení je vždy jen několik. Zde je nutno poznamenat, že je nezbytné každý systém důkladně analyzovat a jednoznačně určit, co je skutečné omezení (a tudíž prioritou při přeměně systému) a co není.

Obecně omezení (úzké místo) je takové místo, které brání systému v dosažení jeho cíle. Vztaženo na zdroje, omezení je takové místo, jehož kapacita je menší nebo které má maximálně stejnou kapacitu jaká je poptávka po tomto místě. Takové úzké místo v podniku je jen jedno, maximálně však několik. V praxi to znamená, že organizace nemůže realizovat větší výstup, než jaká je maximální kapacita úzkého místa.

Základní typy podnikových omezení [6]:

- zdrojová a kapacitní,
- časová,
- hodnocení a měření,
- prodejní,
- organizační,
- komunikační,
- kulturní.

Omezení zdrojová a kapacitní (někdy i časová) jsou poměrně snadno identifikovatelná a tudíž není zpravidla problém změnit výrobní systém tak, aby tato úzká místa nebránila v úsilí systému v dosažení jeho cíle. Tato omezení mohou být způsobena např. strojem s nedostatečnou kapacitou, s vysokým podílem zmetků, často poruchovým pracovištěm, nedostatkem kvalifikovaného personálu a nedostatkem výrobních ploch. Toto je pouze jedna skupina zdrojových omezení, další mohou být např. nedostatek kapitálu, omezená kapacita dodavatelů, omezená kapacita odběratelů.

I když jsou odstraněna zdrojová a kapacitní omezení ve výrobním systému (**physical constraints**), často se stává, že s těmito omezeními nadále počítáme a podnik je tak stejně omezen. Tato omezení se v literatuře nazývají **policy constraint** a týkají se podnikové kultury, tradic, zvyků, vzdělávacího systému atd [5].

Policy constraint vznikají v systému tehdy, když je podnikové úsilí zaměřeno nesprávným směrem. Nesprávný směr je jakýkoliv směr, který nevede k odstranění úzkých míst (popřípadě je dokonce vytváří) a nevede tedy k dosažení určeného cíle.

TOC přistupuje ke změnám v organizaci kontinuálním způsobem (CPI), někdy též označované za POOGI (Process Of Ongoing Improvement), tomu také odpovídá tzv. Five Steps Of Focusing (5 kroků zaměření).

5 kroků měření [6]:

1. identifikace úzkého místa,
2. využití úzkého místa na 100%,
3. podřízení podniku tomuto úzkému místu,
4. rozšíření tohoto úzkého místa,
5. vše znovu od začátku.

Paralelně s tímto přístupem TOC pomáhá odpovědět na otázky [6]:

- co změnit,
- na co to změnit,
- jak takovou změnu realizovat.

V současné době je pod pojmem Teorie omezení skryto velké množství metod a nástrojů (viz Tabulka 2) a dále poskytuje velké množství doporučení do mnoha oblastí podnikové reality od výroby, prodeje, distribuce až po personalistiku a strategii [5].

Metody TOC	Oblast použití
Drum – Buffer – Rope	Řízení výroby
Optimized Production Technology	Řízení výroby
Critical Chain	Řízení projektů
Buffer management	Řízení projektů a výroby
Thinking process	Řízení změn

Tabulka 2: Přehled metod TOC [5]

Shrne-li se vztah systému a metod, je patrné, že každý systém má omezení, které je možné řídit pomocí metod TOC.

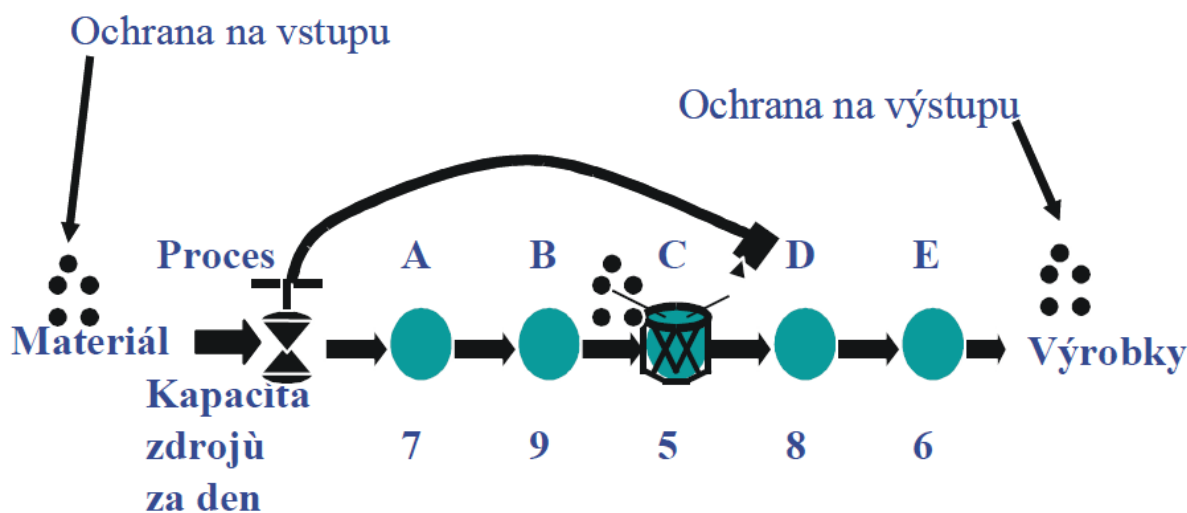
Nyní si ve stručnosti představíme první dvě metody teorie omezení, neboť je z nich čerpáno v následné případové studii.

Drum – Buffer – Rope (DBR)

Metoda Drum - Buffer - Rope (DBR), se využívá při řízení výroby a dodavatelských řetězců. DBR je společně s OPT pravděpodobně jednou z prvních metod TOC.

Podstata toho způsobu řízení vychází z představy, že úzké místo podobně jako buben (drum), udává rytmus celému výrobnímu systému. Před úzkým místem se vytváří zásobník (buffer), který zabezpečuje jeho plynulou činnost a vysoké využití. Tímto způsobem vzniká mezi úzkým místem a vstupním místem vztah. Tento vztah je v podstatě zpětná vazba, která se nazývá lano (rope), které tahá díly z předcházejících pracovišť a určuje tak jejich počet.

Na obrázku (viz. Obrázek 9) je vidět jednoduchý systém, který se skládá z pěti zdrojů. Zdroj C je omezení, protože má nejnižší kapacitu, před ním je umístěn ochranný zásobník omezení, řídicí mechanismus je patrný od tohoto omezení na začátek systému. Ochranný zásobník je ještě umístěn na začátek systému, jako ochrana proti možným nepříznivým jevům ze strany dodavatele. Poslední zásobník se nalézá na konci systému, jako ochrana v případě, že se sníží průtok úzkým místem [5].



Obrázek 9: Metoda Drum - Buffer - Rope (DBR) [5]

Z toho vyplývá, že OPT, DBR a TOC stojí mimo klasické rozdělení přístupů k řízení výrobních systémů na PUSH a PULL.

Systém DBR řídí výrobní systém právě s ohledem na úzká místa, tzn., že celé úsilí systému je zaměřeno na toto místo. Úzké místo si natahuje materiál z předešlých operací (pull), naopak za úzkým místem je materiál tlačěn (push).

Poměrně v nedávné době byla metoda DBR aplikována na dodavatelské řetězce a tato aplikace je podobná jako ve výrobě.

Optimized Production Technology (OPT)

Tato metoda není klasickou optimalizací v přesném slova smyslu, předpokládá se, že finitní plánování je praktickým řešením plánování výrobní soustavy a zvýrazňuje detail, který spočívá v rozpoznání úzkých a neúzkých míst a vedení toku materiálu výrobní dílnou. OPT se dále také zaměřuje na časy pro nastavení stroje, míru dávek, přednosti a rozložení jevů podle průběhu jejich nahodilosti.

Principy OPT jsou založeny na 10 pravidlech [7], které podporují firmu při dosažení jejího ideálu (tj. generování finančních prostředků do podniku). Osm pravidel se zabývá náležitým plánováním a zbylá dvě pravidla se zabývají ochranou před tradičními přístupy k měření výkonnosti.

1. pravidlo: Využití (vytíženost) neúzkého místa nebo určena jeho kapacitou, ale jiným omezením v systému.
2. pravidlo: Vytíženost a aktivace zdroje nejsou totéž.
3. pravidlo: Hodina ztracená na úzkém místě je ztrátou celého systému.
4. pravidlo: Hodina ušetřená na neúzkém místě nemá smysl – je jen iluzí.
5. pravidlo: Úzká místa určují propustnost a výši zásob v systému.
6. pravidlo: Dopravní dávka by neměla (a v mnoha případech nesmí) být rovna výrobní dávce.
7. pravidlo: Výrobní dávka by neměla být fixní, ale proměnná.
8. pravidlo: Kapacity a priority by měly být uvažovány souběžně a ne sekvenčně.
9. pravidlo: Je potřebné vyrovnávat tok materiálu ne kapacity.
10. pravidlo: Suma lokálních optim není rovna optimu celku.

Princip OPT se může přirovnat k řetězu, u kterého nezjišťujeme hmotnost, ale celkovou pevnost, která je dána pevností nejslabšího článku. Celý tento přístup se zabývá a identifikací tohoto úzkého místa se snahou maximálně ho využít. U zbylých pracovišť není nutné plné vytížení, a z tohoto pohledu například stojící „neúzký“ stroj není podle OPT problémový, pokud nevyvolá čekání „úzkého“ místa. To stanovuje ve skutečnosti tempo průtoku veškerým výrobním systémem.

Také možné investice do zdokonalování se vyplatí pro zkrácení času na „úzkém“ místě, kde naspořená minuta znamená vyšší průchod výrobním systémem a vyšší příjmy pro podnik. Na druhé straně cenu investovat do strojů, které nejsou omezením systému a u nichž by zrychlení znamenalo jen delší dobu čekání [7].

2. Představení společnosti a produktových řad

Po teoretickém základu projektování a optimalizačních procesů ve výrobě se tedy již můžeme plně zaměřit na praktický případ racionalizace v prostředí reálného výrobního podniku.

2.1. Představení společnosti

Praktickou aplikaci teoreticky dosažených poznatků budeme realizovat ve společnosti Kermi s.r.o. ve Stříbře.

Tato společnost je na českém trhu od roku 2003 a působí zde jako dceřiná společnost švýcarského holdingu AFG Arbonia-Forster-Holding AG.

Pobočka ve Stříbře (Kermi) se konkrétně zabývá výrobou designových sprchových koutů a topných těles. V tomto oboru je Kermi dnes pokládáno za evropskou špičku, což dokazuje i fakt, že v roce 2010 závod ve Stříbře rozšířil výrobu o další výrobní halu.



Obrázek 10: Ukázka sortimentu společnosti Kermi [3]

2.2. Produktová řada Basic 50 (B 50)

Jedná se o koupelnové topné těleso vyráběné v několika variantách, které budou představeny níže.

2.2.1. Varianta B 50

Nástěnné topné těleso s bočním profilem D. Vyrábí se ve 4 délkových variantách:

- 804 mm
- 1172 mm
- 1448 mm
- 1770 mm

Každá z těchto délkových variant má 4 další varianty šířky tělesa, respektive vzdálenosti bočních profilů od sebe. Rovněž je možná i variabilita připojení přívodu a odvodu vody z tělesa. Standardní varianta je ale přívod a odvod vody ve spodní trubce tělesa.

Pokud nebudeme uvažovat varianty přívodů vody, lze říci, že produkt B 50 je možné vyrábět celkem v 16 rozměrových variantách, čemuž musí samozřejmě odpovídat i možnost seřízení výrobních strojů.



