

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**MODIFIKACE MATERIÁLOVÉHO TOKU
VÝROBNÍ OBLASTI**

MODIFICATION OF MATERIAL FLOW IN PRODUCTION AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karel Řehák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Sedláček

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Karel Řehák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Martin Sedláček**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Modifikace materiálového toku výrobní oblasti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Určení úzkého místa výrobního úseku pomocí metodiky počítačových simulací. Navržení opatření na zvýšení produkce.

Základní parametry:

Materiálový tok ve výrobní oblasti.

Layout výrobní oblasti dle podkladových materiálů.

Cíle bakalářské práce:

Systémová analýza současného stavu výrobního systému a materiálového toku.

Tvorba simulačního modelu dle aktuálního stavu.

Analýza úzkých míst.

Návrh alternativních řešení.

Simulační experimenty a jejich vyhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

MERTINS, Kai a Markus RABE. Experiences from the future: new methods and applications in simulation for production and logistics. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, c2004. ISBN 3816766404.

NOCHE, Bernd a Sigrid WENZEL. Marktspiegel Simulationstechnik in Produktion und Logistik. Köln: TUV Rheinland, c1991. ISBN 3885857464.

LAW, Averill M. Simulation modeling and analysis. 4th ed. London: McGraw-Hill, 2007. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. ISBN 0071255192.

ARNOLD, Dieter a Kai FURMANS. Materialfluss in Logistiksystemen. 6., erweiterte Aufl. Heidelberg: Springer, 2009. ISBN 978-3-642-01404-8.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem této bakalářské práce je vytvoření simulačního modelu výrobního procesu a logistického řetězce za účelem zhodnocení dopadů navrhovaných změn parametrů výrobního procesu. Simulační model je vytvořen v softwaru Plant Simulation od společnosti Siemens PLM Software. Součástí práce je analýza řešené oblasti. Pomocí simulačního modelu je testováno, zda úprava prvků výrobního procesu má pozitivní vliv na charakteristiku výroby dané oblasti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výrobní proces, logistický řetězec, materiálový tok, simulační model, pracovní postup

ABSTRACT

The content of this bachelor thesis is to create a simulation model of the production process and logistics chain in order to evaluate the impacts of proposed changes in the production process parameters. The simulation model is created by Plant Simulation software from Siemens PLM Software. An analysis of the discussed area is also included in the thesis. With the help of the simulation model it is tested if the modification of the production process elements has a positive effect on the production characteristics of the given area.

KEYWORDS

Production process, logistic chain, material flow, simulation model, workflow



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŘEHÁK, Karel. *Modifikace materiálového toku výrobní oblasti* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116691>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Martin Sedláček.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Sedláčka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Karel Řehák



PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Sedláčkovi za odbornou pomoc, cenné rady, náměty a připomínky při tvorbě bakalářské práce.

Děkuji také firmě Schaltag CZ s.r.o za poskytnutí potřebných údajů.

V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině za jejich důvěru a podporu při studiu.



OBSAH

Úvod	11
1 Současný stav poznání	12
1.1 Výrobní proces	12
1.2 Pojem logistika	12
1.3 Logistický řetězec	13
1.4 Materiálový tok	13
1.5 Informační tok	14
1.6 Simulace	17
1.7 Výrobní postup	19
2 Praktická část	21
2.1 Analýza současného výrobního systému	21
2.2 Analýza vstupních dat	28
2.3 Tvorba modelu	29
2.4 Přesun pracovníků mezi stanovišti	34
3 Návrhy řešení	37
3.1 Změna počtu pracovníků	37
3.2 Úprava výrobního procesu	37
3.3 Pracovní postup	39
Závěr	40
Seznam příloh	43
4 Přílohy	44
4.1 Příloha 1: První podlaží závodu (zdroj: vlastní)	44
4.2 Příloha 2: Obr.7 Třetí podlaží závodu (zdroj: vlastní)	45
4.3 Příloha 3: Obrazová návodka výroby E86 Semi	45

ÚVOD

Společnosti zabývající se výrobou jsou neustále zatěžovány od spotřebitelů na rychlost zpracování výrobků, jejich kvalitu a rychlosti dodání. V oboru mechatroniky a robotiky se s rostoucí konkurencí tyto požadavky zvyšují. Pokud se chce firma udržet na trhu, musí být schopna vyhovět poptávce co nejdříve.

Pokud ovšem chce firma rychle reagovat na nové požadavky od zákazníků, musí znát svůj stávající výrobní systém, aby bylo možno ho upravit podle potřeby. Pro rychlé a co možná nejpřesnější změny ve výrobě jsou používány počítačové programy. S velkou rozmanitostí a množstvím vyrobených výrobků jsou počítačové programy schopny zpracovat takové množství dat mnohem rychleji.

Pro svoji bakalářskou práci ve firmě Schaltag CZ s.r.o, budu pracovat v programu Plant Simulation od firmy Siemens. Tento program přehledně ukazuje výsledná data. Při vhodném použití významně urychluje proces rozhodování i ve složitém systému.

Použití počítačové simulace spadá do konceptu digitální továrny. Digitální továrna virtuálně zobrazuje reálnou výrobu. Tento systém má uplatnění především v automobilovém a strojním průmyslu. Pokud je továrna řádně vytvořena, měla by zajistit:

- Snížení rizika při zavedení nové výroby
- Ověření navrženého konceptu
- Redukci potřebné plochy
- Odhalení úzkých míst
- Zjištění celkového výrobního času

Podle výsledků z počítačové simulace je možno analyzovat systém a provádět změny na základě dané simulace. Při určování výsledků je ovšem důležité dbát na přesnost a detailnost modelu.

1 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

V teoretické části jsou vysvětleny pojmy jako logistika, informační a materiálový tok a jejich roli v logistickém řetězci. Jsou zde logistické koncepty Kanban a JIT dále popis manipulačních prostředků a technologického postupu. V této části se nachází i popis tvorby simulací modelu a jejich přínos pro výrobní proces, plánování a tvoření konceptů.

1.1 VÝROBNÍ PROCES

Výrobní proces je činnost, při které se výchozí materiál přetváří v hotový výrobek. Tato přeměna se děje za účasti pracovní síly a výrobního zařízení, tzn., že zahrnuje jak práci člověka, tak i práci výrobních prostředků. Souhrn všech výrobních procesů, které se podílejí na výrobě, se nazývá strojírenská technologie. Podle postupu vzniku hotového výrobku je výrobní proces rozdělen na [1]:

- výrobu polotovarů, (odlévání, tváření aj.),
- výrobu součástí strojů, zpracováním těchto polotovarů (většinou obrábění),
- montáž strojů z příslušných součástí (montáž strojů a zařízení). Do každého výrobního procesu je nutné zařadit i další činnosti jako jsou:
- technická kontrola výroby, mezioperační kontrola, vstupní, výstupní (konečná),
- doprava výrobků (vnitropodniková, dílenská, mezioperační, manipulace s výrobky apod.).

1.2 POJEM LOGISTIKA

Jedná se o vědeckou nauku, která se zabývá integrovaným plánováním, koordinací a optimalizací řetězce operací v prostoru a čase, který se skládá z materiálových a s nimi spojených informačních toků. [2] Díky velkému rozvoji a zvýšené konkurenci se logistika stala důležitým faktorem pro úspěch firmy.

Dle [3] lze například rozlišovat tyto logistické operace:

- **Manipulační** – operace prováděné s materiálem na jednom pracovišti (např. nakládání a vykládání materiálu z přívěsu tahače);
- **Přepravní** – operace přemístění materiálu mezi dvěma různými pracovišti;
- **Skladovací** – dočasné ukládání a uchovávání materiálu pro pozdější potřebu;
- **Kompletační** – přerozdělení materiálu ve skladech na sortiment a množství požadované odběratelem;
- **Balicí** – zajištění materiálu obalem, který plní manipulační, ochrannou a informační funkci;
- **Plánovací** – plánování logistických operací;

1.3 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC

Logistický řetězec stejně jako obecný systém, se skládá z prvků a vazeb mezi nimi. V případě logistického řetězce jsou prvky a vazby dány činnostmi a procesy spojenými s hmotným či nehmotným tokem z místa zdroje do místa spotřeby.

V logistickém řetězci nelze prvky výrobního řetězce izolovaně měnit, či zcela obejít. Synergické účinky jednoho článku procesu mají tak značný dopad na funkci celého systému, že při optimalizaci jeho prvků je nutno brát ohled nejen na funkční spojitost ostatních prvků, ale také na řešení systému jako celku. Dalším aspektem logistiky je zabývání se otázkou finančních nákladů. [4]

Reálný proces je redukován na systém, jehož vlastnosti a struktura nás zajímá. Při tomto kroku je potřeba rozhodnout o rozlišovací úrovni jednotlivých prvků. V jednom případě bude vhodné vytvářet model s nízkou rozlišovací schopností, jindy je třeba zajít do úplných detailů. Logistický systém je hierarchický systém a nabízí se rozdělení do několika úrovní.



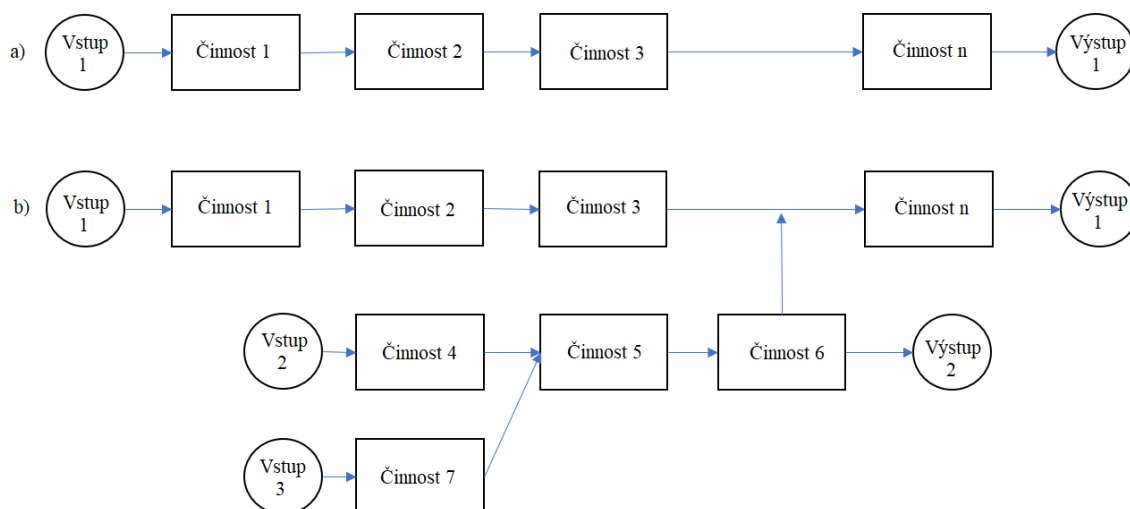
- **Makrologistika** – se zabývá vzájemnými vazbami mezi jednotlivými podniky. (rozlišovací úroveň prvek = podnik).
- **Mikrologistika** – se zabývá vazbami mezi jednotlivými útvary, úseky uvnitř podniku. Někdy se také nazývá podniková logistika.
- **Nanologistika** – se zabývá vazbou mezi jednotlivými stroji, procesy či činnostmi uvnitř jednotlivých částí podniku. [5]

Obr. 1 Rozdělení logistiky podle úrovní (zdroj: [5])

1.4 MATERIÁLOVÝ TOK

Jedná se o pohyb materiálu ve výrobním procesu, který je uspořádán podle technologického postupu. Je to souhrn operací, které se skládají z dopravy materiálu, jeho skladování, balení a operacích související s výrobním procesem.

Prvky materiálového toku mohou být různě uspořádány v závislosti na použitých technologických zkoumaného systému, viz obr. 1.



Obr. 2 Větvení materiálového toku (zdroj: [6])

Uspořádání materiálového toku, kdy pracovní prvky následují za sebou (obr. 1, ad a)), takže k započetí následující činnosti je třeba ukončit činnost aktuální, nebo prvky mohou provádět operace paralelně (obr. 1, ad b)). [6]

Důležitou součástí plánování materiálového toku je i znalost vlastností materiálu se kterým má být manipulováno a za jakých podmínek tak může být učiněno. Klasifikace kusového materiálu podle [7] je např.

- Podle tvaru;
- Podle polohy a stability;
- Podle hmotnosti a objemu;

SLEDOVÁNÍ CHARAKTERISTIK MATERIÁLOVÉHO TOKU

Podle typu úlohy jsou sledovány a vyhodnocovány charakteristické znaky materiálového toku, které dostatečně definují daný úkol. Charakteristickými znaky jsou např. [8]:

- **Průchodnost** – obvykle je sledována za určitý čas na určitém zařízení, nebo systému obsahující více zařízení, které realizují přemístění materiálu (dopravníky, tahače apod.).
- **Takt** – jedná se o dobu mezi průchody za sebou jdoucích výrobků stejným bodem např. na montážní lince
- **Obsazenost** – zaplnění kapacity sledované sekce nebo skladu.
- **Sekvence dílů** – sledování dodržení pořadí dodávaných dílů.

1.5 INFORMAČNÍ TOK

Informační tok je nehmotným tokem. Nedochozí zde k žádnému přemístění hmotného materiálu. Dochází zde k přemístění nebo uchování informací.

Pohyb materiálu může vést k vytvoření informací, které mohou být použité k vytvoření nebo usměrnění dalšího toku materiálu. Zpracování informací tedy vede k organizovanému a cíle-vědomému řízení materiálového toku. [9]

Tyto informace mohou uvést materiálový tok do pohybu [10]:

- **objednávka zákazníka** – podklad pro dodání zboží zákazníkovi;
- **výrobní plán** – obsahuje konkrétní vyráběné položky, jejich množství a sekvenci, ve kterých budou vyráběny;
- **objednávky u dodavatelů** – podklad pro dodání materiálu do výroby

1.5.1 LOGISTICKÉ KONCEPTY

Pomocí vhodných metod přístupů a řídicích technik se snažíme uspořádat a vybrat jednotlivé operace logistického konceptu tak, aby fungovaly co nejlépe. Tento systémově chápaný sled procesů, úkonů a operací uspořádaný do dílčích ustálených procesů nazýváme logistickými koncepty. [2]

Podle [3] mezi logistické koncepty které mají největší význam ve strojírenském průmyslu lze zařadit:

- **Kanban** – jako odvolávka slouží tzv. kanbanové karty;
- **JIT** (Just in Time) – zaměřuje se na odstraňování ztrát ve všech fázích výrobního procesu;
- **JIS** (Just in sequence) – dodržují se pravidla JIT, navíc se dbá na pořadí dodávaného materiálu;
- **Quick response** – uplatnění systému JIT v celém zásobovacím řetězci od dodavatele surovin až ke konečnému spotřebiteli;
- Existuje mnohem více logistických konceptů řízení zásob, avšak ve strojírenském průmyslu nejsou natolik využívány jako výše vypsané koncepty.



