

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Technologické slučování výrobních linek

Autor: **Bc. Aleš Pavel**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali při tvorbě této diplomové práce. Především bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Pavolu Tarkošovi z firmy Robert Bosch České Budějovice s.r.o. za odborné rady a vedení při řešení praktické části práce. A nakonec samozřejmě děkuji své rodině za podporu během celého mého studia.

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	Příjmení Pavel	Jméno Aleš	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulu) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technologické slučování výrobních linek		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN

CELKEM	78	TEXTOVÁ ČÁST	72	GRAFICKÁ ČÁST	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Diplomová práce se zabývá návrhem prostorového uspořádání výrobních linek DNOX 3.1 ve společnosti Robetr Bosch České Budějovice, spol. s.r.o. V teoretické části je nejprve popsána filozofie štíhlé výroby a uspořádání výrobního systému. Dále jsou popsány nástroje pro analýzu materiálových a informačních toků a efektivita výrobních linek. V praktické části je nejprve analyzován současný stav výroby. Je popsán layout výrobní haly 090a/b. Detailně je popsána výroba na linkách DLS. Je navržen layout části výrobní haly 090b a dále navrženy možné varianty layoutu sloučených linek DLS na výrobní hale 090a. Na závěr je vybrána vhodná varianta na základě kapacitní analýzy a popsáno ekonomické zhodnocení realizovaného projektu.
KLÍČOVÁ SLOVA	Štíhlá výroba, layout, VSM, OEE, Prostorové uspořádání, Materiálové toky, Sankeyův diagram, Kapacitní propočty, Balancování linek

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Pavel	Name Aleš		
FIELD OF STUDY	2301T007 Industrial Engineering and Management			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Technological merging of production lines.			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	78	TEXT PART	72	GRAPHICAL PART	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>The goal of diploma thesis is new spatial arrangement of production lines DNOX3.1 in company Robetr Bosch České Budějovice, Ltd.</p> <p>The theoretical part describes the philosophy of lean manufacturing, production layout, analyzing material and information flow and efficiency of production lines.</p> <p>In practical part first is analyzed current production. Actual layout of production hall and production lines DLS is described. Then new layout of hall 090b is created. Than possibility of merging production lines DLS is analyzed. Based on the capacity analysis is selected proposal of solution. In conclusion is evaluated realized solution and economic influence is described.</p>
KEY WORDS	Lean production, Layout, VSM, OEE, Material flow, Sankey diagram, Capacity analysis, Production line balancing

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek:	9
Seznam použitých zkratk a cizích výrazů.....	10
Úvod	11
1 Štíhlé uspořádání linek.....	12
1.1 Štíhlá výroba.....	12
1.1.1 Historie štíhlé výroby	12
1.1.2 Filozofie štíhlé výroby	13
1.1.3 Plýtvání.....	14
1.2 Uspořádání výrobního systému	15
1.3 Štíhlý layout.....	20
2 Analýza materiálových a informačních toků	22
2.1 VSM mapping.....	22
2.2 Sankeyův diagram	27
2.3 Spagetti diagram	28
3 Efektivita linek.....	30
3.1 Kapacitní propočty	30
3.2 Balancování linek	33
3.3 OEE	35
4 Představení společnosti	37
4.1 Systém DNOX.....	37
5 Analýza současného stavu	40
5.1 Layout výrobní haly 090.....	40
5.2 Materiálový a informační tok DNOX 3.1.....	43
5.3 Výrobní linky DLS	43
5.4 Kapacita linek DLS1 aDLS2	46
6 Návrhy řešení	48
6.1 Nový layout části haly 090b	48
6.2 Stěhování linek DLS.....	50
6.2.1 Stěhování obou linek.....	50
6.2.2 Sloučení linek	54
7 Zhodnocení a výběr varianty.....	63
7.1 Zhonocení variant	63
7.2 Výběr varianty	65
8 Ekonomické zhodnocení vybrané varianty	68

8.1	Náklady na realizaci projektu	68
8.2	Vliv vybrané varianty na náklady pro RBCB.....	68
9	Závěr	70
	Zdroje	71

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Vývoj výrobních systémů [2]	12
Obrázek 1-2 Filozofie štíhlé výroby[4]	13
Obrázek 1-3 Rozdělení prostor layoutu[15]	15
Obrázek 1-4 P-Q diagram	16
Obrázek 1-5 Předmětné uspořádání pracovišť[5]	17
Obrázek 1-6 Technologické uspořádání pracovišť[5]	17
Obrázek 1-7 Buňková výroba	18
Obrázek 1-8 Pružný výrobní systém[17]	19
Obrázek 2-1 VSM značky 1/4	23
Obrázek 2-2 VSM značky 2/4	24
Obrázek 2-3 VSM značky 3/4	25
Obrázek 2-4 VSM značky 4/4	26
Obrázek 2-5 Sankeyův diagram[9].....	27
Obrázek 2-6 Matice mezidíleňských mat. toků [8]	28
Obrázek 2-7 Špagetový diagram[11]	29
Obrázek 3-1 Rozdělení kapacitních propočtů [15].....	31
Obrázek 3-2 Příklad balancování linek - současný stav[18]	34
Obrázek 3-3 Příklad vybalancování linky[18]	35
Obrázek 3-4 Výpočet OEE[14]	36
Obrázek 4-1: Výrobní závod RBCB[1].....	37
Obrázek 4-2: DNOX 3.1 tank unit	38
Obrázek 4-3 Heating pot	38
Obrázek 4-4: DLS - Discrete Level Sensor	39
Obrázek 5-1: Layout 090.....	41
Obrázek 5-2: Rozšíření čisté místnosti.....	42
Obrázek 5-3 Materiálový tok	43
Obrázek 5-4 Layout DLS1 a DLS2	44
Obrázek 5-5: Schéma výroby DLS 2	45
Obrázek 5-6 Materiálový tok na DLS2	46
Obrázek 5-7 Balanční diagram DLS2 - 8MA	47
Obrázek 6-1 Nový layout 090b	49
Obrázek 6-2 Layuot DLS bez CSL a QMM	51
Obrázek 6-3 Layout linky CSL	52
Obrázek 6-4 Layout DLS1+DLS2 a redukce CSL.....	54
Obrázek 6-5 Formulář pro Scaling	55
Obrázek 6-6 Scaling výchozí stav	56
Obrázek 6-7 Layout DLS - takt 46,4s	57
Obrázek 6-8 Scaling DLS – 46,4s	58
Obrázek 6-9 Layout DLS 40s.....	59
Obrázek 6-10 Diagram DLS 40s	60
Obrázek 6-11 Layout 37,6s	61
Obrázek 6-12 Scaling takt 37,6s	62
Obrázek 7-1 Varianty návrhů	63
Obrázek 7-2 Kapacitní graf - zásoby.....	65
Obrázek 7-3 Kapacitní analýza	66
Obrázek 7-4 Layout realizované varianty - DLS1+DLS2 a redukce CSL.....	67

Seznam tabulek:

Tabulka 5-1 Výkon linky DLS1	46
Tabulka 5-2 Výkon linky DLS2	46
Tabulka 7-1 Zhodnocení variant návrhů	64
Tabulka 8-1 Náklady na stěhování HP1	68
Tabulka 8-2 Náklady na stěhování DLS1 a DLS2	68

Seznam použitých zkratk a cizích výrazů

RBCB	Robert Bosch, spol. s.r.o. - České Budějovice
DLS	Discrete Level Sensor
HP	Heating pot
DM	Dosing Module
TU	Tank unit
MFC	(Material Flow Center) Materiálové centrum
GS	Gasoline systems
DS	Diesel systems
DNOX	Denoxtronic-Systém
VSM	(Value stream mapping) Mapování hodnotového toku
OEE	(Overall equipment effectiveness) Celková efektivnost zařízení
TPS	(Toyota production system) výrobní systém Toyoty
JIT	(Just In Time) Princip, kde se klade důraz na to, aby se vyrábělo ve správném okamžiku, v požadovaném množství, a v co nejkratší průběžné době.
FIFO	First In First Out
KLT	Typ vratných přepravných obalů používaných v automobilovém průmyslu
SMED	(Single Minute Exchange of Die) Optimalizace přeseřžení
TPM	(Total Productive Maintenance) Systém údržby zařízení

Úvod

Cena, za kterou je produkt prodáván v dnešní době je do značné míry určována konkurenčním prostředím na trhu. Redukováním vlastních nákladů je jednou z mála možností, jak zvýšit zisk podniku. Jedním z nástrojů, jak snížit náklady, je pomocí dobře navrhnutého prostorového uspořádání výroby neboli návrhu layoutů.

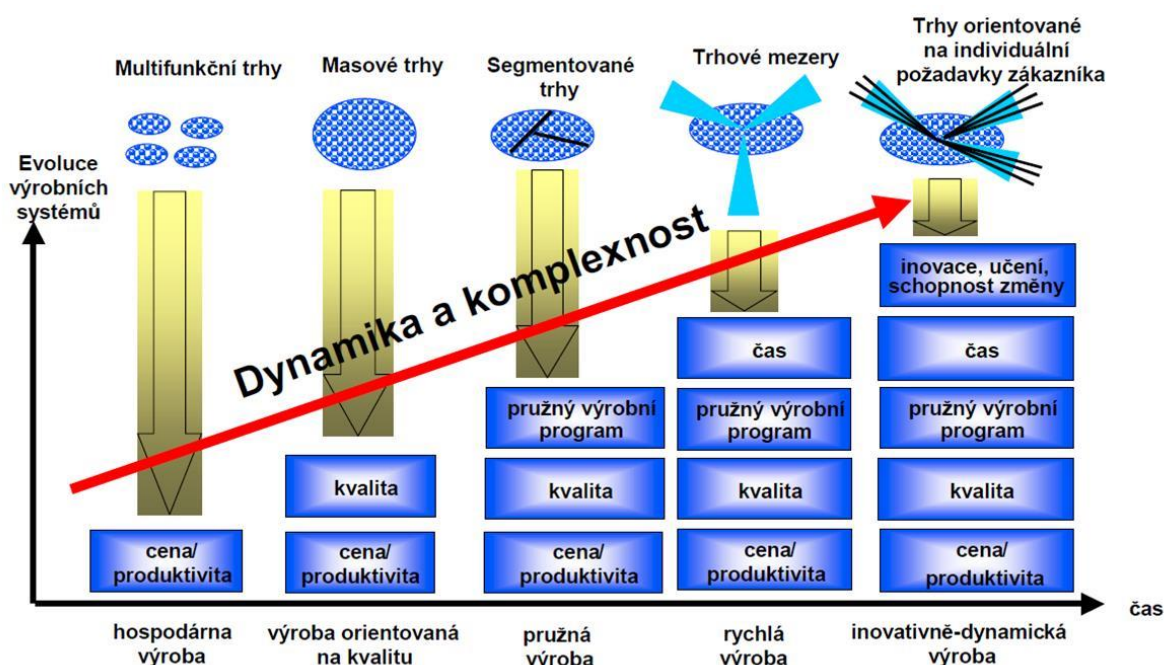
Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je nejprve popsána filozofie štíhlé výroby a uspořádání výrobního systému. Dále jsou popsány nástroje pro analýzu materiálových a informačních toků a efektivita výrobních linek.

Praktická část práce je zaměřena na řešení změny prostorového uspořádání výrobních linek DNOX 3.1 na výrobní hale 090a/b v RBCB z důvodu rozšiřování výroby nové generace výrobků. Hlavními cíli je návrh různých variant řešení, rozpracování vybrané varianty a následná realizace projektu. Dílčími cíli je analýza současného stavu, vypracování nového layoutu, návrh zásobování linek a distribuci výrobků mezi linkami. Dále je popsán výběr vhodné varianty řešení na základě kapacitní analýzy. V závěru práce jsou vyčísleny náklady na realizaci projektu

1 Štíhlé uspořádání linek

1.1 Štíhlá výroba

V dnešní době je základem moderních výrobních systémů kvalitní řízení jakosti a plánování. Je kladen důraz na flexibilitu výroby a především schopnosti reagovat na změny výrobního programu dle zákazníka. Cílem výrobních firem je, aby jejich výrobní systém byl štíhlý a podnik zvládal reagovat na změny trhu v co nejkratším čase a bez ztrát. Proces vývoje výrobního systému nikdy nekončí a snahou podniků je neustále inovovat výrobní systém a tak zlepšovat své postavení na trhu. Trendem dnešní doby je velmi rychlá a neustálá modernizace a inovace výrobků. V důsledku toho má výroba součástí někdy velmi krátký životní cyklus. Jsou kladeny vysoké nároky na výrobu různého provedení výrobků a v co nejmenších dávkách. Do toho ještě vstupují vysoké nároky na kvalitu výrobků a rychlost dodávek k zákazníkovi. Řešením této situace je flexibilní výrobní systém = štíhlý výrobní systém. Vývoj výrobních systémů je znázorněn na obrázku 1-1 [2]



Obrázek 1-1 Vývoj výrobních systémů [2]

1.1.1 Historie štíhlé výroby

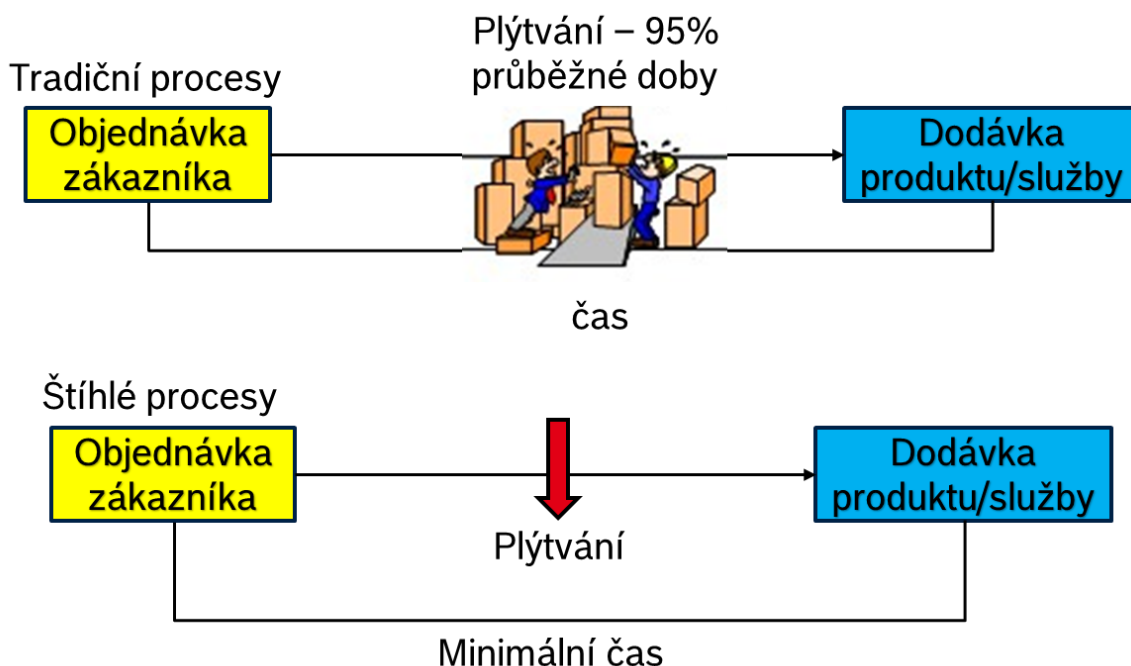
První myšlenky štíhlé výroby byly zavedeny v 50-60 letech 20. století ve společnosti Toyota. Avšak až Henry Ford vyvinul a využíval první prvky štíhlé výroby. Právě zde vznikaly první myšlenky dnešních výrobních strategií. Výrobní metody byly založeny na dělbě práce a řízení práce. Jedna z hlavních zásad byl plynulý pohyb výroby. Zde byl počátek prvních montážních linek při pásové výrobě. [3]

Po druhé světové válce byla produktivita japonského dělníka na velmi nízké úrovni oproti americkému nebo evropskému. Tento rozdíl v produktivitě měl příčinu v tom, že v Japonsku dělali pracovníci zbytečné věci, které nepřidávají hodnotu produktu. Převzetí konceptu hromadných výrob z Ameriky by nemělo budoucnost. Protože v Japonsku neexistovala tak

velká poptávka jako v Americe. Snahou odstranit přebytečnou práci a plýtvání se zrodil výrobní systém Toyota - TPS (Toyota production system). Zakladateli tohoto výrobního systému byli Taiichi Ohno a Kiichiro Toyoda. Na začátku byla vymyšlena výrobní linka, kde jeden pracovník obsluhuje více různých strojů. Tato změna se výrazně liší od hromadné výroby, kde platí jeden stroj – jeden pracovník. Touto změnou se podařilo výrazně zvýšit produktivitu a byla naznačena cesta budoucího vývoje. Základními pilíři TPS jsou principy JIT(just-in-time) a JIDOKA. JIT neboli „právě v čas“ znamená, že výrobky se dotanou na správné místo ve správnou dobu. JIDOKA je vlastně automatizace s lidskou inteligencí. Myšlenkou tohoto principu je, že stroj sám pozná špatný výrobek od správného. V případě výskytu problému znemožní výrobu špatného výrobku nebo se stroj po chybě automaticky zastaví. Dále byly tyto dva pilíře TPS doplněny metodou SMED Shigea Shingem. Metoda SMED – redukce nastavovacích časů umožnila vyrábět ve velmi malých výrobních dávkách. Kvůli této flexibilitě byla Toyota a i jiné japonské automobilky stále profitabilní, když v roce 1973 přišla ropná krize, která zastavila vývoj průmyslu. Při průmyslové recesi byly metody hromadné výroby naprosto neadekvátní. Po roce 1975 si této skutečnosti všimli ostatní průmyslníci z Japonska i celého světa a začali v následujícím desetiletí implementovat filozofii TPS. P. Womack profesor na Massachusetts Institute of technology udělal zásadní krok pro celosvětovou osvětu štíhlé výroby, když publikoval knihu "The machine that changed the world: the story of lean production" [Stroj, který změnil svět: příběh štíhlé výroby]. Vzhledem k rozšíření štíhlého myšlení do statních oborů můžeme dnes mluvit o „štíhlé společnosti“ nebo „štíhlé transformaci“. Obory kde se implementují štíhlé principy jsou logistické řetězce, potravinářství, stavebnictví nebo i cestovním ruchu. [3]

1.1.2 Filozofie štíhlé výroby

Filozofie štíhlé výroby je založena na minimalizování času mezi dodavatelem a zákazníkem. Proto aby byl tento čas co nejmenší, musí se dělat jen takové činnosti, které jsou nezbytné pro daný proces. Ostatní činnosti jsou definovány jako plýtvání. Vznikla strategie, která se snaží toto plýtvání odstraňovat pomocí metod zvyšování produktivity práce. [4][2]



Obrázek 1-2 Filozofie štíhlé výroby[4]

1.1.3 Plýtvání

Za plýtvání lze označit všechny činnosti, které jsou prováděny při realizaci produktu a nepřidávají hodnotu k vyráběnému výrobku nebo službě. Činnosti označené za plýtvání se nepodílí na zvyšování zisku podniku. Plýtvání můžeme rozdělit na sedm základních druhů, mezi které patří: nadprodukce, zásoba, pohyb, přeprava, zmetky, čekání, nadpráce (vícepráce) a osmým je nevyužitý potenciál zaměstnanců. Všichni pracovníci by měli neustále vyhledávat a odstraňovat plýtvání, aby zvyšovali produktivitu a snižovali náklady.[2]

Nadvýroba

Nadvýroba se považuje za nejhorší plýtvání, protože skrývá nebo vytváří jiné plýtvání ve firmě. K nadvýrobě dochází, když je vyrobeno více výrobků, než požaduje zákazník. S nadvýrobou souvisejí nadbytečné zásoby, které vyžadují prostředky na skladování, dopravu a jiné činnosti, které nepřidávají hodnotu produktu.

Čekání

V případě, kdy výrobek není ve stavu zpracování nebo dopravy, je to považováno za čekání. V tradičních výrobních postupech je velká část času ve výrobě čekání. Typickým příkladem je čekání na lidi, zařízení, nástroje a informace.

Zásoby

Při skladování není výrobku přidávána žádná hodnota. Skladování v prostoru výrobních hal a skladů, na stolech nebo v počítačích. Cílem je eliminovat zásoby a využívat plochy efektivněji.

Opravy

Nesprávně vyrobené produkty vyžadují opravy, korekce, přepracování. To vše způsobuje ztráty. Špatně vyrobené kusy jsou odhalovány během výroby nebo na výstupní kontrole. V případě, že se zjistí špatně vyrobený produkt u zákazníka, nastává problém. Vznikají pak další náklady spojené s reklamací. Pro odstranění oprav je důležité zjistit příčiny chyb. Poté je nutné implementovat opatření, které zajistí, že nemůže docházet k produkci zmetků. Například zavedení Poka-yoke, TPM nebo Jidoka.

Pohyb

Pohyby, které jsou zbytečné, se považují za formu plýtvání.

Příklady zbytečných pohybů:

- Chůze
- Nadbytečná manipulace s výrobkem
- Přemísťování beden
- Hledání
- Třídění materiálu

Každý pohyb nemusí být plýtvání. Pohyby nutné pro přidání hodnoty produktu se nepovažují za plýtvání, pokud není možné je zefektivnit.

Přeprava

Přeprava, která je zbytečně složitá a vzdálená, je plýtvání. Vzniká nevhodným uspořádáním výrobní haly nebo skladováním rozpracovaných výrobků. Eliminovat přepravu lze zkrácením přepravních tras na co nejkratší a zavedením např. systémů kanban, systém tahu nebo tok jednoho kusu.

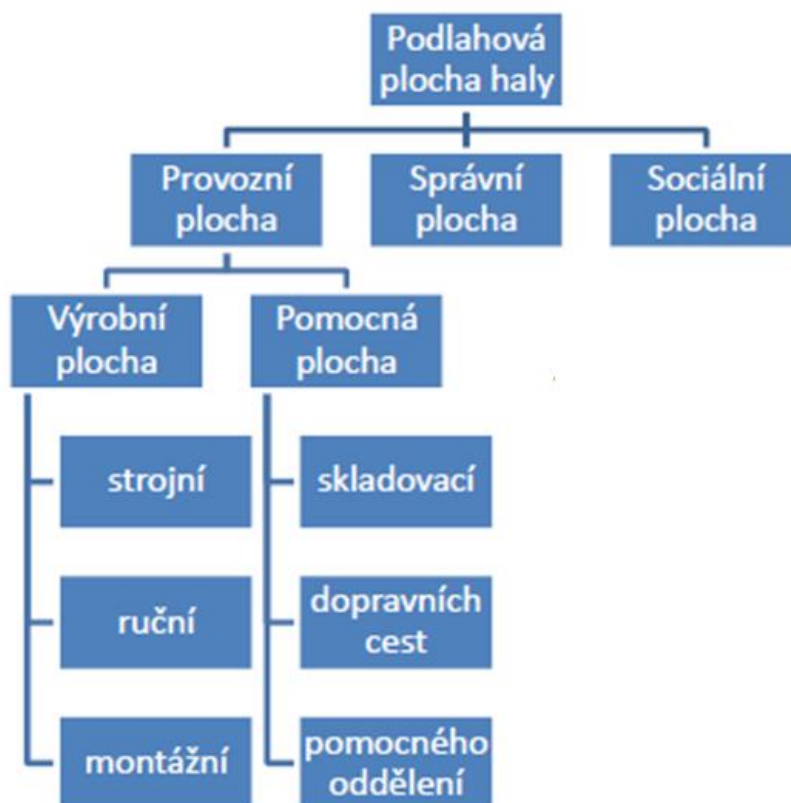
Nadpráce

Nadpráce nastane v případě, že se provádí na produktu více práce než si přeje zákazník a odmítá za ní zaplatit. Typickým příkladem nadpráce je používání nástrojů, které jsou přesnější, složitější nebo drahé, než je nezbytně nutné. Mezi možná protiopatření patří standardizace procesů nebo štihlý vývoj výrobku.