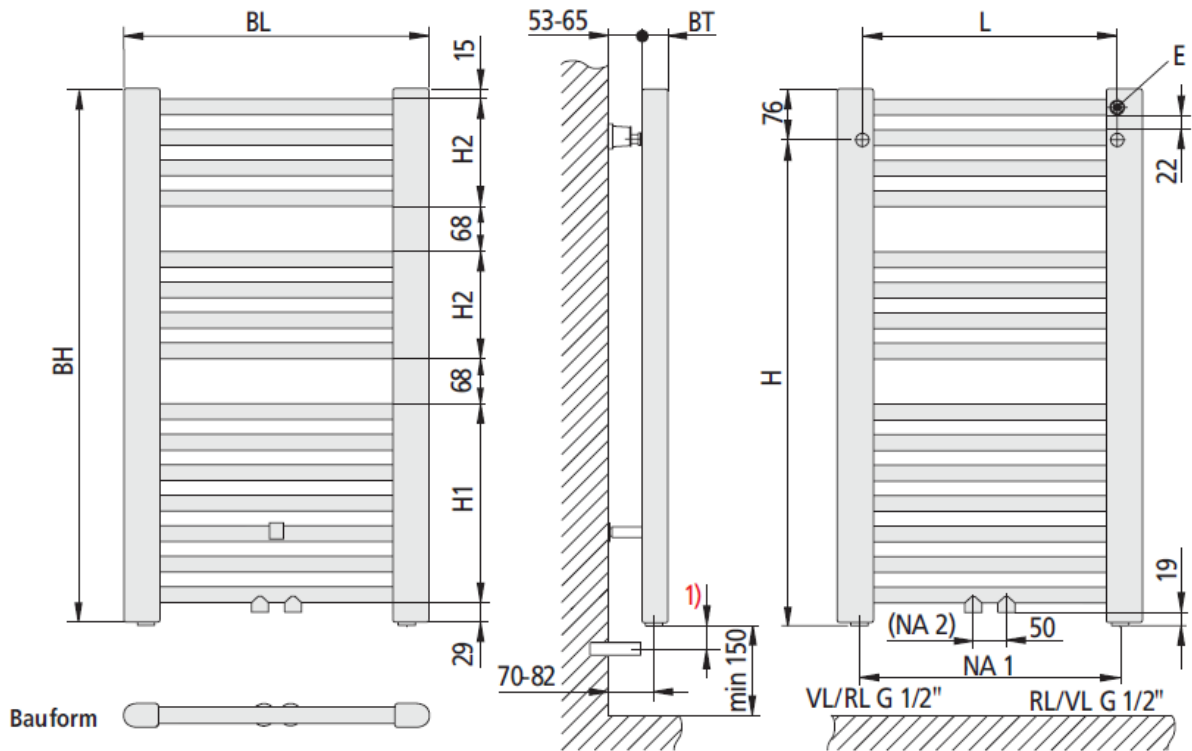
Obrázek 11: Varianta B50 [3]

2.2.2. Varianta B 50 R

Toto těleso je prakticky pouze designovou modifikací předchozí varianty B50. Spočívá v ohnutí příčných trubek do radiusu. Vzhledem k tomu, že případné ohýbání se provádí až po celkovém sesazení tělesa, není tato varianta výrazným zásahem do celkové technologie výroby. Spočívá vlastně v pouhém přidání jedné operace do celkového výrobního procesu.



Obrázek 12: Rozdíl mezi B50 a B50 R [3]



Obrázek 13: Parametry tělesa B50 [3]

Topná tělesa B 50 existují i ve variantách „chrom“, což spočívá až ve fázi finální úpravy povrchu a lakování. Náš úsek výroby ovlivňují především rozměrové varianty a varianta B 50 R. Jak již bylo řečeno, existuje tedy celkem 16 možných rozměrových variant tělesa B 50. Stejný počet rozměrových variant existuje i v provedení R, tedy zaoblení příčných trubek.

3. Analýza současného stavu

Zjištění současného stavu výroby je naprosto klíčovou záležitostí pro určení dalšího postupu práce. Slouží nám jako odrazový můstek k tomu, abychom dle teoretických poznatků dokázali určit, kde se současná výroba nachází a kde jsou její úskalí. Na základě toho můžeme dále rozhodnout, jaká opatření bude třeba přijmout, aby se výroba stala efektivnější.

3.1. Představení výrobního postupu

Předmětem této studie není celý výrobní proces tělesa B 50 od přijetí komponent do vstupního skladu až po výstup z expedičního skladu. My se zaměříme na část vstupu bočních profilů a příčných trubek do výroby, jejich následné sestavení do jednoho celku a výstup do dalšího technologického úseku letování celého topného tělesa.

V následujících bodech projdeme a charakterizujeme jednotlivé části výroby.

3.1.1. Centrální sklad

Je vstupním skladem výroby topných těles nejen pro typ B 50. Jsou zde skladovány součásti potřebné pro výrobu těles. Především potom boční profily typu D. Ty jsou do skladu přiváženy již v požadovaných délkách a není nutné je před samotnou montáží tělesa nijak upravovat. Pro výrob tělesa jsou potřebné 2 typy bočních profilů, levé a pravé. Z toho plyne, že ve skladu musí být ke každé paletě levých profilů, uložena i paleta profilů pravých.

Dále jsou zde skladovány příčné trubky tělesa a to vždy v délce 6 m. Z toho vyplývá, že trubky je nutné ještě před vstupem do montáže řezat na požadovanou délku dle různých rozměrových typů topných těles.



Obrázek 14: Skladované příčné trubky



Obrázek 15: Skladované boční profily v požadovaných délkách

3.1.2. Pila a mezisklad před montáží

Jak již bylo řečeno, boční profily jsou do společnosti dodávány již v potřebných rozměrech, takže mohou jít rovnou ze skladu do montáže.

Jinak je tomu ovšem v případě příčných trubek, které je nutné před montáží ještě nařezat na požadovanou délku.

Před samotnou montáží je proto umístěna pila a dále mezisklad trubek. Vzhledem k tomu, že rozměrové varianty příčných trubek jsou 4 a zároveň vzhledem k tomu, že se zde nevyrobí pouze typ B 50, je nutné příčné trubky řezat do meziskladu, aby měly následné výrobní dávky vždy dostatečnou zásobu pro jejich realizaci. Příčné trubky jsou na pile zároveň kalibrovány a z meziskladu odchází do montáže ve výrobních dávkách systémem KANBAN.



Obrázek 16: Pila pro dělení příčných trubek topných těles



Obrázek 17: Mezisklad před montáží

3.1.3. Sesazování bočních profilů a trubek

Základní operací montáže topných těles B 50 je tzv. sesazení bočních profilů (trapéz) a příčných trubek. Za tímto účelem jsou ve výrobní hale k dispozici 2 pracoviště – sesazovací automaty:

- D122 – pracoviště určené výhradně pro sesazování typu B 50. Na pracovišti je v současnosti dvousměnný provoz, automat není ovšem vytížen na 100 %.
- D123 – tento sesazovací automat je určen pro více typů topných těles. Stejně jako v případě stroje D122, i zde je dvousměnný provoz. Stroj je plně vytížen s produktivitou za rok 2012 119%



Obrázek 18: Sesazovací automat D122

Vstupním materiálem pro sesazovací automat jsou tzv. trapézy, neboli boční „D“ profily a dále již dělené a kalibrované příčné trubky. Jak již bylo řečeno, trapézy přichází rovnou z centrálního skladu, trubky dělené na požadovanou velikost z meziskladu před výrobou.

Na pracoviště musí dorazit vždy 3 palety materiálu:

- Trapézy levé
- Trapézy pravé
- Příčné trubky

Obsluha vstupní materiál připravuje do zásobníků stroje, odkud si již automat již trapézy i příčné trubky odebírá a vkládá je do sesazovacího přípravku, seřízeného na danou

rozměrovou variantu tělesa B 50. Po vložení všech komponent do přípravků automat pomocí bočních pohyblivých čelistí sesadí trapézy a trubky dohromady. Důležité je si uvědomit, že se nejedná o lisování, ale pouze složení komponent do jednoho celku. Tento celek je však stále rozebíratelný a mohlo by tedy při neopatrné manipulaci dojít k rozpadnutí tohoto celku.

Takto sesazený celek odebírá z automatu obsluha a ukládá jej na výstupní paletu, která následně putuje na místo před další operací.



Obrázek 19: Trapézy připravené na sesazení v zásobníku automatu D123



Obrázek 20: Sesazená topná tělesa typu B 50

3.1.4. Bodování a víčkování

Operace navazující na sesazování. Jejím účelem je:

- Nasazení víček na oba konce trapéz a jejich následné přichycení bodovým svařováním
- Zajištění sesazeného tělesa proti příčnému rozpadnutí „bodováním“ několika trubek k trapézám.

Na výrobní hale jsou k tomuto účelu 4 pracoviště (D130, D131, D132, D133), které jsou využívány pro bodování ostatních typů topných těles. Tato 4 pracoviště nejsou využita na 100% a je zde opět dvousměnný provoz.



Obrázek 21: Bodovací pracoviště D132 - v nečinnosti



Obrázek 22: Bodovací pracoviště D131

3.1.5. Letování těles

Co se týká potřebných komponent, jsou topná tělesa B 50 již kompletní a zároveň zajištěna proti rozpadnutí bodováním z předchozích pracovišť.

Nyní je nutné všechny součásti spojit letováním. K tomuto účelu jsou ve výrobě k dispozici 2 letovací pece:

- Mahler – vytápěná zemním plynem, třísměnný nepřetržitý provoz
- Schwartz – elektrická pec. v provozu pouze při nahodilé potřebě zvýšení produkce výroby

Samotný proces vypadá tak, že ze prostoru, kde jsou skladována „nabodovaná“ tělesa si je odebrává obsluha na přípravné pracoviště před letovací pecí. Na tomto pracovišti obsluha ručně nanáší letovací pastu na všechny spoje na topném tělese, tedy spoje všech příčných trubek s trapézami a dále na spoje víček s trapézami.

Po tomto procesu obsluha pokládá připravené těleso na válečkový dopravník vedoucí k roztopené letovací peci. Zde při teplotě 250 °C letovací pasta zatéká do mezer mezi jednotlivé součásti a vytváří nerozebíratelný letovaný spoj.

Na výstupu z pece jsou tělesa ihned ochlazována a podrobena zkouškám těsnosti a tlakovým zkouškám. V případě, že by se objevil nevyhovující kus, je možné jej tak ihned vrátit pět a opakovat proces letování znovu.



Obrázek 23: Tělesa připravená k letování spojů



Obrázek 25: Letovací pec Mahler

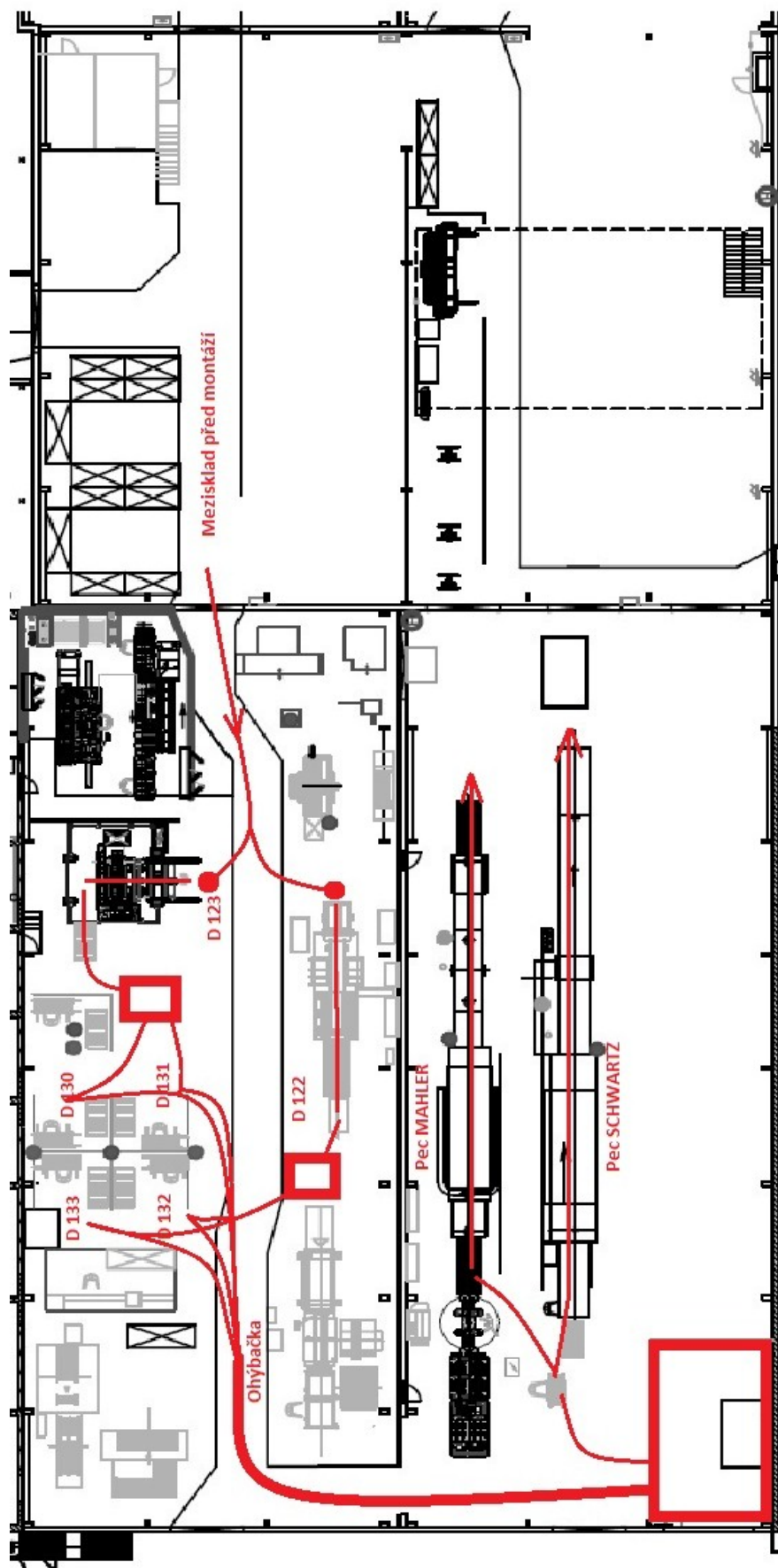


Obrázek 24: Letovací pec Schwartz

3.2. Analýza materiálového toku

Pro naše účely budeme brát v potaz vstup komponent vyráběného tělesa do výroby, resp. montáže, tedy moment první montážní operace sesazování trapéz a příčných trubek dohromady.