1.5.2 KANBAN

Jedním z nejstarších systému vytváření odvolávek je Kanban. V překladu do češtiny chápeme tento výraz jako kartu, nebo znak. Kanban je určen k plánování a řízení materiálového toku, přičemž dodavatel může vychystat, případně nejprve vyrobit, požadovaný materiál a odeslat k odběrateli až tehdy, kdy obdrží od odběratele příslušný signál, který sám o sobě definuje požadovanou dodávku. [11]

Druhy Kanbanu [3]:

- **Tradiční Kanban** – kanbanová karta zařazena do oběhu v okamžiku spotřeby dílů z přepravky.
- **Signální Kanban** – stanovená přesná výše hladiny zásob dílů na pracovišti, při jejímž dosažení je vytvořen kanbanový signál (karta, elektronický signál apod.).
- **Fax-Kanban** – nahrazení fyzických karet jejich faxováním na místo jejich fyzického převozu.

- **E-Kanban** – eliminuje problém fyzických karet (ztráty, poškození atd.); využívá skenování čárových kódů s informacemi o dodávaných dílech; probíhá zde elektronická evidence odvolávek. Je však oproti předchozím druhům finančně náročnější a v případech výpadků proudu nebo skenovacího systému může dojít k zastavení výroby.

Supplier: PU1	Customer: PU2
Description: Production Unit 1	Location: Loc02
Kanbans: 9	Container: Box 1
	Qty: 100
created: 10/12/2013 22:33:00	Description: Item 012345
printed: 11/12/2013 12:10:11	
 INTEGRATED KANBAN SYSTEM	
Item ID: 012345	Kanban ID:
	 1090

Obr. 3 Příklad Kanbanové karty (zdroj: [12])

V levé horní části jsou informace o dodavateli a jejich označení výrobku. V pravé horní části je uveden zákazník, místo dodání, balení a počet kusů. Tato karta dále obsahuje datum vytvoření odvolávky a popis výrobku. Dále identifikační číslo výrobku a čárový kód.

1.5.3 JUST IN TIME

Koncept JIT se objevil počátkem 80. let v Japonsku a USA. Můžeme jej chápat spíše jako určitou filozofii řízení výroby nebo optimalizaci logistického řetězce.[13]

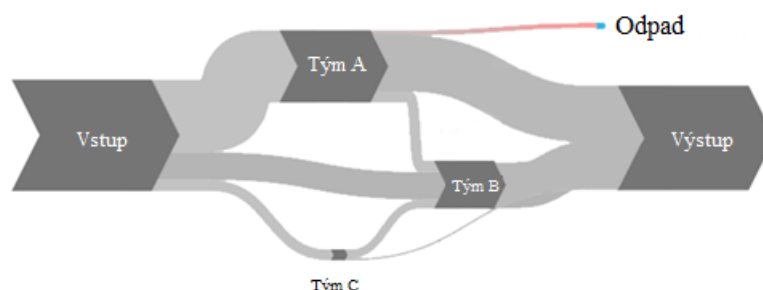
JIT je konkrétně vztažen na problematiku skladování materiálu. Propojení mezi jednotlivými výrobními sekcemi zde díky časově zcela přesnému vyladění dovoluje dodávat přímo na výrobní linku, tedy bez meziskladů. Předpokladem zavedení JIT je znalost časově závislé ovlivnitelnosti jednotlivých dodavatelských procesů. Stejně jako průběžná znalost zakázek ze strany odběratelů. [4] Uplatnění tohoto konceptu se nachází zejména tam, kde je stabilní poptávka.

Funkce meziskladu spočívá v uskladnění materiálu do chvíle, kdy může být přijat následující výrobní sekcí. Narozdíl od skladu ale není jeho hlavní funkcí vytvoření zásoby materiálu, ale vyrovnání dodávacích a odebíracích časů.

Optimalizace

Jde o vytvoření nejlepší situace dosažitelné v rámci existujících omezení.

Pokud chceme provést optimalizace materiálového toku, můžeme tak učinit pomocí experimentů v simulačním modelu, statistickými výpočty nebo pomocí Sankeyova diagramu obr. 4. Tento diagram ukazuje pomocí tloušťky šipek množství přepravovaného materiálu mezi pracovišti.



Obr. 4. Sankeyův diagram (zdroj: [14])

Na rozdíl od simulace nám ale neukáže čas, který materiál na stanovištích strávil. Také nezobrazí procesy, které se právě provádějí ani z jakého důvodu je například pozastavená výroba. Složitost systému často nedovoluje přesné statistické výpočty. Při použití početní metody je třeba brát v potaz předpoklady, které jsou zavedeny pro výpočet. Tyto případy do jisté míry řeší počítačové simulace, ovšem i zde může nastat situace, kdy bude zavedení zjednodušujících předpokladů nezbytné. Záleží na daném problému a předpokladech, které mohou být zavedeny (s ohledem na prokazatelnost výsledků).

Při řešení optimalizace materiálového toku je nutné brát v úvahu tyto aspekty [15]:

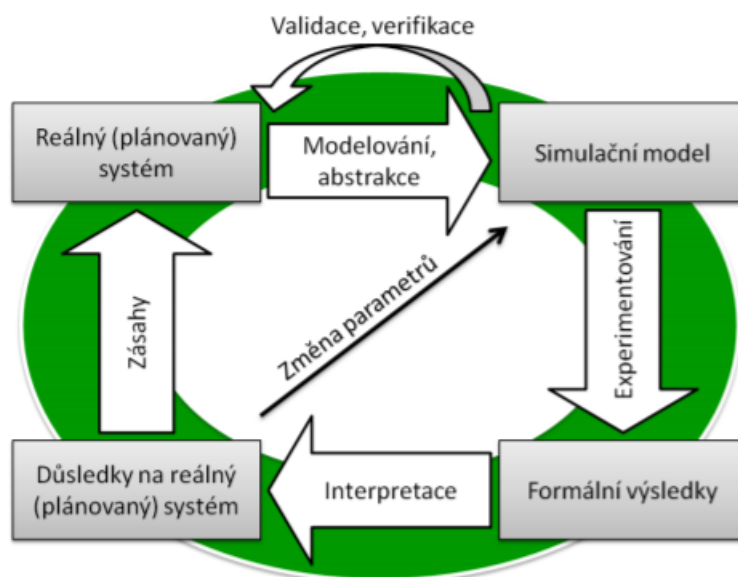
- Charakteristiku manipulovaného a dopravovaného materiálu;
- Používanou technologii a techniku (technický postup);
- Doba a termín realizace;
- Samotný výrobní proces;
- Náklady;
- Požadavky na flexibilitu výroby.

1.6 SIMULACE

K řešení rozsáhlých logistických a výrobních systémů nebo jejich částí je využíváno simulace v podobě počítačového modelu, do kterého je reálný systém přenesen. Prováděním experimentů na modelech a pomocí změn parametrů modelu lze ověřit jeho varianty. Simulaci lze využít ve fázi plánování i realizace. [8]

Při vytváření simulačního modelu systému používáme parametry časové i rozměrové. Pokud vytváříme model existujícího systému, může jít o parametry zjištěné měřením, nebo parametry předpokládané. Ve všech případech je zapotřebí vědět, do jaké míry nepřesnost měření nebo předpoklad parametrů ovlivňuje chování modelu a přesnost získaných výsledků. [16]

Obrázek 5. zobrazuje fáze tvorby simulační studie a vazby mezi nimi



Obr. 5 Fáze tvorby simulační studie a vazeb mezi nimi (zdroj: [17])

Pro reálnou, nebo plánovanou soustavu je vytvořen simulační model. Funkce a logiku simulačního modelu je nutno ověřit, zda odpovídá chování reálné nebo plánované soustavy (verifikace a validace). Ověřený simulační model je dále využíván pro experimentování, kdy jsou vyhodnocovány varianty úprav logiky. Vyhodnocené výsledky ze simulačních experimentů musí být interpretovány a zhodnoceny možné důsledky na plánovanou soustavu. Zvolením akceptovatelné varianty přechází cyklus simulačního modelu do fáze implementace navržených změn do reálného systému.[4]

1.6.1 PŘÍNOSY SIMULACE

Simulace slouží pro technické vyhodnocení výkonnosti systému, stávajícího, nebo plánovaného v různých konfiguracích a po dlouhou dobu odpovídající reálnému času. Při aplikaci na plánovaný systém pomáhá snížit pravděpodobnost nenaplnění očekávaného stavu. Dále eliminuje neočekávané překážky, zabraňuje nepřesnému dimenzování prvků systému, minimalizuje vliv úzkých míst a optimalizuje výkon systému. [16]

1.6.2 SOFTWARE PLANT SIMULATION

Tecnomatix Plant Simulation je nástroj pro dynamickou simulaci diskretních událostí, který umožňuje vytvářet digitální modely výrobních a logistických systémů a následně zkoumat charakteristiky systémů a optimalizovat jejich výkonnost. [18]

SW Plant Simulation umožňuje vkládat do prostředí grafické objekty (schémata navrhovaného systému), které napomáhají umístování objektů. Detailní schémata mohou obsahovat i přesná umístění prvků, jako např. dopravníků, robotů apod. [4]

Podle [18] je tento software vhodný pro:

- vytváření digitálního modelu logického systému (výroby, logistiky apod.) velice blízkého reálnému chování
- simulaci různých variant řešení podle scénářů: co se stane, když....
- vyhodnocení pomocí analytických, statistických a grafických nástrojů
- vizualizaci a animaci návrhu a variantních řešení
- optimalizaci výkonu systému, eliminaci úzkých míst
- usnadnění a opodstatnění strategických rozhodnutí již ve fázi úvah o nové výrobě
- denní operativní plánování výroby s cílem maximálního využití zdrojů při změnách vstupů

Ověření správnosti a kontrola simulačního modelu se vždy odvíjí od stanovených systémových hranic. Je nutné na tyto hranice vždy poukázat a říct, do jaké míry mohou tato zavedená zjednodušení ovlivnit výsledky modelu. Vypovídající schopnost modelu je tak závislá na velkém počtu proměnných.[9]

1.6.3 VERIFIKACE A VALIDACE

Dle [4] definujeme pojmy validace a verifikace takto:

- **Verifikace** – považuje se za formální kontrolu správnosti simulačního modelu (např. kontrola vůči pojmovému modelu).
- **Validace** – kontrola požadované shody mezi simulačním modelem a originálem. Zajišťuje se tak, že simulační model odráží chování simulované soustavy se stanovenou přesností a bez chyb.

1.7 VÝROBNÍ POSTUP

Výrobní postup (jinak výrobní technologický postup) je plán výrobního procesu, který dává stručný nástin zpracování hmot či polotovaru na součást nebo na hotový výrobek. Výrobní postup je tedy organizovaný sled kvalitativních i kvantitativních změn, jimiž prochází pracovní předmět ve strojírenské výrobě při své přeměně v hotový výrobek během výrobního procesu. Výrobní postup zpracovává technolog-postupář, v technologickém oddělení, které je organizačně začleněno do útvaru technické přípravy výroby. Výrobní postupy musí být zpracovány stejně pečlivě jako výrobní výkresy, neboť by jinak docházelo k výrobě zmetků, nastalo by zpomalení, zhoršení a zdražení výroby. [1]

1.7.1 POŽADAVKY KLADENÉ NA VÝROBNÍ POSTUP

Hlavními požadavky kladenými na výrobní postup jsou [19]:

- úplnost: postup musí obsahovat všechny údaje potřebné pro výrobu.
- technická správnost: postup nesmí obsahovat chybné údaje, které by byly příčinou zmetků
- srozumitelnost: údaje uvedené v postupu musí být podány ve formě pochopitelné pro pracovníka dané kvalifikace
- jednoznačnost: údaje uvedené ve výrobním postupu musí být podány formou neumožňující dvojí výklad
- hospodárnost: zvolený postup musí zaručovat výrobu s nejnižšími možnými náklady a nejvyšší možnou produktivitou.

Rozdělení výrobních postupů podle propracovanosti [1]

- **jednoduchý** psaný výrobní postup formou průvodky je určen pro kusovou výrobu vyžaduje vysokou kvalifikaci dělníka,
- **podrobný** psaný výrobní postup formou průvodky je určen pro malosériovou výrobu, rozpracovaný do výrobních úseků pro výrobu je dostačující nižší kvalifikace dělníka,
- **obrázkový** výrobní postup návodka je určen pro sériovou a hromadnou výrobu, často doplňuje podrobně psaný výrobní postup, kvalifikace dělníka je nižší.

2 PRAKTICKÁ ČÁST

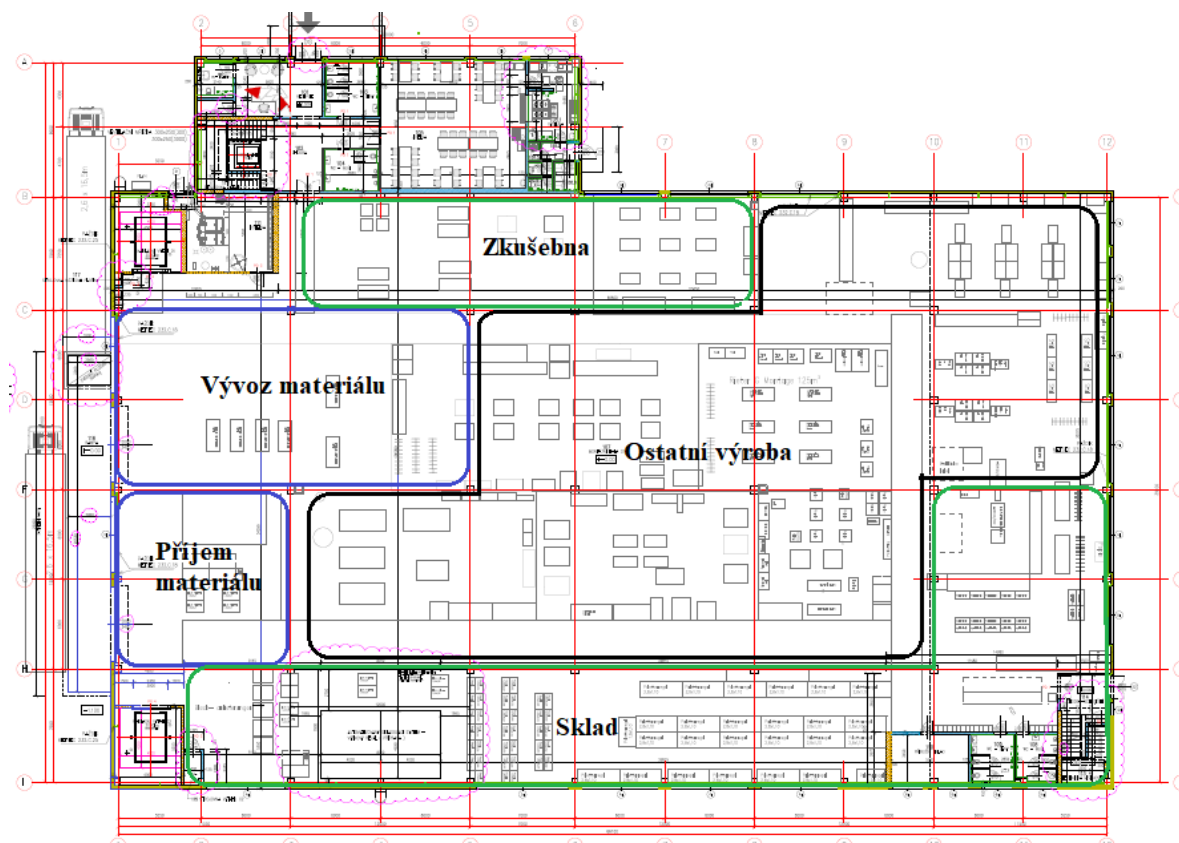
2.1 ANALÝZA SOUČASNÉHO VÝROBNÍHO SYSTÉMU

V této kapitole je vysvětlen výrobní proces v rámci řešené montážní větve. Je zde popis výrobní haly, materiálového toku mezi jednotlivými sekcemi i činnosti jednotlivých sekcí. Byl vytvořen model výroby v programu SW Plant simulation a provedena jeho validace. Také je řešeno úzké místo, problematika skladování a optimalizace materiálového toku.