1.2 Uspořádání výrobního systému

Pro zobrazení prostorového uspořádání výrobního systému se používá layout. Layoutem je možné znázornit návrh výrobních i nevýrobních částí podniku ve 2D nebo 3D. Kombinace výrobního layoutu, výrobního programu respektive výrobního postupu určuje tvar, délku a intenzitu materiálových toků. Prioritou při návrhu layoutu je optimalizace rozmístění pracovních středisek. Kritériem optimality je produktivita, minimální materiálové toky a jejich plynulost.

Prostory layoutu lze rozdělit na několik druhů podle jejich druhů. Viz schéma na obrázku 1-3.



Obrázek 1-3 Rozdělení prostor layoutu[15]

Layouty dělíme hlavně podle typu výroby:

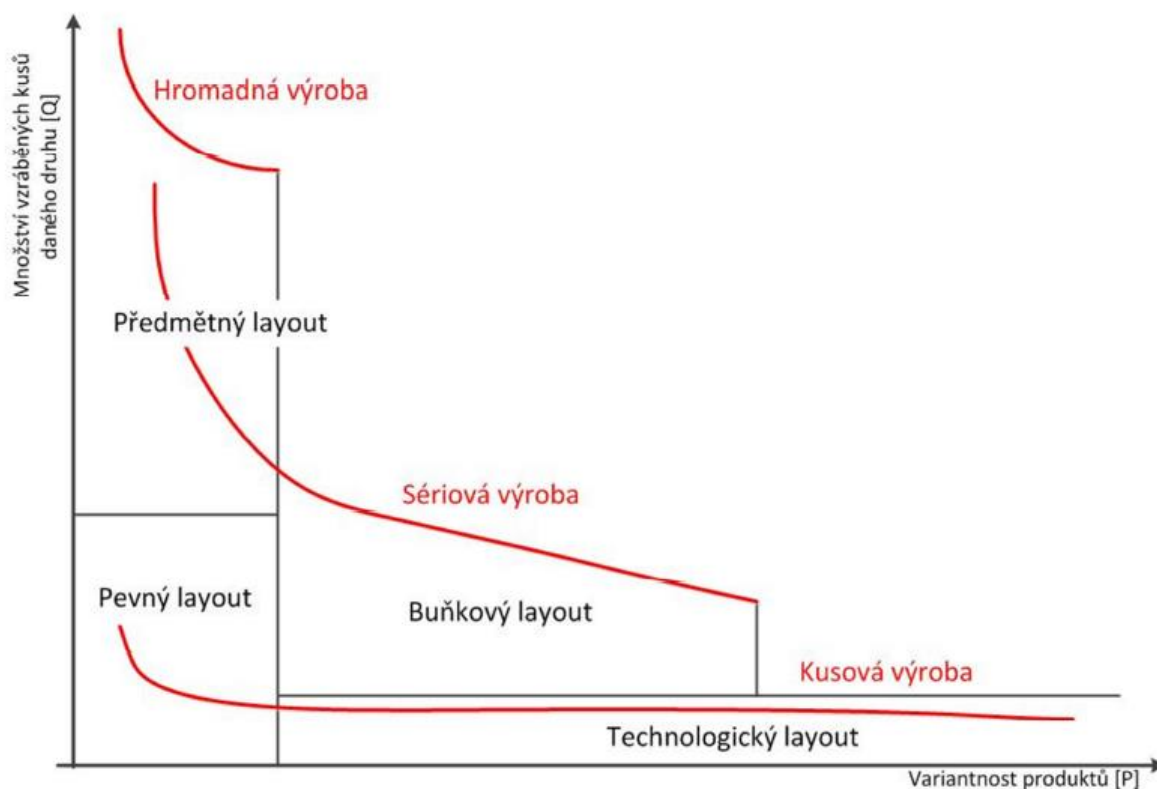
Základní typy:

- předmětné (produkční) uspořádání
- technologické (procesní) uspořádání
- pevné uspořádání

Kombinované typy:

- buňková výroba
- pružné výrobní systémy

Tyto typy jsou krajními případy. Uspořádání výrobního systému je v praxi kombinací těchto typů na základě podmínek trhu a konkrétních provozů. Vztah typu výrobního systému a druhu layoutu je znázorněn na obrázku 1-4.



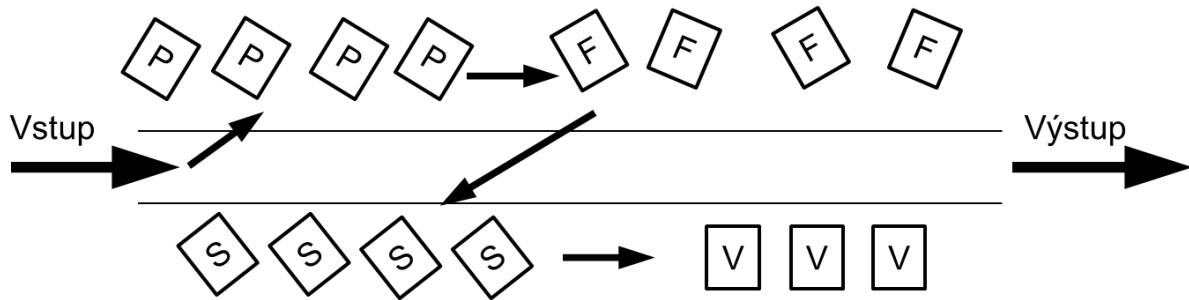
Obrázek 1-4 P-Q diagram[19]

Předmětné uspořádání

Pracoviště jsou uspořádána tak, aby odpovídala plánovanému materiálovému toku. Cílem je, aby materiálový tok byl co nejrychlejší a hladký. Toto uspořádání je vhodné tam, kde je větší sériovost nebo kde se opakuje výroba po malých sériích. Příkladem je výrobní linka, která má pevný takt. Jsou zde minimalizovány mezioperační činnosti, které nepřidávají výrobku žádnou hodnotu. Tyto linky mají vysokou efektivnost a podnik je velice konkurenceschopný v případě zajištění odbytu. [5]

Tento typ upořádání se používá ve středně těžkém strojírenství, kde převládá velkosériová nebo hromadná výroba. U středně sériové výroby by mohlo hrozit, že materiálový tok nebude pro

všechny vyráběné díly optimální. Předmětné uspořádání layoutu je znázorněno na obrázku 1-5.



Obrázek 1-5 Předmětné uspořádání pracovišť[5]

Označení: P – pila, S – soustruhy, V – vrtačka, F – frézky, B – bruska a L – lakovny.

Výhody předmětného uspořádání:

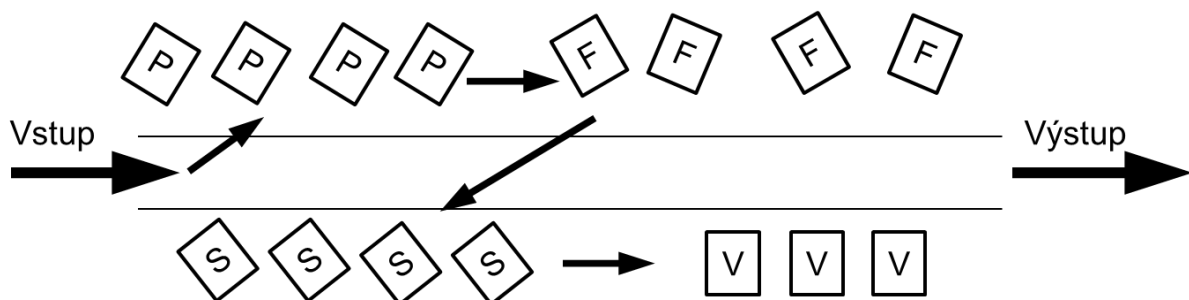
- Zkrácení dopravních cest
- Nižší nároky na plochy
- Snížení rozpracovanosti výroby
- Nevyžaduje zvláštní nároky dispečerského řízení
- Automatizace rutinních činností

Nevýhody:

- Hroucení systému při poruše nebo absenci materiálu a lidí
- Složitější kapacitních problémů
- Obtížná změna programu výroby
- Obtížnější údržba – vysoké náklady
- Jednotvárnost práce
- Obtížnější přijímání doplňkového programu (kooperace) [5]

Technologické uspořádání:

Toto uspořádání je zaměřeno na různorodou výrobu a inprovizaci. Pracoviště jsou uspořádány podle technologické příbuznosti. Například operace, které se vztahují k lisování, se provádějí v lisovně, lakování v lakovně atd. Ve výrobní hale s obráběcími stroji jsou uspořádány u sebe v jedné skupině vrtačky, pily, frézky, brusky atd. Tento typ uspořádání je používán v prototypových výrobních dílnách nebo učňovských dílnách. Také tam, kde je kusová nebo malosériová výroba. Technologické uspořádání je znázorněno na obrázku 1-6[5]



Obrázek 1-6 Technologické uspořádání pracovišť[5]

Označení: P – pily, S – soustruhy, F – frézky a V – vrtačky.

Výhody technologického uspořádání jsou[5]:

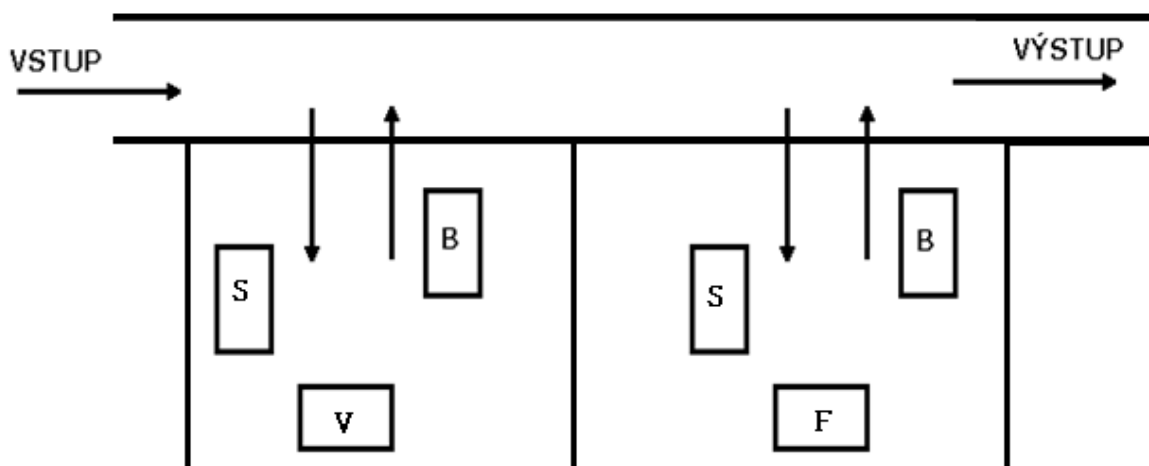
- Vícestrojová obsluha – CNC stroje
- Snadná zaměnitelnost pracovišť
- Snadné řešení kapacitních problémů při poruše stroje nebo absenci obsluhy
- Snadnější údržba
- Flexibilita – snazší změna výrobního plánu
- Zavedení výroby nového výrobku jednoduché, rychlé a levné

Nevýhody[5]:

- Složitější řízení výroby
- Vysoká rozpracovanost výroby
- Delší dopravní trasy
- Prodloužení průběžné doby výroby
- Vyšší nároky na mezisklady

Buňková výroba:

Buňkové uspořádání je nový způsob uspořádání pro stroje či jiná zařízení. Jde o kombinaci předmětného a technologického uspořádání s tím, že se využívá výhod obou těchto uspořádání. Vytváří se tzv. technologické bloky, které se k sobě uskupují stejné nebo navzájem podobné pracoviště. Jednotlivá pracoviště dosahují vysoké produktivity práce. Toto uspořádání převládá u kusové či malosériové výroby. Důležité je, aby pracovníci měli dostatečnou kvalifikaci pro ovládání různých pracovišť. Buňkové uspořádání je zobrazeno na obrázku 1-7



Obrázek 1-7 Buňková výroba[5]

Výhody buňkové výroby:

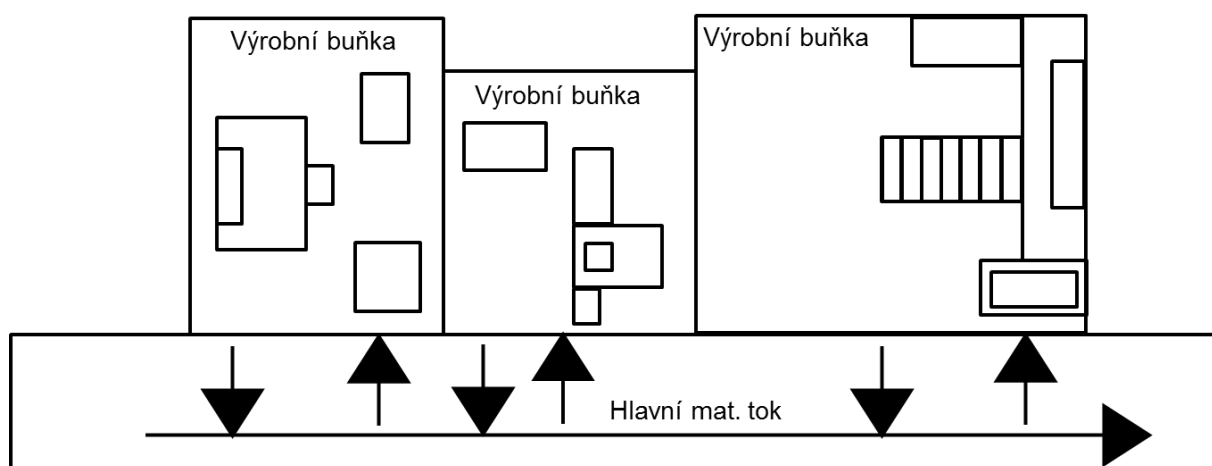
- Produktivita práce
- Krátké operační i mezioperační časy
- Zkrácení mezioperačních časů
- Snazší organizace a řízení výroby

Nevýhodami jsou:

- Větší požadavky na technickou přípravu výroby
- Vysoké investice do zařízení - CNC stroje nebo obráběcí centra, robotizovaná pracoviště

Pružné výrobní systémy:

O pružném výrobním systému mluvíme v případě, že je buňková výroba plně automatizovaná. Veškeré stroje jsou řízeny počítači a lidské zásahy se provádějí jen omezeně. Tento systém vyžaduje vysoké investice. Vyrábí se malé dávky, které se často opakují. Struktura layoutu tohoto systému je znázorněná na obrázku 1-8. Jedná se o koncept jakési páteře, která je tvořena hlavním materiálovým tokem. Okolo této páteře jsou rozmístěné jednotlivé výrobní buňky. [17]



Obrázek 1-8 Pružný výrobní systém[17]

Linková výroba

Při linkové výrobě se materiál zpracovává plynule a rovnoměrně. Jde o hromadnou výrobu. Jednotlivá pracoviště jsou časově sladěna. Při návrhu linky se používá předmětný layout. Materiálový tok je přímý a má co nejkratší dráhu. Hlavním znakem linkové výroby je linka – dráha, podél které jsou seřazena jednotlivá pracoviště. Důležité je správné zvolení počtu strojů a zařízení tak, aby byly efektivně využívány. Členění práce a úprava časů na jednotlivých pracovištích musí být nastaveno tak, aby trvání jednotlivých operací bylo násobkem taktu linky. K vybalancování linky se používají různé technicko-organizační opatření[5]:

- Slučování nebo rozdělování operací
- Zavedení zařízení umožňující obrábění více výrobků současně.
- Použití novějších technologií umožňující rychlejší proces.
- Mechanizace a automatizace práce.

Při linkové výrobě je nutné, aby byla vyřešena koordinace vztahů a pohybů materiálu, dělníka a stroje. Možné způsoby řešení jsou následující:

- Pohyb materiálu – výrobek putuje od jednoho pracoviště ke druhému
- Pohyb dělníka – výrobní dělník přechází mezi pracovišti

- Pohyb nástrojů – dělník používá na jednom pracovišti postupně různé transponované nástroje.
- Pohyb materiálu, dělníka i nástroje. V průběhu operace se s výrobkem putuje dělník i nástroj
- Jiné kombinace

Rozlišujeme linky pružné a proudové. Pružné linky jsou schopny vyrábět více typů výrobků. Je možné měnit tok materiálu podle toho, jaký je požadavek výroby. Charakteristické jsou pro tento typ linkové výroby systémy pružné manipulace s materiálem – zásobníky, manipulátory atd. Naopak u proudové linky se vyrábí jen jeden druh výrobku. U těchto linek se neuvažuje s přeseřizováním. Nastavení linky zůstává stejné až do konce její životnosti. Případná přestavba by vyžadovala vysoké náklady Proudová linka se využívá k velkosériové a hromadné výrobě. [5]

1.3 Štíhlý layout

Štíhlý layout dokáže zredukovat plochy a snížit mezioperační čas výrobku. Oblast manipulace a skladování zahrnuje až 25% zaměstnanců, zabírá 55% plochy a tvoří 87% času, který materiál stráví v podniku. Implementováním štíhlého layoutu dokážeme snížit tyto hodnoty a může být uvolněno místo pro proces, který přidává hodnotu výrobkům.

Hlavními parametry štíhlého layoutu jsou[16]:

- Přímý materiálový tok
- Minimalizace přepravních vzdáleností mezi operacemi
- Minimální plochy na zásobníky a mezisklady
- Dodavatelé co nejbližší k zákazníkům (např. přes uličku)
- Přímočaré a krátké trasy
- Minimální průběžné časy
- Skladování materiálu v místě spotřeby
- Eliminace dvojnásobné manipulace
- FIFO a tahový systém, kanban
- Buňkové uspořádání
- Flexibilita s ohledem na variabilitu produktů, výrobní množství a změny výrobního layoutu (mobilní zařízení – kolečka, vzduchové polštáře)
- Instalace zařízení není nákladná

Zásady tvorby štíhlého layoutu: [16]

- Výstup jedné operace je vstupem operace druhé
- Uspořádání strojů, tak aby byla možná vícestrojová obsluha
- V buňce tvaru U jsou první a poslední operace u sebe, aby je mohl zajišťovat jeden operátor
- Počáteční a koncový bod operátora jsou blízko sebe
- Vyvážený tok materiálu s snadnou manipulací na další výrobní stanici
- Plynulý materiálový tok bez zásobníků, palet a kontejnerů
- Maximální využití gravitace při manipulaci mezi operacemi
- Přepravní boxy a manipulační zařízení mají malé rozměry

- Redukce ploch mimoúrovňovou manipulací
- Nástroje, pomůcky a dodavatelé jsou umístěny co nejbliže, přípravky jsou rozděleny na jednotlivá zařízení a přehledně vizualizovány
- Žádné překážky pohybu operátora v prostoru buňky
- Reorganizace (přeseřzení linky) je rychlá a jednoduchá
- Vstupující díly jsou uloženy blízko místa spotřeby a jsou snadno dosažitelné operátorem
- Supermarkety s materiálem jsou umístěny blízko výrobních linek, které zásobují

2 Analýza materiálových a informačních toků

2.1 VSM mapping

VSM mapping je nástroj pro identifikaci a odstraňování plýtvání formou neustálého zlepšování výrobních procesů. Výstupem VSM je ucelená analýza hodnotového toku vybraného výrobku. Při mapování jsou odhaleny nedostatky, uzká místa a plýtvání na pracovišti, v systému či skladech. Cílem VSD (Value Stream Design) je navrhnout budoucí „ideální“ stav výroby produktu bez plýtvání. [6] [7]

Využití VSM:

- Identifikace plýtvání
- Analýza výrobních a nevýrobních procesů
- V případě záměru nového způsobu rozvrhování výroby
- Zavádění nových výrob nebo produktů



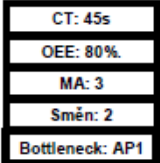


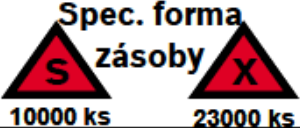

Hlavní výstupy VSM:

- Časy jednotlivých procesů
- Informace o aktuálním stavu rozpracovanosti
- Hodnota VA indexu – poměr mezi celkovým časem, kdy je přidávána výrobku hodnota ku celkovému času výroby.
- Informace o meziskladech – velikosti a způsobu řízení


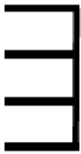


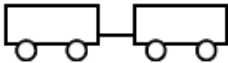
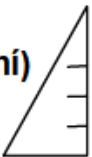
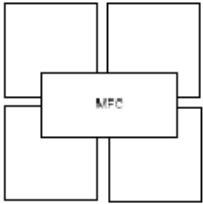
Přínosy VSM:

- Optimalizace hodnotového toku v podniku
- Identifikace míst s potenciálem ke zlepšení
- Zanalyzování aktuálního stavu ve výrobě
- Snížení rozpracovanosti výroby
- Redukce průběžné výroby
- Vizualizace dat

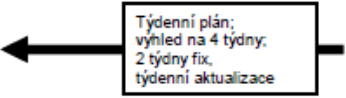
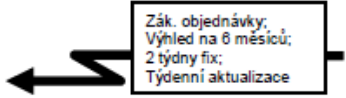



Pro sestavování map současného nebo budoucího stavu výroby se používá sada základních značek. Používáním těchto značek lze snadno, rychle a hlavně přehledně popsat procesy. Následně jsou znázorněny a vysvětleny značky používané v RBCB. Zdrojem jsou interní materiály RBCB.