Na následujícím layoutu jsou vyznačena všechna výše zmíněná pracoviště. Zároveň je zde zaznamenán i průběh materiálového toku výrobním procesem, který je naším předmětem zájmu, tedy od vstupu na sesazovací automaty až po výstup z letovací pece.



Obrázek 26: Layout - současný materiálový tok

3.2.1. Materiálový tok a poznatky vyplývající z něj

Z analýzy materiálového toku vyplývá, že ve výrobní hale je hodně míst na skladování rozpracovaných výrobků. Celý tok je dále poměrně neplynulý a již na první pohled materiál cestuje příliš mnoho.

První problém je rozdělení toku na dvě části již při vstupu do výrobní haly. Je to dáno tím, že sesazovací automat D 123 není schopen pojmout veškerý příchozí materiál a je tedy nutné využít i stroje D 122. V případě, že bychom byli schopni zvýšit průtok na stroji D 123 natolik, že D 122 by byl nevyužit, docílili bychom tím první dílčí optimalizace celého výrobního procesu. V návrzích optimalizace se tedy zaměříme na toto pracoviště jako na jedno z hlavních témat.

Po sesazení těles následují 4 pracoviště určené k bodování příčných trubek k bočním trapézám. Tato pracoviště pracují rovněž značně nahodile a nejsou vytížena na 100%. Zásobována jsou navíc rozpracovanými výrobky ze dvou míst (D122, D123), což je poměrně nesystematické. Zlepšení situace by opět mohla řešit optimalizace předchozího pracoviště sesazování těles, kdy by se v případě redukce na jedno pracoviště dal jasně stanovit jeho průtok a tím pádem i využití pracovišť bodování.

V případě, že by výrobky na bodovací pracoviště vstupovaly jen z jedné strany, bylo by rovněž možné přizpůsobit tomu i jejich prostorovou orientaci a ušetřit tak další prostor ve výrobě.

I když jsme se doposud nezabývali variantou B 50 R, nyní je vhodné zmínit se o zařazení ohýbačky do výrobního procesu topných těles s tímto označením. Následuje totiž ihned po bodování a spočívá v ohnutí příčných trubek do požadovaného radiusu. Z výše uvedeného layoutu to bohužel není jasně patrné, ale vzhledem ke směru celkového materiálového toku je směr toku v ohýbačce přesně opačný, což působí značně nelogicky a zcela jistě by pouhé otočení tohoto stroje o 180° při nejmenším alespoň zpřehlednilo celý materiálový tok.

Dalším pracovištěm jsou letovací pece Mahler a Schwartz. Pec Mahler pracuje v nepřetržitém třísměnném provozu a je tedy plně vytížena. Pec Schwartz pracuje jen v případě nahodilé potřeby. Tato potřeba ovšem zpravidla není dána nutností vyšší produktivity výroby, ale naopak je vyvolána téměř periodicky v případě, že se rozpracované výrobky před pecí nahromadí natolik, že by již zabíraly více než jim vymezené skladovací místo. Najíždění elektrické pece Schwartz je velice nákladné, ale i přes tento fakt se stále vyplácí ji spouštět nahodile.

Pokud si tedy materiálový tok zrekapitulujeme, dojdeme k závěru, že úzkým místem tohoto úseku výroby je již první operace, tedy sesazování těles do jednoho celku. Prvotním cílem bude navrhnout takové úpravy, které by umožnili soustředit celou výrobu topných těles B 50 pouze na jeden sesazovací automat D 123 a tím ušetřit výrobní prostor, který v současnosti zabírá automat D 122.

Dalším cílem je zefektivnit výrobu natolik, aby letovací pece mohli pracovat obě paralelně a byly plně vytíženy. Tento cíl je pochopitelně zatím pouze teoretický, neboť není zcela zaručen odbyt pro vyrobené kusy a to především z důvodu, že výroba topných těles ve společnosti Kermi, je výroba zakázková.

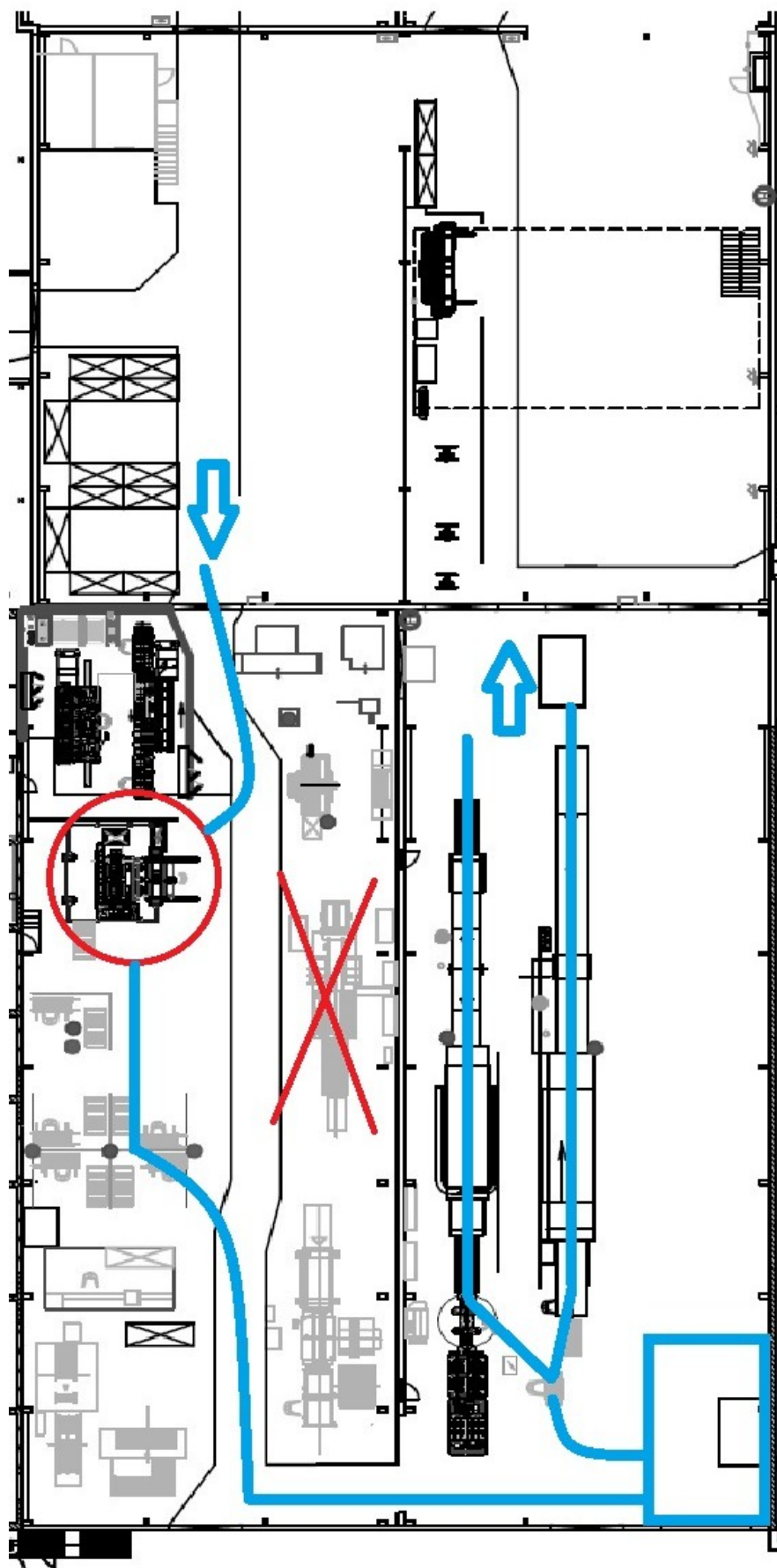
3.2.2. Nalezení úzkých míst a specifikace problému

Jak je již naznačeno výše, při analyzování materiálového toku jsme ve výrobním procesu objevili několik zjevných nedostatků a možností pro optimalizaci celého procesu.

Všechny tyto nedostatky se ale odvíjí od jednoho místa a tím je pracoviště sesazování topných těles a to z několika důvodů:

- V první řadě nám nevyhovuje současný stav, kdy je proces sesazení tělesa rozdělen na dvě paralelní pracoviště D122 a D123. Zatímco D123 je vytíženo plně ve svých dvou směnách, pracoviště D122 pracuje jen nahodile při nutnosti zvýšit průtok typu B50.
- D122 se bohužel nedá využít pro ostatní typy topných těles, a proto není jeho využití efektivní.
- D123 je naproti tomu univerzální sesazovací automat a je tedy možné ho využívat pro více typů topných těles, což se v praxi samozřejmě děje.
- Cílem je tedy zvýšit průtok rozpracovaných výrobků pracovištěm D123 natolik, aby se mohl automat D122 zcela odstranit.
- Z předchozích důvodů je tedy sesazovací automat D123 naším úzkým místem, na které se zaměříme především v následujících návrzích variant optimalizace celého výrobního procesu

Obrázek 27 znázorňuje stav, který učiní celý materiálový tok mnohem více plynulejší a zároveň ušetří pracovní prostor ve výrobní hale. Odrazovým bodem je tedy optimalizace červeně označeného úzkého místa.



Obrázek 27: Návrh plynulého materiálového toku

4. Návrhy variant řešení

V předchozích analýzách materiálového toku jsme zmapovali výrobní proces a stanovili úzké místo procesu, které bude nyní potřeba optimalizovat. V návaznosti na optimalizaci tohoto úzkého místa můžeme pokračovat v návrzích dalších změn ve výrobě, abychom dosáhli maximálního možného zlepšení a zefektivnění procesu.

Návrhy změn jsou zpracovány do třech variant, které lze aplikovat individuálně nezávisle na sobě. Rovněž však lze zvolit i jejich kombinaci a tím ještě více zefektivnit tento výrobní úsek topných těles B50.

4.1. Varianta 1 - Zrychlení sesazovacího automatu D 123

První varianta má za cíl časovou optimalizaci samotného úzkého místa, tedy sesazovacího automatu D 123. Tato varianta je, jak se přesvědčíme, finančně velice nenáročná a její aplikace je jednoduchá a v zásadě proces ovlivňuje pouze v kladném směru.

Aby bylo možné činnost automatu zrychlit, bylo nejprve nutné rozdělit jeho současnou činnost do několika fází, změřit jejich dobu trvání a následně vyhodnotit potenciál časové úspory, kterou získáme aplikací naší optimalizace.

4.1.1. Vstupní materiál, seřízení stroje

První fází je samotný vstup materiálu na určené místo před automatem a jeho následný vstup do pracovní části stroje.