2.1.1 ROZLOŽENÍ SEKCI V RÁMCI ZÁVODU

Výrobní budova řešené firmy se skládá ze tří nadzemních podlaží. Veškeré prostory jsou děleny na sekce, zabývající se jednotlivými činnostmi souvisejícími s cílovou výrobou. Na obr. 12-13 jsou půdorysy s dispozičním řešením jednotlivých podlaží. Sekce řešené v této práci jsou ohraničeny zelenou barvou, modrá označuje prostory s činnostmi, které přímo souvisí s oblastí zájmu, ale neovlivňují její výrobní proces, a černá vyznačuje ostatní výrobní větev.

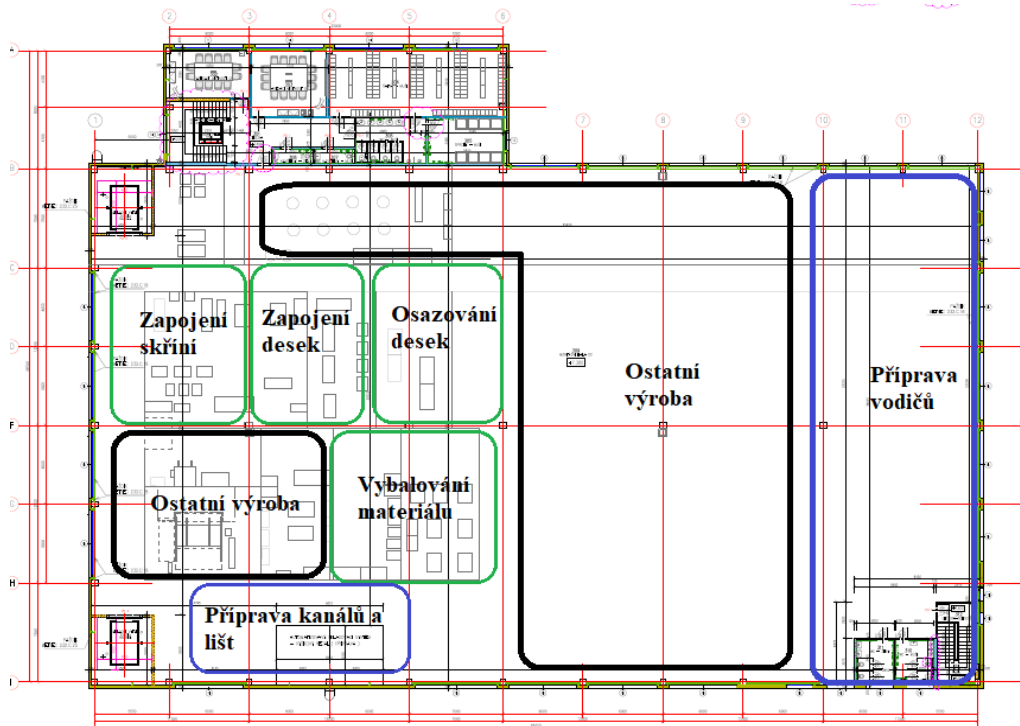
Na prvním podlaží výrobní budovy se nacházejí sekce příjmu materiálu a vývozu hotových výrobků, sklady, zkušebna a ostatní výroba.



Obr.6 První podlaží závodu (zdroj: vlastní)

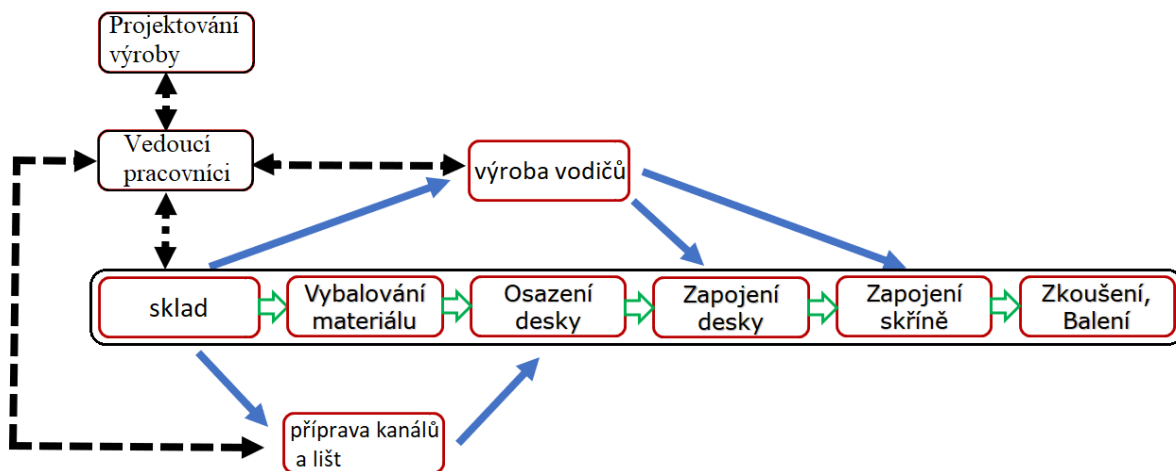
Druhé podlaží je pouze v malé části půdorysu budovy, neboť do větší části obestavěné plochy zasahuje svoji výškou hala v přízemí. Zde jsou kanceláře vedení společnosti, ekonomického a technického oddělení a zasedací místnosti.

Na třetím podlaží se nacházejí hlavní sekce výroby, kterou se zabývá tato bakalářská práce.



Obr.7 Třetí podlaží závodu (zdroj: vlastní)

Na obr. 14 je znázorněn směr materiálového a informačního toku. Černou barvou je označen informační tok. Vedoucí pracovníci po dohodě s projektanty výroby plánují a upravují výrobu ve svých sekcích, aby bylo dosaženo konceptu JIT. Zelené šipky označují procesy závislé, na předchozím pracovišti. Modře je vyznačen materiálový tok, který nepodléhá předchozí výrobě, materiál dodává vždy s dostatečným předstihem, a tudíž negativně neovlivňuje další výrobu, z tohoto důvodu není brán v potaz ani při simulaci výroby. Všechna pracoviště jsou zásobována spojovacím materiálem podle systému Kanban.



Obr.8 Materiálový a informační tok na třetím podlaží závodu (zdroj: vlastní)

2.1.2 POPIS PRACOVÍŠŤ

Sklad

Veškerý materiál od dodavatelů projde nejprve vstupní kontrolou. Výrobky nevykazující žádnou vadu poté putují do skladu. Materiál na každou zakázku je umístěn zvlášť na paletách. Zde je materiál umístěn do doby, než je s dostatečným předstihem dovezen do sekce vybalování materiálu pro dané odvětví výroby. Tento přesun na jiné patro budovy je umožněn díky nákladním výtahům. Celkový čas přesunu ze skladu do výrobní sekce trvá tři minuty a je plánován tak, aby následující sekce měla dostatek materiálu. Z tohoto důvodu není tento čas uvažován v simulaci.

Vybalování materiálu

Ze skladu do sekce Vybalování materiálu je posíláno průměrně 72 různých typů dílů (záleží na verzi výrobku). Tyto díly jsou uloženy v přepravkách, které jsou pro zvětšení převáženého množství uloženy na paletě. Materiál potřebný pro jeden výrobek se ukládá do 3 až 4 přepravek. Na tomto stanovišti se zkontroluje úplnost materiálu převzatého ze skladu, k jeho vybalení z přepravních obalů a provede se kompletace jednotlivých přístrojů tak, aby byly připraveny k montáži na dalších stanovištích. Na tuto činnost je normovaný čas pro jeden finální výrobek 4,8 hodiny. Zpravidla se však nezpracovává zakázka pouze na jeden kus výrobku. Zaměstnanec si z přepravek vybalí materiál se stejným artiklovým číslem, zkompletuje všechny kusy pro zakázku najednou a opatří je popisovacími štítky. Tento postup se provádí z důvodu časté výměny náradí nebo tisku různých popisků.



Obr.9 Pohled na sekci Vybalování materiálu s mobilními regály (zdroj: vlastní)

Po vybalení a označení je materiál ukládán do mobilního regálu a poté odvezen do sekce Osazování desek.

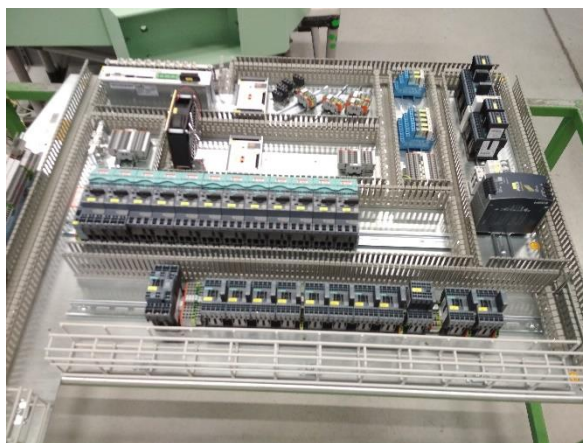
Osazování desek

Zde se plechová deska, ve které jsou již připraveny upevňovací otvory osadí přístroji, které byly připraveny na předchozím stanovišti.



Obr. 10 Neosazená deska na mobilním pracovním stole (zdroj: vlastní)

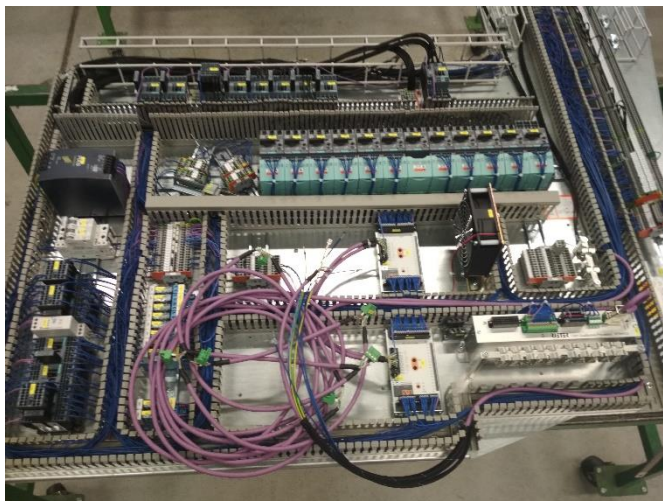
Nejprve je potřeba pomocí nýtových spojů připevnit na desku rozvaděčové kanály a přístrojové lišty, které se osadí právě těmito přístroji. Poté se k desce přišroubují další přístroje, které nelze osadit na přístrojovou lištu. Dále se zde provádí desítky drobných úkonů, kde každý trvá v řádech vteřin až minut a liší se podle jednotlivých verzí výrobku. Po sečtení všech úkonů se ale celkový čas pohybuje v řádech hodin. Na tomto stanovišti není potřeba složitá technika, většina prací je prováděna pomocí plochých a nástrčných klíčů, nebo šroubováků. Celý proces se provádí na mobilním stole určeném k této činnosti. Doba pro zkompletování jedné desky se liší podle verze výrobku, průměrný normovaný čas je stanoven na 2,6 hodiny.



Obr. 11 Osazená deska (zdroj: vlastní)

Zapojování desek

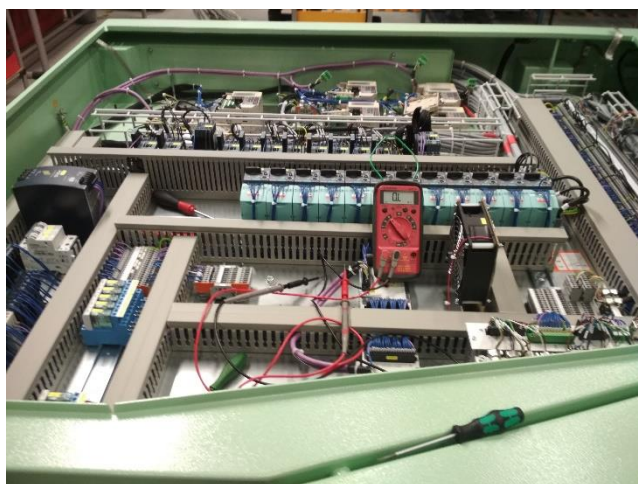
Na tomto pracovišti se provádí propojení jednotlivých přístrojů a svorkovnic dle zapojovacího plánu. Propojovací vodiče sem jsou dodávány z přípravných vodičů v kabelových svazcích, jednotlivé vodiče mají na obou svých koncích popisky do které svorky patří zapojit. Vodiče jsou uloženy do rozvaděčových kanálů. K této činnosti stačí pracovníkovi šroubovák a krimpovací kleště. K provedení všech činností na tomto stanovišti je vyhrazeno 5,6 hodin.



Obr. 12 zapojená deska (zdroj: vlastní)

Zapojení skříní

Zde pracovník osadí rozvaděčovou skříň přístroji, které nelze připevnit na desku (chladiče, frekvenční měniče, monitory) a poté do ní vsadí připravenou desku. Tyto přístroje propojí s deskou a svorkovnicemi opět připravenými vodiči a uzemňovacími páskami, označí místa uzemnění a zavíčkuje rozvaděčové kanály. Na tuto činnost je vyhrazen čas 6,1 hodin.