<p>Externí proces</p> 	<p>Symbol pro procesy mimo RBCB (tj. dodavatel, kooperace, třídění, zákazník, sklady apod.).</p> <p>→ Nese jasné označení (název, funkce)</p> <p>→ Dodatečné údaje je možné doplnit do datového pole umístěného vedle nebo pod symbolem</p>
<p>Procesní box</p> 	<p>Označení pro výrobní proces (předmontáž, linka nebo AP, balení)</p> <p>→ Spojujeme se symbolem datové pole</p>
<p>Datové pole</p> 	<p>Prostor pro zápis hlavních údajů o procesu, lince, AP, zákazníkovi, dodavateli apod. Zapisují se údaje jako TT, TCT, CT, OEE, C/O, MA, AP, frekvence, způsob odesílání zakázek, počet typů apod.</p> <p>→ Obvykle se umísťuje rovnou pod procesní box příp. pod nebo vedle symbolu pro externí proces</p>
<p>Vychystávací plocha (Interní)</p> 	<p>Plocha pro přípravu zboží k naložení/vyložení interním transportem (např. definované plochy za linkou), kde je definováno: doba čekání na odvoz, čas odvozu, velikost plochy, přepravované množství na bázi P/N (např. dle kanban karet) a je dodržen FIFO princip na bázi P/N</p>
<p>Zásoba</p> 	<p>Zásoba s nedefinovaným maximem a minimem mezi dvěma procesními kroky. Zapisuje se aktuálně zjištěné množství. Doba pokrytí se počítá např. přes Ø denní potřebu</p>
<p>Spec. forma zásoby</p> 	<p>Speciální forma zásoby: S – pojistná; X - zablokovaná</p>
<p>Externí transport</p> 	<p>Transporty od dodavatelů, kooperantů, z třídění a skladů apod., dále k zákazníkům, do skladů aj.</p> <p>→ Údaje o frekvenci apod. uvádějte do datového pole.</p>




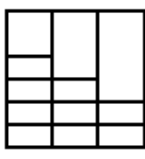


Obrázek 2-1 VSM značky 1/4

<p>Tok materiálu v režimu PUSH (tlak)</p> 	<p>Tok materiálu, který je vyroben a dodán předtím, než ho následující proces potřebuje („PUSH“). → Použití symbolu pouze v rámci RBCB</p>
<p>Supermarket</p> 	<p>Definovaná zásoba (min., max.), která předcházejícímu procesu slouží jako řízení výroby. → Natočení symbolu: otevřená strana k dodavateli</p>
<p>Odběr</p> 	<p>Odběr materiálu. Zákaznický proces odebírá od dodavatelského procesu definovaným způsobem (tj. jsou definované časy a frekvence odběrů). Tento symbol se může kombinovat např. se symbolem pro milkrun, externí transport</p>
<p>FIFO (First In – First Out)</p> <p>max. 20 ks</p> 	<p>Symbol pro ohraničenou zásobu a zajištění dodržování FIFO mezi dvěma procesy. → Existuje definované maximum zásoby → Dosažení tohoto maxima znamená zastavení předcházejících procesů</p>
<p>Milkrun</p> 	<p>Cyklické zásobování materiálem podle pevného jízdního řádu a dané trasy. → v RBCB vlak mezi MFC a výrobami</p>
<p>Vychystávací plocha (externí)</p> 	<p>Plocha pro přípravu zboží k naložení/vyložení externím transportem. Např. DIR-Versand. Pozor: pokrytí je rovno 1 převážené jednotce (odveze se vše, co je připraveno k naložení)</p>
<p>MFC</p> 	<p>Material Flow Center – materiálové centrum → Příjem materiálu → Expedice výrobků → Uskladnění vybraných dílů → Příprava balících setů</p>

Obrázek 2-2VSM značky 2/4

<p>Manuální informování</p> 	<p>Informace v papírově formě (ručně napsané, tisk z PC, fax, plány, formuláře apod.), s nimiž se ještě musí dále pracovat (zadat do PC apod.) → Podrobné informace o formě informování, detailu informací (např. frekvence, délka výhledu informací/objednávek, fixní perioda, apod.) uvádějte do obdélníku k šipce.</p>
<p>Elektronické informování</p> 	<p>Informace v elektronické formě (DFÜ, EDI, SAP, eKanban, email, apod.) → Podrobné informace o formě informování, detailu informací (např. frekvence, délka výhledu informací/objednávek, fixní perioda, apod.) uvádějte do datového pole k šipce.</p>
<p>Vyrovnaní (výrob. množství a mixu)</p> 	<p>Označuje nivelizaci řídicího procesu, tj. rozdělení vyr. množství do malých dávek, které se opakují podle vzoru v pevně stanoveném časovém rámci. (Př. Po dobu 14 dní zopakují každý den výrobu typů A-B-C)</p>
<p>„Go see“- výrobní plánování</p> 	<p>Pracovníci chodí často a nahodile po závodě a po linkách, aby zjistili stav zásob, výroby hl. montáží a předmontáží, a na základě tohoto sledování neplánovaně upravují vyr. program</p>
<p>Řízení výroby</p> 	<p>Řízení výroby (např. logistika) s údaji ze SAP a jiných software.</p>

Obrázek 2-3VSM značky 3/4

<p>Transportní kanban</p> 	<p>Transportní kanban sloužící pro odběr karet ze Supermarketu. Přerušovaná čára zobrazuje Informační tok kanbanu.</p> <p>→EZFE nejčastěji: světle zelená →Interní transporty EZRS: nejčastěji světle modrá nebo bílá v obalu →EZRS od dodavatelů: bílá bez obalu</p>
<p>Výrobní kanban</p> 	<p>Kanban, který spouští výrobu. Přerušovaná čára zobrazuje Informační tok kanbanu</p> <p>→ nejčastěji žluté karty</p>
<p>Kanbanová schránka</p> 	<p>Definované místo (schránka, box), v němž se shromažďují uvolněné kanbanové karty před transportem zpět k dodavatelskému procesu</p>
<p>Sběrač dávky</p> 	<p>Výroba začíná ve chvíli, kde se na sběrači (lot formation box) vytvoří výrobní dávka (nashromáždí se definované množství uvolněných výrobních kanban karet).</p>
<p>Výrobní skluz s kanbany</p> 	<p>Skluz s lot formation boxy (sběrači kanbanů), který určuje pořadí vyráběných typů.</p>
<p>CIP-Blitz</p> 	<p>Označení problémového místa, kde je potenciál pro zlepšení. CIP-Blitz (=Kaizen Blitz) jsou výchozí místa pro zavedení zlepšovacích opatření. Je dobré uvést co nejvíce Informací (špatný LIWAKS, kvalita, zásoby) a propojit s tabulkou S-CIP</p>

Obrázek 2-4 VSM značky 4/4

Postup při mapování hodnotového toku

Nejprve je nutné vybrat výrobek, pro který se bude mapa sestavovat. Vhodné je vybrat takovou výrobní řadu, která prochází co nejvíce operacemi. Pro správné určení lze použít i metodu ABC. Tato metoda je založená na tom, že 20% výrobků vytváří 80% zisku. Dalšími důvody pro výběr jsou například [6]:

- Výrobek důležitého zákazníka
- Výrobek s největším objemem produkce

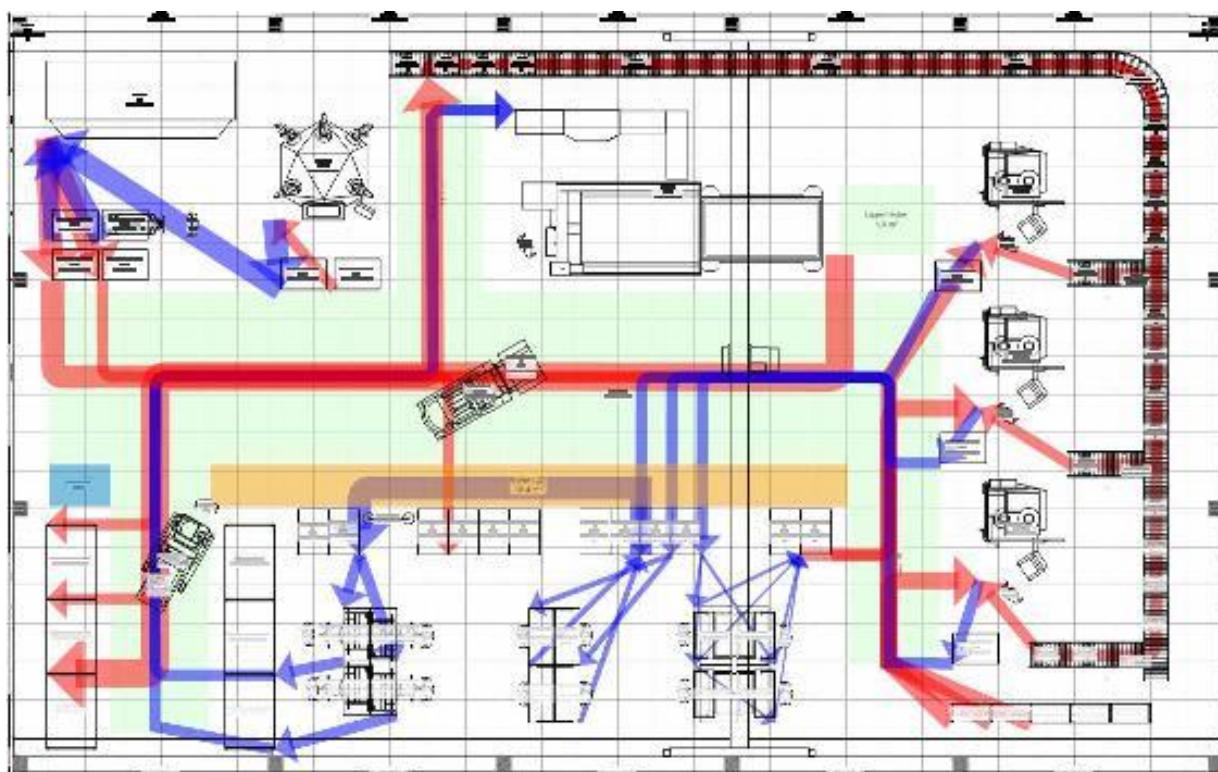
- Zavádění nového výrobku

V praxi je výrobek většinou vybrán managementem podniku, protože je pro něj daný výrobek důležitý.

Mapa toku hodnot se začíná tvořit od zákazníka směrem k výrobě prvního polotovaru a dodavateli. Sledují se toky materiálu, informací a lidí. V prvním kroku se začne na expedici hotových výrobků a zjistí se aktuální výše zásob. Pokračuje se dále výrobou pozpátku materiálovým tokem až ke vstupnímu materiálu a dodavateli. Zaznamenávají se zásoby, parametry výrobních procesů, nedostatky, potenciály ke zlepšení nebo úzká místa. Zmapovaný stav ukazuje reálný aktuální obraz stavu výroby. [6]

2.2 Sankeyův diagram

K vizuálnímu znázornění lze použít Sankeyův diagram. Je to obraz vnitropodnikové manipulace s materiálem. Šipky znázorňují cestu materiálu a jejich tloušťka intenzitu hmotného toku za jednotku času. Příklad Sankeyův diagramu je na obrázku 2-2



Obrázek 2-5 Sankeyův diagram[9]

Sankeyův diagram dobrý nástroj k vizuálnímu hodnocení aktuální situace a k nalezení nového řešení v případě, že situace nedosahuje velké složitosti nebo jsou podmínky pro nové rozmístění těžko definovatelné pro počítačové zpracování. Vstupními daty je matice materiálových toků mezi jednotlivými částmi výrobní haly nebo závodu viz obrázek 2-3[8]

Výstup	Sklad surovin	Výrobní proces	Montáž	Sklad hotových výrobků	Odpad	Prodej	Šrot	Součet
Vstup								
Příjem	100							100
Sklad surovin		72	20	10				102
Výroba			52	16	8			76
Montáž				65	3			68
Sklad HV						91		91
Odpad	2						9	11
Součet	102	72	72	91	11	91	9	448

Obrázek 2-6 Matice mezidíleňských mat. toků [8]

Sankeyův diagram je většinou aplikován pro zobrazení a názornosti probíhajících, převážně výrobních procesech. Slouží pro následnou optimalizaci a zlepšení využitelnosti výrobních strojů a manipulační techniky a hlavně pro úsporu materiálů nebo látek. Metodu lze použít nejen v automatizovaných výrobních procesech, ale i v malých výrobních podnicích nebo skladech.

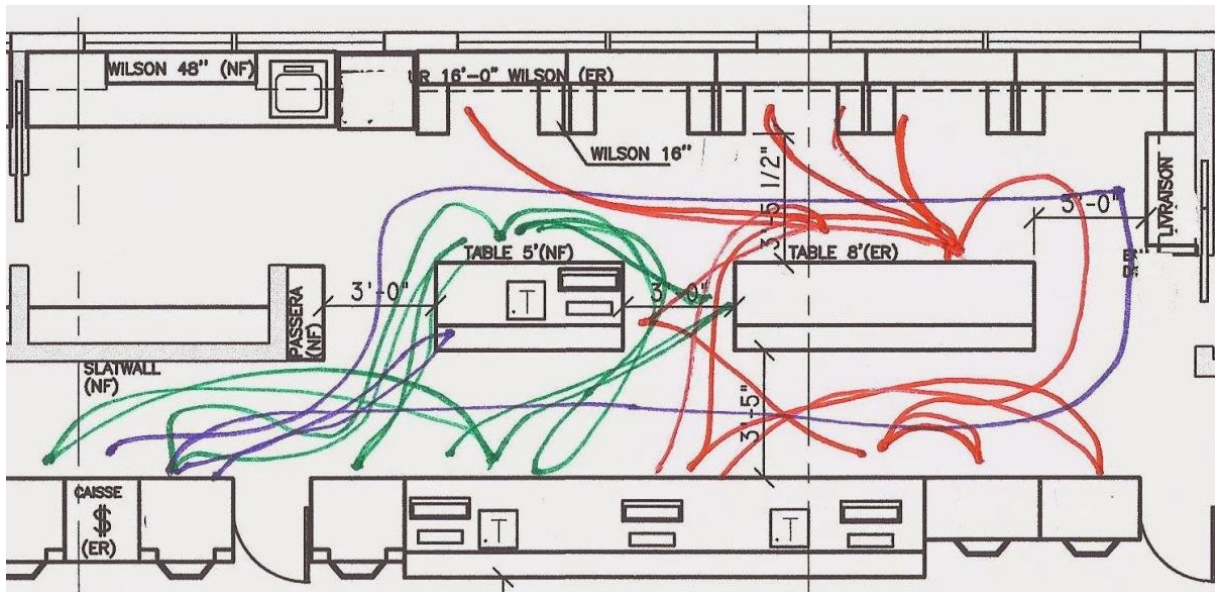
Výhody použití Sankeyův diagramu[8]:

- Snížení mezioperačních časů
- Celková racionalizace výroby
- Přehledné zobrazení stavu před a po změně
- Snížení nákladů na mezioperační dopravu
- Snížení meziskladových zásob
- Rovnoměrné využívání strojů

2.3 Spagetti diagram

Špagetový diagram zachycuje pohyb pracovníka nebo materiálu v určitém časovém období. Pohyb se zaznamenává do layoutu výrobní plochy. Podle počtu čar mezi jednotlivými pracovišti lze určit frekvenci pracovních či manipulačních činností. Na místa s vysokými frekvencemi se poté zaměřují další analýzy a optimalizace. Špagetový diagram je vhodný použít jako podklad pro změny layoutu[10]

Příklad spagetti diagramu je na obrázku 2-4



Obrázek 2-7 Špagetový diagram[11]

3 Efektivita linek

Cílem podniku je, aby výrobní systém optimálně fungoval a postupně se rozvíjel. Nutnost řídit vychází především z potřeby koordinovat.

Základními cíli řízení výroby jsou[5]:

- Zabezpečení produkce výrobků na co nejvyšší technicko-ekonomické úrovni
- Docílení vysoké produktivity všech procesů
- Inovace informačních systémů řízení výroby
- Snižování nákladů na výrobu
- Zkracování průběžné doby výroby a zkracování materiálového toku
- Docílení flexibility výroby
- Včasné zavádění nových výrobků

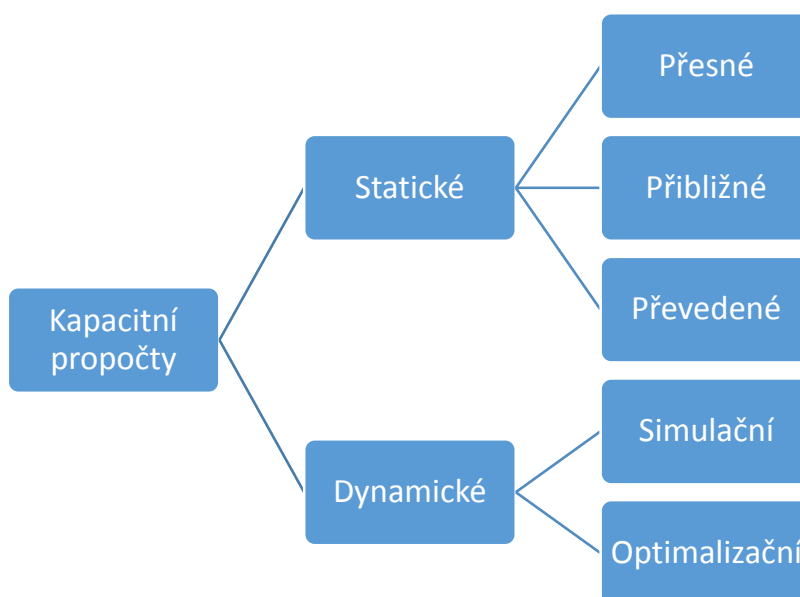
V případě, že zavádíme optimalizujeme nebo inovujeme výrobu, je potřeba provést kapacitní propočty výrobního systému, abychom byli schopni zajistit efektivní využití výrobních možností. Kapacitní propočty jsou důležitým podkladem pro zjištění investičních a provozních nákladů. Kapacitními výpočty můžeme zjistit teoretickou spotřebu[5]:

- Strojů a zařízení
- Manipulačních prostředků
- Výrobních a pomocných pracovníků
- THP a administrativních zaměstnanců
- Ploch – výrobní, administrativní, sociální
- Energií

3.1 Kapacitní propočty

Dle zdroje [15] se kapacitní propočty rozdělují následovně:

- Statické
 - Přesné – udávají potřebné a plánované množství pracovních sil
 - Přibližné – pouze orientační výsledky pro racionalizační projekty
 - Převedené – v případě, že není úplná výrobní dokumentace
- Dynamické
 - Optimalizační
 - Simulační



Obrázek 3-1 Rozdělení kapacitních propočtů [15]

Statické výpočty udávají průměrnou potřebu dělníků, strojů a ploch za celé časové období. Tyto výpočty jsou dostatečné jako podklady pro investice. Jen tam, kde se vyráběné produkty nemění a výkony objektů jsou stabilní, se výpočty shodují s reálným obrazem výroby. U výrobních systémů, kde se často mění dodávky výrobků do výroby, se nemusí statistické výsledky shodovat s potřebami. Dynamické propočty udávají okamžitou potřebu strojů a dělníků. Lze tak určit kritické pracoviště, kde by mohlo dojít k omezení.

Kapacitní propočty linky[15]:

Základní parametr linky je takt. Takt je doba jednoho cyklu, za který vyrobí stroj nebo dělník hotový výrobek

$$t = \frac{60 * E_s * S_s * \eta}{N}$$

t ... takt linky [min/ks]

E_s ... roční efektivní fond strojního pracoviště [hod/rok]

S_s ... směnnost strojního pracoviště [hod/směnu]

η ... součinitel časového využití stroje (0,8 ÷ 0,9)

N ... požadovaný počet výrobků za rok [ks/rok]

Takt je možné počítat také z požadovaného výkonu směny:

$$t = \frac{T_s * T_z}{N_s}$$

t ... takt linky [min/ks]

T_s ... čas směny [min]

T_z ... ztrátové časy [min]

N_s ... počet výrobků vyrobených ve směně [ks/směnu]

Počet pracovišť pro jednu operaci stanovíme:

$$P_{th} = \frac{t_k * T_z}{t} = \frac{t_k * N_s}{T_s - T_z}$$

kde P_{th} ... teoretický počet pracovišť pro jednu operaci [ks] za čas t_k , se dosazuje vlastní čas jednotkové práce plus čas mezioperační dopravy od předchozí operace.

Celkový čas potřebný pro výrobu součástí na lince bude:

$$T_c = n * t$$

kde T_c ... celkový čas výroby součástí na lince [min]

n ... počet pracovišť linky

Celková průběžná doba výroby na lince se vypočítá:

$$T_p = n_o * t$$

kde T_p ... průběžná doba výroby součástí na lince [min]

n_o ... počet operací

Součinitel přípustného poklesu výkonu linky:

$$\varphi = \frac{V_{max}}{V_{opt}} = (1,06 \div 1,12)$$

kde φ ... součinitel poklesu výkonu linky

V_{max} ... maximální výkon linky [ks/hod]

V_{opt} ... optimální výkon linky [ks/hod]

Při výpočtu výkonu linky počítáme:

- Cyklový výkon výrobního stroje
- Technologický výkon (je uvažován při t_{va})

- Součinitel technického využití, který udává stupeň nepřetržitosti průběhu technologického procesu
- Skutečný výkon

Cyklový výkon výrobního stroje:

$$V_c = \frac{1}{t_h + t_{va}}$$

kde T_p ... celkový výkon výrobního stroje [ks/min]

t_h ... čas potřebný k vykonání pracovních pohybů (zpravidla hlavní čas) [min]

t_{va} ... čas potřebný k vykonání pomocných pohybů v průběhu automatického pracovního cyklu [min]

Technologický výkon (je uvažován při t_{va}):

$$V_t = \frac{1}{t_h}$$

kde V_t ... technologický výkon [ks/min]

Součinitel technického využití, který udává stupeň nepřetržitosti průběhu technologického procesu:

$$k_t = \frac{V_c}{V_t}$$

Skutečný výkon:

$$V_s = \frac{1}{t_h + t_{va} + t_n}$$

kde V_s ... skutečný výkon [ks/min]

t_n ... ztráty vně cyklu, tj. čas přestávek v práci stroje, připadající na jednotlivé výrobky [min]

3.2 Balancování linek

Balancování linky se používá pro navrhování a optimalizaci výrobních linek. Cílem je plynulý materiálový tok a efektivní využití pracovníků v lince. Principem balancování je rozložení činností mezi jednotlivé pracoviště. Implementováním této metody průmyslového inženýrství se odstraní např. hromadění materiálu před pracovištěm, zbytečnému čekání nebo nadvýrobě. Základní vstupní informace pro balancování pracovišť je doba taktu.[12]

Takt

Definice:

Čas taktu je tempo výroby, které odpovídá objednávkce zákazníka. Jinými slovy, jak rychle je třeba vyrobit produkt s cílem vyplnit objednávky zákazníka. Doba taktu se vypočítá jako:[13]

$$Takt = \frac{\text{dostupný čas za den}}{\text{požadavek zákazníka za den}}$$

Příklad:

- Zákazník od nás kupuje 1000 ks za den.
- Čas na den... 7,5 hodiny

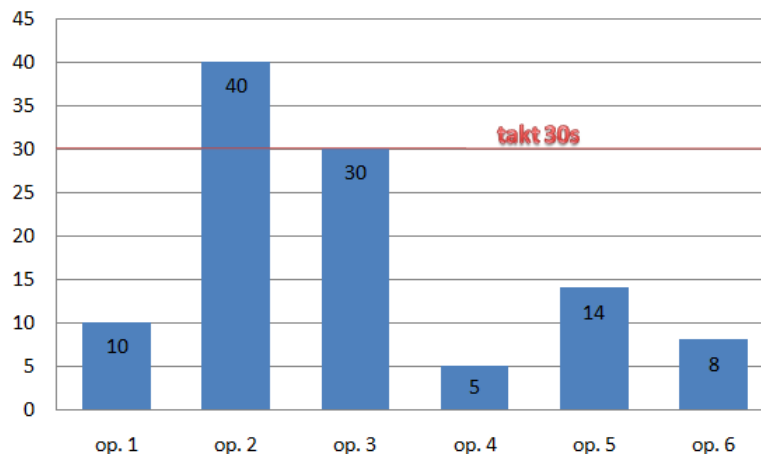
$$Takt = \frac{27000s}{1000 ks} = 27 s$$

Tímto je zjištěno, že od nás kupuje zákazník jeden kus každých 27s a zároveň je to konečná rychlost pro výrobu daného výrobku.

Postup při balancování linky [18]

Při balancování linky nutné nejprve znát času taktu a spotřebu času jednotlivých operací. Balancování vždy předchází měření spotřeby času na jednotlivých pracovištích. Další důležitou informací je o tom, jaké operace na sebe musí navazovat, a které je možné provádět kdekoliv v procesu výroby nebo montáže.

Současný stav balancování



Obrázek 3-2 Příklad balancování linek - současný stav[18]

Výpočet počtu operátorů:

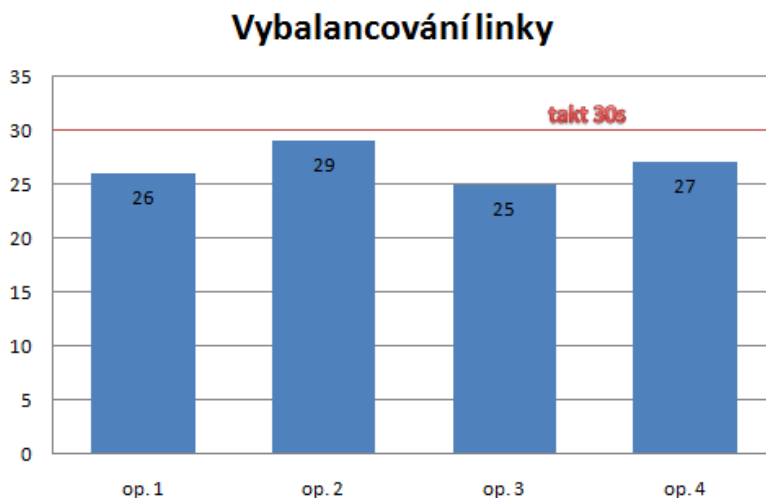
$$\text{počet operátorů} = \frac{\text{celkový čas práce na operacích}}{\text{čas taktu}}$$

- Čas taktu30s
- Celkový čas práce na operacích.....107s

$$\text{počet operátorů} = \frac{107}{30} = 3,56$$

Volba varianty čtyř operátorů znamená nižší využití operátorů. Při volbě tří operátorů se nabízí potenciál k zlepšení.