Na pracoviště vstupují 3 součásti:

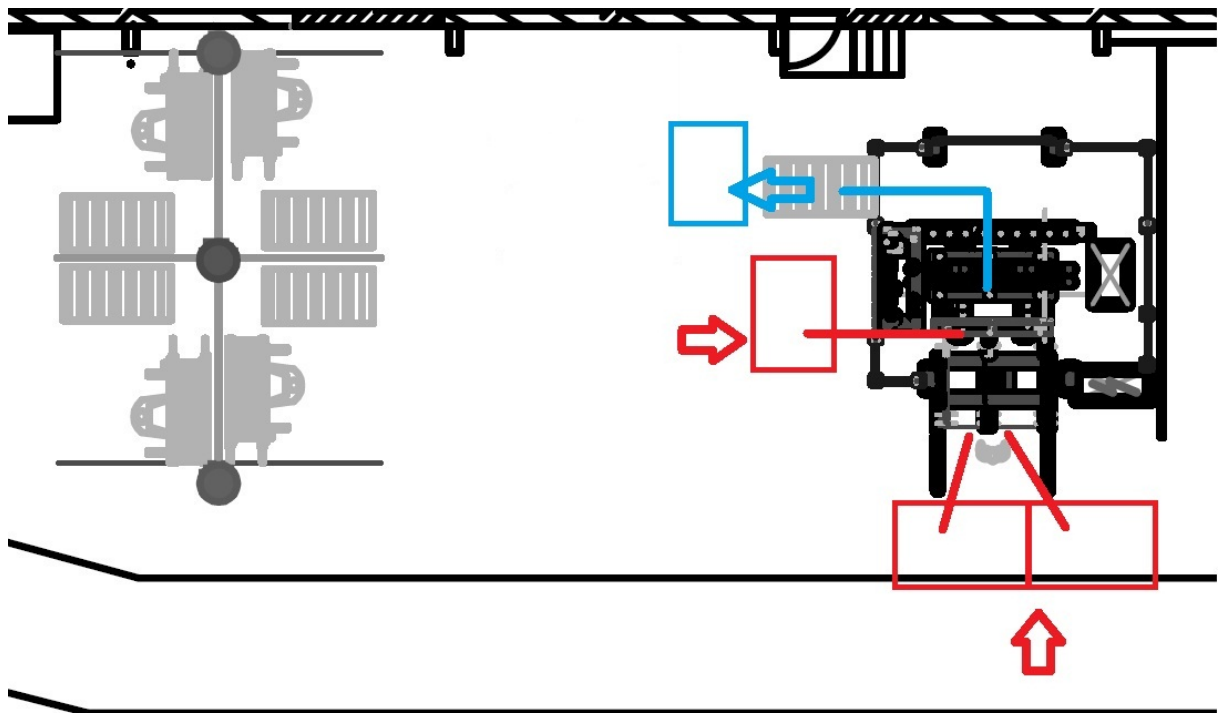
- Boční „D“ profil pravý (pravá trapéza)
- Boční „D“ profil levý (levá trapéza)
- Příčné trubky

Jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, boční profily (trapézy) jsou importovány do závodního centrálního skladu již v požadovaných délkách, takže před sesazovací automat D 123 jsou přiváženy přímo z tohoto skladu, což je výhodnější vzhledem k plynulosti materiálového toku této součásti.

Příčné trubky je ovšem nutné před vstupem do procesu sesazování do těles ještě zkrátit na požadované délky a kalibrovat na průměr. Trubky jsou do podnikového centrálního skladu přiváženy v délce 6000 mm. Jak již bylo uvedeno v představování produktů řady Basic 50, tato topná tělesa mají celkem 4 varianty rozteče bočních trapéz, což znamená 4 různé délky příčných trubek. Takto dělené trubky jsou skladovány těsně před vstupem do montáže na sesazování.

Je tedy zřejmé, že na pracoviště vstupují vždy celkem 3 palety materiálu a to ze dvou stran, což je naznačeno na následujícím obrázku.

Dále je zde paleta výstupního materiálu (rozpracovaných výrobků), tedy sesazených topných těles, které jsou připraveny k přesunu na další pracoviště.



Obrázek 28: Vstupy a výstup pracoviště D 123

Seřízení stroje obnáší pouze vložení správného přípravku na lože stroje, na kterém je těleso sesazováno. Přípravek obsluha volí dle aktuálně vyráběného rozměrového typu tělesa B 50. Na výběr je 16 různých kombinací, 4 délkové a 4 šířkové. Toto seřízení obsluha provádí pouze jednorázově před zahájením montáže dané rozměrové výrobní dávky.

Po seřízení stroje obsluhující pracovník naplní zásobníky materiálem, respektive připraví do zásobníku levé a pravé trapézy tak, aby si automat pro každý cyklus vzal oba kusy, nikoliv dva stejné, např. pouze levé.

Dále obsluha plní čelní zásobník příčnými trubkami. Nevýhodou oproti automatu D 122 zde je, že příčné trubky zde nemají automatický zásobník, který by mohl být plněn například pouhým vyklopením příčných trubek do něj. Zde to není možné a obsluhující pracovník tak má na pracovišti stále paletu příčných trubek, ze které postupně tyto doplňuje do zásobníku. Jak je vidět na obrázku 26, stroj D 122 paletu s trubkami nemusí mít, protože všechny jsou již připraveny v zásobníku, což je mnohem příjemnější i vůči obsluhujícímu pracovníkovi.



Obrázek 29: Automatický zásobník automatu D 122

4.1.2. Analýza činnosti stroje D 123

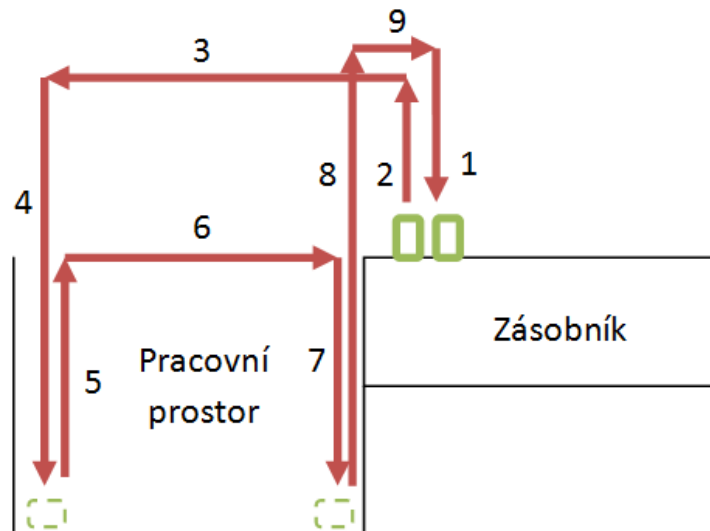
Sesazovací automat vykonává několik základních pohybů a úkonů, které si nyní blíže představíme a následně označíme potenciál pro zlepšení a zefektivnění úkonů. Pro lepší přehlednost jsou tyto úkony rozčleněny do jednotlivých fází, které na sebe chronologicky navazují.

Fáze 1 – vyjmutí trapéz ze zásobníku a jejich uložení do pracovního prostoru stroje

Magnetická ruka vykonává pohyb nad zásobník levých a pravých bočních D profilů (trapéz). Poté vyjímá ze zásobníku připravenou levou a pravou trapézu. Následně koná vertikální pohyb směrem nad zásobník a následně otáčí obě trapézy kolem jejich vlastní axiální osy a to o 90°. S takto již připravenými profily následně magnetická ruka vykonává horizontální pohyb až nad levou část pracovního prostoru, respektive přípravku. Poté koná vertikální pohyb směrem dolů až těsně k přípravku. Následně uvolňuje levou trapézu a vkládá ji tak do přípravku. Nyní je ještě potřeba umístit pravou trapézu na druhou stranu přípravku. Magnetická ruka tedy koná nejprve opět vertikální pohyb nad levou stranou přípravku. Zvedne se tak do určité výšky a následně koná opět horizontální pohyb nad pravou stranu přípravku, následuje opět pohyb vertikální za účelem umístit pravou trapézu do přípravku. Jakmile je i pravá trapéza ukotvena na své pozici, magnetická ruka se ve

vertikálním směru zvedá nad pracovní prostor a následně se přemísťuje do své výchozí pozice, tedy opět nad zásobník připravených D profilů.

Důležitý fakt je ten, že trapézy nejsou ukládány od přípravku najednou, nýbrž nejprve je uložena levá a následně pravá trapéza. Magnetická ruka musí tedy vykonat 2x stejný pohyb. Celá fáze 1 je znázorněna na následujícím schématu.



Obrázek 30: Fáze 1 sesazování tělesa B 50



Obrázek 31: Části sesazovacího automatu D123

Na předchozích obrázcích (Obrázek 30, Obrázek 31) je znázorněna nejprve schematicky první pracovní fáze sesazovacího automatu, tedy vyjmutí D profilů ze zásobníku a jejich vložení do pracovního prostoru.

Na následující fotografii je celý prostor stroje vyobrazen pro lepší představu o skutečné situaci v tomto pracovním procesu. Jsou zde rovněž zaznamenány i ostatní pro naši

racionalizaci důležité části automatu, tedy trychtýřový zásobník příčných trubek a dále výstupní pásový dopravník. Tyto části budou předmětem následujících pracovních fází, které budou představeny.

Na následujícím obrázku je zachycena magnetická ruka ve své výchozí pozici nad zásobníkem bočních D profilů. V prostoru pod rukou je možné si všimnout kraje zásobníku D profilů, na němž je umístěn mechanismus pro otáčení D profilů kolem jejich axiální osy o 90° ještě před tím, než je magnetická ruka uchytí a přemístí se s nimi nad pracovní prostor a následně je uloží do přípravku.



Obrázek 32: Magnetická ruka automatu D123

Fáze 2 – vkládání příčných trubek do přípravku

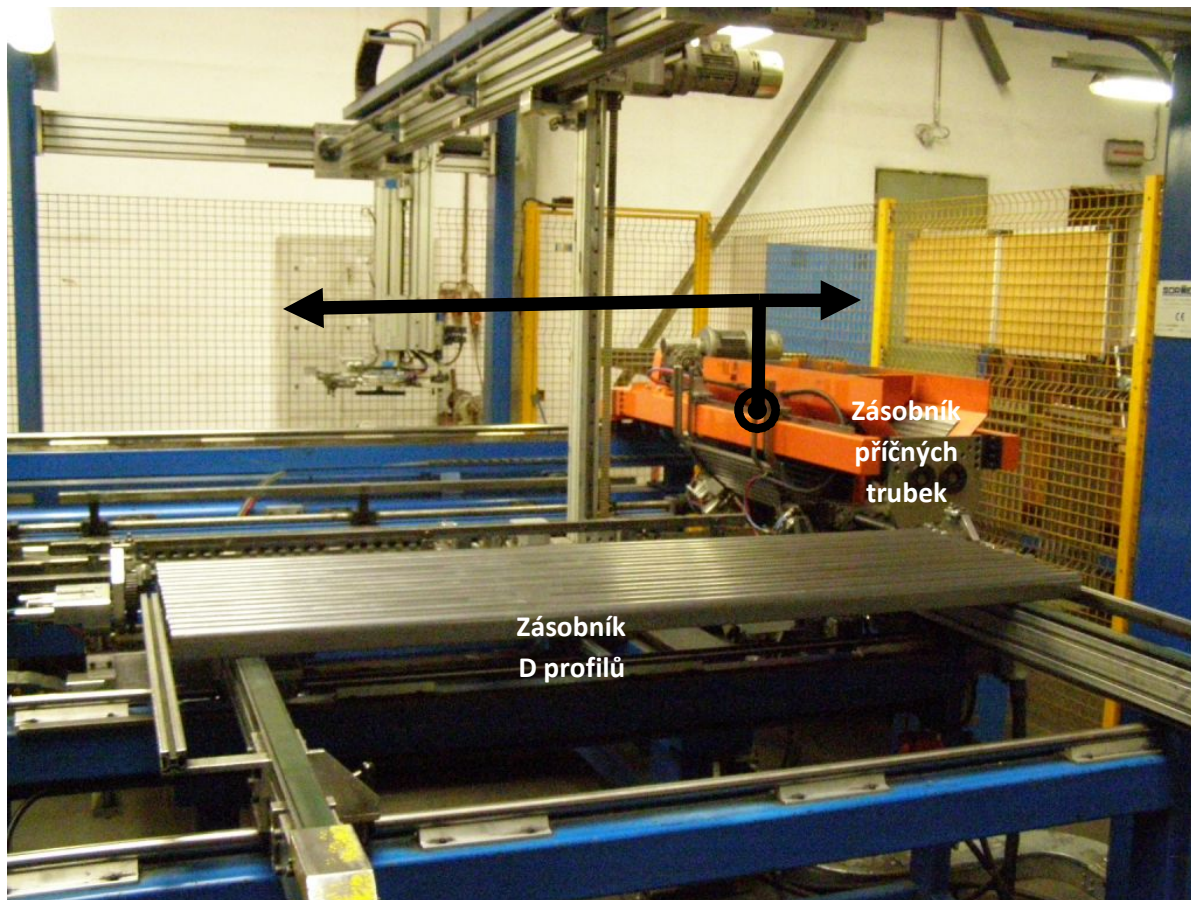
Po vložení trapéz do přípravku a následném přesunutí magnetické ruky zpět nad zásobník nových trapéz se nad přípravek přesunuje trychtýřovitý zásobník příčných trubek, který koná jednosměrný pohyb nad přípravkem, při kterém do každého připraveného místa spouští ze zásobníku jednu trubku. Tímto způsobem tedy naplní celý přípravek.