Obr. 13 Zapojená skříň s deskou (zdroj: vlastní)

Zkušebna

Zde pracovník nejdříve zkontroluje desku v horizontální poloze pomocí měřicího přístroje. Toto měření se provádí z důvodu kontroly správnosti zapojení vodičů, aby při zapojení pod napětí nedošlo ke zkratu a poškození přístrojů. Dále kontroluje veškeré mechanické komponenty, zda jsou dotaženy šroubové spoje, označeny zemnicí místa, svorkovnice zajištěny proti pohybu a správně popsány. Poté je rozvaděč pomocí jeřábu zvednut do vertikální polohy a umístěn na paletu, kde je zkoušen pod napětím. Umístění do vertikální pozice umožňuje kontrolu při stavu, v jakém bude přístroj používán a zároveň umožňuje umístění 2 rozvaděčů na jednu paletu, čímž je možno vyvážet větší množství vyrobených rozvaděčů při menší potřebě dopravních zařízení. Čas potřebný k této činnosti se může lišit z důvodu zjištění chyb na výrobku a jejich nutným opravám. Chyby zjištěné zde se skládají především ze špatného kontaktu vodiče, chybějící nálepky nebo nedotaženého šroubu a slouží především jako informace pro pracovníka, který ji způsobil, aby se daná chyba neopakovala. Normovaný čas na jeden výrobek je 4,6 hodin.



Obr. 14 hotový a odzkoušený rozvaděč (zdroj: vlastní)

Příprava vodičů

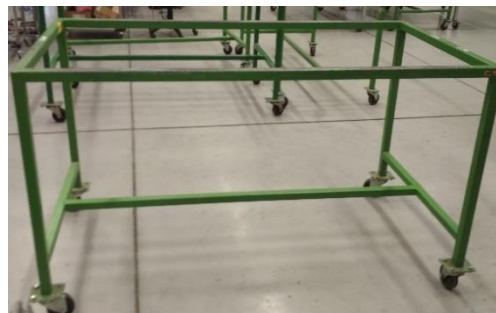
Po spuštění zakázky se zde připraví vodiče k dané zakázce. Vodiče a kabely se zde z cívek nastříhají na potřebnou délku a osadí koncovkami. Poté se pošlou do příslušné sekce výroby k zapojení. Toto pracoviště dodává vodiče do všech sekcí výroby. Tato sekce operuje nezávisle a nepodléhá materiálovému toku jiných sekcí. Vodiče a kabelové svazky jsou vyrobeny s takovým předstihem, aby zapojovací sekce měly vždy potřebný materiál. Jelikož toto stanoviště nijak neovlivňuje průběh výroby zkoumané sekce, není bráno v potaz v dalších částech této práce.

Příprava kanálů a lišt

Na tomto pracovišti se skladují a stříhají rozvaděčové kanály, do kterých se při zapojování ukládají vodiče a kabely. Stříhají se zde i přístrojové lišty. Počet a rozměry jsou určeny podle spuštěné zakázky. Tyto komponenty jsou dodávány v délce tří metrů od výrobce. Pracovník upraví dle dokumentace tento rozměr na požadovaný. Toto stanoviště vydává materiál s předstihem, tudíž nijak negativně neovlivňuje výrobu zkoumané sekce a proto není bráno v potaz v dalších částech této práce.

2.1.3 PŘEPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY

Velkou část přepravních prostředků jsou právě již zmiňované mobilní pracovní stoly. Jejich konstrukce se liší podle potřeby výroby daného stanoviště. Jsou sestaveny z kovových profilů a pojízdných kol s brzdou pro zajištění proti pohybu. Umožňují v případě potřeby přesunout na místo, kde je vykonávána pracovní činnost.



Obr. 15 mobilní stůl pro skříň (zdroj: vlastní) Obr. 16 mobilní stůl pro desku (zdroj: vlastní)

V průběhu výroby jsou pro přepravu palet s materiálem používány ruční paletové vozíky s nosností do 2000kg. V sekci „Sklad“ se používají elektrické paletové vozíky s nosností do 1000kg, a to z důvodu jejich vysokého zdvihu a snazšímu přístupu do vyšších regálů.

V sekci Zkušebna se používá mostový jeřáb ke zvednutí hotového rozvaděče a jeho uložení na paletu.



Obr. 17 mostový jeřáb (zdroj: [18])

2.2 ANALÝZA VSTUPNÍCH DAT

Podle normovaných hodin je určeno, že každé stanoviště má jiný čas potřebný pro zhotovení jednoho výrobku. Proto je nutné tento rozdíl kompenzovat různým počtem zaměstnanců v jednotlivých sekcích. Ani různým počtem pracovníků se nedosáhne přesného srovnání rychlosti výroby. Na základě výrobních časů lze odhadnout, kde vzniknou úzká místa, ale nezjistíme přesně vytiženost ostatních stanovišť. Také by bylo nutné při každé změně nebo experimentu provést přepočítání všech stanovišť ve výrobní větvi. Dále z pouhého výpočtu pouze časů měníme parametry výroby. Nelze zde uvést skladovací prostory mezi stanovišti, čas kdy je možné přijmout materiál a v jakém množství. Z tohoto důvodu je použit SW Plant Simulation.

Stanoviště	Stanovený čas na jeden výrobek[hodiny]	Počet pracovníků
Vybalování materiálu	4,8	2
Osazování desek	2,6	1
Zapojování desek	5,6	2
Zapojení skříně	6,1	3
Zkoušení + balení	4,6	2

Obr. 18 normované hodiny a počet pracovníků pro dané stanoviště (zdroj: vlastní)

Podle této tabulky s normovanými hodinami a počtem pracovníků na daném stanovišti, lze předpokládat, že úzké místo bude v sekci Zapojování desek. Také lze předpokládat, že způsob výroby v některých sekcích, především ve Vybalování materiálu, ovlivní celý výrobní systém. Normované časy nezahrnují čas pro případnou opravu po zjištění závady v sekci Zkoušebna.

Celkový čas potřebný pro dokončení všech operací na jednom stanovišti nelze pouze podělit počtem pracovníků na daném stanovišti, protože některé operace na sebe navazují. Nelze říci, že pokud do sekce Zapojování skříně přijde jeden kus, 3 pracovníci jsou schopni dokončit celou operaci za 2 hodiny a 2 minuty. Tento způsob lze uplatnit pouze v sekci Vybalování materiálu a Zkoušení + balení.

Vzorec pro výpočet doby výroby jednoho rozvaděče podle normovaného času

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \quad (1)$$

kde:

t [h] - normovaná doba výroby jednoho rozvaděče

t_1 [h] - normovaný čas pro vybalení materiálu

t_2 [h] - normovaný čas pro osazení desky

t_3 [h] - normovaný čas pro zapojení desky

t_4 [h] - normovaný čas pro zapojení skříně

t_5 [h] - normovaný čas pro zkoušení a balení rozvaděče

Do rovnice byly dosazeny hodnoty a vypočtena normovaná doba pro výrobu jednoho rozvaděče.

$$t = 4,8 + 2,6 + 5,6 + 6,1 + 4,6$$

$$t = 23,7 \text{ h}$$

Výroba jednoho rozvaděče od zahájení vybalování materiálu až po odzkoušení a odeslání je 23,7 hodin. Tento čas zahrnuje čistě pracovní činnosti a nepočítá se zde čas, kdy materiál čeká mezi jednotlivými sekcemi, než je přijat pracovníkem z následujícího stanoviště.

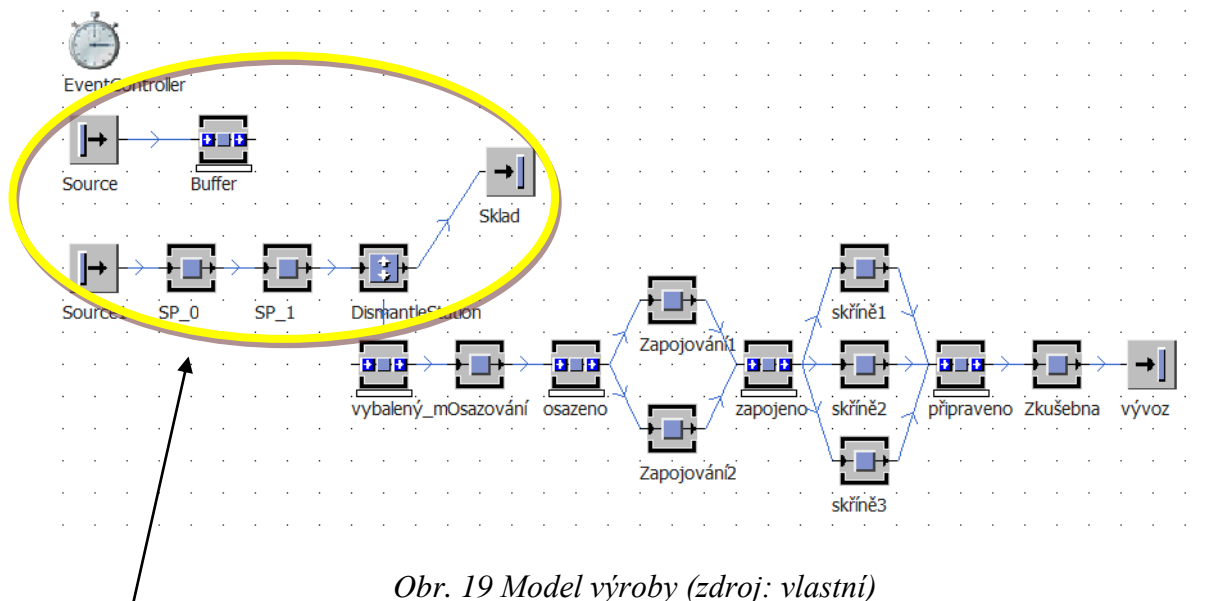
2.2.1 SKUTEČNÉ HODNOTY

Pracovník zahájení každé operace označí na terminálu na svojí osobní kartu. Započítává se odpracovaný čas na daném stanovišti k číslu zakázky. Díky tomuto systému je vidět, v jakých intervalech je ve skutečnosti práce vykonávána a který pracovník ji vykonal. Podle pracovních norem má každé stanoviště určený čas, za který by měl zaměstnanec daný úkol splnit. (viz kapitola popis stanovišť). Při zjištění závady na zkušební je přivolán pracovník, který závadu způsobil, aby ji odstranil. Tento čas se neoznačuje na terminálu a nezapočítává se do času odpracovaného na dané zakázce.

Převoz materiálu mezi jednotlivými stanovišti je v řádech vteřin, z tohoto důvodu není čas převozu brán v potaz při tvorbě simulace.

2.3 TVORBA MODELU

Do modelu byly kromě výrobních časů a počtů pracovníků přidány také mezisklady. Ty jsou omezeny prostorem a převážně počtem mobilních pracovních stolů. Lze také simulovat počet jednotlivých kusů v zakázce. Umožňuje nám také simulovat odlišné zpracování materiálu v sekci Vybalování materiálu. Podle předchozích uvedených hodnot a způsobu výroby byl vytvořen model v SW Plant simulation.

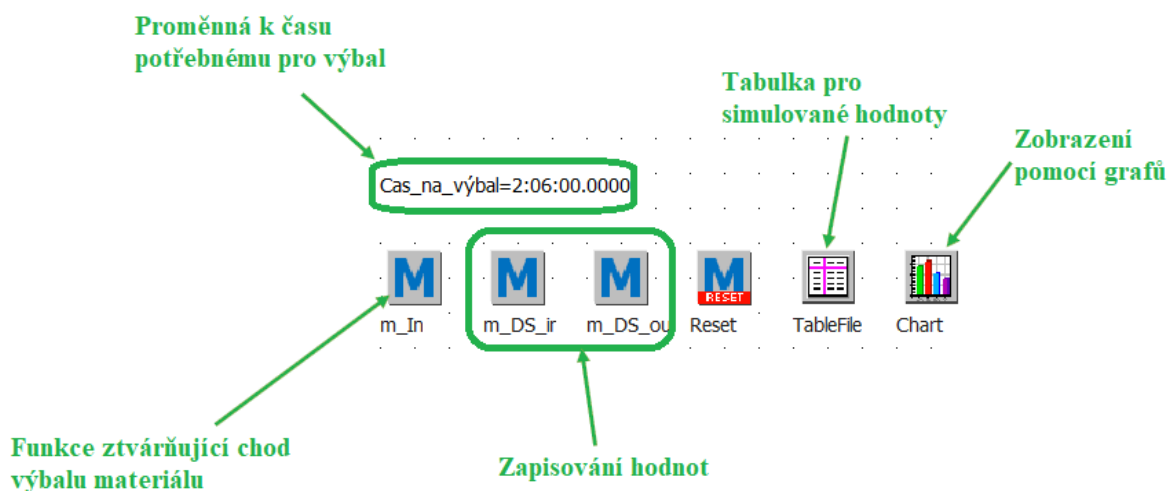


Obr. 19 Model výroby (zdroj: vlastní)

Vybalování materiálu

Toto uspořádání simuluje princip výroby sekce vybalování materiálu, kde je pomocí metody `m_In` generována paleta (zakázka) s náhodným počtem kusů v rozmezí 1 až 10 (počet kusů, který může být v jedné zakázce). Následně zpracování a odeslání na další stanoviště je závislé právě na počtu kusů na paletě (v zakázce).

Osazování zpracuje každý kus jednotlivě v normovaném čase a pošle do meziskladu, kde je převzat jedním ze dvou pracovníků v sekci **Zapojování**. Po dokončení této činnosti je poslán dále, kde je uskladněn do doby převzetí jedním ze tří pracovníků **Zapojování skříní**. Po dokončení této činnosti je kus odeslán do meziskladu, kde je poté odebrán **Zkušebnou** a zaslán zákazníkovi.



Obr. 20 Použité funkce pro řízení nebo zaznamenávání hodnot (zdroj: vlastní)

2.3.1 VALIDACE A VERIFIKACE

Podle vzorce (1) bylo spočítáno, že čas potřebný pro výrobu jednoho rozvaděče činí 23,7 hodin. Výsledek je pro lepší přehlednost převeden.

Tab.1 Převod formátu času (zdroj: vlastní)

Využití	Obecný popis	Hodnota
Výsledek	h	23,7
Běžný	hh:mm:ss	23:42:00
SW Plant Simulation	d:hh:mm:ss.sss	0:23:42:00:000

V simulačním modelu, jsou nyní generovány zakázky pouze s jedním kusem. Zjištěný čas výroby je uvedený v tab. 2.

Tab. 2 Výsledky pro validaci ze simulačního modelu (zdroj: vlastní)

	time 1
1	23:42:00.0000
2	1:04:30:00.0000
3	1:09:18:00.0000
4	1:14:06:00.0000
5	1:18:54:00.0000

Tab. 2 znázorňuje na prvním řádku čas dokončení jednoho rozvaděče, následující řádky ukazují čas dokončení další zakázky. Rozdíl mezi časem dokončení jednotlivých zakázek je určen taktem prvního stanoviště.

Porovnání výpočtů a výsledku pro validaci simulačního modelu pro čas výroby jednoho rozvaděč je zobrazeno v tab. 3.