Nové vybalancování linky:



Obrázek 3-3 Příklad vybalancování linky[18]

Efektivnost linky:

$$E = \frac{\text{celkový čas na všech operacích}}{\text{počet pracovišť} * \text{doba taktu}}$$

Celkový čas práce na operacích..... 107s

Počet pracovišť.....4

Doba taktu.....30s

$$E = \frac{107}{4 * 30} = 0,89 = 89\%$$

Zbývajících 11% tvoří nevyužitý čas, tedy 11,7s

3.3 OEE

Název Overall Equipment Effectiveness – OEE lze přeložit jako celkové efektivní využívání strojů a zařízení. Před odstraňováním plýtvání z procesu je nutné nejdříve změřit a analyzovat případné problémy. Tento ukazatel slouží k sledování a vyhodnocování efektivnosti strojů a kvality práce. Při výpočtu OEE jsou zohledněny tři základní ukazatele:

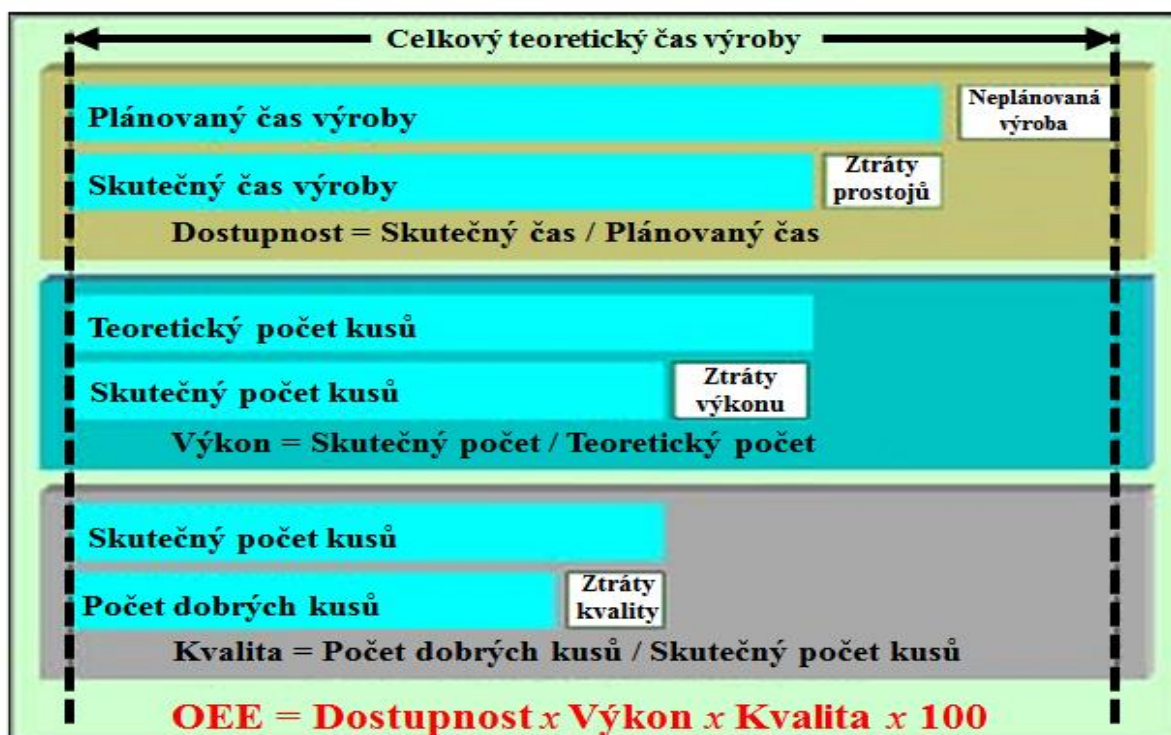
- Dostupnost zařízení
- Výkon zařízení
- Kvalita výroby na daném zařízení

Při výpočtu jsou zohledněny:

- Časové ztráty – povinné přestávky

- Výkonostní ztráty - prostoje, zpomalení linky, údržba atd.
- Ztráty způsobené nekvalitní výrobou – zmetky

Výpočet je uveden na obrázku 3-4:



Obrázek 3-4 Výpočet OEE[14]

OEE výroby lze zvyšovat například:

- Snižováním výrobních prostojů
- Redukcí časů pro přeseřizování strojů
- Snižováním organizačních prostojů
- Snižování počtu chyb v procesu (výroba zmetků)

Ukazatel OEE je velmi užitečný. Dává informaci, jak je výrobní systém spolehlivý a jak jsme schopní jej využívat. Mnoho firem věří, že jejich procesy vyrábějí s OEE nad 85%. Ve skutečnosti je jejich využití zařízení nižší. Ukazatel průměrné hodnoty OEE hraje také roli při plánování výroby. Podnik proto potřebuje hodnotu skutečného OEE co nejpřesněji. Optimalizace výroby je na skutečném využití strojů závislá. Tam, kde nevidíme ztráty a nejsme schopni je měřit, nelze zlepšovat proces. [14]

4 Představení společnosti

Společnost Robert Bosch v Českých Budějovicích (RBCB) byla založena 1. května 1992 jako společný podnik stuttgartského koncernu Bosch GmbH, Stuttgart a Motoru Jikov a. s. Koncern Bosch se stal jediným vlastníkem společnosti v Českých Budějovicích v roce 1995. Výrobním programem jsou komponenty automobilové techniky pro koncernovou divizi GS – Gasoline Systems (benzínové systémy) a DS – Diesel Systems (dieselové systémy). Závod v Českých Budějovicích exportuje přes 90% své produkce zákazníkům, jimiž jsou téměř všechny významné evropské automobilky. 3 500 zaměstnanců se podílí na výrobě a vývoji komponentů do osobních i nákladních aut. Hlavní výrobní program tvoří: [1]

- nádržové čerpadlové moduly
- rozvaděče paliva/zpětné vedení paliva
- plynové pedály, sací moduly
- multifunkční pohony
- škrtkové klapky
- víka hlav válců
- moduly pro redukci NOx

Odběrateli jsou téměř všechny významné evropské, některé japonské, asijské a jihoamerické automobilky.



Obrázek 4-1: Výrobní závod RBCB[1]

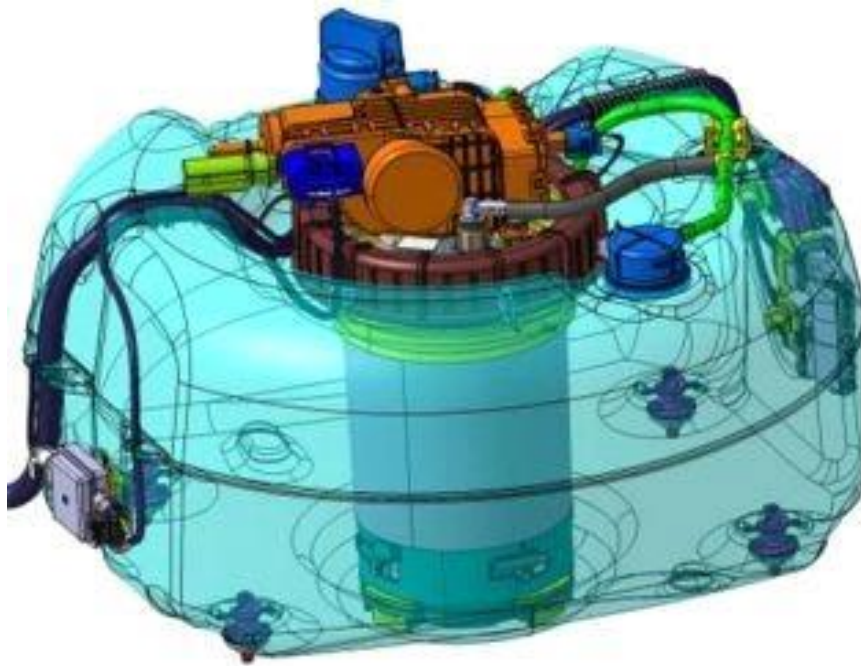
4.1 Systém DNOX

Systém DNOX slouží k odbourávání obsahu NOx ve výfukových plynech a umožňuje tak splnit výrobcům automobilů přísné emisní limity v USA a EU (emisní norma EURO6 a Tier2-Bin6). DNOX pracuje na principu dávkování močoviny (obchodní název AdBlue) do SCR katalyzátoru (SCR selektivní katalytická redukce). Tam pak dochází k reakci kyslíčků dusíku obsažených ve výfukových plynech s uvolněným čpavkem z AdBlue. Jako produkt této reakce vzniká voda a dusík – přírodnímu prostředí neškodné látky. Výroba DNOX byla zahájena v Bosch Hallein v r. 2004 (DNOX 1). O rok později se podařilo rozběhnout i výrobní linku DNOX 2. V obou případech se jedná o použití pro užitkové vozy (CV). Paralelně k výrobě DNOX 1 a DNOX 2 začal i vývoj systému pro osobní automobily (PC/LD). Koncem roku 2006

padlo rozhodnutí - DNOX se bude vyrábět v RBCB. Následně jsou popsány jednotlivé komponenty DNOX3.1 vyráběné v RBCB

TU – Tank unit

Výrobek Tank unit je nádržová jednotka ve které je zásoba AdBlue. Hlavními částmi Tank unitu jsou: nádrž, Heating pot a čerpací modul. Funkcí Tank unitu je zásoba AdBlue, doprava Adblue do vstřikovacího modulu - Dosing Module (DM)



Obrázek 4-2: DNOX 3.1 tank unit[1]

HP – Heating pot

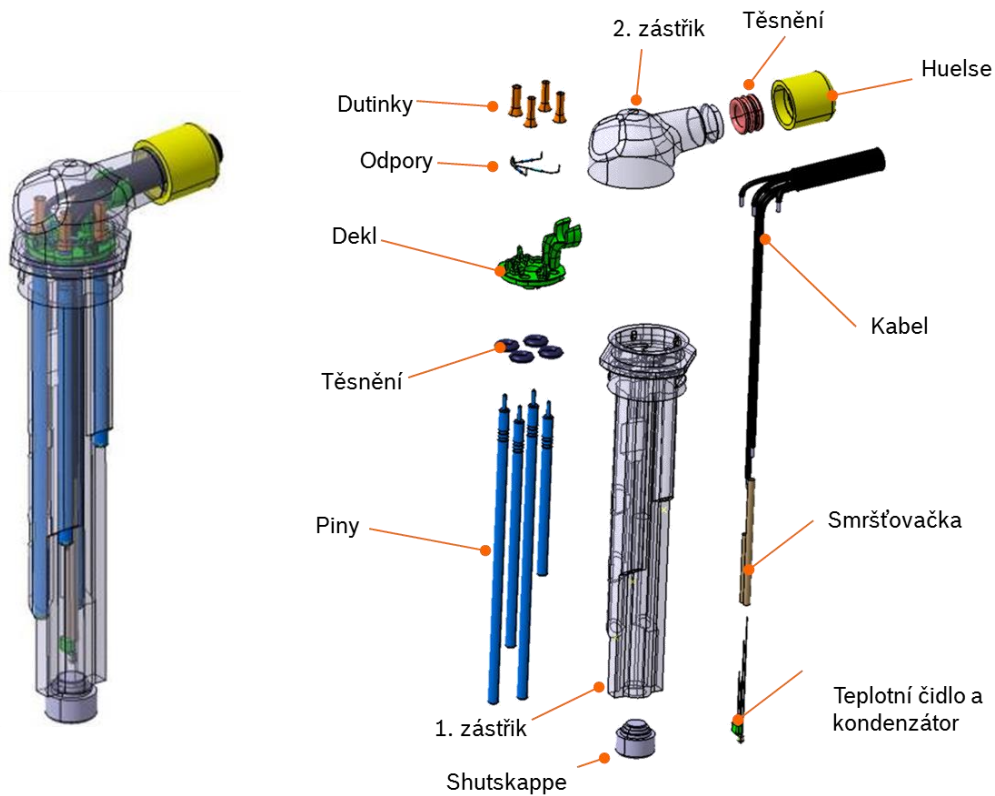
Heating pot „hrnec“ je integrován do TU. AdBlue začíná zamrzat při -11 °C, proto obsahuje HP topení a čidlo teploty v DLS. Hlavními částmi Heating pot jsou: hrnec, topení, víko, snímač hladiny DLS, filtr a kabely s konektory. HP je ukotveno na dně nádrže odkud je přes filtr nasáváno Adblue.



Obrázek 4-3 Heating pot

Výrobek DLS – Discrete level sensor

Levelsensor má za úkol měřit výšku hladiny AdBlue a snímat teplotu v nádrži. Tento senzor je snímačem diskretním tzn., že měří tři úrovně hladiny - minimální střední a maximální. Levelsensor se montuje na lince HP na hrnec. Levelsensory se vyrábějí na linkách DLS1 a DLS2



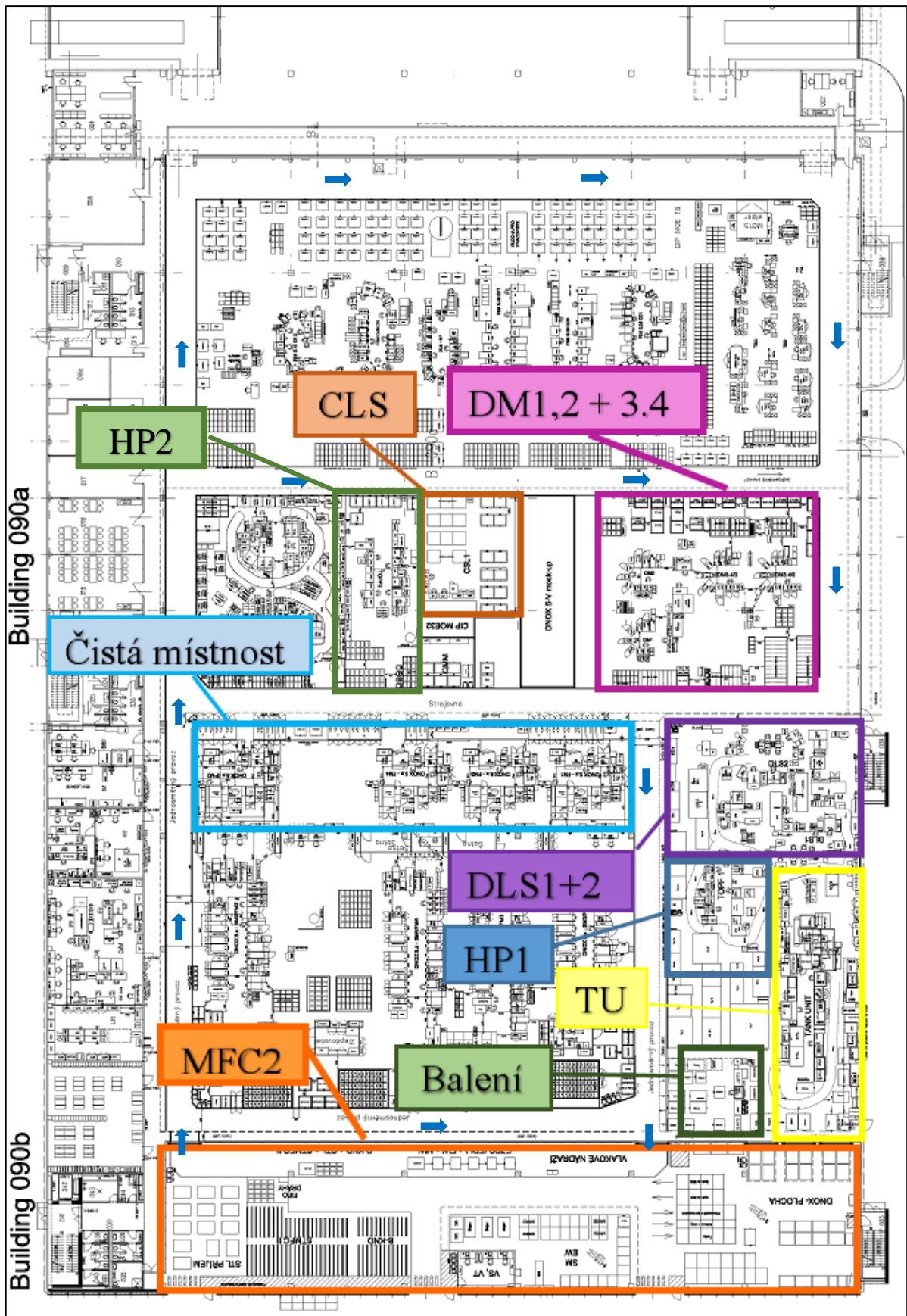
Obrázek 4-4: DLS - Discrete Level Sensor

5 Analýza současného stavu

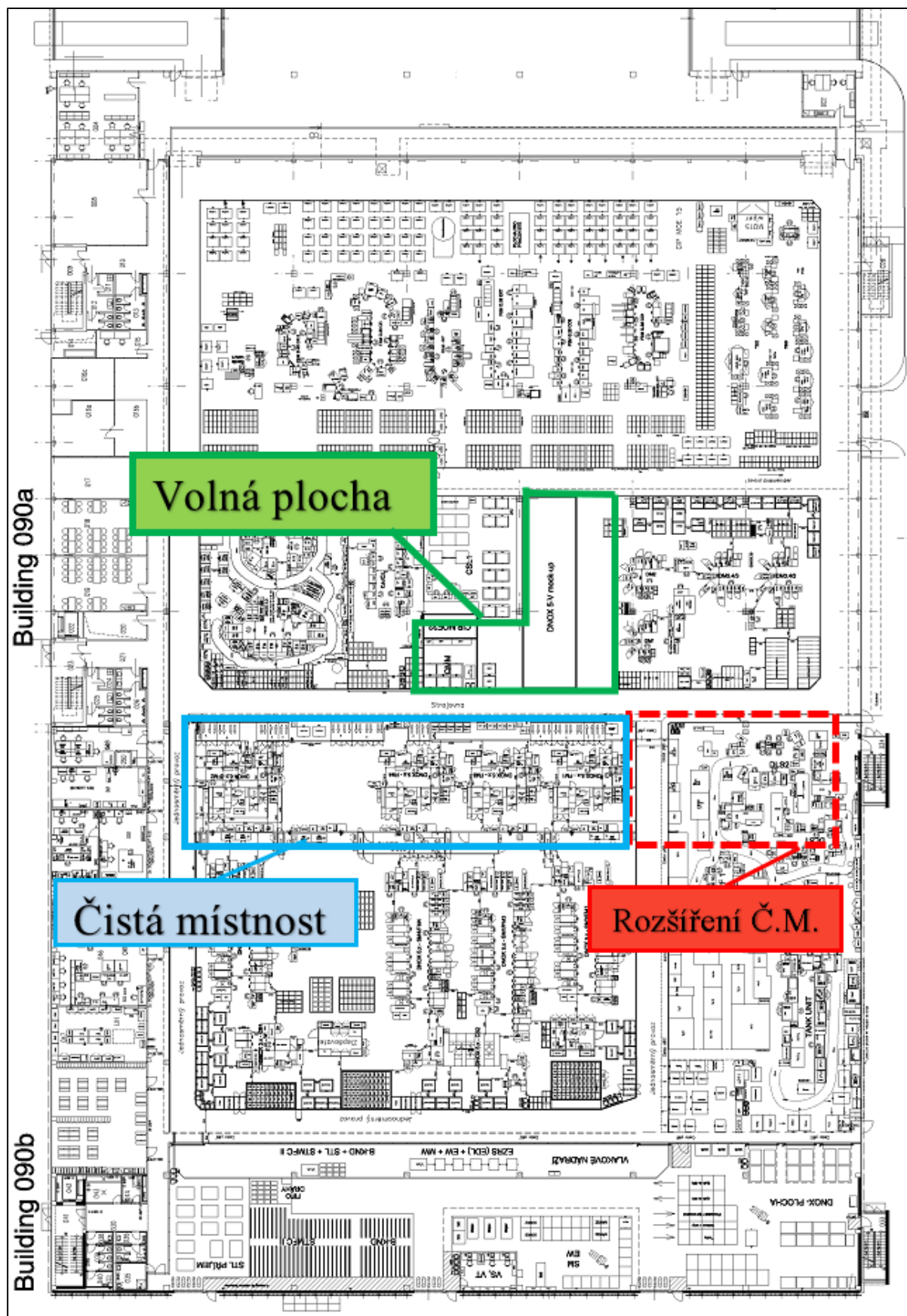
Byla provedena analýza současného stavu uspořádání na hale 090. Nejprve je popsán layout výrobní haly 090 a pomocí VSM byl znázorněn materiálový a informační tok generace DNOX 3.1. Protože je nezbytné přestěhovat výrobní linky DLS1 a DLS2 je zaměřena další analýza na tyto linky.

5.1 Layout výrobní haly 090

Layout výrobní haly je vymodelován v software AutoCAD. Layout je znázorněn na obrázku 5-1. Hala je rozdělena na dvě části 090a a 090b. Výrobní linky generace DNOX 3.1 jsou umístěny v obou těchto částech. V části 090b jsou umístěny výrobní linky DLS1, DLS2, HP1, TU a linka balení náhradních dílů. V části haly 090a je umístěna linka HP2 a linky DM1 a DM2. Každá výrobní linka má supermarket pro zásoby materiálu. V levé části haly se nachází sklad MFC2. Tento prostor slouží k návozu a odvozu materiálu. Materiál je vykládán z nákladních aut na pozici v MFC2 a poté je jednotlivě odvážen do supermarketů pomocí vláček. Cesty a směr jízdy znázorňují na obrázku 5-1 modré šipky. Jak již bylo zmíněno, důvodem nového uspořádání výrobní haly 090 je rozšiřování výroby nové generace systému DNOX 5.X. V prostřední části haly je vybudovaná čistá místnost. Kapacita této místnosti je výhledově nedostačující, proto je nezbytné místnost rozšířit. Rozšíření je projektované do prostoru, kde v současné době jsou umístěny linky DLS1 a DLS2 viz obrázek 5-2.



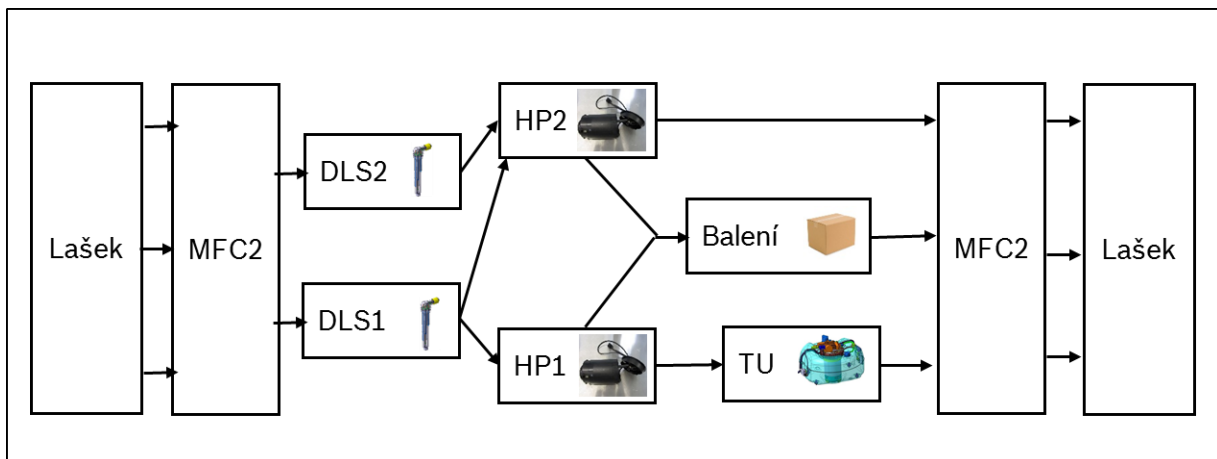
Obrázek 5-1: Layout 090



Obrázek 5-2: Rozšíření čisté místnosti

5.2 Materiálový a informační tok DNOX 3.1

Materiálový tok je zjednodušeně znázorněn na obrázku 5-3. Levelsenzory vyráběné na lince DLS1 jsou poté montovány na lince HP1. Výrobky Heating pot z linky HP1 jsou buď balené jako náhradní díly na lince balení a nebo zpracovávány na lince TU. V části haly 090a je umístěna linka HP2 a linky DM1 a DM2. Levelsenzory z linky DLS2 jsou vyráběné pro linku HP2. Hotové výrobky Heating pot z linky HP2 jsou na lince rovnou baleny a posílány přes MFC2 do externího skladu. Mezi linkou HP2 a linkami DM je linka CSL pro kontrolu Dosier modulů nové generace. Linky, vyrábějící finální produkt(TU,HP2), který je posílán zákazníkovi, mají určené plochy pro balení výrobků a odvoz zabalených palet. Plochy pro přípravu balení výrobků jsou označeny modře. Zabalené a systémově odvedené palety určené k odvozu jsou umístěny na zeleně označené ploše.