Vyvstává zde otázka, jak je zajištěno, aby pohyblivý zásobník vložil trubku skutečně jen pouze do místa, kde trubka má být. To je jednoduše zajištěno právě tvarováním přípravku, který při spouštění trubek ze zásobníku zajistí, aby trubka zapadla pouze do pro ní určeného místa.

Pozitivní je fakt, že tento pohyblivý zásobník již nekoná cestu zpět na začátek takzvané naprázdno. Zůstává na druhém konci stroje a čeká na další sesazovaný výrobek. Z tohoto hlediska je již tato fáze optimalizována.

Je ještě nutné dodat, že tento pohyblivý zásobník je nutné průběžně doplňovat novými trubkami. Tento úkon vykonává průběžně obsluha daného stroje, což není úplně ideální stav. Zde je zcela jistě potenciál pro další dílčí optimalizaci, která bude navržena v následujících kapitolách.

Na následujícím obrázku je znázorněna činnost pohyblivého trychtýřového zásobníku příčných trubek.



Obrázek 33: Činnost pohyblivého zásobníku příčných trubek

Fáze 3 – Sesazení tělesa

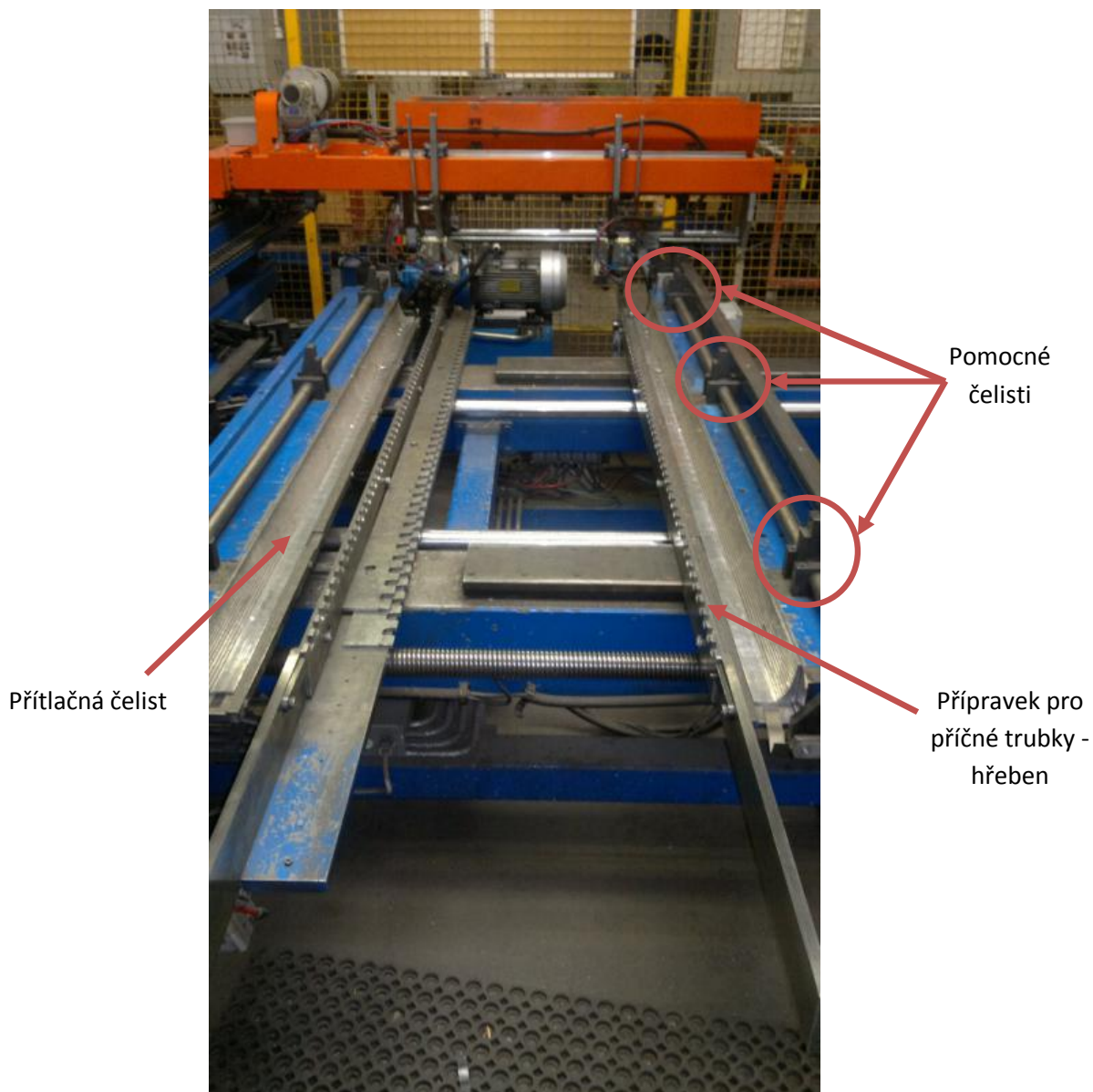
Po vložení trubek do přípravku jsou tedy všechny potřebné součásti na svém místě a zbývá je již pouze sesadit do jednoho stále ještě rozebratelného celku.

V pracovním prostoru na trapézy vyvinou tlak boční pohyblivé čelisti a „sesadí“ tak těleso dohromady. Již bylo zmíněno, že se však nejedná o proces lisování. Celek je snadno rozebíratelný, a tudíž je nutné dbát na opatrnou manipulaci s takto sesazeným tělesem. Hned po uvolnění tlaku bočních čelistí a jejich navrácení do původní polohy, nastává fáze 4, která je popsána níže.

Tato pracovní fáze je paradoxně časově nejkratší ze všech fází sesazování těles. Avšak jako jediná de facto výrobní, respektive montážní. Ostatní fáze zahrnují vlastně jenom manipulaci s materiálem a jeho přípravu na sesazení.

V první navrhované variantě optimalizace výroby tedy pro tuto fázi nebudou navrženy žádné optimalizační kroky. Ovšem ve druhé navrhované variantě se zaměříme především na tuto fázi a její možné zlepšení.

Na následujícím obrázku je zachycen pracovní prostor sesazovacího automatu s bočními přítlačnými čelistmi.



Obrázek 34: Pracovní prostor sesazovacího automatu D123

Na obrázku je dobře vidět celý pracovní prostor sesazovacího automatu, na kterém si nyní v krátkosti vysvětlíme sesazení tělesa.

Samotné sesazování je dvoufázové. V první fázi nejprve boční profil zafixují pomocné čelisti svým otočením o 90° . Tím D profil přitlačí ve vertikálním směru. Druhá fáze sesazování probíhá pouhým pohybem hlavních čelistí proti sobě v horizontálním směru. Trubky připravené v „hřebenu“ přesně zapadají do D profilů. Výsledný přesah trubky dovnitř profilu je 6 až 8mm.

Fáze 4 – vyjmutí sesazeného tělesa z pracovního prostoru a jeho přesun na výstupní část pracoviště

Jak již bylo uvedeno v popisu předchozí fáze 3, tato je odstartována v momentě uvolnění bočních čelistí v pracovním prostoru a jejich navrácení do původní polohy. Topné těleso Basic 50 je nyní sesazeno a připraveno opustit pracovní prostor sesazovacího automatu D 123.

Zde je velmi důležité opět zdůraznit, že těleso je pouze sesazeno, nikoli lisováno. To má za důsledek, že může být opět rozebráno. Je tedy nutné volit takovou technologii vyjmutí tělesa z pracovního prostoru, která bude brát zřetel právě na tuto možnost opětovného rozebrání tělesa a bude vyjímat těleso z pracovního prostoru s potřebnou šetrností. Sled pohybových úkonů fáze 4 je tedy následující.

Po uvolnění bočními čelistmi se nad sesazený komplet přesune mechanická ruka (viz Obrázek 35) nejprve v horizontálním směru. Ruka se zastaví přesně ve středu rozteče bočních profilů. Tím je zaručeno, že při vyjmutí tělesa se toto nenaklopí na žádnou stranu a je tedy minimalizováno riziko zpětného rozpadnutí tělesa. Mechanická ruka následně koná pohyb ve vertikálním směru a svými nosnými plochami se dostává pod příčné trubky.

Zde by bylo vhodné objasnit, jakým způsobem je zaručen úchop tělesa mechanickou rukou. Pracovní část ruky, respektive její konec má tvar „T“ a při vertikálním pohybu pod těleso je konec ruky natočen tak, aby prošel prostorem mezi dvěma příčnými trubkami. Ve chvíli, kdy se dostane celým profilem pod ně, otočí se konce o 90°, takže při vertikálním pohybu ruky směrem vzhůru již profil mezi trubkami neprojde a slouží tedy jako nosná plocha tělesa.

S již uchopeným sesazeným tělesem se mechanická ruka vertikálně opět zdvihá nad pracovní prostor. Poté se v horizontálním směru přesune nad pásový dopravník, který je výstupem z procesu sesazení tělesa. V tomto momentě už jen zbývá přiblížit se ve vertikálním směru nad pás dopravníku a uvolnit těleso otočením nosných T profilů ruky o 90°.

V momentě, kdy je hotový sesazený kus položen na pásovém dopravníku a mechanická ruka se navrátí do své původní polohy, začíná opět pracovat magnetická ruka a začíná tak nová fáze 1.



Obrázek 35: Mechanická ruka nad výstupním pásovým dopravníkem

4.1.3. Návrh optimalizace

Po pečlivém zkoumání a pozorování činnosti sesazovacího automatu bylo zjištěno, že je zde potenciál pro zrychlení jeho činnosti. Pro lepší objasnění optimalizace zachováme myšlenku rozdělení činnosti stroje do 4 fází.

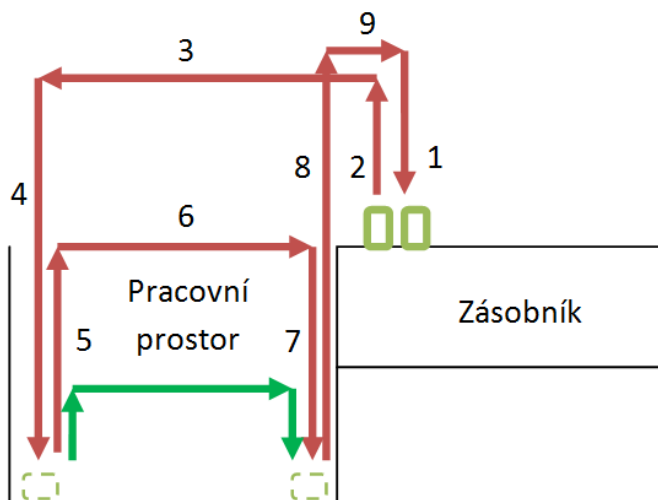
Optimalizace fáze 1

Jak již bylo dříve představeno, cílem pracovní fáze 1 je vyjmout magnetickou rukou boční levý a pravý boční D profil pro topné těleso, následně je oba umístit do pracovního prostoru sesazovacího automatu. Schematicky je tento proces již znázorněn na obrázku 28. Při návrhu první optimalizace bylo uvažováno nad tím, jak celé vyjmutí a následné položení profilů zrychlit. Při pozorování současné práce stroje byl vypořádán potenciál časové úspory při vkládání profilů do pracovního prostoru.