Tab. 3 Porovnání výsledků pro validaci výpočtu a simulačního modelu (zdroj: vlastní)

Výsledek [-]	Hodnota [hh:mm:ss.ssss]
Simulace	23:42:00.0000
Výpočet	23:42:00.0000
Rozdíl	00:00:00.0000

Průměrný výrobní čas jednoho rozvaděče není z důvodu procesu výroby vždy stejný a závisí na počtu kusů v zakázce. Z tohoto důvodu nelze vypočítaný čas vždy vynásobit počtem požadovaných výrobků. Z tohoto důvodu je provedena validace i pro zakázku se třemi kusy.

Vzorec pro výpočet průměrného času výroby rozvaděče v jedné zakázce se třemi rozvaděči

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{n} \quad (2)$$

Kde:

t[h] - průměrný čas na výrobu jednoho rozvaděče

t₁[h] - čas výroby prvního rozvaděče

t₂[h] - čas výroby druhého rozvaděče

t₃[h] - čas výroby třetího rozvaděče

n[-] - počet kusů v zakázce

kde:

$$t_1 = n * s_1 + n_1 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5 \quad (3)$$

$$t_2 = n * s_1 + n_2 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5 \quad (4)$$

$$t_3 = n * s_1 + n_3 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5 \quad (5)$$

kde:

s₁ [h] - normovaný čas pro vybalení materiálu

s₂ [h] - normovaný čas pro osazení desky

s₃ [h] - normovaný čas pro zapojení desky

s₄ [h] - normovaný čas pro zapojení skříně

s₅ [h] - normovaný čas pro zkoušení a balení rozvaděče

n₁ ; n₂ ; n₃ - pořadí odebrání výrobku

Dosažením rovnic (3), (4) a (5) do rovnice (2) byla vytvořena rovnice (5)

$$t = \frac{(n * s_1 + n_1 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5) + (n * s_1 + n_2 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5) + (n * s_1 + n_3 * s_2 + s_3 + s_4 + s_5)}{n}$$

Do rovnice (5) byly dosazeny normované hodiny a pořadí výrobků

$$t = \frac{(3 * 2,4 + 2,6 + 5,6 + 6,1 + 2,3) + (3 * 2,4 + 2 * 2,6 + 5,6 + 6,1 + 2,3) + (3 * 2,4 + 3 * 2,6 + 5,6 + 6,1 + 2,3)}{3}$$

t=26,4h

Průměrný čas potřebný k výrobě tří rozvaděčů v jedné zakázce se liší o 2,7h oproti zakázkám s 1 rozvaděčem.

Tab.4 Převod formátu času (zdroj: vlastní)

Využití	Obecný popis	Hodnota
Výsledek	h	26,4
Běžný	hh:mm:ss	26:24:00
SW Plant Simulation	d:hh:mm:ss.ssss	1:02:24:00:000

V simulačním modelu, je nyní generována zakázka se třemi kusy. Zjištěný průměrný čas výroby je uveden na obr. 30.

Tab. 5 průměrný výsledný čas pro jeden rozvaděč (zdroj: vlastní)

Průměrný čas	1:02:32:00.00
Počet vytvořených kusů	3

Prvek Drain ukazuje průměrný čas výrobku strávený na dílně.

Porovnání výpočtů a výsledku pro validaci simulačního modelu pro čas výroby tří rozvaděčů je zobrazeno v tab. 5.

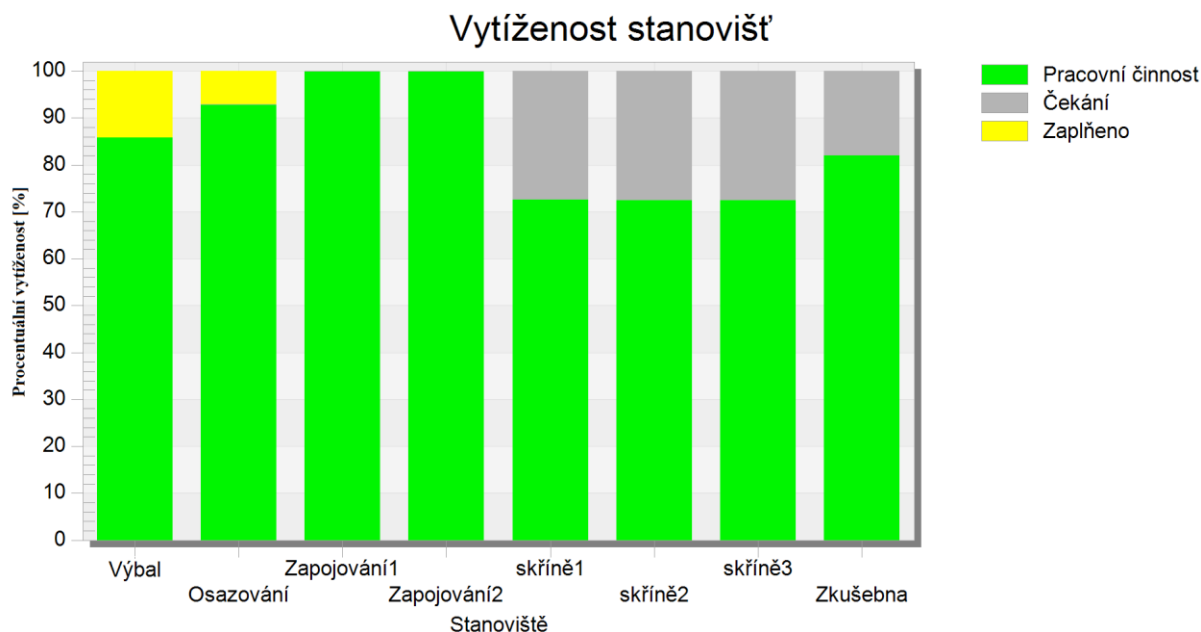
Tab. 6 Porovnání výsledků pro validaci výpočtu a simulačního modelu (zdroj: vlastní)

Výsledek [-]	Hodnota [hh:mm:ss.sss]
Simulace	1:02:32:00.000
Výpočet	1:02:24:00.000
Rozdíl	0:00:08:00.000

Při použití statistického výpočtu k validaci simulace nebyl brán v potaz předpoklad zaplnění sekce Zapojování desek. Sekce Zapojování desek převezme poslední rozvaděč z předchozí sekce až v době, kdy daný kus musel být uskladněn po dobu 0,4 hodiny (24 minut). Při použití tohoto předpokladu a po vydělení počtem vyrobených kusů v zakázce, je tato hodnota 8 minut. Tato validace potvrdila správnost modelu.

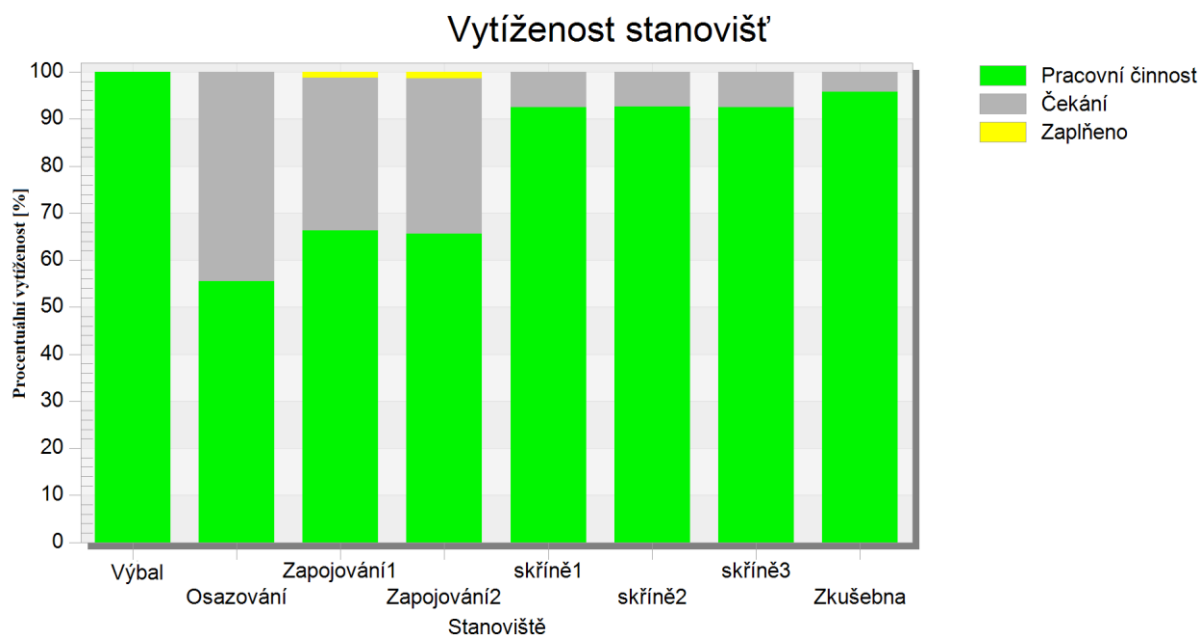
2.4 PŘESUN PRACOVNÍKŮ MEZI STANOVIŠTI

Následující graf zobrazuje vytíženost pracovníků na stanovištích podle projektovaného rozdělení a normovaných hodin. Podle grafu jsou stanoviště Zapojování skříní vytížené zhruba ze 70%. Během tohoto čekání mají za úkol vypomoci předchozím stanovištím vytvořit dostatek materiálu, aby se mohli vrátit na svoje stanoviště. V sekci vybalování materiálu, ale z důvodu omezeného pracovního prostoru a pracovních nástrojů potřebných k výrobě nelze proces urychlit. Pracovníci jsou tedy nuceni vypomoci jen v sekci Osazování desek a Zapojování desek.



Obr. 21 Vytíženost stanovišť (zdroj: vlastní)

Následující graf zobrazuje simulaci vytíženosti, pokud se pracovníci budou přesunovat ze sekce Zapojování skříní na ostatní stanoviště. Vypomáhají na těchto stanovištích, dokud není vytvořeno dostatek materiálu, aby bylo možno vrátit se na své stanoviště. Podle simulace, je tohoto účinku docíleno, ale způsobuje, že po odchodu těchto pracovníků je sekce Osazování desek nucena čekat na dodání materiálu předchozím stanovištěm, které se stalo novým úzkým místem.



Obr. 22 vytíženost po přesunu pracovníků (zdroj: vlastní)

V analýze vstupních dat bylo řečeno, že nelze vždy dělit normovaný čas dané sekce počtem zaměstnanců pracujících v dané sekci. Z tohoto důvodu hodnoty použité pro graf na Obr. 31 nejsou přímo úměrné počtu zaměstnanců na stanovišti. Rychlost výroby na stanovištích Osazování a Zapojování desek byla zvýšena pomocí odečtu času činností, které lze provádět nezávisle od normovaného času na celou činnost.

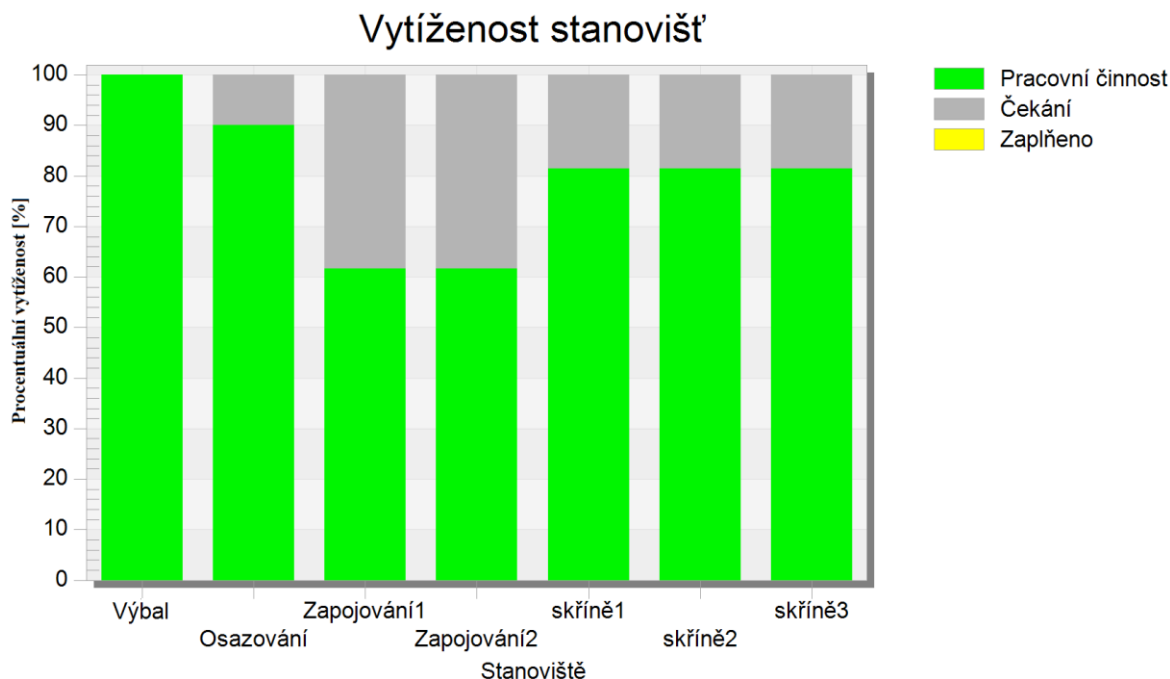
2.4.1 SKUTEČNÉ HODNOTY

Předchozí hodnoty a simulace založené na nich jsou platné jen za předpokladu plného projektovaného počtu pracovníků. Také počítá s tím, že jsou vždy plněny normohodiny a nedochází k závažným chybám nebo jinému zdržení, které je větší, než tolerance ve stanoveném čase. Například, pokud není spuštěna nová zakázka, musí se pracovníci z pracoviště, na kterém není materiál ke zpracování přesunout na jiné stanoviště nebo jsou odvoláni do jiné části výroby závodu, kde může být jejich pracovní síla využita.

Následující tabulka ukazuje skutečné hodnoty výroby, které byly zaznamenány od ledna do února roku 2019. Z technických důvodů výroby v tomto období není bráno v potaz stanoviště Zkušebna. Za účelem zjednodušení a vysokého počtu získaných dat je použit modus naměřených hodnot. Následující tabulka ukazuje některé naměřené hodnoty dosažené ve sledovaném období, na jejichž základě byla vytvořena simulace.