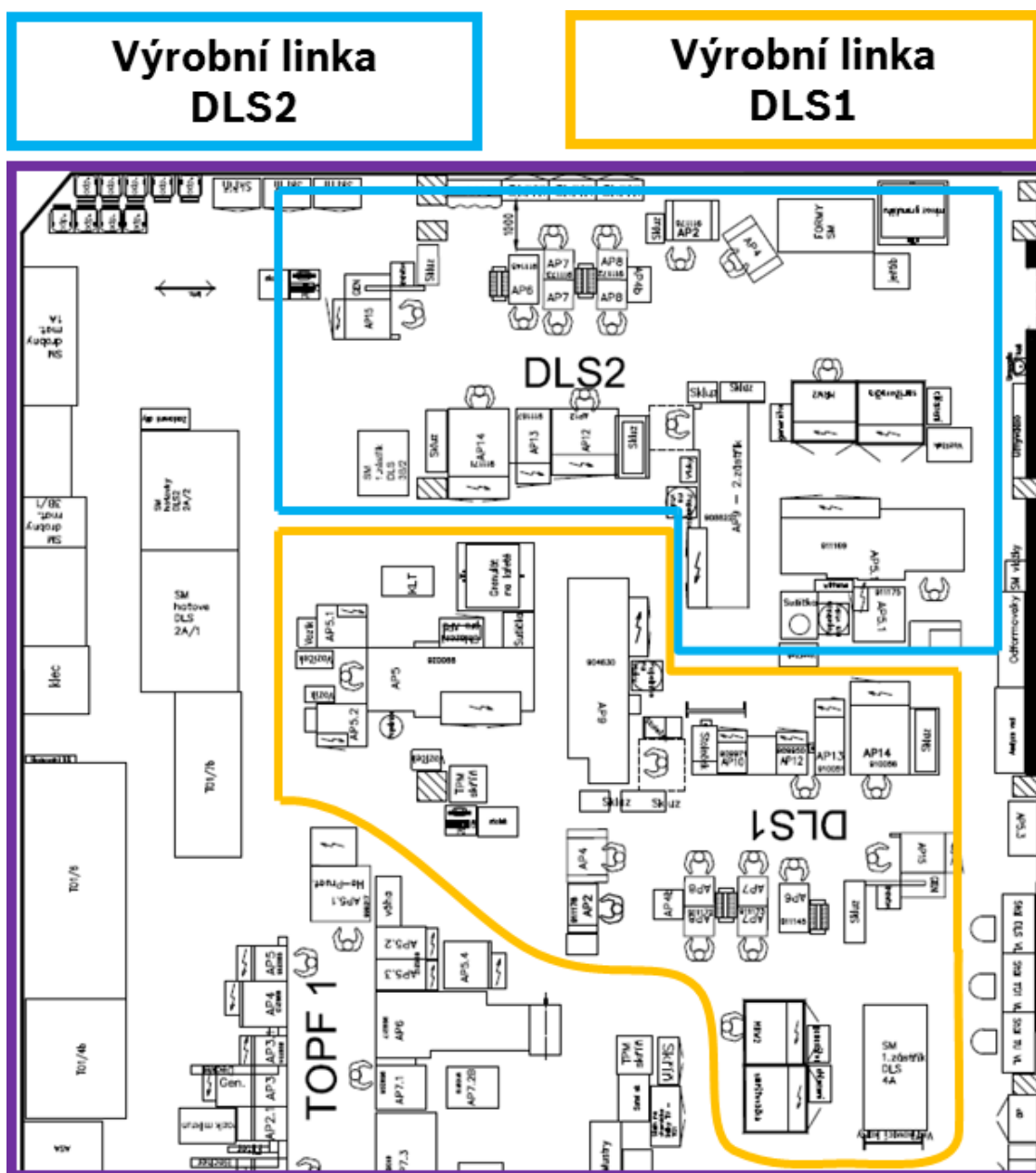
Obrázek 5-3 Materiálový tok

Detailní analýza materiálového a informačního toku byla provedena metodou value stream mapping- VSM. Výsledné schéma je v příloze č. 1. Schéma znázorňuje celou cestu dílu od dodavatele až k zákazníkovi. V tomto případě byl pro analýzu vybrán pin, který je součástí 1. zástřiků levelsenzoru. Zásobování dodávanými díly (piny) od dodavatele probíhá jednou týdně. Objednávání materiálu je řízeno informačním systémem SAP. Z externího skladu je materiál přeskládáván do skladu MFC2. Mezi externím skladem a MFC2 zajišťují dopravu nákladní automobily, které jezdí v pravidelných intervalech 1x1,5 hodiny. Na MFC2 je materiál vyskladněn a následně rozvážen vlaky do supermarketů v 20 minutových intervalech. Výroba levelsenzoru začíná prvním zástřikem. Výroba na vstříkolisu je řízena kanbanovým okruhem. Polotovary po prvním zástřikem se skladují v supermarketu pro první zástřiky. Toto skladování dílů je podmíněno nutnou technologickou přestávkou. Díly mohou být dále zpracovávány až po 8 hodinách. Hotové levelsenzory jsou odváděny IS SAP a jsou v KLT dopravovány do supermarketu linky HP1 nebo HP2. Linka HP2 je nivelizovaná. Linka HP1 se řídí spotřebou linky TU a spotřebou linky balení. Linka TU je nivelizovaná. Hotové Tank unity jsou rovnou převáženy zásobovačem linky TU do skladu MFC2 a poté nákladními automobily do externího skladu. Výrobky Heating pot vyráběné na lince HP2 jsou určeny pro americký trh, proto jsou instalovány do Tank unitů na lince TU v zámoří. Linka HP2 je nivelizovaná. Veškerý tok materiálu je řízen tahem.

5.3 Výrobní linky DLS

Současné uspořádání výrobních linek DLS je na obrázku 5-4. Linka DLS1 je umístěna u linky HP1, protože jsou zde vyráběny DLS výhradně pro linku HP1. Linky DLS jsou oproti ostatním linkám v RBCB specifické tím, že nejsou jen linkami montážními, ale zahrnují i vstříkovací

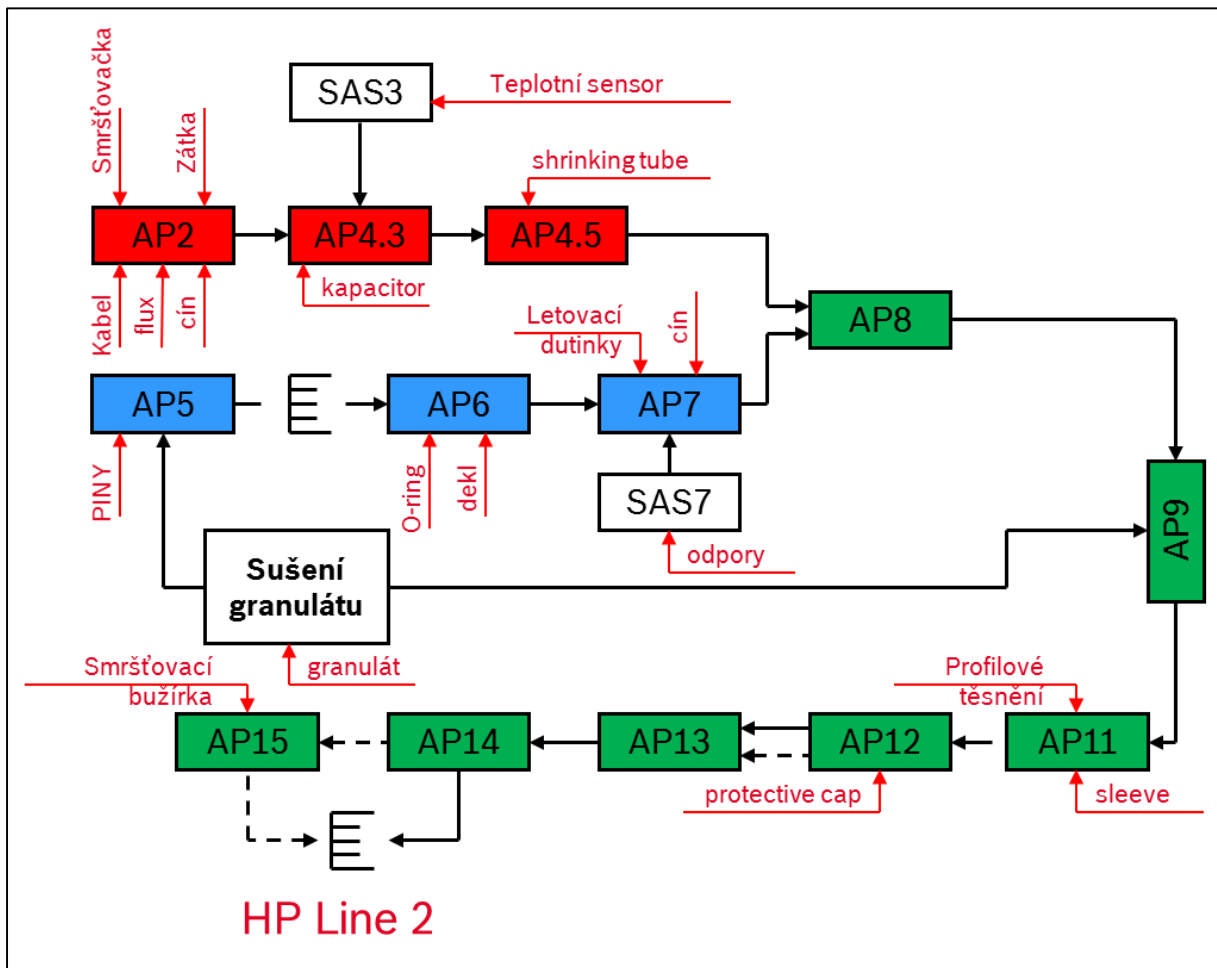
procesy. Každá linka má vlastní vstřikolisy pro první a druhý zástřík. Všechny čtyři vstřikolisy jsou zásobovány z jednoho návozu granulátu. Granulát je před vstřikováním nasáván do sušičky, kde je sušen na požadovanou vlhkost a dále je dopravován do vstřikolisu. Systém sušení a dopravování granulátu do vstřikolisu výrazně omezuje uspořádání layoutu. Aby bylo možné granulát nasávat do sušiček a následně dopravovat do vstřikolisu, musejí být vstřikolisy umístěny v blízkosti granulátu. Dalším omezením pro tvorbu layoutu je potřeba dostatečného místa pro výměnu forem ve vstřikolisech. Dále je nutné místo pro případný servis okolo vstřikolisu a výrobních stanic. Granulát je uložen v balení vážící 1 tunu na lafetě. Toto balení musí být uloženo v blízkosti sušiček. To vyžaduje volnou návozovou cestu pro toto balení.



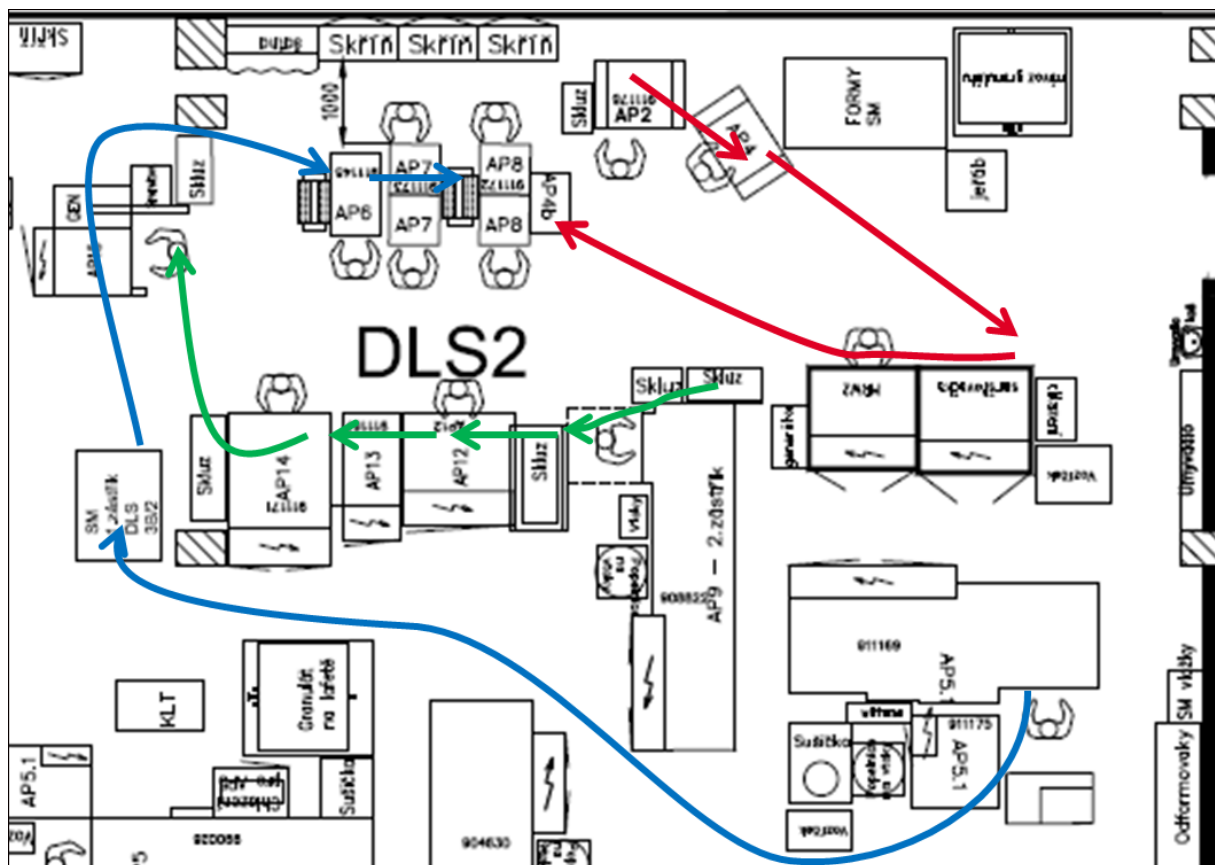
Obrázek 5-4 Layout DLS1 a DLS2

Schéma výroby DLS je znázorněno na obrázku 5-5. Před stanicí AP8 je výroba vrozvětvená na dvě části. První větev (označeno modře) je výroba prvního zástříku. V této části linky je zahrnut první zástřík – AP5, montáž těsnění s dekletem – AP6 a letování dutinek a odporů – AP7. Proces ohýbání odporů – SAS7 je prováděn u externí firmy. Druhou větví (označeno červeně) je

příprava kabelů. Zde se nejprve zkracují a odholují jednotlivé dráty kabelu – AP2 poté se svařují drátky NTC offsetu – AP4.3. Finální operace při výrobě kabelu je smršťování trubičky – AP4.5. Tyto dvě větve se spojují na AP8 – letování kabelů do dutinek. Následně je zastříknuta hlava levelsenzoru na druhém zástřiku AP9. Dále pokračují díly montážní linkou. Postupně se ultrazvukově svařuje protective cap – AP10, montuje těsnění – AP11 a ultrazvukově svařuje sleeve – AP12. Hotové kusy jsou poté kontrolovány elektrickou zkouškou – AP15 a zkouškou těsnosti heliem – AP14. U některých typů jsou svařovány drátky - AP15. Levelsenzory jsou balené do KLT po 40 Ks. Zásobovač hotové levelsenzory odvede v systému SAP a uskladní do supermarketu linky HP1 nebo HP2.



Obrázek 5-5: Schéma výroby DLS 2



Obrázek 5-6 Materiálový tok na DLS2

5.4 Kapacita linek DLS1 a DLS2

Kapacita linek DLS je závislá na tom, jaký počet pracovníků pracuje v lince na dané směně. V tabulce 5-1 a 5-2 jsou uvedeny výkony pro jednotlivé počty pracovníků za směnu.

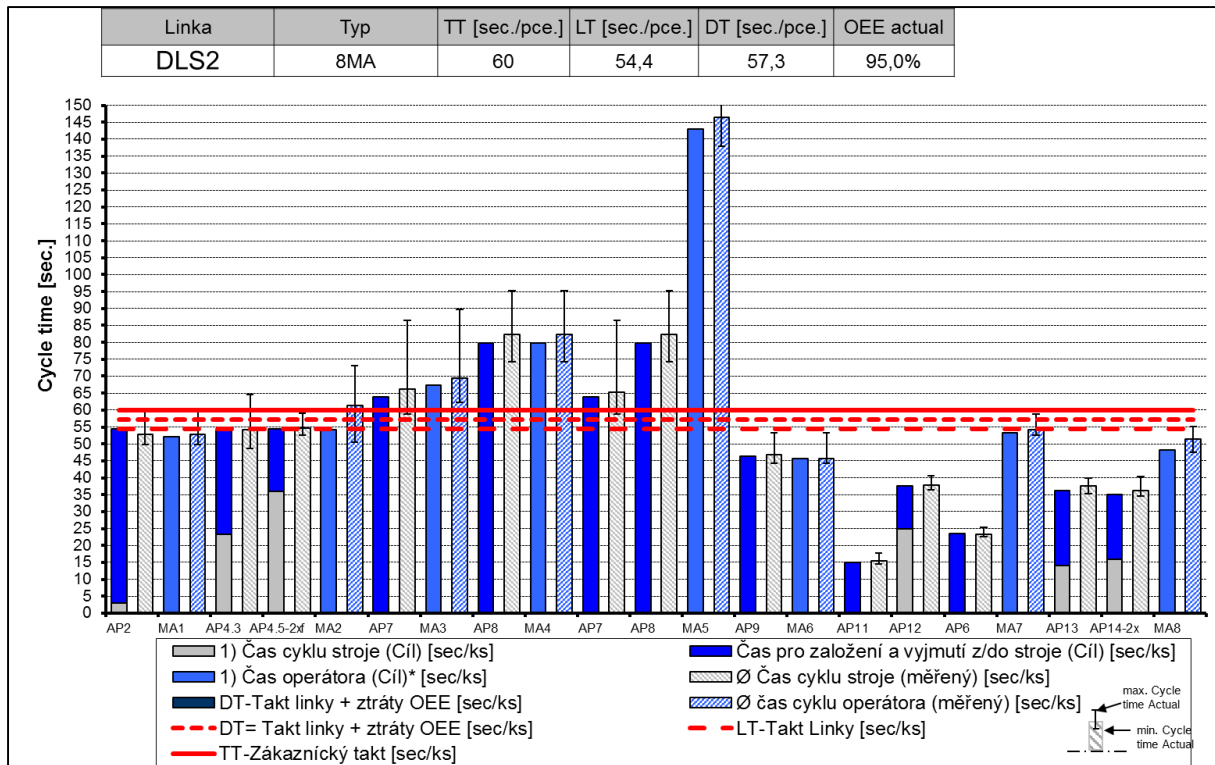
DLS1	5MA	6MA	7MA	8MA
Typ 1	300ks	355ks	415ks	480ks
Typ2	300ks	370ks	425ks	470ks

Tabulka 5-1 Výkon linky DLS1

DLS2	5MA	6MA	7MA	8MA
Typ 1	310ks	365ks	425ks	485ks
Typ2	310ks	385ks	440ks	495ks

Tabulka 5-2 Výkon linky DLS2

Na obrázku 5-7 je ukázka balančního diagramu z linky DLS2 v případě, že na lince pracuje 8 pracovníků. Zákaznický takt - TT pro linku DLS2 je 60s/ks. Zákaznický takt je vypočítán z celkových ročních potřeb zákazníků. Takt linky - LT pro 8MA je 54,4s. Důležitý je takt linky DT. DT takt je takt linky navýšený o aktuální průměrné ztráty OEE linky.



Obrázek 5-7 Balanční diagram DLS2 - 8MA

Organizaci práce na lince určuje standard. První zástřiky mohou dále zpracovávat až po 12 hodinách. Z tohoto důvodu je na linkách DLS supermarket pro první zástřiky. Další technologická zásoba je po druhém zástřiku. Díly chladnou přibližně 10 min. Tyto technologické požadavky zabraňují na linkách DLS tok jednoho kusu. Výroba prvních zástřiků, příprava kabelů a finální montáž probíhá v dávkách. Dělníci během směny střídají různé pracoviště.

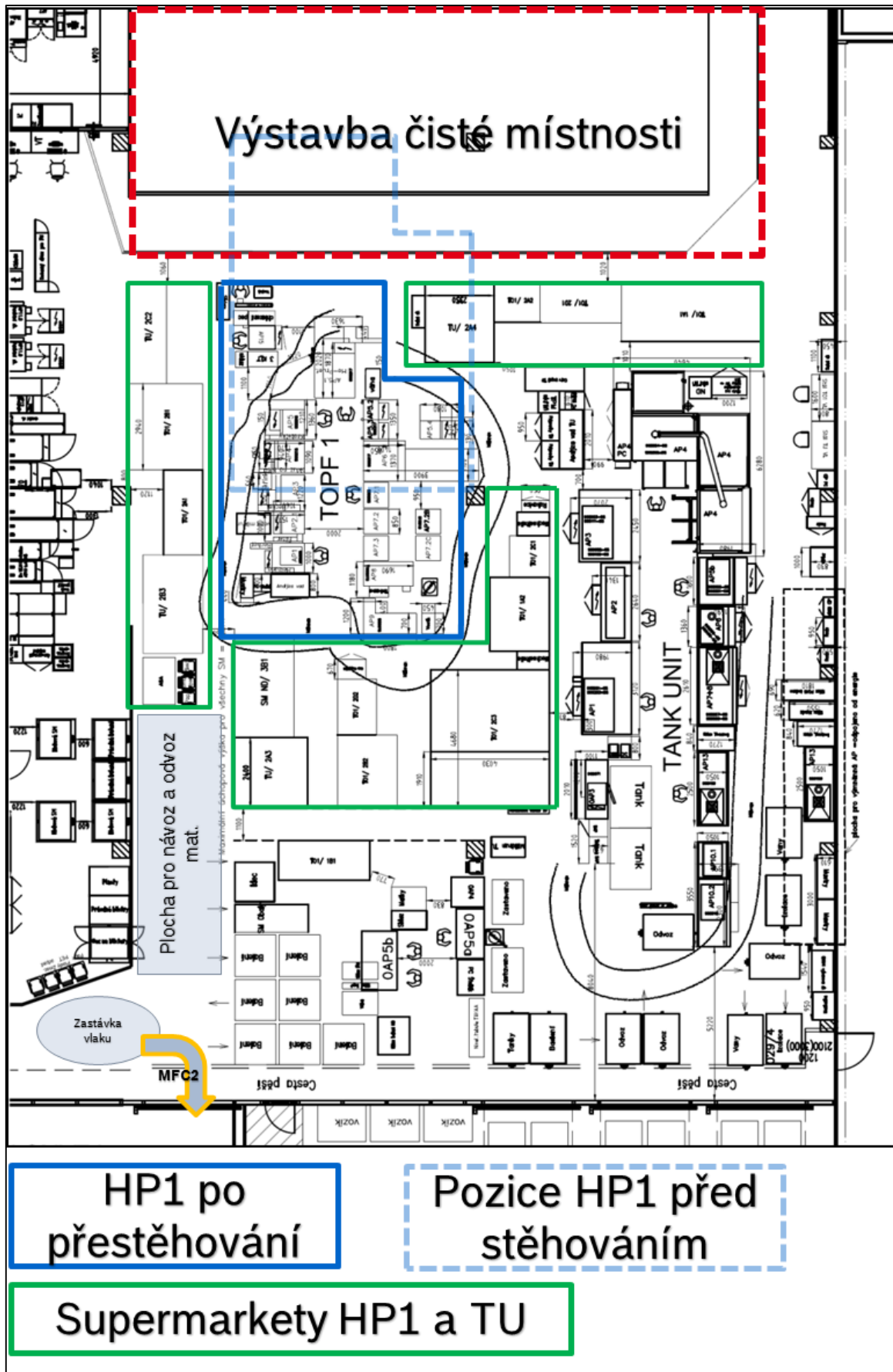
6 Návrhy řešení

Rozšiřování čisté místnosti je projektováno do prostor linek DLS1, DLS2 a části linky HP1. V současné době je velikost plochy linek DLS 317 m². Volné místo na části haly 090a má rozlohu 290 m². Jedním z klíčových parametrů je proto úspora plochy. Podmínkou je samozřejmě konformita s bezpečnostními předpisy. Dále je požadováno navrhnout layout tak, aby bylo možné linky zásobovat materiálem pomocí vláček. Nezbytným parametrem je, aby linky byly po přestěhování schopné kapacitně plnit požadavky zákazníků. Nejprve je popsáno řešení layoutu na části haly 090b a následně jsou popsány různé varianty řešení stěhování linek DLS. Vypracované varianty layoutu linek DLS lze rozdělit do dvou skupin:

- Stěhování obou linek DLS
- Sloučení linek DLS

6.1 Nový layout části haly 090b

Na obrázku 3-1 je vidět, že výstavba čisté místnosti zasahuje do části linky HP1. Z tohoto důvodu bylo nutné linku HP1 přestěhovat. Supermarkety linek HP1, TU a balírny byly uspořádány tak, aby bylo možné linku HP1 posunout přibližně o 6 metrů. Zásobovací cesta pro vlaky mezi linkami DLS a čistou místností musela být z důvodu výstavby zrušena. Vlaky po přestěhování supermarketů a linky HP1 přijíždějí jen z jedné strany. Po vyložení se musejí vlaky otáčet přes MFC2. Protože milkrun, který řídí vlak a zásobuje na jednotlivých zastávkách supermarketů by nestihl na jedné zastávce roztrždit veškerý materiál do supermarketů pro linky TU, balírny a HP1, vykládá materiál na volnou plochu vedle zásobovací cesty. Byla zavedena nová pozice zásobovače, který má za úkol tento materiál roznášet do jednotlivých supermarketů. Výsledný layout této části haly je na obrázku 6-1.