Po vložení levého D profilu do pracovního prostoru totiž magnetická ruka z druhým profilem koná zbytečně daleký pohyb, respektive se nad pracovní prostor zvedá příliš vysoko aby se pouze přesunula nad pravou stranu pracovního prostoru a položila pravý profil do přípravku.

Prvním návrhem je tedy přestavení pohybových dorazů pro magnetickou ruku při zdvihání se nad pracovním prostorem. Tento návrh je zakreslen v následujícím schématu.

Změna je naznačena zelenými šipkami a již na první pohled je jasně patrné zkrácení drah 5, 6 a 7.



Obrázek 36: změna pracovní fáze 1

Další navrhovanou změnou, která se týká fáze 1 je přesunutí samotného zásobníku D profilů ve vertikálním směru dolů blíže na úroveň pracovního prostoru. Tím se zkrátí i veškeré ostatní vertikální pohyby magnetické ruky a je zde tedy veliký potenciál časové úspory.

Optimalizace fáze 2

Zde se jedná o vložení příčných trubek do přípravku (hřebenu). Tato operace je zahájena bezprostředně po návratu magnetické ruky do její výchozí polohy. V této pracovní fázi je dosahováno poměrně efektivní činnosti, protože zásobník se po naplnění přípravku trubkami dokonce ani nemusí vracet na své původní místo přes celou délku pracovního prostoru. Jednoduše počká na straně, kde ukončil předchozí plnění přípravku a nový přípravek pro další těleso začíná plnit z této pozice.

Bohužel zde ani není na místě úvaha o jakékoli souběžné činnosti s touto pracovní fází, protože trychtýřovitý zásobník příčných trubek pracuje při své činnosti v celém pracovním prostoru a není tedy možné zahájit novou paralelní činnost.

Jediným zrychlením se tedy dosáhne pouze zahájením činnosti zásobníku již ve chvíli, kdy magnetická ruka opustí pracovní prostor. V současnosti zásobník trubek čeká na návrat této ruky do její původní polohy nad zásobníkem bočních D profilů. Aplikací pohybového senzoru na příslušné místo by však zásobník začal plnit hřeben trubkami ještě při pohybu navracující se magnetické ruky do své původní pozice.

Optimalizace fáze 3 a 4

Třetí pracovní fáze je samotné sesazení topného tělesa. Vzhledem k tomu, že tento pracovní úkon je samotná montážní činnost, jejíž náplň je jasně stanovena technologií montáže, není možné ji samotnou časově optimalizovat.

Je ovšem možné při fázi sesazování zahájit již fází číslo 4. To by v praxi znamenalo, že ihned po skončení fáze 2, tedy naplnění hřebenu trubkami a tedy vyjetí trychtýřového

zásobníku z pracovního prostoru se zahájí hned 2 fáze souběžně. Jako spouštěcí impuls pro pohyb mechanické ruky bude pohyb pomocných „mixovacích“ čelistí. Boční čelisti následně sesadí topné těleso dohromady a zároveň se nad něj již přesune mechanická ruka. K tělesu se přiblíží do bezpečné vzdálenosti tak, aby nijak neohrozila probíhající proces sesazení, vyčká nad tělesem na jeho uvolnění bočními čelistmi.

V momentě, kdy jsou boky povoleny a zbývá už jen uvolnit i pomocné čelisti jejich otočením o 90° do jejich výchozí polohy, může mechanická ruka vykonat zbytek svého pohybu až pod těleso, kde ho otočením nosných ploch uchopí a vyjímá z pracovního prostoru.

Za spouštěcí impuls pro dokončení pohybu mechanické ruky pod těleso, tedy bude zahájení uvolnění tělesa pomocnými čelistmi.

Synchronizace fází

Posledním návrhem zrychlení sesazovacího procesu je ještě moment zahájení nového pracovního cyklu. Při současném nastavení se totiž nová pracovní fáze 1 zahajuje v momentě, kdy je sesazené těleso již na výstupním pásovém dopravníku a mechanická ruka se vrátí do své původní pozice nad tento dopravník.

Vzhledem k tomu, že tato operace je vykonávána na opačné straně sesazovacího automatu, je zřejmé, že magnetická ruka pro první fázi nemusí celou dobu čekat na dokončení poslední fáze na výstupu ze stroje a může již zahájit svou činnost.

Jako moment spuštění první fáze bude horizontální pohyb mechanické ruky se sesazeným tělesem směrem k výstupnímu pásovému dopravníku. V tu dobu již mohou být nové boční D profily otočeny o 90°, následně uchopeny magnetickou rukou a přeneseny do pracovního prostoru, neboť již nehrozí žádná kolize s mechanickou rukou, která už se navrátila do své původní pozice a čeká na sesazení nového tělesa.

4.1.4. Vyhodnocení varianty 1

Nyní v několika bodech přehledně provedeme shrnutí celkového přínosu první navrhované varianty 1.

V první řadě je velkým přínosem fakt, že realizace navrhovaných změn je nízkonákladová, protože v zásadě se jedná vlastně o pouhé jiné nastavení pohybových čidel a koncových vypínačů sesazovacího automatu. Náklady na přestavbu jsou tedy zanedbatelné. Dokonce zde ani nehrozí ztráta v podobě nutnosti přerušování výroby kvůli práci na změně procesu, neboť stroj je v současnosti ve dvousměnném provozu a je tedy možné provést změnu nastavení po skončení pracovní doby na tomto stroji.

Dále se touto změnou podaří dosáhnout časové úspory celého procesu sesazování, což bylo původním cílem této varianty. Úspor se podařilo dosáhnout ve všech fázích pracovního cyklu sesazovacího automatu. Původní fáze 3 a 4 se podařilo sjednotit do jedné, tedy fáze 3, neboť jejich zahájení začíná ve stejný moment.

Posledním zrychlením procesu jsme dosáhli rychlejším zahájením nového pracovního cyklu. Jak je již zmíněno výše, není nutné, aby pracovní fáze 1 čekala se zahájením práci

na úplné dokončení poslední pracovní fáze 3. Může již začít pracovat souběžně, což je opět úsporným přínosem procesu.

Problém s přílišným vytížením obsluhy není očekáván, protože v současném stavu dochází u obsluhy k občasným prostojům. Navrhovaná varianta pouze zvýší využití obsluhy sesazovacího automatu.

Přínos varianty 1 je pro přehlednost uveden v následující tabulce. Nové hodnoty vycházejí z měření současného stavu a simulace nového stavu na pracovišti. Po aplikaci varianty je možná odchylka v řádech jednotek vteřin.

Vyhodnocení navržené varianty 1		
Původní stav	Nový stav	Přínos
-	-	Nízké náklady realizace varianty
Takt 85 vteřin včetně seřízení stroje	Takt 75 vteřin včetně seřízení stroje	Úspora 10 vteřin/takt
155 000 ks/rok	175 000 ks/rok	20 000 ks/rok
-	-	Průměrné zvýšení ročního obrátu 130 mil Kč

Tabulka 3: Vyhodnocení varianty 1

Z výše uvedeného číselného vyhodnocení varianty 1 je jasně patrné, že její přínos není v žádném případě nevýznamný, zvláště v případě zanedbatelného nákladového zatížení při aplikování navržených změn.

Výsledek navržené varianty 1 se dá shrnout rovnicí **1 uspořené vteřina = 2000 ks** vyrobených ročně navíc. V případě našich předpokládaných 10 uspořených vteřin na taktu stroje se tedy dostáváme na hodnotu 20 000 ks/rok, což lze tedy chápat buď jako zvýšení ročního obrátu nebo jako přesunutí části produkce ze sesazovacího automatu D122 na D123.

4.2. Varianta 2 - Úprava technologie sesazování

Při návrhu této varianty bylo vycházeno stále ještě z potřeby optimalizovat úzké místo výroby, tedy sesazovací automat D123. Mnohem větší důraz je zde ovšem kladen na plynulost materiálového toku v souladu s naznačením v předchozích kapitolách.

Maximální plynulost materiálového toku bude dosažena ve chvíli, kdy bude výroba těles typu Basic 50 přesunuta výhradně na sesazovací automat D123.

4.2.1. Současný stav

Pro dobré objasnění navrhované varianty 2 je nutné definovat současný stav výroby a výchozí body pro tuto variantu.

Princip činnosti sesazovacího automatu byl detailně vysvětlen v předchozích kapitolách. Navrhovaná varianta 2 již ovšem přesahuje rámec samotného procesu sesazování topných těles. Její hlavní filozofií je přesunutí části pracovních úkonů následujícího pracoviště už do procesu sesazování.

Jak již bylo řečeno při představování výrobního procesu, po sesazování následuje operace na tzv. bodovacím pracovišti. V rámci bodování provádí obsluha (svarač) hned několik úkonů na jednom tělese:

- Vytvoření bodového svarového spoje mezi vybranými příčnými trubkami a bočními D profily. Bodují se minimálně 4 trubky na obou stranách.
- Uchycení víček na obě strany bočních D profilů opět pomocí bodového svařování (Obrázek 37)



Obrázek 37: Víčko bodované na D profil

- Uchycení přívodu a odvodu vody na spodní příčnou trubku (Obrázek 38)



Obrázek 38: Přívod vody bodovaný na spodní trubku tělesa

Všechny tyto úkony vykonává pracovník manuálně na bodovacím pracovišti. Svarové spoje, které jsou takto vytvořeny, slouží pouze pro zabránění tělesu zpětnému rozpadnutí, uchycení zbylých komponent (víčka, přívody) k tělesu. Spoje, které vznikají, ovšem nejsou vodotěsné a je tedy nutné, aby těleso absolvovalo ještě proces letování v peci, které vytvoří vodotěsné spoje na všech potřebných místech topného tělesa.

Jak je patrné z layoutu výroby (viz. Obrázek 26), v současném výrobním procesu jsou celkem 4 bodovací pracoviště, která nejsou všechna maximálně vytížena, ale nárazově je nutno pracovat na všech najednou. V případě, že by se podařilo zefektivnit proces bodování, bylo by tedy možné dosáhnout úsporu pracovního prostoru minimálně za jedno toto bodovací pracoviště.

Časová náročnost celého procesu bodování je ovšem značná, zvláště uvědomíme-li si, že na zmíněných bodovacích pracovištích se pracuje i na ostatních typech vyráběných topných těles.



Obrázek 39: Topná tělesa Basic 50 po procesu bodování

Dále je nutné uvést, že na sesazovacím automatu D123 je vyráběna i řada ostatních typů topných těles, které sice nejsou předmětem této práce, ale je nutno počítat s jejich vlivem na výrobu typu Basic 50.

Sesazovací automat D123 je ovšem využíván i pro tzv. ruční sesazování těles. To je proces, kdy je využíváno pouze přítlaku bočních čelistí automatu na sesazení tělesa. Při zachování rozřazování z předchozí varianty 1, je využíváno pouze pracovní fáze 3. Zbytek

je vykonáván obsluhujícím pracovníkem ručně, takže zásobníky profilů a trubek a obě automatické ruky (magnetická, mechanická) jsou při ručním sesazování nevyužité. Tento fakt byl pro návrh varianty 2 velice podstatný.

4.2.2. Princip a přínos varianty 2

Tato navrhovaná varianta lze rozdělit do dvou základních pilířů, respektive částí řešení. Prvním pilířem je přenesení části úkonů z následného bodování již na sesazování a tím část bodování automatizovat.