Tab. 7 Naměřené hodnoty na jednotlivých stanovištích (zdroj: vlastní)

Činnost	Zakázka 20024709 [11 kusů]		Zakázka 20023745 [9 kusů]		Zakázka 20023746 [7 kusů]		Zakázka 20023486 [9 kusů]		Zakázka 20024288 [4 kusy]	
	Stanovený čas[hodiny]	Skutečný čas[hodiny]	Stanovený čas [hodiny]	Skutečný čas [hodiny]	Stanovený čas[hodiny]	Skutečný čas [hodiny]	Stanovený čas[hodiny]	Skutečný čas [hodiny]	Stanovený čas[hodiny]	Skutečný čas [hodiny]
Vybalování materiálu	49,8	46,4	40,8	61,7	31,8	41,5	40,8	73,5	18,3	17,3
Osazování desek	27,6	27,1	22,6	25,9	17,6	16,9	22,6	29,8	10,1	9,8
Zapojování desek	60,6	45,1	49,6	20,1	38,6	23,9	49,6	39,5	22,1	21,4
Zapojování skříní	66,1	72,0	54,1	53,4	42,1	53,3	54,1	75,7	24,1	33,3



Obr. 23 Simulace s hodnotami z tab. 6. (zdroj: vlastní)

Na Obr. 32 je vidět, že pracoviště „Vybalování materiálu“ je natolik vytíženo, že nestačí vydávat materiál dalším sekcím. Naopak díky plnění norem na 140 % na stanovištích Zapojování desek je vytíženost tohoto stanoviště pouze 60 %. Nárůst mezi skutečným a normovaným časem na vybalení materiálu je o mnoho větší než nárůst mezi těmito hodnotami na ostatních stanovištích. Následující stanoviště tudíž nemají materiál, se kterým mohou pracovat a pracovníci jsou nuceni přesunout se na jiné stanoviště. S tímto předpokladem se počítá i v prvním modelu. Ovšem výpomoc na stanovišti Vybalování materiálu je značně omezen pracovním prostorem a operacemi, se kterými lze pomoci urychlit výrobu.

3 NÁVRHY ŘEŠENÍ

V této práci je navrženo řešení třemi různými způsoby. Jeden pomocí změny počtu pracovníků v sekcích. Druhé řešení, kde je upraven výrobní systém tak, aby bylo možné lépe využít pracovní sílu. Třetí návrh je pomocí pracovního postupu.

Z pohledu logistiky se ve výrobní sekci nevyskytuje žádný čas potřebný na přesun materiálu, který by mohl být upraven. Také je z dlouhodobého hlediska složité předpovídat množství zakázek a podle toho i počet potřebných pracovníků a jejich schopnosti potřebné ke splnění norem. Z tohoto důvodu se vychází pouze z normovaných hodin potřebných k výrobě.

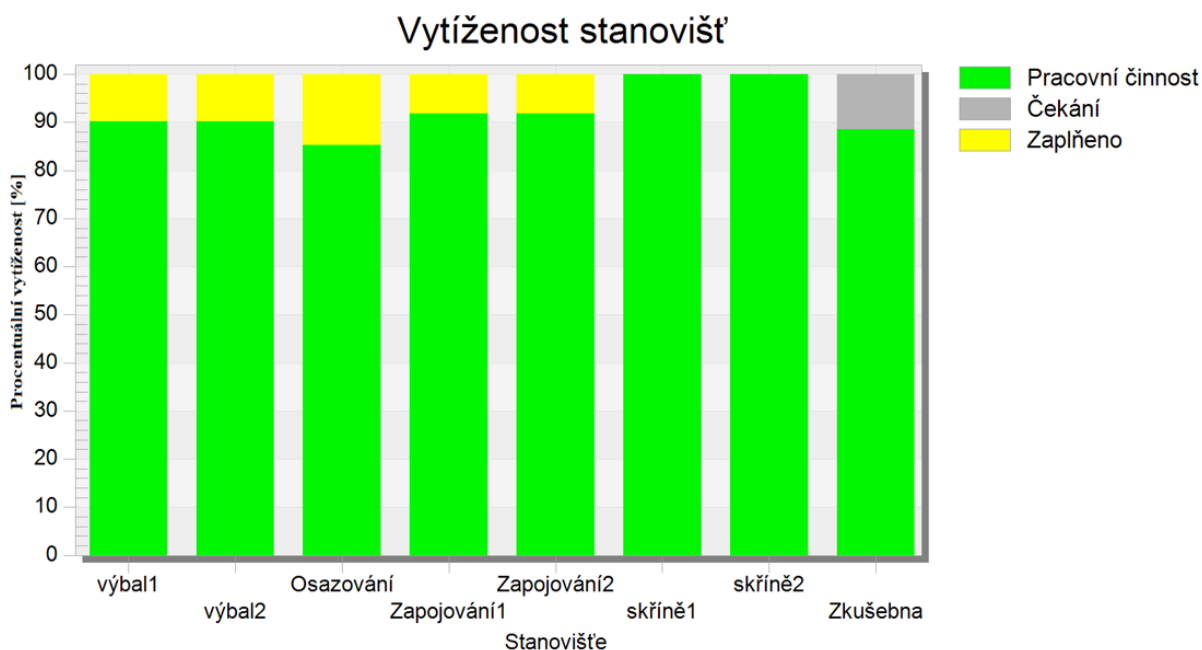
3.1 ZMĚNA POČTU PRACOVNÍKŮ

Podle simulace a výsledků na Obr. 31 jsme určili, že úzké místo je v sekci Vybalování materiálu. Při změně počtu pracovníků a přidání jednoho zaměstnance do této sekce jí odlehčíme, ale změna rychlosti výroby bude natolik významná, že následující sekce nebudou moci odebrat materiál dostatečně rychle a vzniká potřeba dalších zaměstnanců na těchto pracovištích. Z důvodu velkého počtu stanovišť a rozdílných časů potřebných ke zpracování je vzhledem k omezenému prostoru nemožné dosáhnout vysoké vytíženosti na všech stanovištích.

V případě tohoto řešení je nutnost nejen zvýšit celkový počet zaměstnanců, ale i zvětšení pracovního prostoru celé výrobní budovy, popřípadě stavba nové výrobní haly.

3.2 ÚPRAVA VÝROBNÍHO PROCESU

Pracoviště Vybalování materiálu je popsáno v kapitole 2.1.2 Vybalování materiálu, kde je řečeno, že pracovník z důvodu snížení pracovního času zpracovává celou zakázku najednou. Pokud zvýšíme normovaný čas o hodnotu potřebnou pro zpracování každého kusu samostatně, je vytvořen plynulejší materiálový tok. Tato změna by sice znamenala zvýšení výrobního času na tomto stanovišti, ale následující stanoviště nejsou nuceni čekat vždy na dokončení celé zakázky. Také snižuje potřebu skladovacích prostorů. Tato plynulá výroba umožňuje odebrat jednoho pracovníka ze stanoviště Zapojování desek. Po vložení těchto parametrů do simulace vznikl následující graf.



Obr. 24 upravená výroba po zadání nových hodnot a odebrání jednoho pracovníka ze sekce Zapojování skříní (zdroj: vlastní)

Každý sloupec vyjadřuje vytíženost jednoho zaměstnance

- Výbal1; Výbal2 - vytíženost dvou pracovníků po zadání normy 5,3 hodin
- Osazování - vytíženost jednoho pracovníka po zanechání současné normy
- Zapojování1; Zapojování2 - vytíženost dvou pracovníků po zanechání současné normy
- Skříně1; Skříně 2 - vytíženost dvou pracovníků po zanechání současné normy
- Zkušebna - vytíženost pracovníků po zanechání současné normy

Vytíženost stanovišť se nyní pohybuje v rozmezí kolem 90%. Tato hodnota je větší, než rozmezí 60-100% v dřívějších simulacích. Také je to stálejší hodnota, díky které není taková potřeba přesunu pracovníků mezi stanovišti a jejich znalosti všech pracovních úkonů ve výrobní větvi.

3.3 PRACOVNÍ POSTUP

Druhý návrh je z pohledu činnosti samotné. V současné výrobě je potřeba, aby každý pracovník znal pracovní činnosti na všech stanovištích. Každé stanoviště se skládá z mnohých jednotlivých prací, které trvají jen pár vteřin, ale celkový čas je v řádech hodin. Novému pracovníkovi může trvat naučit se veškeré činnosti tak, aby byl sám schopen plnit normu i týdně. Pokud bychom požadovali plně ovládat všechna stanoviště, potřebný čas na zaučení by se pohyboval v řádech měsíců.

Další nedostatek je nepravidelnost výroby a s tím související velká fluktuace zaměstnanců. Někteří zaměstnanci jsou nabráni pouze na dočasnou dobu a jejich zaučení a nutnost kontroly snižuje celkovou účinnost výroby.

Z tohoto důvodu doporučuji pracovní obrazové návodky, podle kterých je nový pracovník schopen samostatné práce. Tyto postupy jsou dělány tak, aby i zaměstnanec, který v podobném oboru nikdy nepracoval byl schopný samostatnosti při výrobě. Díky názorným fotografiím v tomto pracovním postupu je snížena i jazyková bariéra některých zaměstnanců.

Vypracovaná obrazová návodka je přiložena v této práci.

ZÁVĚR

V teoretické části byla zaměřena pozornost na objasnění pojmu logistický řetězec a výrobní proces. Byl zde definován materiálový a informační tok. Dále byl popsán systém Kanban a JIT. Následně byly rozebrány možnosti využití počítačových simulací a způsoby ověření její správné funkčnosti.

Praktická část byla zaměřena na analýzu současného výrobního systému. Nejprve bylo popsáno schéma závodu, pro lokalizaci řešené montážní větve. Dále byly popsány jednotlivé sekce, jejich návaznost a zařazení ve výrobním systému řešené montážní větve.

Pro splnění hlavního cíle práce, jímž byla modifikace materiálového toku výrobní oblasti, byla nejprve nutná analýza výrobního systému. Ta byla provedena jak na úrovni materiálového toku mezi jednotlivými stanovišti, tak i na úrovni pracovního procesu v jednotlivých stanovištích. Byl vytvořen simulační model výrobního řetězce v simulačním programu Plant Simulation, který byl úspěšně verifikován a validován. Byla provedena simulace na základě normovaného času potřebného k provedení každé činnosti a skutečného času, naměřeného v určitém období. Na základě zjištěných hodnot, byly navrženy optimalizace za účelem zvýšení produkce a jejich zhodnocení.

Jeden z návrhů na zvýšení produkce byla i změna počtu zaměstnanců na určitých stanovištích. Tato optimalizace by ale vyžadovala vysoké náklady k realizaci, proto není doporučována vzhledem k současnému stavu výroby.

Při analýze současného výrobního systému, byl zjištěn velký nedostatek v kvalifikaci pracovníků vzhledem k odbornosti prováděné činnosti. Tento nedostatek byl vyřešen vypracováním obrazové návodky.

Byl navržen systém, jehož realizace nevyžaduje rozsáhlé změny od současného výrobního systému. Umožňuje rovnoměrnou vytiženost všech stanovišť a snižuje čekání málo vytižených stanovišť na materiál. Toto řešení bylo doporučeno spolu ve spojení s obrazovými návodkami za účelem zvýšení produkce.

Pomocí simulace by bylo možné řešit i výrobní systém ostatních větví, za účelem zvýšení produkce celé firmy. Bylo by také možné lépe korigovat počet zaměstnanců a plánování výroby.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VÝROBNÍ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY. Eluc [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobni_tecnologicke_postupy.pdf
- [2] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005, 315s. : il. ; 24 cm. ISBN 80-251-0573-3.
- [3] MIKUŠ, M. *Ověření logistického konceptu řízení zásob*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Sedláček.
- [4] SEDLÁČEK, Martin. *Projektování logistických řetězců pomocí počítačové simulace*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 64 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán CSc.
- [5] LIBOR, Kavka. *Systémová analýza logistických procesů [online]*. Vysoká škola logistiky v Přerově, katedra logistiky a technických disciplín [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://vslg.cz/wp-content/uploads/2018/06/8-kavka.pdf>. Vysoká škola logistiky Přerov.
- [6] ARNOLD, Dieter a Kai FURMANS. *Materialfluss in Logistiksystemen*. 6., erweiterte Aufl. Heidelberg: Springer, 2009. ISBN 978-3-642-01404-8.
- [7] SVITÁLEK, Petr. *Řízení materiálového toku*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení. Vedoucí práce Zdeněk Čujan
- [8] HLOSKA, J. *Optimalizace materiálového toku v hromadné výrobě simulačními metodami*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 144 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc..
- [9] VARJAN, Matúš. *Simulační verifikace komplexního technologického projektu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 187 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Pavel Rumišek, CSc.
- [10] HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT. *Řízení zásob: Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přepr. vyd. Praha: Profess Consulting, 1998, 236 s. ISBN 80-85235-55-2.
- [11] JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ. *Logistika pro ekonomy – vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.
- [12] Příklad Kanbanové karty. *Manufactus [online]*. 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.kanban-system.com/cs/kanbanovy-system-a-kontrola-tahem/>
- [13] SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009, 238 s. : grafy, tab. ISBN 978-80-251-2563-2
- [14] Analysis of team hand-offs using a Sankey diagram [online]. Route de Compois Switzerland, 2014 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.3cs.ch/using-sankey-diagrams-kanban/>