Obrázek 6-1 Nový layout 090b

6.2 Stěhování linek DLS

Již bylo zmíněno, že současná plocha linek DLS je 305m². Volná plocha určená pro tyto linky měří 290m², proto návrh layoutu vyžaduje redukci plochy ostatních linek na hale 090a nebo sloučení linek DLS. U každé varianty je vypracován layout linky a kapacitní analýza. Trvání stěhování linek DLS je odhadováno z předešlé zkušenosti na dva týdny. Po tuto dobu nebudou linky vyrábět, tudíž je nezbytné vytvořit na tyto dva týdny předzásobu. V případě slučování linek je analyzováno i období po sloučení, zda jsou kapacity linek dostatečné.

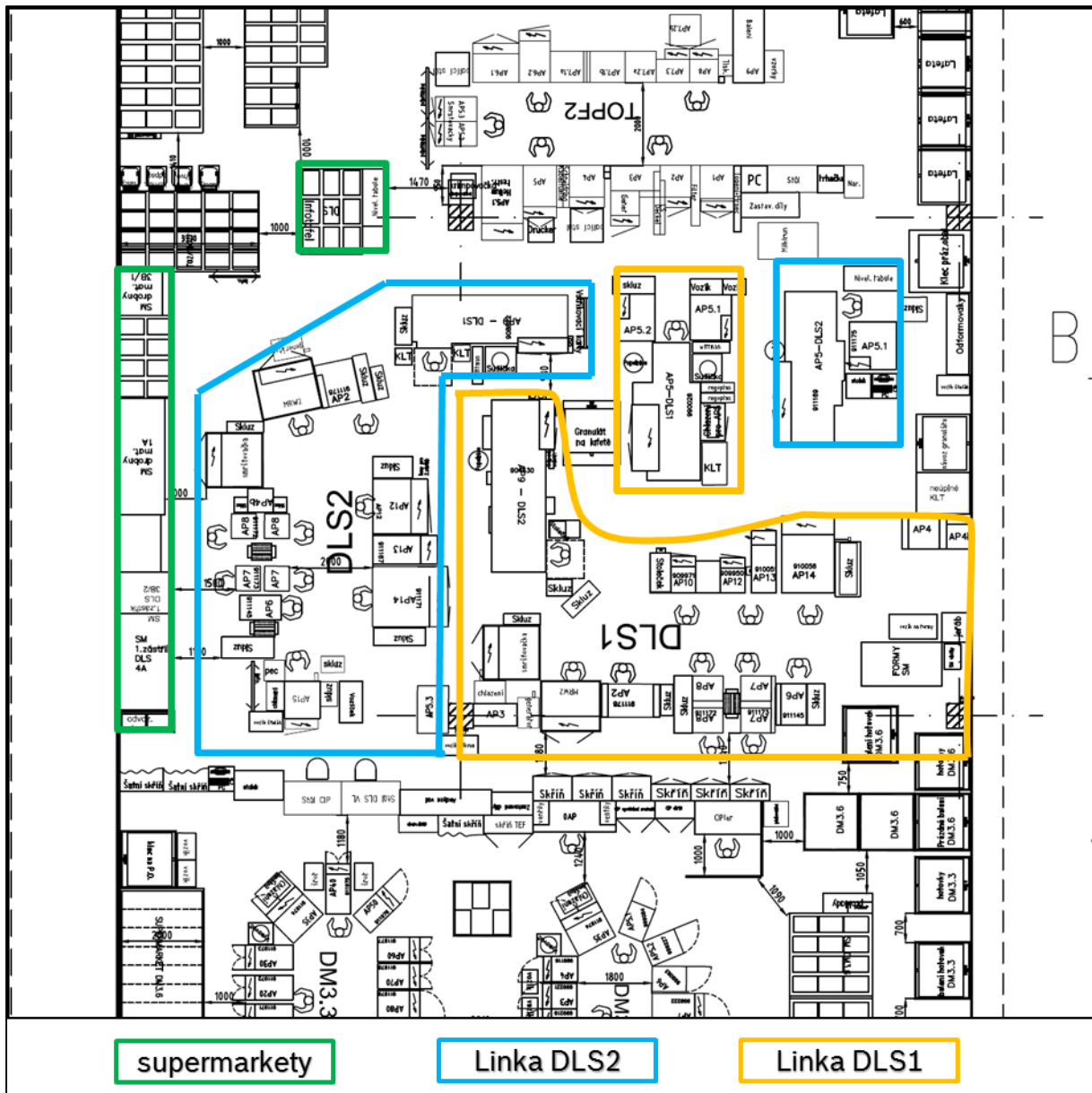
6.2.1 Stěhování obou linek

Premisou k přestěhování obou linek DLS je zvětšení plochy určené k přestěhování linek na hale 090a. Pro zvětšení plochy je nutné najít jinou plochu pro linku CSL a analýzu QMM. Následně jsou zpracovány varianty které předpokládají:

1. Uvolnění plochy CSL a analýzy QMM
2. Částečná redukce linky CSL a uvolnění plochy QMM

6.2.1.1 Varianta bez CSL a QMM analýzy

Uvolněním plochy linky CSL a analýzy QMM vznikla dostatečná plocha pro obě linky DLS. Vytvoření layoutu této varianty nebylo obtížné. Bez problémů byla splněna všechna technologická omezení. Rozmístění vstřikolisů, sušiček a granulátu bylo navrženo tak, aby distribuce granulátu do sušiček a následně do vstřikolisů byla bezproblémová. Dále bylo nutné dostatečné místo okolo jednotlivých výrobních stanic pro případný servis. Uspořádání linek zůstalo velmi podobné a materiálový tok byl zachován viz obrázek 6-2. Supermarkety pro materiál byly postaveny na levou část k zásobovací cestě. Levelsenzory vyrobené pro HP2 jsou ukládány do supermarketu u linky HP2. Bylo proto možné tento supermarket zrušit.



Obrázek 6-2 Layout DLS bez CSL a QMM

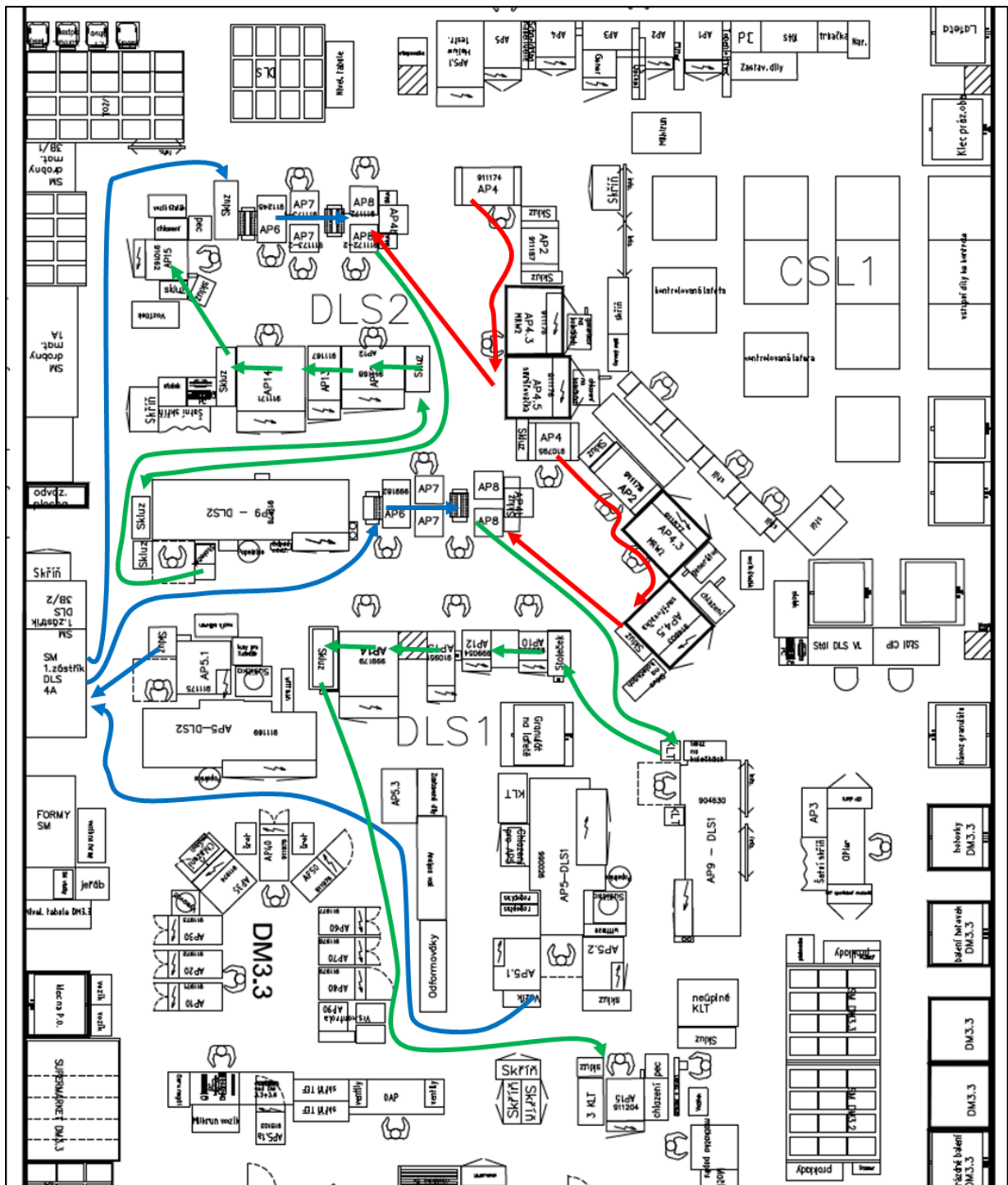
6.2.1.2 DLS1+DLS2 a redukce CSL

Redukcí linky CSL a uvolněním plochy QMM vznikla dostatečná plocha pro obě linky DLS. Na lince CSL se kontrolují hotové díly z linky DM3.6 než jsou posílány k zákazníkovi. Layout zredukované linky CSL je na obrázku 6-3. Byly ubrány lafetové pozice určené pro zastavené a hotové (překontrolované) díly. Redukce byla možná po vyřešení kvalitativních témat na lince DM3.4. Dále se orientace linky změnila tak, aby bylo možné lépe uspořádat layout linek DLS.



Obrázek 6-3 Layout linky CSL

Návrh layoutu se znázorněním materiálového toku je na obrázku 6-4. Byla splněna všechna technologická omezení pro uspořádání výrobních stanic a vstřikolisů. Výhodou tohoto návrhu, oproti stávajícímu stavu, je uspořádání stanic pro přípravu kabelů. Stanice AP4, AP2, AP4.3a AP4.5 jsou uspořádány vedle sebe a jsou tak minimalizovány délky přechodů mezi stanicemi. Nevýhodou je postavení vstřikolisů AP9 mimo linky. Posunutí vstřikolisů mimo linky bylo zapříčiněné nedostatkem prostoru a také požadavkem, aby při zpomalování linky, respektive zrušením stanic, nemusely být demontované ostatní výrobní stanice. Při zpomalování linky by byly odstraněny jako první vstřikolisy AP5, AP9 a mikroodporové svařování AP15. Odstaněním těchto AP vznikne dostatečná plocha pro další linku DM3.6.

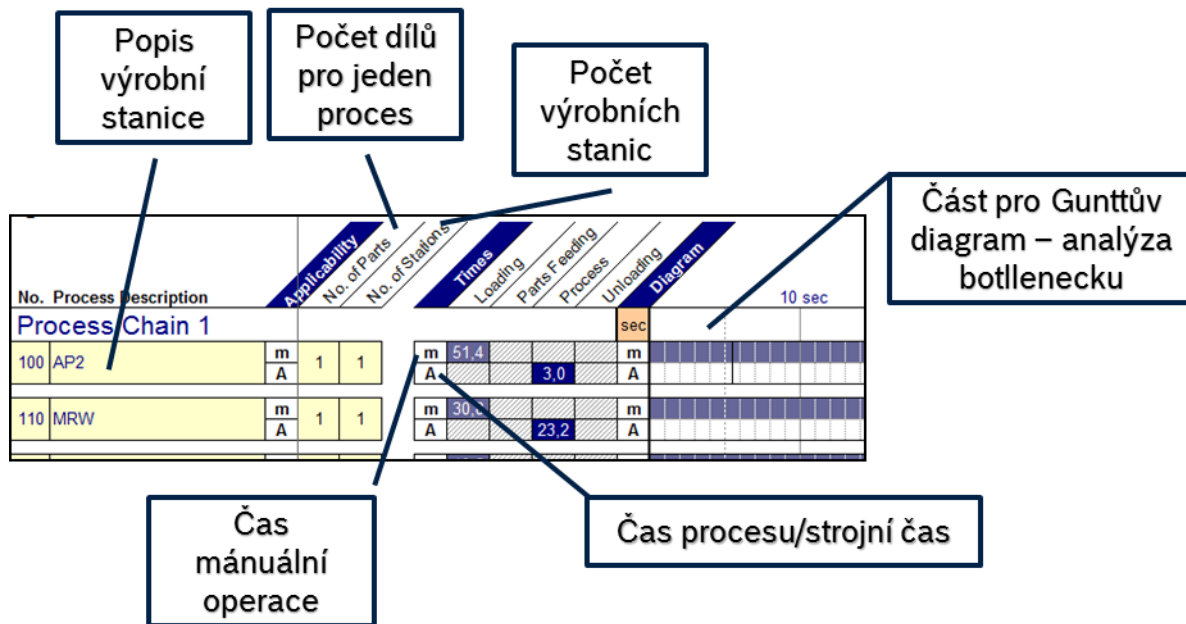


Obrázek 6-4 Layout DLS1+DLS2 a redukce CSL

6.2.2 Sloučení linek

Z důvodu předpokládaného snížení objednávek zákazníků v následujícím období bylo snahou linky DLS1 a DLS2 sloučit a vyřešit tak nedostatek místa na hale 090a. Pro postupné snižování taktu linky byl použit nástroj Scaling (SCAL). V našem případě jsou vstupními parametry této metody taktu na jednotlivých výrobních stanicích a jejich počet. Principem této metody je postupně ubírat nebo přidávat jednotlivé stanice, které jsou v aktuální fázi nejpomalejší výrobní stanicí tzv. „bottleneck“. Výstupem metody je takt linky a výše investic na zdvojení nebo přestavbu výrobních stanic. Následně se výkon linek a výše investic u jednotlivých variant

porovnávají. V našem případě je cílem zjistit, jaké množství a kterých výrobních stanic je nutné zachovat pro určité takty výsledné linky DLS. Na obrázku 6-5 je zobrazen a popsán diagram pro metodu Scaling.



Obrázek 6-5 Formulář pro Scaling

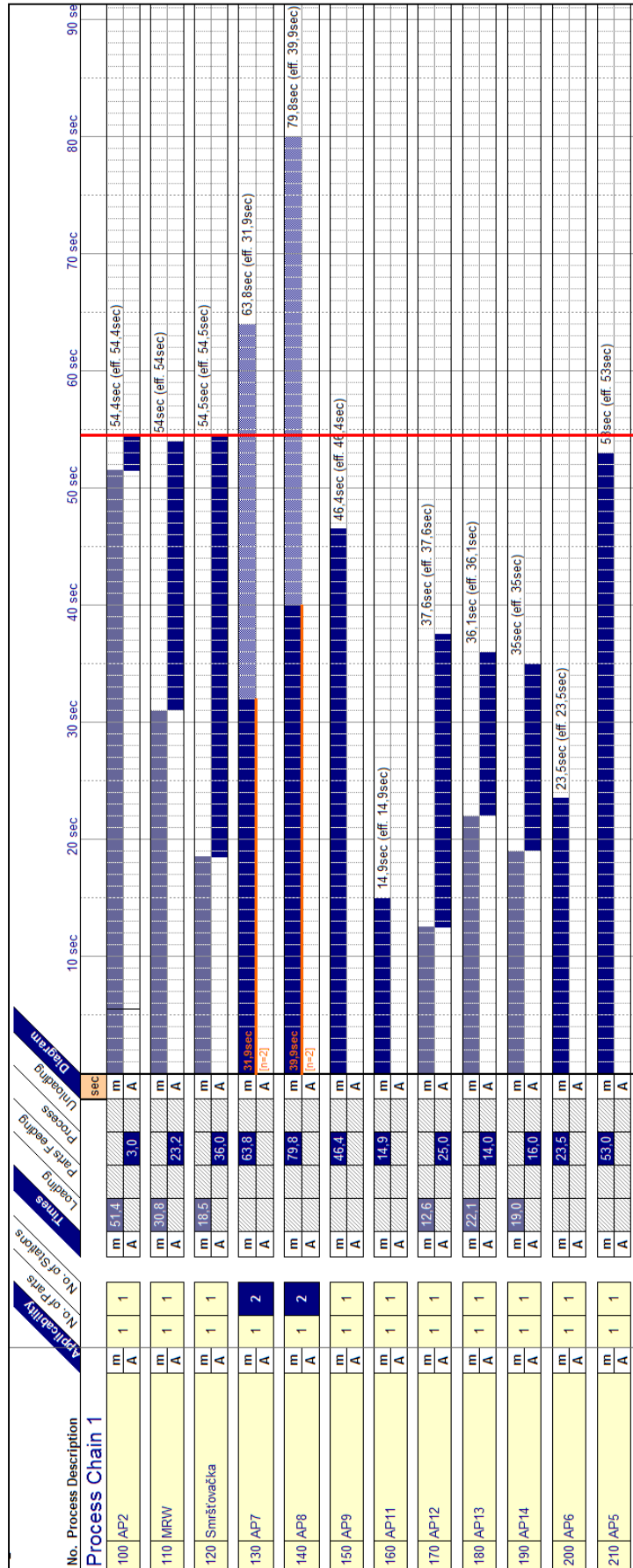
Na obrázku 6-5 je znázorněn výchozí stav popisující jednu samostatnou linku DLS. Jedny z nejdelších operací jsou AP7 (letování odporů) – 63,8s a AP8 (letování kabelů) - 79,s, proto jsou tyto stanice zdvojeny již v aktuálním konceptu linky. Nejužším místem linky je pracoviště AP4.3(smšťovačka). Takt tohoto pracoviště a celé linky je 54,5s. Kapacita linky je 485 ks/směnu.