Druhým pilířem je separovat proces sesazování různých typů těles na dva procesy:

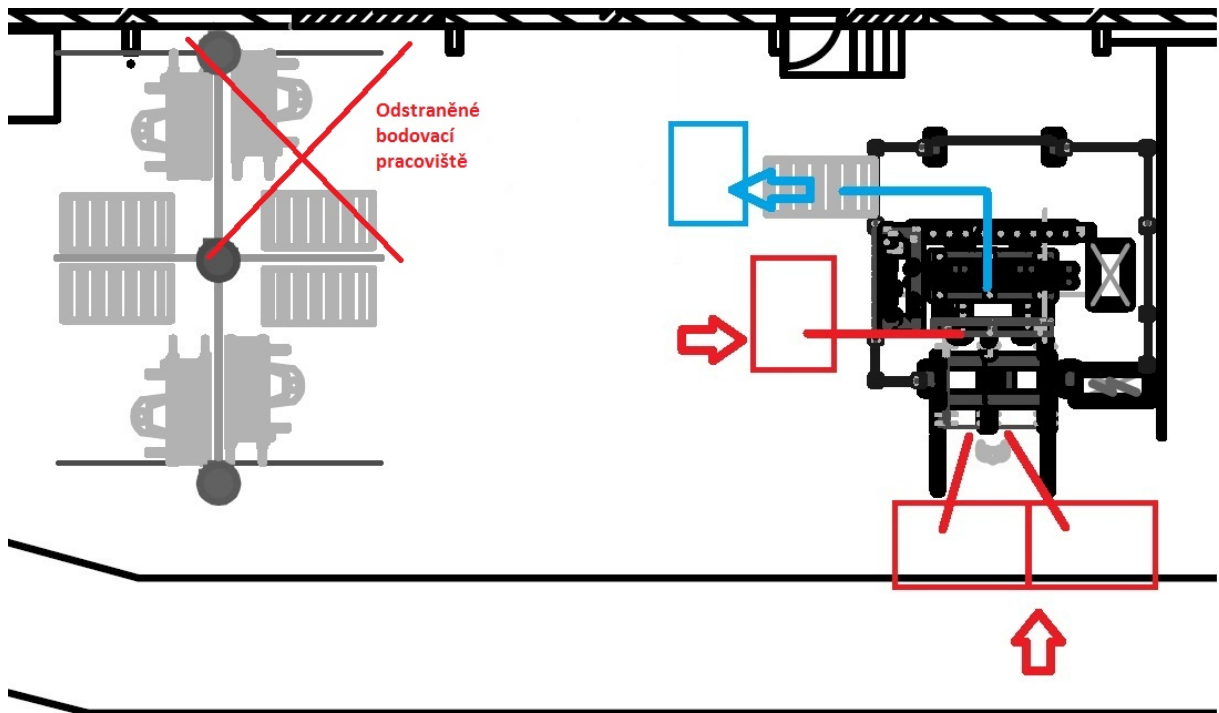
- Automatické sesazování
- Ruční sesazování

Při řešení prvního pilíře bylo uvažováno, jakým způsobem zkrátit proces bodování jeho přesunutím na automatické sesazování a zároveň neprovádět žádné radikální zásahy do sesazovací technologie.

Po důkladném zkoumání technologie a porovnávání nákladových parametrů se na automatické sesazování přeneslo uchycení příčných trubek k bočním D profilům. Toho se ovšem nedocílí bodovým svařováním, protože přidávání svařovacího automatu by bylo velice nákladné a navíc by časově zdrželo celý sesazovací proces s tím, že po sesazení by těleso i přes přítomnost automatu muselo projít ještě jedním bodovacím pracovištěm kvůli charakteru manipulace při bodování, kterého není možné v současném sesazovacím automatu dosáhnout.

Nesmíme zapomínat, že sesazovací automat D123 je stále úzkým místem výrobního procesu. Z požadavku, že sesazování nesmí být příliš komplikováno kvůli zachování plynulosti výroby, vzešel návrh vložení speciálního technologického přípravku do bočního D profilu před samotným sesazením. Tento přípravek bude opatřen trnem ve tvaru kuželu, který bude svou špičkou namířen proti příčné trubce. Ve chvíli, kdy dojde k vyvinutí tlaku bočními čelistmi na profily, příčné trubky zajíždějí do příslušných děr D profilů. V místech, kde budou kuželové přípravky, se ovšem trubka při sesazení zároveň deformuje tím, že narazí na kuželový trn přípravku. Dojde tak ke zvětšení průměru konce trubky. Tento konec je ale již uvnitř D profilu, takže již nemůže zpět. Touto jednoduchou úpravou je tak možné z následujícího bodovacího pracoviště odstranit bodování příčných trubek k D profilům.

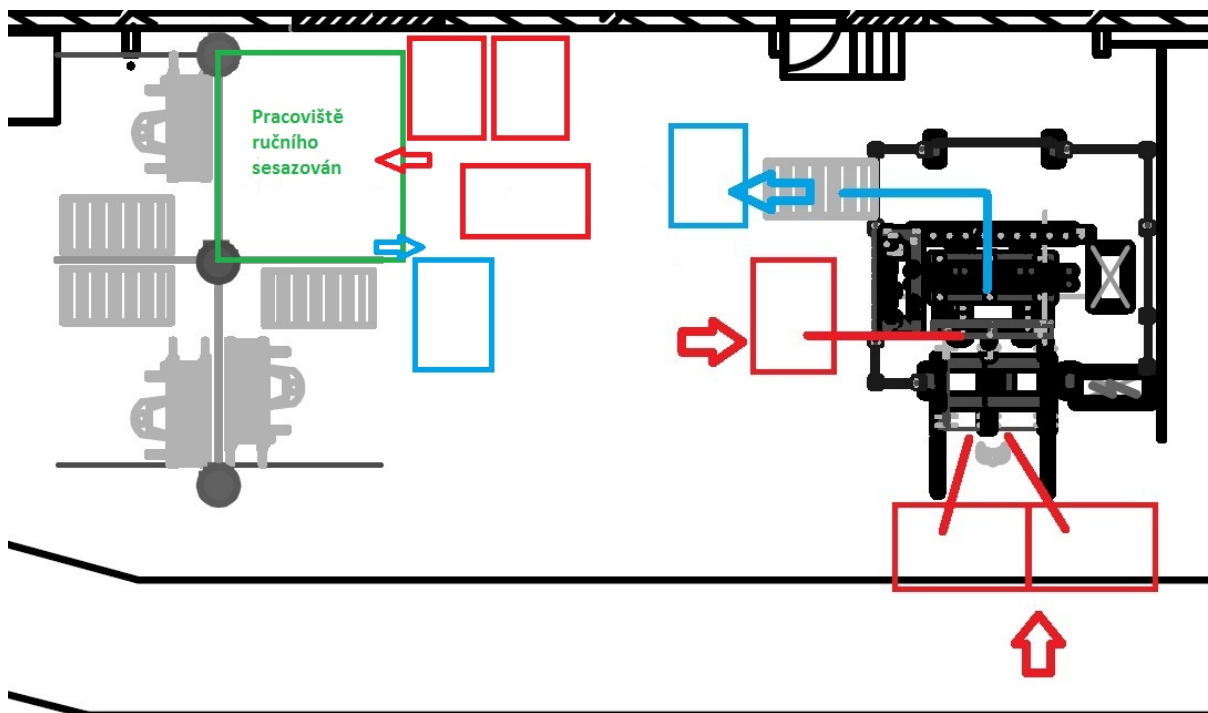
Vzniklá časová úspora je značná, neboť při měření bodovacích prací bylo zjištěno, že pouhé přichycení trubek je otázkou průměrně 20 vteřin. Díky této časové úspoře je možné s jistotou odstranit z výroby jedno bodovací pracoviště, což je naznačeno na následujícím obrázku.



Obrázek 40: Odstranění bodovacího pracoviště

Další navrhovanou změnou v této variantě řešení je již zmíněné separování sesazování dle typů sesazovaných těles. Tělesa, která jsou sesazována ručně, nevyužijí plně automat D123, na němž by se mohlo pracovat na tělesech, které automatické sesazení využívají plně.

Z této úvahy vyplývá doplnění jednoho pracoviště do výrobního procesu a tím je tzv. pracoviště ručního sesazování. Toto pracoviště je vybaveno pouze pracovním stolem s pohyblivými bočními čelistmi, které vyvíjejí tlak na profily a sesazují tak topné těleso stejným způsobem, jako automatické sesazovačky. Nejsou zde ovšem již žádné další části stroje, neboť jiné nejsou potřebné. Zbytek činností totiž vykonává obsluhující pracovník. Sesazovací automat D123 tak bude zcela uvolněn pouze pro výrobu těch typů topných těles, které využívají výhradně automatické sesazování.



Obrázek 41: Schéma varianty 2

4.2.3. Vyhodnocení varianty 2

Navrhovaná varianta 2 má již poněkud komplexnější pohled na celý výrobní úsek topných těles Basic 50. Je zde kladen zřetel na kauzalitu výroby a její plynulost a z toho důvodu má její aplikování větší rozsah a dopad na celý proces.

V první řadě se díky její aplikaci podaří ušetřit pracovní prostor jednoho bodovacího pracoviště, které jsou v současnosti ve výrobním procesu 4.

V dalším kroku bude takto vzniklé volné místo nahrazeno pracovištěm ručního sesazování, které značnou měrou odlehčí vytíženosti sesazovacího automatu D123. Protože tento automat byl řešen jako úzké místo výroby, je fakt přesunutí části jeho vytížení velice důležitým přínosem.

Díky tomu bude možné při současném nastavení výrobních zakázek zkušebně vyřadit z provozu sesazovací automat D122, což by bylo velkou úsporou v rámci tohoto výrobního procesu.

Vyhodnocení navržené varianty 2		
Původní stav	Nový stav	Přínos
4 bodovací pracoviště	3 bodovací pracoviště	Odstraněno 1 bodovací pracoviště
Výroba všech těles na automatu D123	Rozdělení portfolia produktů na automaticky a ručně sesazované	Logický materiálový tok
Typ B50 vyráběn na 2 pracovištích	Typ B50 vyráběn pouze na 1 pracovišti	Odstranění automatu D122 – úspora místa, plynulý materiálový tok

Tabulka 4: Vyhodnocení varianty 2

4.3. Varianta 3 – výrobní linka

Další navrhovaná varianta vychází z myšlenky vyššího stupně automatizace výroby topných těles. Vzhledem k tomu, že výroba topných těles Basic 50 probíhá ve výrobních dávkách sériové výroby, je myšlenka zavedení výrobní linky zcela na místě.

4.3.1. Rozsah výrobní linky

První klíčovou myšlenkou je ovšem uvažovaný rozsah navrhované linky, což znamená určení, kolik pracovišť linka zahrne.

První důležitou podmínkou je zachování jisté univerzálnosti linky, což je poněkud paradoxní výraz, protože výrobní linky jsou obvykle orientovány předmětně, což právě univerzálnosti výroby zamezuje. Zde je tato ovšem myšlena pouze v rozsahu pojetí více rozměrových variant topného tělesa. Řešením je tedy stavba takové linky, kde nebude problém pracovat na rozměrově náročnějších topných tělesech. V našem případě se tedy určení stavby linky řídí pouze rozměrovými variantami vyráběných topných těles Basic 50 a ostatních automaticky sesazovaných těles.

Fakt, že se bude jednat pouze o automaticky sesazovaná topná tělesa, nám již napovídá, jaký stroj pro nás bude výchozím bodem celé linky. Tímto bodem je tedy sesazovací automat D123. Je to z toho důvodu, že tento stroj je prvním pracovištěm ihned po meziskladu součástí pro topná tělesa. Díky takto zvolenému výchozímu pracovišti jsme schopni velmi pohodlně určit i takt celé výrobní linky, který se rovná taktu sesazovacího automatu.

Rozsah celé linky ovšem nemůže být velký a v podstatě bude zahrnovat pouze proces sesazování těles a následný proces bodování. Prakticky to znamená, přesunutí dvou bodovacích pracovišť přímo za sesazovací automat.