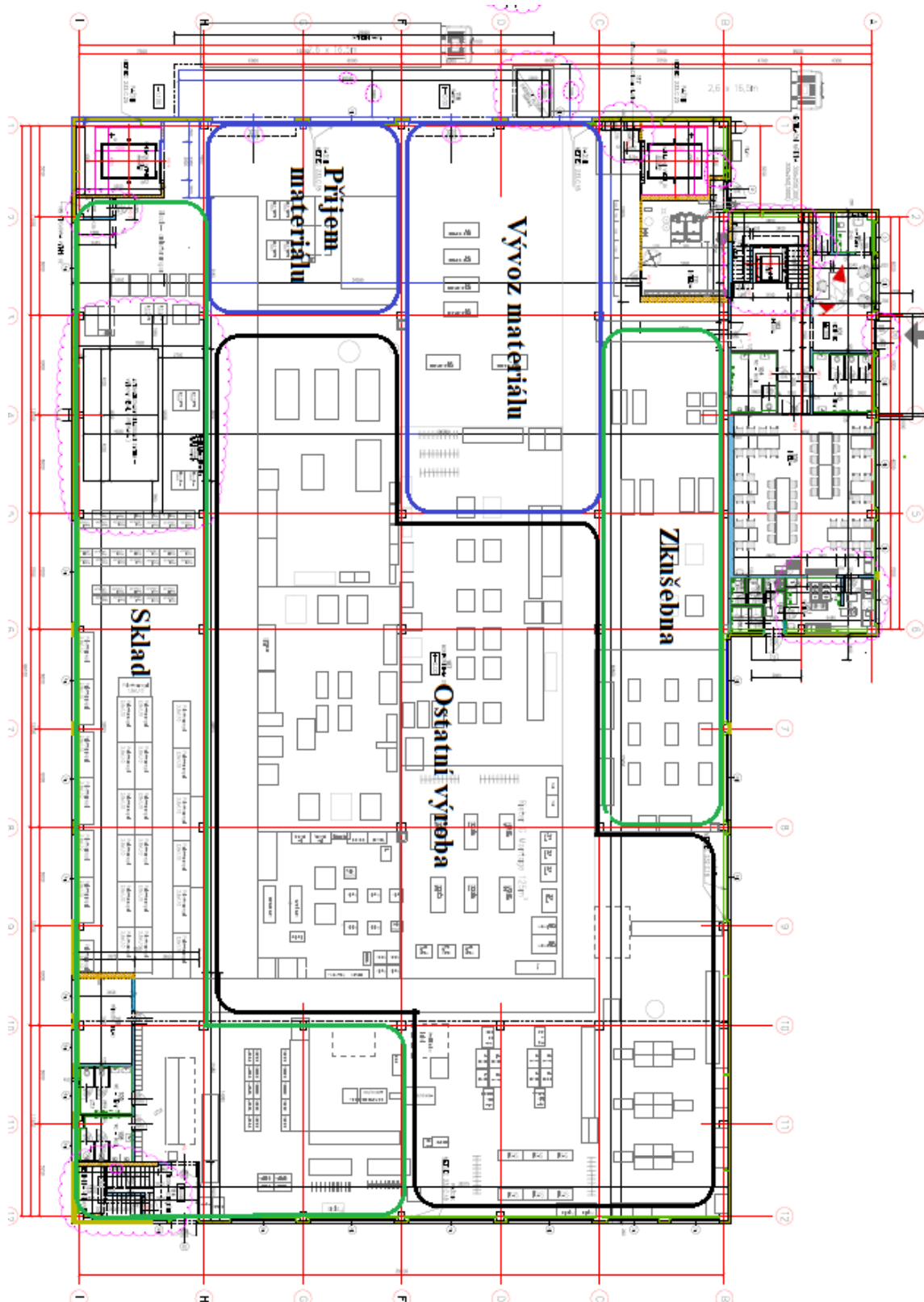
- [15] ŠTOČEK, Jiří. *Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě*. Brno: Vysoké učení technické. ISBN 80-214-2885-6. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky, 2004. 114 s. Vedoucí práce doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc
- [16] *Use cases of discrete event simulation: appliance and research*. New York: Springer, 2012. ISBN 978-3-642-28776-3.
- [17] BABÁČEK, P. *Ověření logistických konceptů pomocí počítačové simulace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 72 s. Vedoucí diplomové práce. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [18] *Axiom Tech SOFTWARE PLANT SIMULATION*. [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25357-texnomatix-plant-simulation>
- [19] *Výrobní postupy* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/Vyrobní_postupy.htm
- [20] *Podvěsný mostový jeřáb*. *Hofí engineering* [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://hofi-enge.cz/ru/produkty/dopravni-a-manipulacni-technika/podvesny-mostovy-jeřab/>
- [15] KORTSCHAK, Bernd H. *Úvod do logistiky: (Co je logistika?)*. 2. čes. vyd. Praha: BAB-TEXT, 1994. Univerzitní edice. ISBN 80-85816-06-7.
- [18] *Use cases of discrete event simulation: appliance and research*. New York: Springer, 2012. ISBN 978-3-642-28776-3.

SEZNAM PŘÍLOH

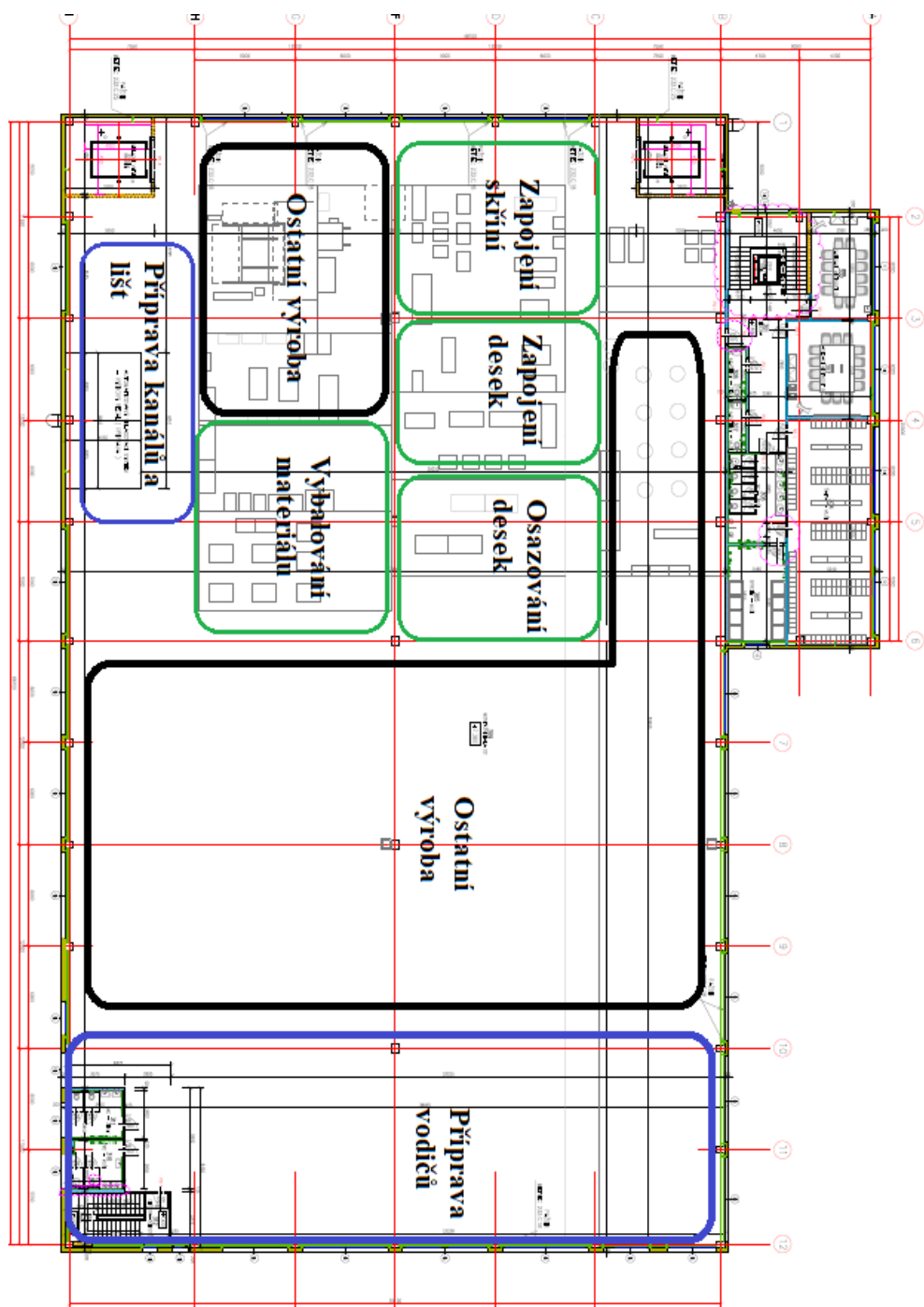
Příloha 1: <i>Obr.6 První podlaží závodu (zdroj: vlastní)</i>	I
Příloha 2: <i>Obr.7 Třetí podlaží závodu (zdroj: vlastní)</i>	II
Příloha 3: <i>Obrazová návodka výroby E86 Semi</i>	III

4 PŘÍLOHY

4.1 PŘÍLOHA 1: PRVNÍ PODLAŽÍ ZÁVODU (ZDROJ: VLASTNÍ)



4.2 PŘÍLOHA 2: OBR.7 TŘETÍ PODLAŽÍ ZÁVODU (ZDROJ: VLASTNÍ)



4.3 PŘÍLOHA 3: OBRAZOVÁ NÁVODKA VÝROBY E86 SEMI

SEMI

Příprava 2 sáčků

1. sáček

	1ks	Klíč
U00000011	2ks	Záslepka soudková
	1ks	Samolepka WAGO
	1ks	Plastový šroubovák
U00000153	1ks	Příchytka kabelů
	1ks	Samolepka přístrojů



2. sáček

10480292	1ks	Příchytka kabelů
	1ks	Žlutý kroužek
10031689	1ks	Červené tlačítko
10031685	1ks	Černé tlačítko
10031686	1ks	Zelené tlačítko
10107891	1ks	STOP tlačítko



Přiložit ke skříní

10699680	1ks	Vypínač+ šroubky
U10235878	1ks	Krytka na vypínač
XXXXXXXXXX	1ks	Kontakt (S11)
10031763	1ks	Kontakt (S1)
10031762	2ks	Kontakt (S4,S7) -označit fixem viz velké foto

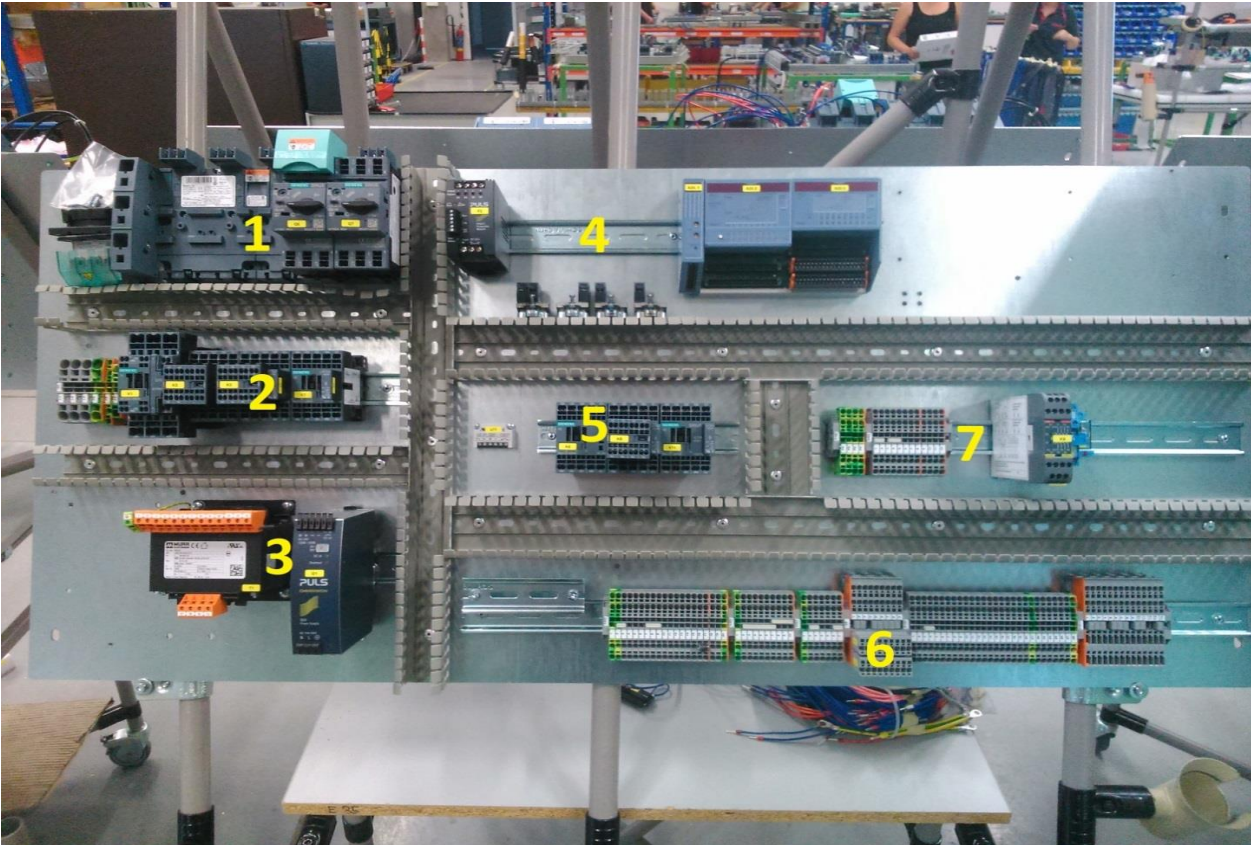


Materiál pro mechaniku skříně

10754924	ETIKETA Blesk, strana 50mm, AVERY 807	1ks
1816-4457	KABELOVA VYVODKA PA M16x1.5 RAL 7035	2ks
U18131308	KABELOVA VYVODKA SEDY M20x1 PA6.5x10	1ks
U10059147	KABELOVA VYVODKA PA M25x1.5x11 D9-16	1ks
U53111440	KABELOVA VYVODKA SEDY M32x1.5	1ks
1813-5851	UCPAVKA M16x1.5	4ks
1813-4934	MATICE PA6 M16x1.5 SW22	6ks
U00000350	MATICE SEDY M20x1.5 PA	1ks
1813-7449	MATICE PA 25x1.5 SW 30	1ks
U10114842	MATICE PA M32x1.5 SW 38	1ks
U18130798	TESNENI KDT/Z11	1ks
U18130796	UCPAVKA BKT 17	1ks
U18130948	VEDENI KABELU SLEPA ZATKA Ad17 BTK	1ks
XXXXXXXXXX	KAMEN KULISY PRUZINA M6	4ks



Osazení

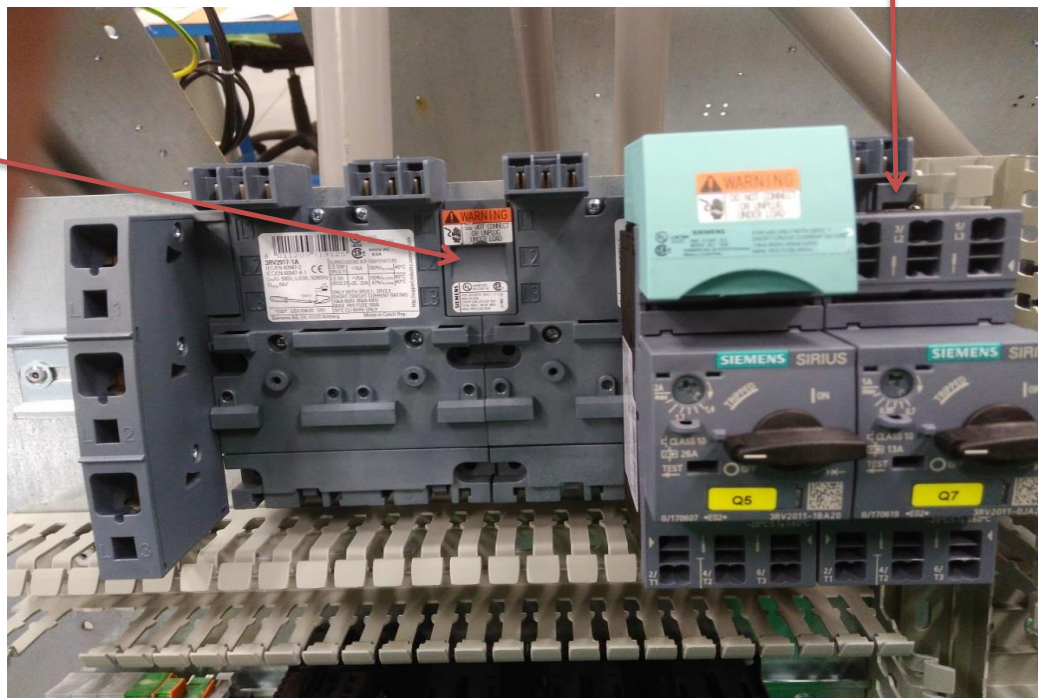


1)