Kapacita linky je počítána následovně:

Plánovaný výrobní čas na směnu..... POT = 440 min

Takt linky..... t = 54,5 s

$$\frac{440 \times 60}{54,4} = 485 \text{ ks/směnu}$$



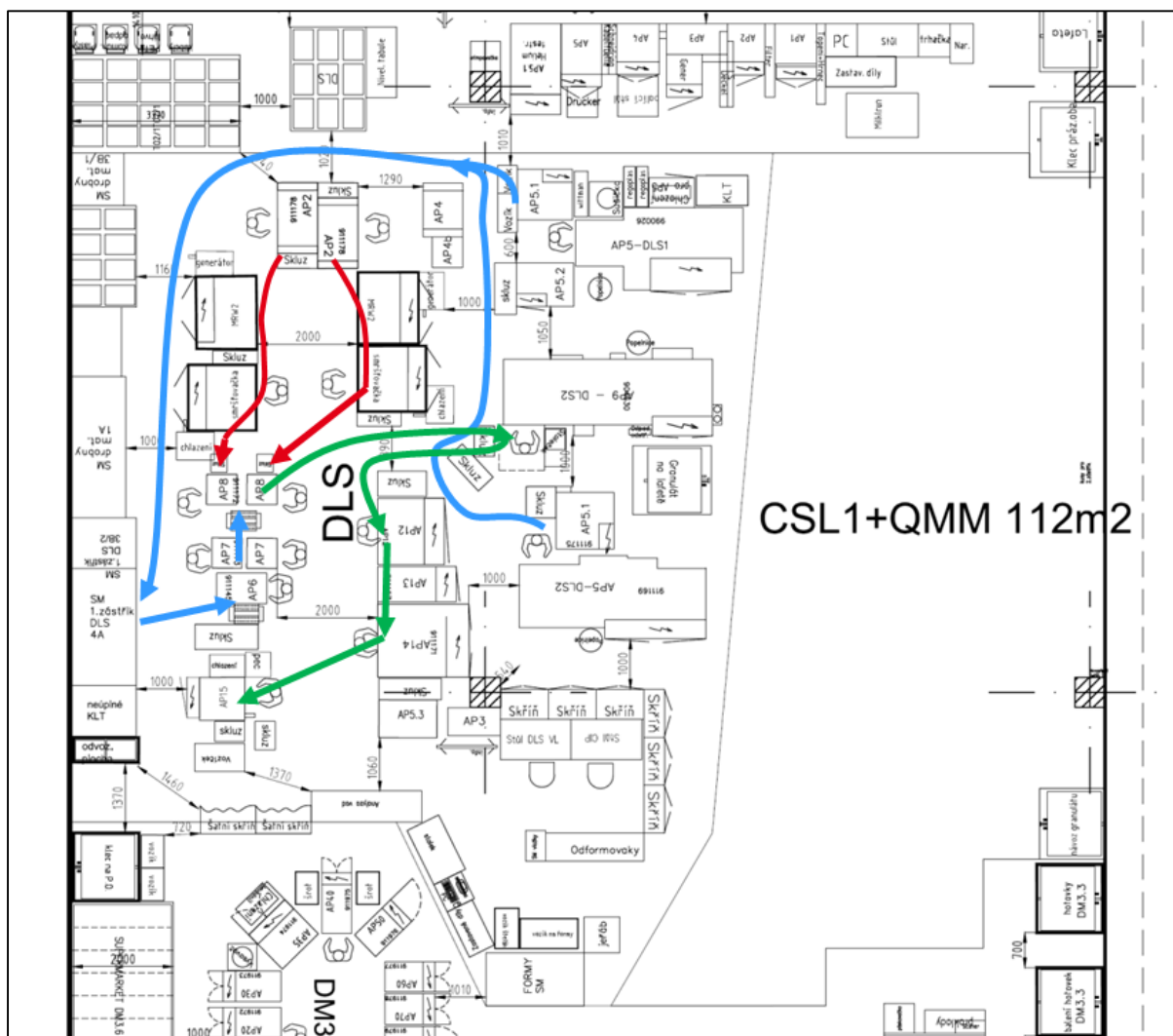
Obrázek 6-6 Scaling výchozí stav

6.2.2.1 Scaling - takt 46,4s

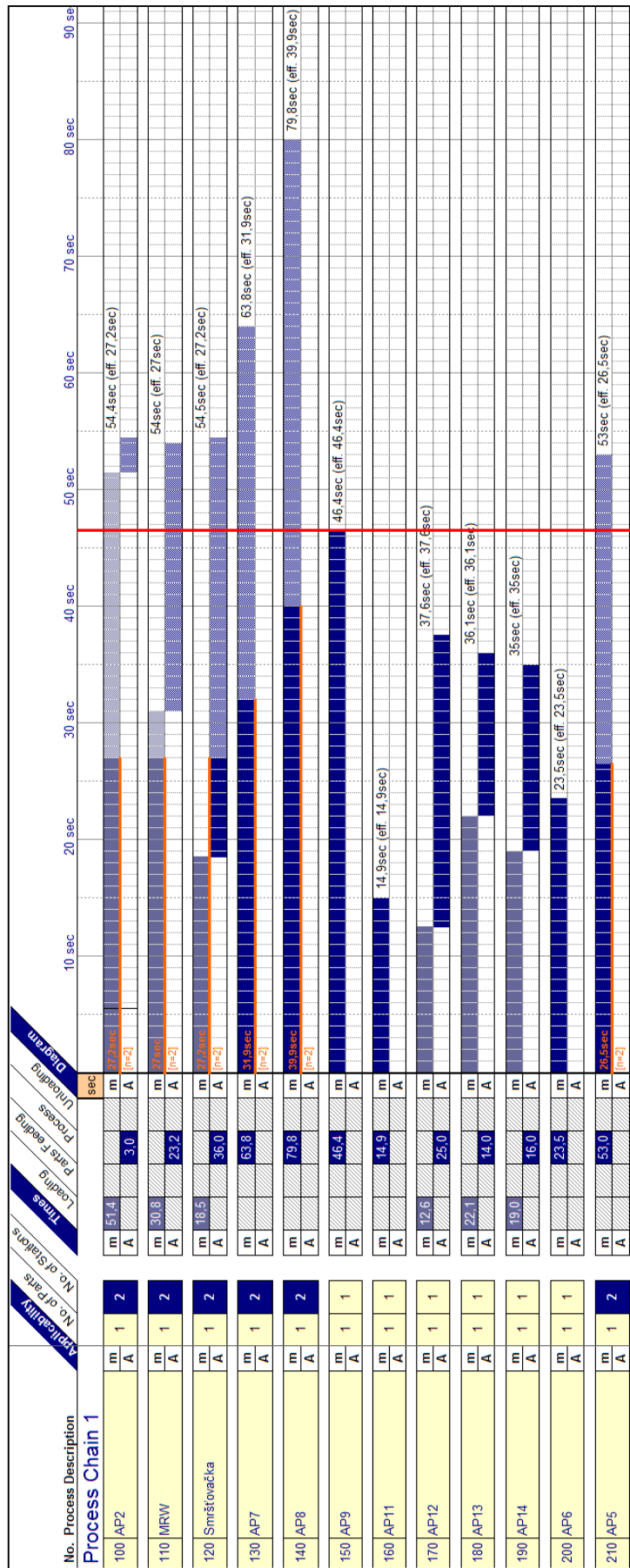
Aktuálně nejužšími místy linky DLS jsou pracoviště:

- AP2 – stříhání kabelů - takt 54,4s
- AP4.3 – MRW (mikrooporové svařování) – takt 54,0s
- AP4.5 – Smršťování – takt 54,5s
- AP5 – 1. zástřík – takt 53,0s

Zdvojením těchto stanic se stává nejužším místem linky stanice AP9 - 2. zástřík s taktem 46,4s. Kapacita linky vzrostla 569 ks/směnu. Výsledný diagram je znázorněn na obrázku 3-8. Dále byl vytvořen layout pro tuto variantu. Po zdvojení výrobních stanic pro přípravu kabelů a vstříkolisů pro 1. zástřík zůstalo volné místo pro CSL a QMM o rozloze 112m². Navržený layout se znázorněním toku materiálu je na obrázku 3-7.



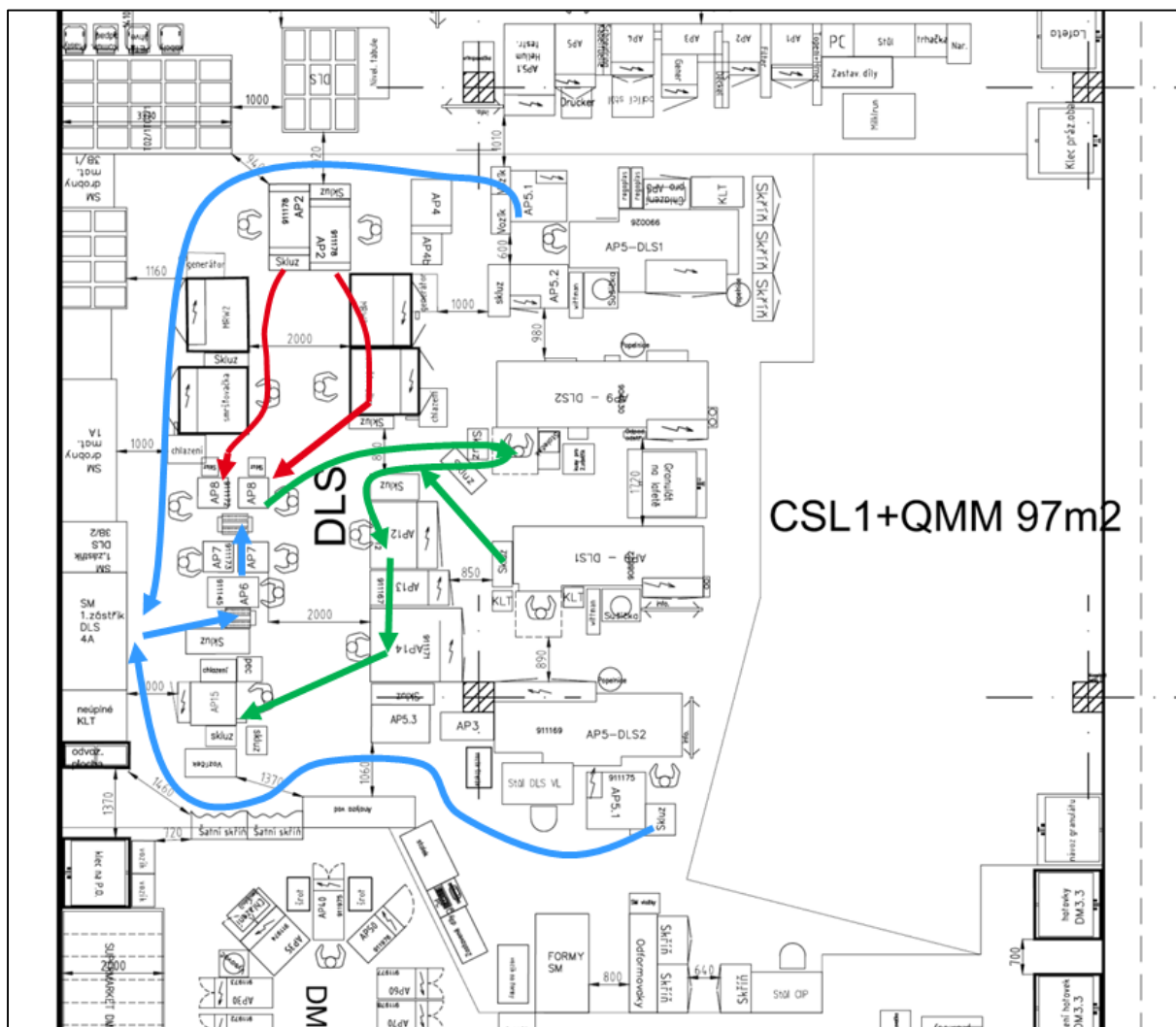
Obrázek 6-7 Layout DLS - takt 46,4s



Obrázek 6-8 Scaling DLS – 46,4s

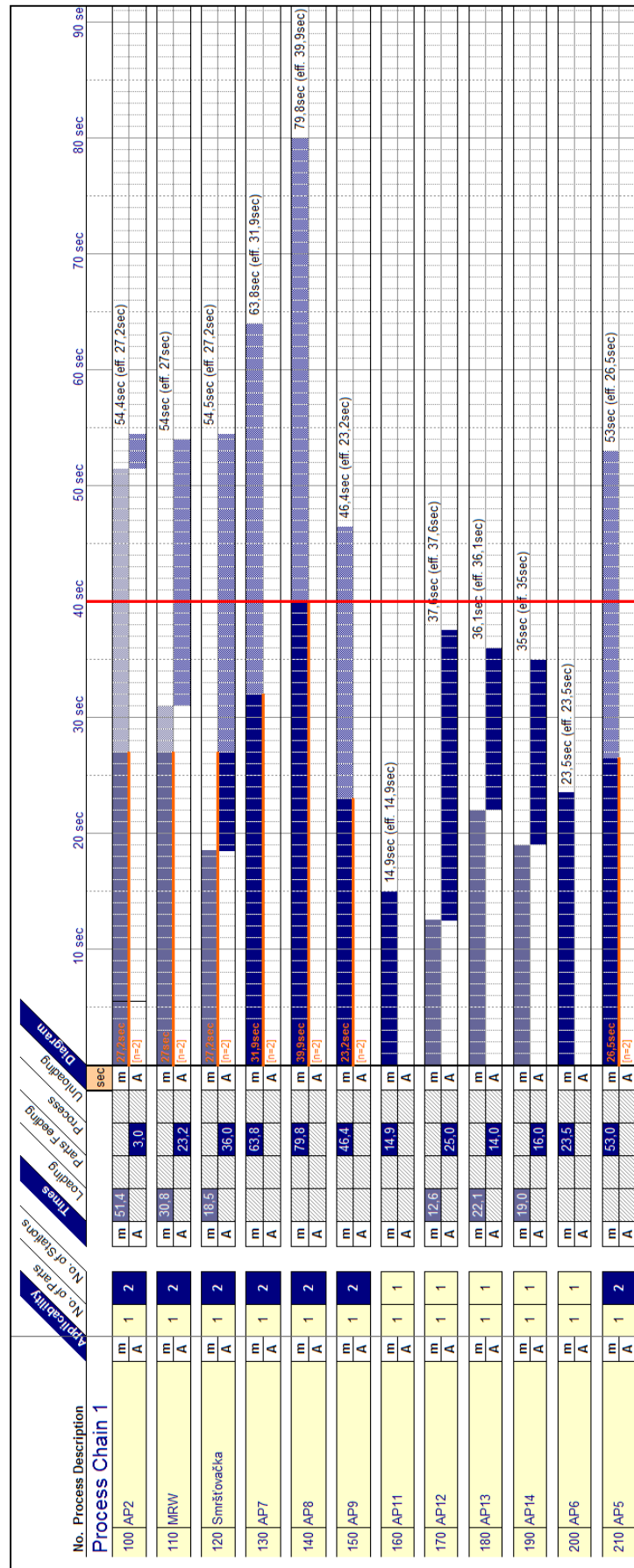
6.2.2.2 Scaling - takt 40s

Pro další zrychlení taktu linky je nutné přidat další stanici AP9 – 2. zástřik. Tímto krokem dojde k redukci taktu linky na 40s. Diagram pro tento takt je na obrázku 6-9. Výkon linky je 660ks/směnu.



Obrázek 6-9 Layout DLS 40s

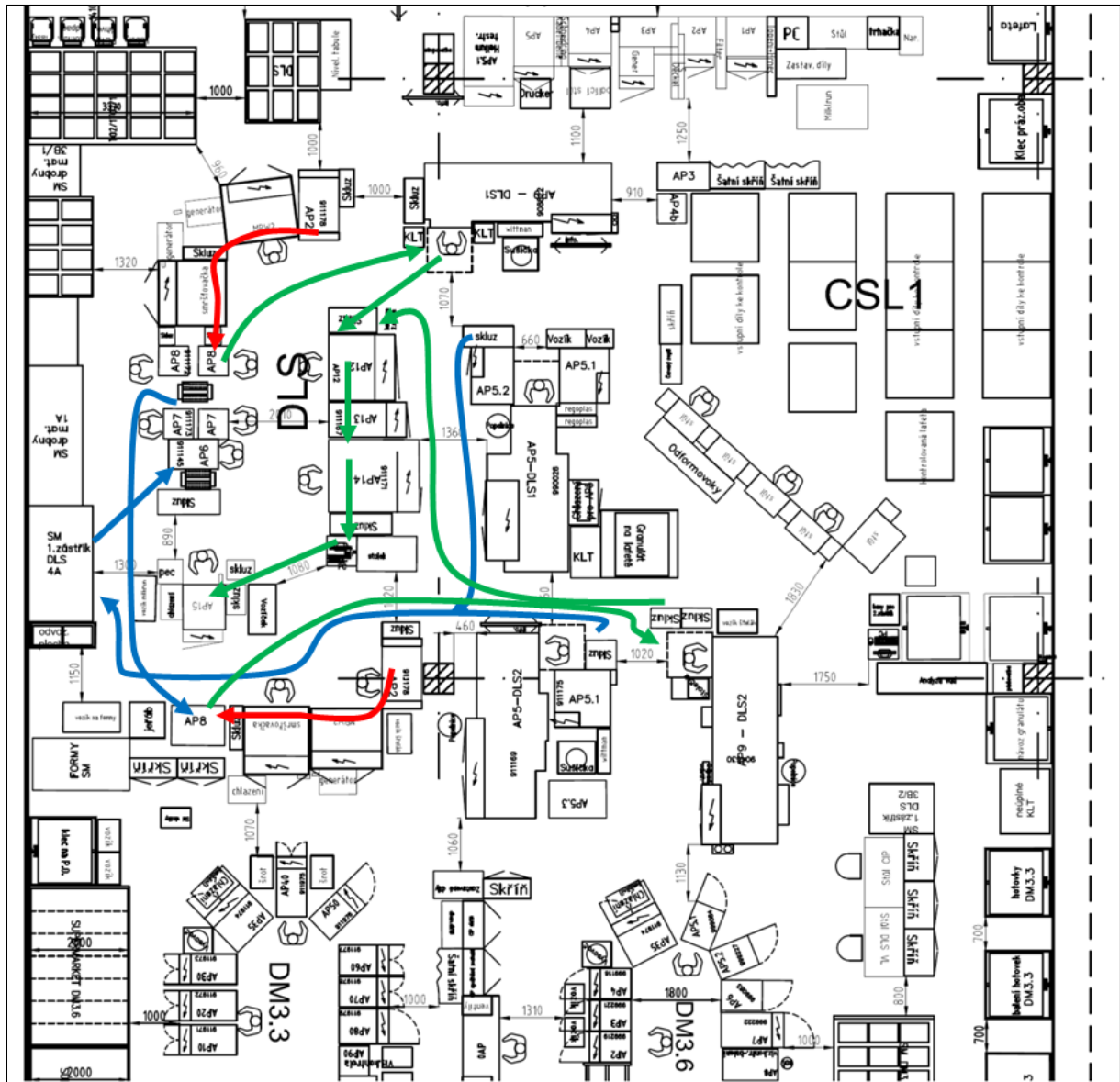
Navržený layout se znázorněním toku materiálů pro tuto variantu je na obrázku 6-9. Druhý vstříkolis AP2 – pro 2. zástřik byl umístěn místo vstříkolisu AP5 tak, aby byl co nejblíže následující stanici AP12. Vstříkolis AP5 byl posunut níže k sloupu. Volné místo pro linku CSL a analýza QMM je 97m².



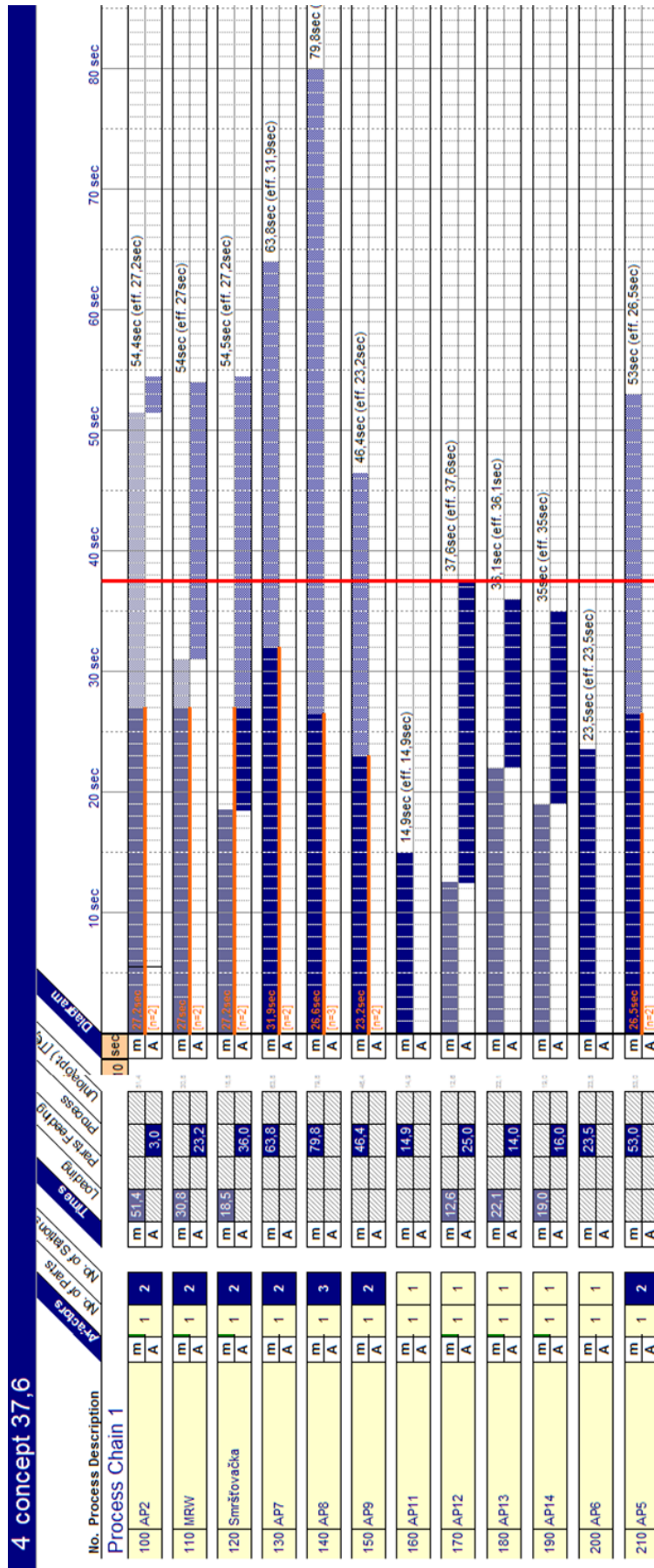
Obrázek 6-10 Diagram DLS 40s

6.2.2.3 Scaling - takt 37,6s

Dalším krokem pro zrychlení linky je přidání stanice AP8. Tím bylo dosaženo taktu 37,6s a výkonu linky 702 ks/směnu. Návrh layoutu je na obrázku 6-11. V tomto návrhu je uspořádání oproti předchozím variantám výrazně odlišné. Do layoutu byla zahrnuta i nová linka DM3.6.



Obrázek 6-11 Layout 37,6s



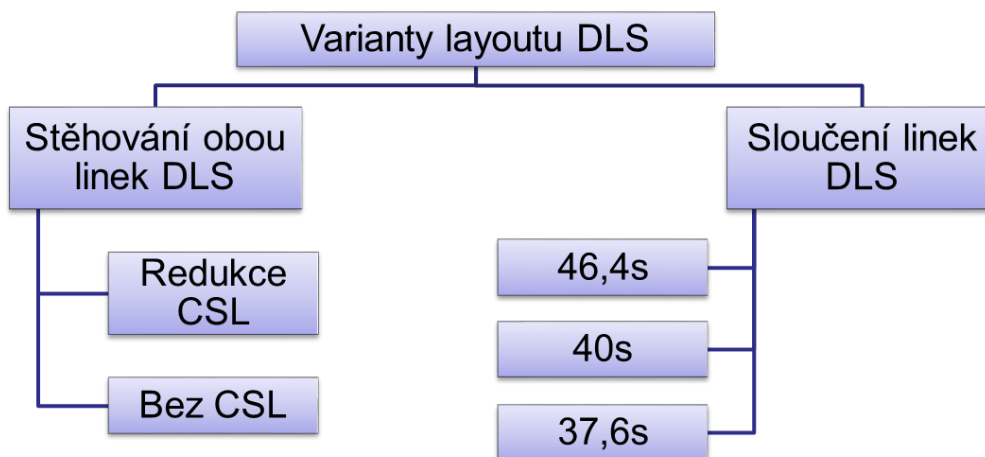
Obrázek 6-12 Scaling takt 37,6s

7 Zhodnocení a výběr varianty

V této kapitole jsou nejprve zhodnoceny jednotlivé varianty a následně popsán výběr vhodné varianty na základě kapacitní analýzy.

7.1 Zhodnocení variant

Celkem bylo vypracováno 5 variant layoutů linek DLS. V tabulce 7-1 jsou zhodnoceny jednotlivé varianty návrhů.