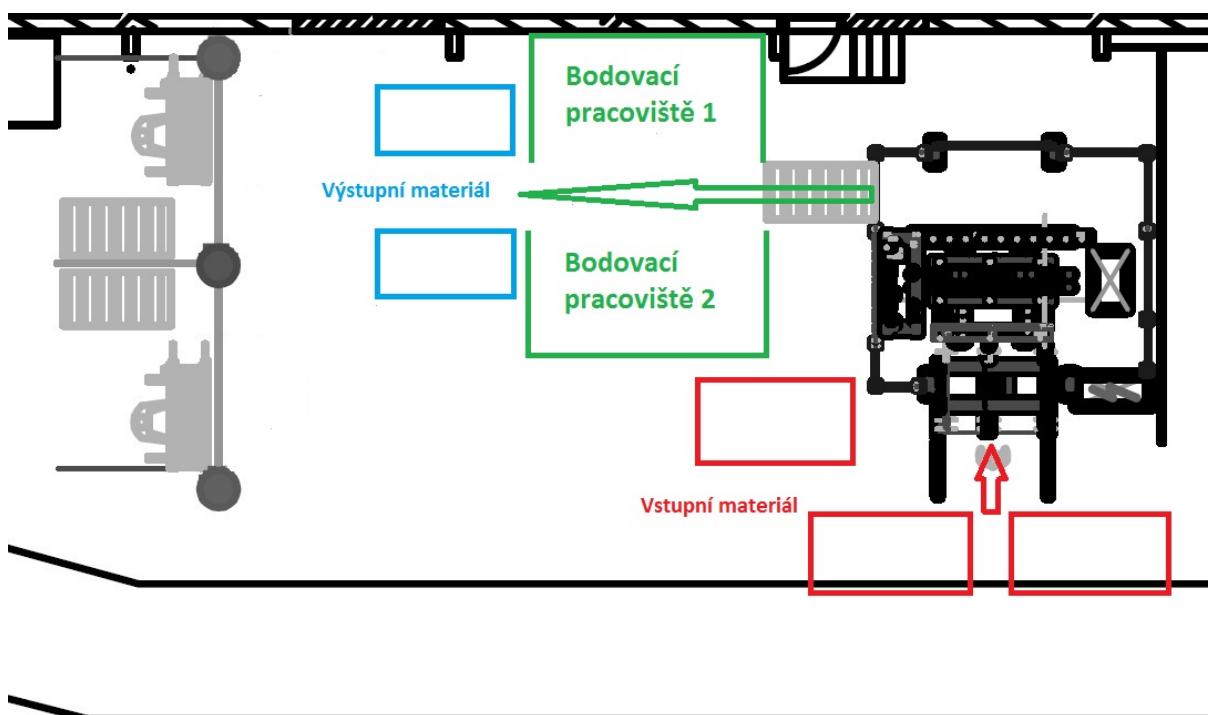
Připojení bodovacích pracovišť bude realizováno prostřednictvím pásového dopravníku, který naváže na výstupní dopravník sesazovacího automatu D123 (viz Obrázek 42)



Obrázek 42: Výstupní pásový dopravník sezazovacího automatu D123

4.3.2. Layout výrobní linky

Pro lepší představu uspořádání do výrobní linky je níže uvedeno schéma layoutu navrhovaných změn (viz Obrázek 43)



Obrázek 43: Layout výrobní linky topných těles

4.3.3. Přínosy výrobní linky

Již na první pohled na layout navrhované linky je patrná první výhoda tohoto řešení. Tím je úspora pracovní plochy pro skladování rozpracovaných výrobků. Při původním stavu byla totiž za sesazovacím automatem umístěna paleta hotových výrobků, na kterou je odkládal obsluhující pracovník. Pro takto rozpracované výrobky si z následujícího bodovacího pracoviště musel přijet s manipulačním vozíkem svářeč, který si výrobky dopravil na své pracoviště a následně na nich začal pracovat. Časové ztráty jsou v tomto případě zřejmé.

Celý tento výše zmíněný logistický proces nyní odpadá jednoduchým připojením bodovacích pracovišť přímo za sesazovací automat.

Bodovací pracoviště ovšem musí být za automatem 2, neboť takt sesazovacího automatu je příliš rychlý a jedno bodovací pracoviště by jeho tempu nestačilo.

Sumarizace přínosů navrhované varianty 3 je uvedena v následující tabulce:

Vyhodnocení navržené varianty 3		
Původní stav	Nový stav	Přínos
Vysoká manipulace s materiálem	Manipulace pouze na začátku a konci linky – zbytek automatický	Úspora 50 % manipulace s materiálem
8 palet s rozpracovanou výrobou	5 palet s rozpracovanou výrobou	Úspora pracovní plochy 3 palet
155 000 ks/rok	155 000 ks/rok	Průtok zůstává stejný

Tabulka 5: Vyhodnocení varianty 3

Největším přínosem navrhované varianty 3 je především automatizace logistických činností v rámci výrobního procesu.

Obsluha sesazovacího automatu nyní musí pouze zajistit dostatek vstupujícího materiálu do sesazovacího automatu.

Obsluha bodovacích pracovišť naopak pouze odkládá hotové výrobky na připravené palety za svými pracovišti.

5. Vyhodnocení navržených variant a výběr nejvhodnější z nich

Na řešení procesu racionalizace výroby designových topných těles typu Basic 50 ve společnosti Kermi s.r.o. v Stříbře byly vytvořeny celkem 3 varianty navrhovaného řešení. Nyní jednotlivé varianty vzájemně porovnáme a zvolíme nejvhodnější z nich jako doporučené řešení tohoto úseku výroby vedení společnosti.

5.1. Vzájemné porovnání variant řešení

Pro lepší přehlednost je porovnání provedeno v následující tabulce a to z několika hledisek uvedených ve sloupci „Kritéria“:

Kritérium	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Časová úspora procesu	10 vteřin	20 vteřin	0 vteřin
Zvýšení produkce	20 000 ks/rok	0 ks/rok – odstraňujeme automat D122	0 ks/rok
Úspora pracovní plochy	0	Plocha sesazovacího automatu D122	3 palety rozpracované výroby
Manipulace s materiálem	Stejná	Stejná	o 50% méně
Možnost odstranění automatu D122	NE	ANO - zkušebně	NE
Hledisko obsluhy	Omezení prostojů při sesazování o 12%	Část bodování automatizována	Méně manipulace s materiálem
Zasažení do technologie	Zanedbatelné	Náročné	Středně náročné

Tabulka 6: Porovnání navržených variant řešení

Jak vyplývá z výše uvedené tabulky, jednotlivé varianty jsou skutečně různorodé a každá z nich se zaměřuje na trochu odlišnou část výrobního procesu.

5.1.1. Varianta 1

Tato varianta řeší především maximální rozšíření úzkého místa, což je podle TOC zcela správný postup. Zaměřuje se tedy úzce pouze na sesazovací automat D123 a detailně popisuje jeho činnost a krok po kroku provádí dílčí optimalizace.

V souhrnu těchto dílčích optimalizací nám varianta poskytne relativně dobré zvýšení produkce topných těles Basic 50 a to průměrně o 13 %, což zcela jistě není vůbec zanedbatelné.

Z hlediska původního nejdůležitějšího cíle, kterým bylo odstranění méně vytíženého, specializovaného automatu D122, ovšem varianta 1 není postačujícím řešením, neboť rozšíření úzkého místa D123 není při současném stavu zakázek podniku dostačující.

5.1.2. Varianta 2

Varianta řešení racionalizace s pořadovým číslem 2 je už svým rozsahem za hranicí úzkého místa D123 a hledá další souvislosti výroby.

Základní myšlenkou tedy nejsou časové úspory v úzkém místě, ale zásah do technologie výroby a zároveň logické rozdělení materiálového toku před úzkým místem. Bylo zjištěno, že není nutné, aby celá produkce topných těles procházela právě úzkým místem, protože ne všechny typy výrobků potřebují plně automatizovaný proces sesazování.

Díky přesunutí části technologie bodování na předchozí automatizovanou pracovní operaci se podaří odstranit z výroby jedno ze 4 bodovacích pracovišť. Tento nově vzniklý volný prostor může být v zápětí nahrazen pracovištěm tzv. ručního sesazování, které v zásadě velice ulehčí úzkému místu D123.

Díky těmto opatřením bude možné vyřadit z provozu druhý sesazovací automat D122, který je neuniverzální a slouží pouze k výrobě topných těles typu Basic 50.

Dosáhneme tak značné úspory výrobního prostoru a zároveň plynulosti materiálového toku výrobků.

5.1.3. Varianta 3

Poslední z navrhovaných variant opět řeší výrobní úsek poněkud širším pohledem, tedy provázání více pracovišť, konkrétně opět sesazování a bodování topných těles. Hlavní filozofií je více celý výrobní proces automatizovat.

Varianta 3 této automatizace dociluje připojením dvou bodovacích pracovišť přímo za sesazovací automat a zajišťuje tak předmětné uspořádání výrobního procesu.

Největším přínosem této varianty je úspora v manipulaci s materiálem a to až o 50%. Nejvíce tedy toto řešení uvítají obsluhující pracovníci, neboť nebudou muset konat s materiálem tolik pohybu, jako doposud.

Tato varianta ovšem na druhou stranu již neřeší zvýšení průtoku topných těles Basic 50 do té míry, abychom mohli celou tuto produkci vyrábět pouze na této výrobní lince. Tato navrhovaná linka je tedy univerzální a bude sloužit pro výrobu celého produktového portfolia. Tělesa typu Basic 50 budou ovšem i nadále vyráběna na dvou paralelních pracovištích D122 a D123.

5.2. Výběr nejvhodnější varianty

Jako nejlepší z uvedených variant je tedy zvolena Varianta 2, která bude následně doporučena vedení podniku.

Jako jeden z nejdůležitějších důvodů k volbě této varianty je fakt, že má jako jediná z navržených potenciál pro vyřazení pracoviště D122, což bylo jedním z hlavních požadavků a očekávání společnosti.

Ostatní varianty řeší buď pouze dílčí racionalizaci, jejíž rozsah není dostatečný a nebo naopak přesahují rámec zadání této práce a optimalizují i části výroby produktů, které nejsou předmětem této racionalizace.

Závěr

V rámci této práce byla provedena analýza na pracovišti výroby designových radiátorů typu Basic 50. Na základě této analýzy byly provedeny měření a vyhodnocování současného stavu. Byla nalezena úzká místa v daném výrobním procesu a současně byly také nalezeny další možnosti potenciálního zlepšení a racionalizace celého výrobního procesu.

Pro částečné nebo úplné odstranění zjištěných úzkých míst v daném výrobním procesu byly navrženy tři varianty možného zlepšení. Jedná se o Variantu 1 (časová), která optimalizuje pouze činnost zjištěného úzkého místa a dosahuje zvýšení produkce výroby. Dále Varianta 2 (technologická), která se dívá na výrobní proces komplexněji v souvislostech a automatizuje část technologie jednoho pracoviště přesunutím na jiné, čímž mu tak ulehčuje a umožňuje realizovat rozsáhlejší úpravy ve výrobním procesu. Poslední navrhovaná Varianta 3 (logistická) již obnáší výraznější zásah do výrobního procesu z hlediska prostorového uspořádání. Jejím hlavním přínosem je vysoká úspora při manipulaci s materiálem.

Z těchto variant byla vybrána jako nejvhodnější varianta 2, a to na základě faktu, že v rámci současného nastavení výroby nejvíce vyhovuje požadavkům podniku a řeší nejdůležitější body v zadání celé práce.

V této diplomové práci byly použity výsledky z projektu OP VK č. CZ.1.07/2.3.00/09.0163.

Seznam použité literatury

- [1] NĚMEJC, Jiří; CIBULKA, Václav. *Projektování a výstavba strojírenských podniků*. Plzeň : VŠSE v Plzni, 1986. 181 s
- [2] ZELENKA, Antonín; PRECLÍK, Vratislav; HANINGER, Milan. *Projektování výrobních systémů : Návody pro cvičení*. Praha : ČVUT, 1993. 131 s.
- [3] Interní dokumenty společnosti Kermi
- [4] HAMMER, M., CHAMPY, J., *Reengineering – manifest revoluce v podnikání*, Praha : Management press, 1999.
- [5] BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V., *Modelování a optimalizace podnikových procesů*, Plzeň : Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-7082-936-2.
- [6] BASL, J., *Theory of Constraints (TOC)*, Praha : VŠE Praha.
- [7] BASL, Josef; BLAŽÍČEK, Roman. *Podnikové informační systémy : Podnik v informační společnosti. 2., výrazně přepracované a rozšíření vydání*. Praha 7 : Grada Publishing, 2008. 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.
- [8] M. Bureš, V Šrajer, T. Görner: *Projektování výrobních systémů a DP [CD-ROM]*. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1
- [9] J. Matějka, R. Kolář: *Projektování výrobních procesů a DP [CD-ROM]*. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-12-5
- [10] P. Kopeček, M. Malaga: *Plánování a řízení výroby a DP [CD-ROM]*. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-14-9