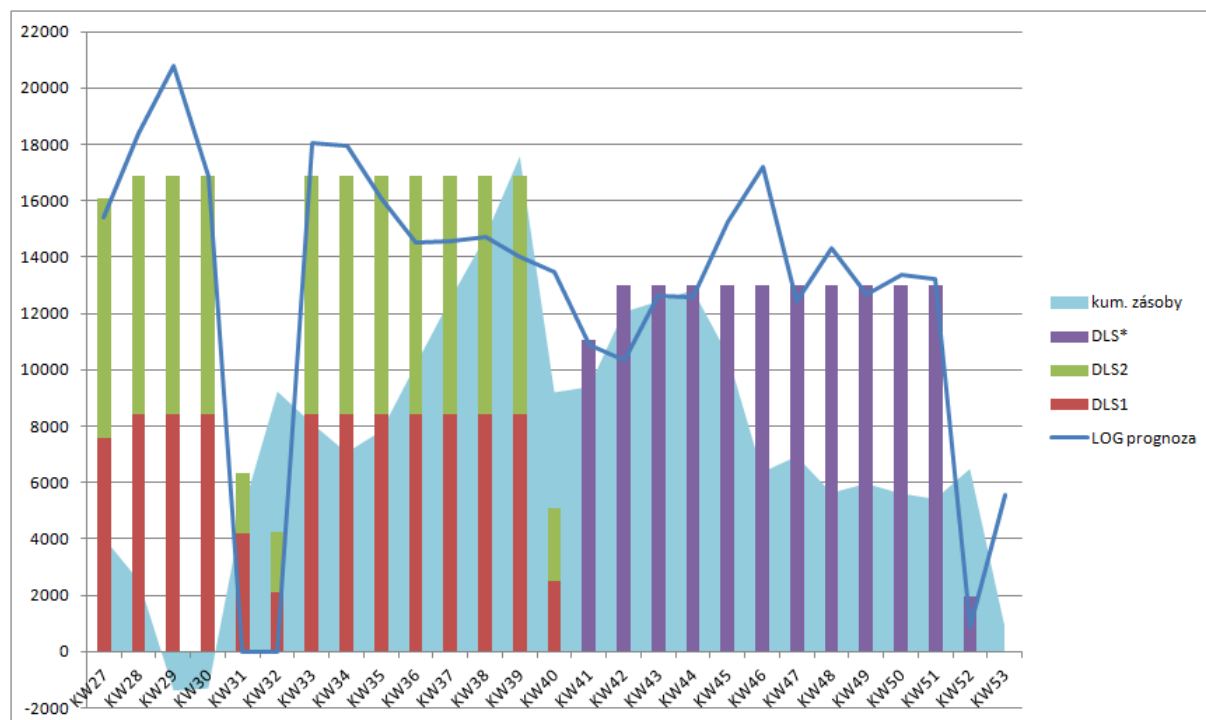
Obrázek 7-1 Varianty návrhů

	Návrh	Plocha [m ²]	Kapacita linky [ks/směnu] 100% OEE	Výhody	Nevýhody
Stěhování obou linek	Redukce CSL	255	2x485	<ul style="list-style-type: none"> Úspora plochy 50m² Příprava kabelů přímo navazuje na pracoviště letování AP8 Otočení pracoviště AP7 a AP8 – zkrácení chůze pracovníka V případě redukce linky vznikne využitelná plocha 	<ul style="list-style-type: none"> Vstříkolisy AP9 umístěny mimo montážní část linek - manipulace
	Bez CSL	274	2x485	<ul style="list-style-type: none"> Úspora plochy 31m² Vstříkolisy AP9 v umístěny v lince Příprava kabelů přímo navazuje na pracoviště letování AP8 Otočení pracoviště AP7 a AP8 – zkrácení chůze pracovníka 	<ul style="list-style-type: none"> Nutné relokovat linku CSL na jinou plochu v RBCB
Sloučení linek	Scaling - 46,4s	212	569	<ul style="list-style-type: none"> Úspora plochy 93m² Příprava kabelů přímo navazuje na pracoviště letování Otočení pracoviště AP7 a AP8 – zkrácení chůze pracovníka 	
	Scaling - 40s	227	660	<ul style="list-style-type: none"> Úspora plochy 78m² Vstříkolisy AP9 v umístěny v lince 	
	Scaling - 37,6s	232	702	<ul style="list-style-type: none"> Úspora plochy 73m² Příprava kabelů přímo navazuje na pracoviště letování AP8 V případě redukce vznikne využitelná plocha 	<ul style="list-style-type: none"> Nutno přidat nové pracoviště AP8 Druhý vstříkolis AP9 mimo linku - manipulace

Tabulka 7-1 Zhodnocení variant návrhů

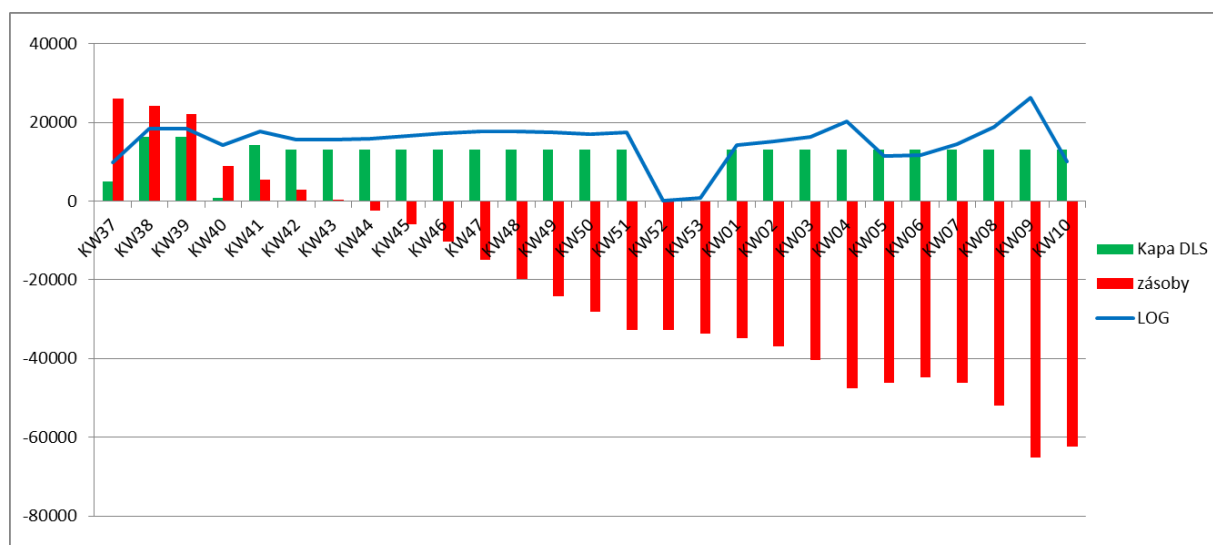
7.2 Výběr varianty

Výběr varianty závisí do značné míry na požadavcích zákazníků v horizontu příštích šesti až dvanácti měsíců. Předpokládá se úbytek objednávek během nadcházejícího roku. Na začátku projektu prognózy nasvědčovaly tomu, že bude reálné linky DLS spojit a ušetřit dostatek místa na části haly 090a pro linky CSL a novou linku DM 3.6. Postupným zpřesňováním prognóz na další období se stávala tato varianta riziková. Existovala možnost vyrobit předzásobu DLS, která by pokryla první měsíce po sloučení linek. S dalším neplánovaným nárůstem objednávek zákazníků na sériové nebo náhradní díly by ale hrozilo, že nebude možné kapacitně plnit požadavky zákazníků. Následně je popsána kapacitní analýza pro vytvoření zásob na období stěhování linek.



Obrázek 7-2 Kapacitní graf - zásoby

Na obrázku 7-1 je graf znázorňující tvorbu zásob DLS, který byl vytvořen krátce po začátku projektu. Pro výpočet bylo uvažováno s kapacitou linky DLS1 390 ks/směnu a u DLS2 420ks/směnu. Důvodem nižšího výkonu na DLS1 je potřeba sestavení nového týmu operátorů. Při zaučování není tým tolik produktivní a má velké ztráty. Na obou linkách DLS se počítá 20 směn/týden. V kalendářním týdnu 31 a 32 je plánovaná celozávodní dovolená. Bez výroby v těchto týdnech by nebylo kapacitně možné vyrobit dostatečné množství zásob, proto je v těchto týdnech alespoň částečná výroba DSL1 - 15 směn, DLS2 -10 směn. V týdnech 40 a 41 je plánované stěhování linek. Po přestěhování se uvažuje se sloučením linek DLS*. Kapacita této linky bude 640 ks/směnu vzhledem k průměrnému OEE 91%. Modrá plocha představuje výši zásob. Maximální zásoba je plánovaná před stěhováním v týdnu 39 17,5 tisíc kusů. Toto množství je dostatečné pro pokrytí odstávky na stěhování je zde i rezerva pro případ, že by se start produkce po stěhování zpozdil. V týdnu 37 byl aktualizován současný stav zásob a predikce objednávek zákazníků. Výsledný graf je zobrazen na obrázku 7-2.

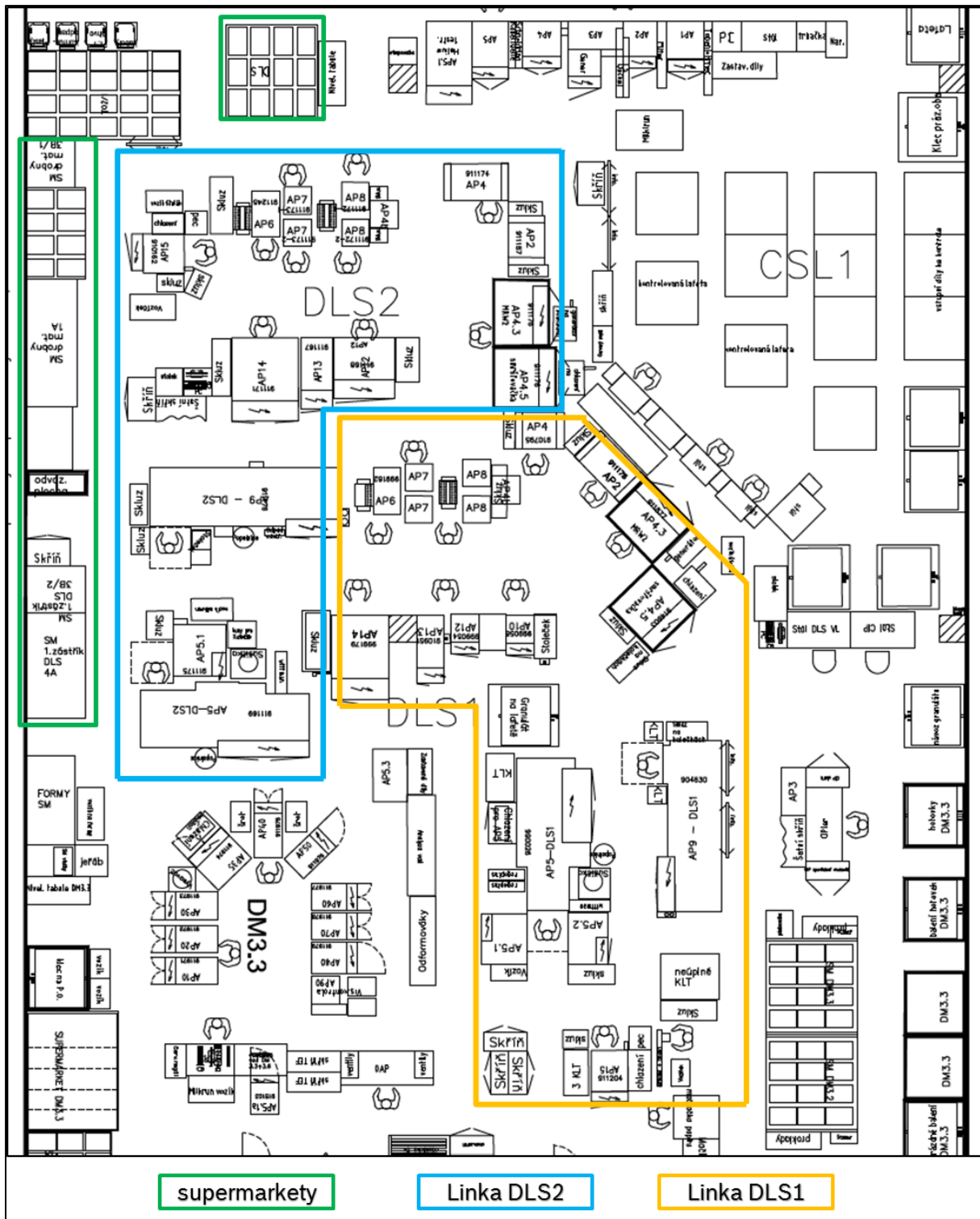


Obrázek 7-3 Kapacitní analýza

Z kapacitní analýzy je vidět, že kapacita jedné linky po stěhování s výkonem 640 ks/směnu (OEE 91%) je nedostatečná. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že budou přestěhovány obě linky DLS1 a DLS2. Vybrána byla varianta redukce linky CSL a uvolnění plochy analýzy QMM. Výhodou této varianty je, že není potřeba stěhovat linku CSL na jinou plochu.

Výsledný layout linek DLS je na obrázku 7-3. Materiálový tok DLS linek byl již popsán a znázorněn na obrázku 6-2 v kapitole 6.2.1.2. Požadavkem pro tvorbu layoutu této varianty bylo, aby při postupném zpomalování těchto linek vznikla plocha pro další linku DM3.6. Odstraněním vstřikolisů AP5, AP9 a stanice pro mikroodporové svařování - AP15 linky DLS1 vznikne dostatečná plocha pro novou linku DM 3.6.

Pro naplánování realizace stěhování linek byl vytvořen terminplan v programu MS project. Terminplan je v příloze č. 3.



Obrázek 7-4 Layout realizované varianty - DLS1+DLS2 a redukce CSL

8 Ekonomické zhodnocení vybrané varianty

V této kapitole jsou popsány náklady na realizaci projektu a vliv vybrané varianty na náklady pro RBCB.

8.1 Náklady na realizaci projektu

Náklady na posunutí linky HP1 jsou uvedeny v tabulce 8-1. Linka HP1 byla posunuta o několik metrů, proto náklady nebyly vysoké. Investováno bylo do stěhování linky a musela být upravena konstrukce pro rozvod vzduchu, elektrické a datové sítě.

Předmět	částka (CZK)
Stěhování linky	60 000,00 Kč
Gumové rohože do linky	22 664,00 Kč
Konstrukce nad linku	23 396,00 Kč
SUMA	106 060,00 Kč

Tabulka 8-1 Náklady na stěhování HP1

Náklady na stěhování linek DLS1 a DLS2 jsou vyšší. Výrazná investice byla do protiprachové stěny, kterou bylo nutné postavit pro zajištění čistoty ve výrobní hale po dobu realizace připojení inženýrských sítí. Dále bylo investováno do inženýrských sítí a fyzického stěhování linky a supermarketů.

Předmět	částka (CZK)
Protiprachová stěna	240 000,00 Kč
Stěhování DLS linek	192 000,00 Kč
Ventilace	137 000,00 Kč
Chlazení	53 000,00 Kč
Data	22 000,00 Kč
Stěhování supermarketů	63 000,00 Kč
Elektroinstalace	104 000,00 Kč
SUMA	811 000,00 Kč

Tabulka 8-2 Náklady na stěhování DLS1 a DLS2

8.2 Vliv vybrané varianty na náklady pro RBCB

Byla zavedena nová pozice zásobovače, který má za úkol roznášet materiál do jednotlivých supermarketů pro linky TU, HP1 a balení ND. Náklady na pracovníka ve výrobě byly stanoveny pro rok 2016 428 000 Kč/rok. Výroba na linkách probíhá ve čtyřsměnném provozu, proto byli přijati čtyři noví zaměstnanci do výroby.

Náklady na nového operátora zásobovače.

$$4 \times 428\,000 = 1\,680\,000 \text{ Kč/rok}$$

Podářilo se zredukovat plochu linek DLS o 50m². Podle interních zdrojů firmy náklady na jeden m² výrobní plochy jsou 3130 Kč/rok

Úspora redukcí plochy linek DLS:

$$50 \times 3130 = 156\,500 \text{ Kč/rok}$$

9 Závěr

Cílem teoretické části práce bylo pochopit metody použité pro řešení praktické části. Byla popsána filozofie štíhlé výroby a uspořádání výrobního systému. Dále byly popsány nástroje pro analýzu materiálových a informačních toků a efektivita výrobních linek. Zdrojem informací byla odborná literatura a znalosti získané během studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity.

Praktická část práce se zabývala řešením změny prostorového uspořádání výrobních linek DNOX 3.1 na výrobní hale 090a/b v RBCB. Důvodem zadání projektu bylo rozšiřování výroby nové generace výrobků. Hlavními cíli je návrh různých variant řešení, rozpracování vybrané varianty a následná realizace projektu. Dílčími cíli je analýza současného stavu, vypracování návrhů nového layoutu. Dále byl popsán výběr vhodné varianty řešení na základě kapacitní analýzy. V závěru práce byly vyčísleny náklady na realizaci projektu a vliv na náklady RBCB.

Hlavním kritériem pro posuzování jednotlivých návrhů sloučení linek DLS byla redukce plochy. Sloučení linek DLS nebylo možné realizovat z důvodu nedostatečné kapacity výsledné spojené linky. Pokles objemu výroby se plánuje v horizontu dvou let. Vypracované varianty návrhů spojení linek mohou posloužit jako podklady pro budoucí redukci linek DLS. Přestože byly stěhovány obě linky DLS, výsledná plocha těchto linek byla redukována o 50m². Byly dodrženy všechny bezpečnostní a ergonomické normy. V realizované variantě layoutu linek DLS bylo uspořádání pracovišť navrženo tak, aby manipulace s díly byla co nejkratší a byla redukována chůze pracovníků v montážní části linky.

Zdroje

- [1] Internetové stránky Bosch.cz [online]. [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: http://www.bosch.cz/cs/cz/our_company_7/locations_7/menu_robert_bosch_spol_sro_ceske_budejovice/budejovice_menu_uvod.html
- [2] IPA Slovakia. In: Slovník [online]. 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>
- [3] BORDÁS, Robert. Historie. In: *Lean company* [online]. 2006 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/historie.html>
- [4] KYSEĽ, Marek. Štíhla výroba – lean. In: *IPA Slovakia* [online]. 2011 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=26&sub_id=0
- [5] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [6] *Úspěch, produktivita a inovace v souvislostech*. Slaný: Akademie produktivity a inovací s.r.o., 2010. ISSN 1803-5183.
- [7] ROTHER, Mike a John SHOOK. *Learning to see*. Cambridge, MA USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.
- [8] CIE - PLZEŇ. In: Sankeův diagram [online]. 2015 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sankeyuv-diagram>
- [9] DIGITOV.ZCU.CZ In: VisTable [online]. 2015 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.digitov.zcu.cz/visTable.php>
- [10] LHOTSKÝ, O. *Organizace a normování práce v podniku*. 1. vyd. Praha: ASPI, 2005. 104 s. ISBN 80-7357-095-5.
- [11] DIAGRAMA [online]. 2012 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://diagrama.xyz/spaghetti-diagram/spaghetti-diagram-definition/>
- [12] E-API [online]. 2012 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://e-api.cz/>
- [13] Vorne. In: Takt-time [online]. 2012 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.vorne.com/learning-center/takt-time.htm>
- [14] SVĚTLÍK, Vladimír. Sledování a řízení efektivity výroby. In: *SystemOnLine* [online]. 2003 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-řízení-efektivity-vyroby.htm>
- [15] ZELENKA, A., VOLF, L., POSKOČILOVÁ, A., *Projektování výrobních systému - návod na cvičení*, Praha : Nakladatelství ČVUT, 2009. 978-80-01-04394-3.
- [15] TRACHTA, O.: *Možné metody posouzení efektivity výrobních prostor průmyslového závodu*, ZČU – KPV, 2003
- [16] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv, *Štíhlý a inovativní podnik*, Praha : Alfa Publishing, s.r.o., 2006. ISBN: 80-86851-38-9.

[17] KOŠTURIÁK, Ján a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: Žilinská univerzita v EDIS, 2000. 397 s. ISBN 80-7100-553-3.

[18] PAVEL, Aleš. *Zvýšení efektivity výrobní linky*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu.

[19] MILLER, M., ŠRAJER, V., BUREŠ, M., PEŠL, J., *Projektování výrobní základny - teoretická část*, [E-learning] Plzeň : ZČU Plzeň, 2013.

o

PŘÍLOHA č. 1

VSM

o

PŘÍLOHA č. 2

VSM DLS1

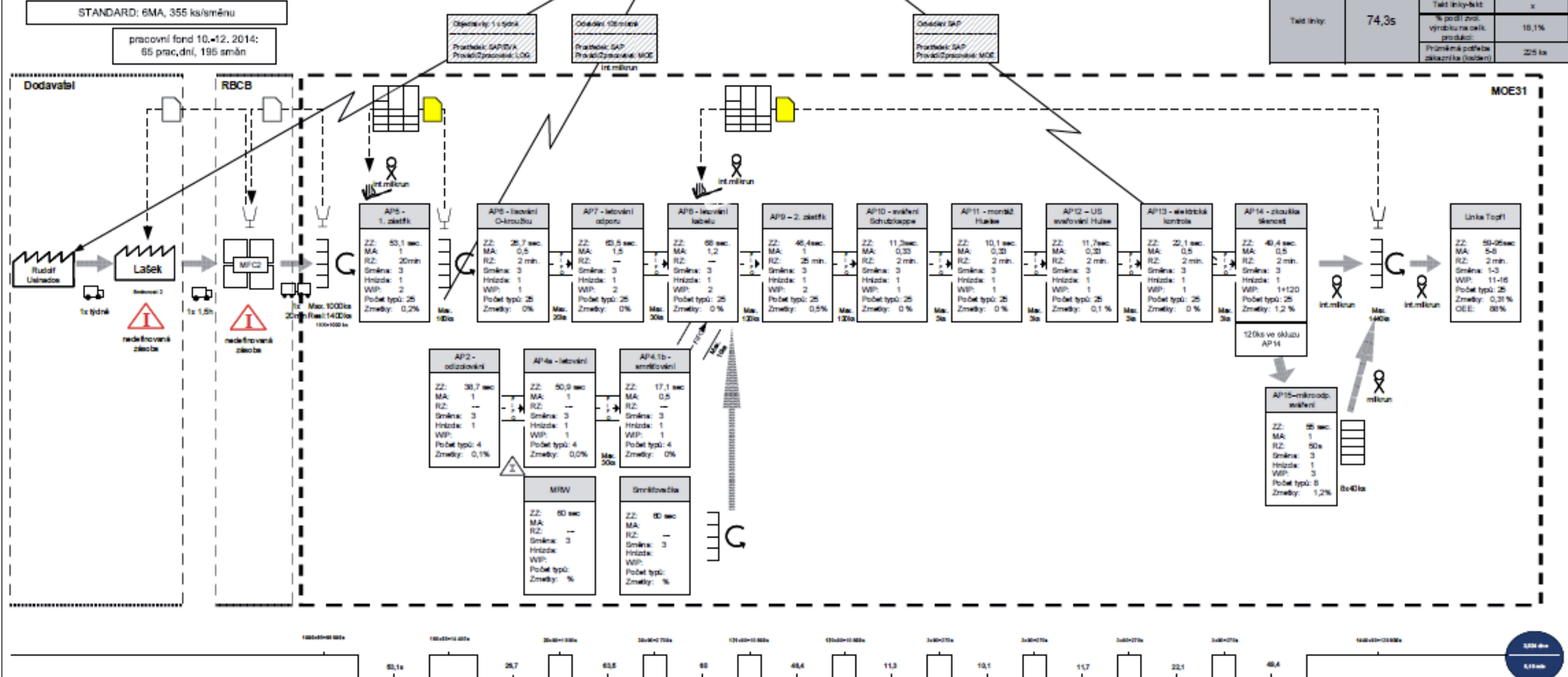
VSM – MOE31 – Discreet Level Sensor (DLS1)

Zkratky

AP	Pracovní stanice výroby
Log	Logistika
Mov	Výroba
CT	Čas Cyklu
OEE	Číselná spolehlivost zařízení
GD	Čas přeřazení
EDI	Elektronický předpis
PN	Počet typových částí
PK	Karban Karte
MA	Počet pracovníků (Mitarbeiter)
QVVL	Hlášení závad: O=Kvalita; K=Hábitelný; L=Právní dodávka
WIP	Rozpracované kusy (Work In Process)

Základní údaje

Č. výrobku	F01C 470 110	Změnováček za 2. 14.2013:	0,07%
Č. materiálu	F01C 365 090 (Pm)	OEE linky/řetězce (%)	95,0%
Pro všechny výrobky dnešního dne:		Pro zvolený výrobek:	
Požadava za 10.-12. 2014	80 000ks	Požadava za 10.-12. 2014	14 600ks
Výrobní čas (pomocný výpočet)	—	Výrobní čas (pomocný výpočet)	—
Disponibilní čas	—	Disponibilní čas	1320min/den
Takt zákazníka	90sec	Takt zákazníka	71,74 s
		Takt linky-plán	62,10 s
		Takt linky-akt	s
Takt linky	74,3s	% podíl zvl. výrobku na celk. produkci	10,1%
		Průměrná potřeba zákazníka (kolben)	226 ks



Legenda

	Automobilní doprava		Pracovní stanice výroby		Pracovník		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby		Přechodová stanice		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby
	Motová doprava		Pracovní stanice výroby		Pracovník		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby		Přechodová stanice		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby		Pracovní stanice výroby

PŘÍLOHA č. 3

Terminplan projektu