Popisky zleva: Q5,Q7

šedá záslepka

propojky mezi jednotlivé desky



2)



Svorkovnice X0

zleva:

- 10426094 SVORKY 10mm² šedé-3ks
- 10425509 SVORKA zelenožlutá (10mm²)- 1ks
- 10426142 STENA DELICI 10mm² oranžová-1ks
- 1814-3465 SVORKA zelenožlutá(6mm²)-1ks
- 1814-3466 STENA DELICI 6mm² oranžová-1ks
- 10426074 SVORKA zelenožlutá(2,5mm²)-1ks
- 10426129 STENA DELICI 2,5mm²oranžová-1ks

pozn.

všechny zelené svorky mají oranžové čítko
šedé zarážky dát na začátek i konec svorkovnic
šedé zarážky nedávat těsně na kraj lišty (nechat pár milimetrů prostor)



Pravá strana: popis z leva-K1/K2/K3/K7



3)

Přítroje z leva: T1/G1



4x Podložka RIPP LOCK M5
4x Šroub s válcovou hlavou M5x10

4)



F3



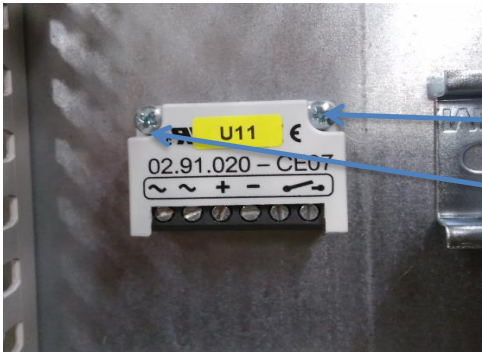
zleva: A20.1/A20.2/A20.3



5)

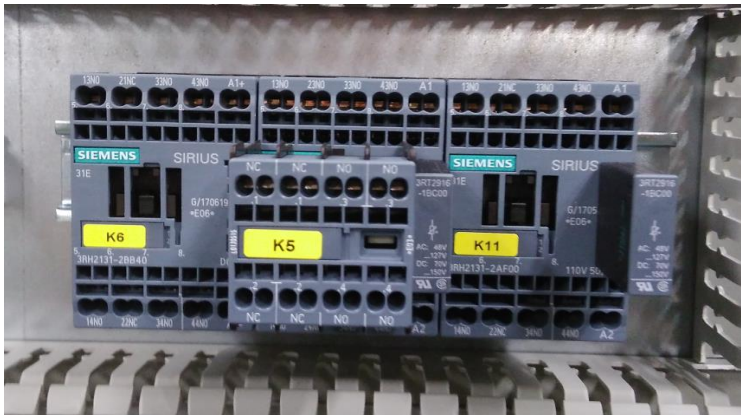


U11



2x šroub s válcovou hlavou_Zn M3x12

zleva: K6/K5/K11

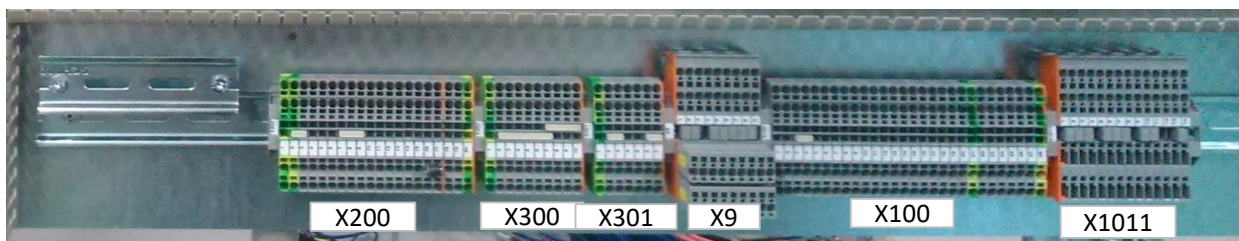


Z pravé strany popisky: na K5 je Z5
na K11 je Z11



6)

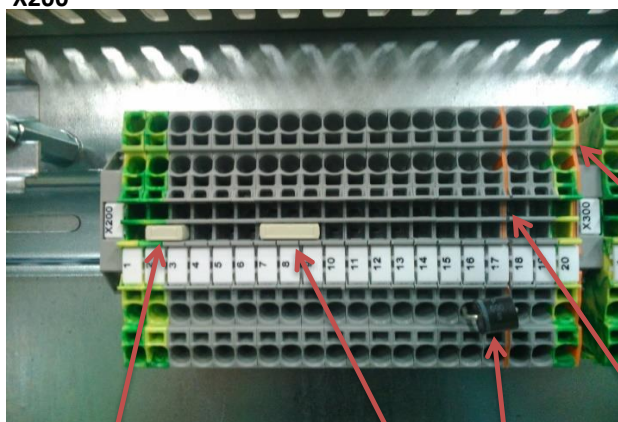
Zleva: X200/X300/X301/X9/X100/X1011



Svorkovnice psány černě

Doplňky psány červeně

X200



10426079 Propojka mezi 2 a 3

10361170 Dioda mezi 16 a 17

1814-2938 Propojka 3pólová 7-9

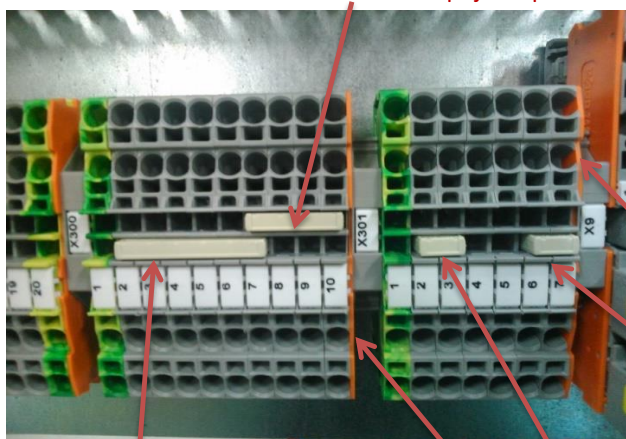
1x šedá zarážka X200
 2x 10426074 zelenožlutá svorka
 17x 10426110 šedá svorka
 1x 10426074 zelenožlutá svorka
 popisky 1 až 20

10426129 oranžová stěna dělicí za 20

10426129 oranžová stěna dělicí za 17

X300 a X301

1814-2937 Propojka 4 pólová 7-10



1815-0652 Propojka 5pólová mezi 2-7

10426079 Propojka mezi 2 a 3

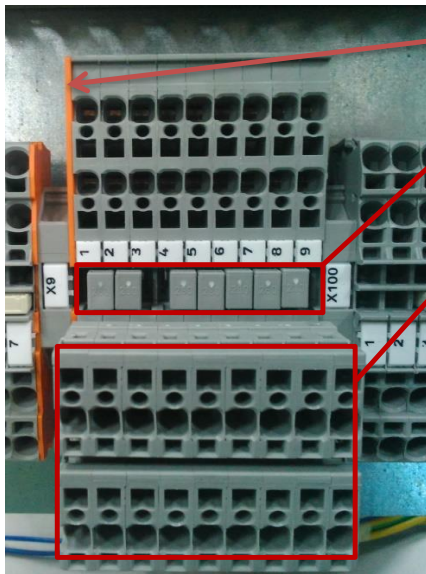
10426129 oranžová stěna dělicí za 10

1x šedá zarážka X300
 1x 10426074 zelenožlutá svorka
 9x 10426110 šedá svorka
 popisky 1 až 10
 1x šedá zarážka X301
 1x 10426074 zelenožlutá svorka
 6x 10426110 šedá svorka
 popisky 1 až 7

10426129 oranžová stěna dělicí za 7

10426079 Propojka mezi 6 a 7

X9



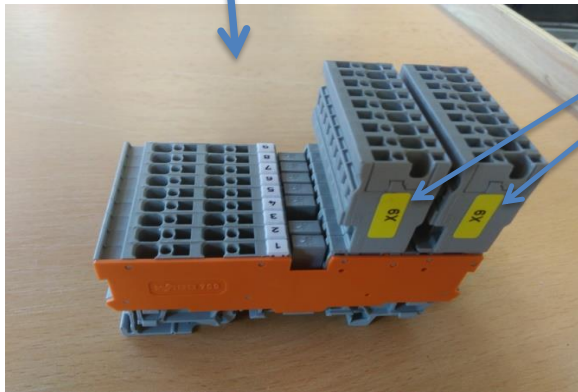
0920-2562 oranžová dlouhá stěna dělicí

propojky šedé : 1-3
4-9

18x lišta zdířková

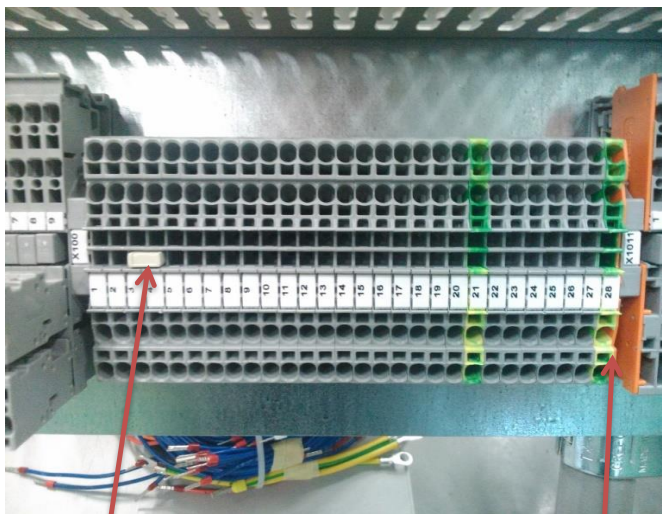
1x šedá zarážka X9
pozn. Oranžové čílko zleva
9x 0920-2560 šedá dlouhá svorkovnice
popisky malé 1 až 9
popisky dát na svorkovnice i lišty

X9



žluté popisky X9

X100

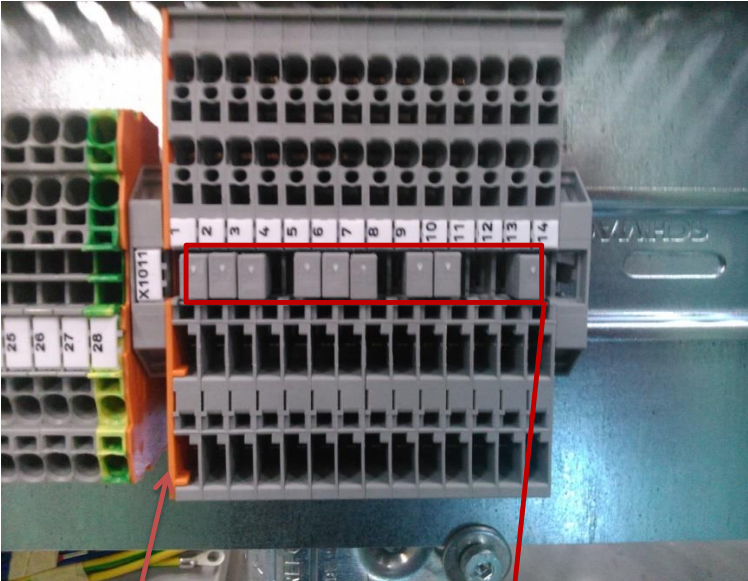


10426079 propojka mezi 3 a 4

10426129 oranžová stěna dělicí za 20

1x šedá zarážka X100
20x 10426110 šedá svorka
1x 10426074 zelenožlutá svorka
6x 10426110 šedá svorka
1x 10426074 zelenožlutá svorka
popisky 1 až 28

X1011

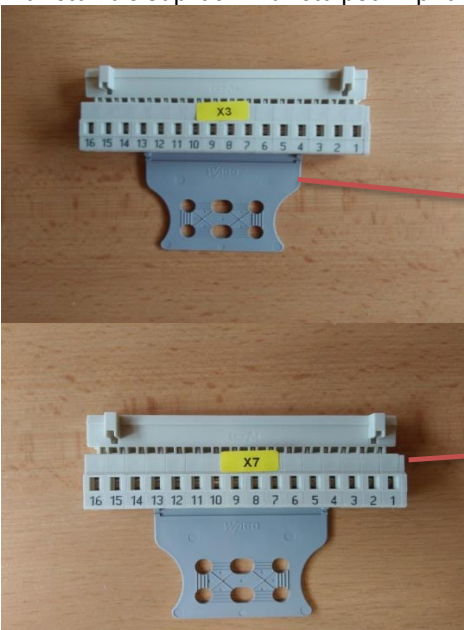


1x šedá zarážka X1011
14x 0920-2560 šedá dlouhá svorkovnice
popisky malé 1 až 14

šedé propojky mezi: 1-4
5-8
9-11
13-14

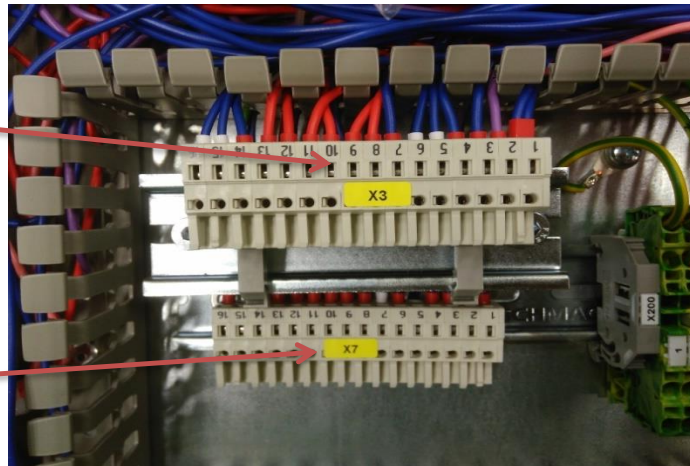
0920-2562 oranžová dlouhá stěna dělicí

Na lištu na sloupcích i na lištu pod ní přidělat svorkovnice X3/X7



X3

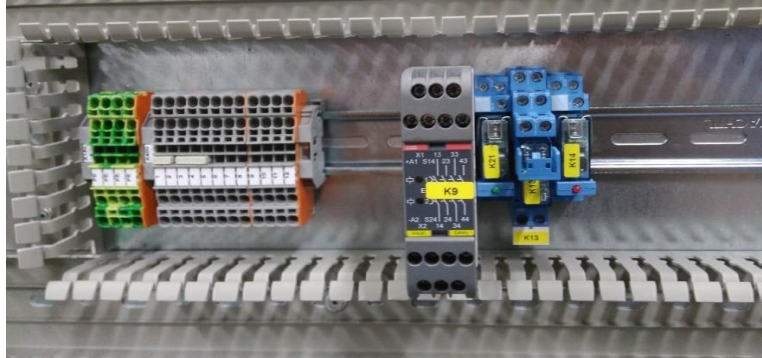
X7



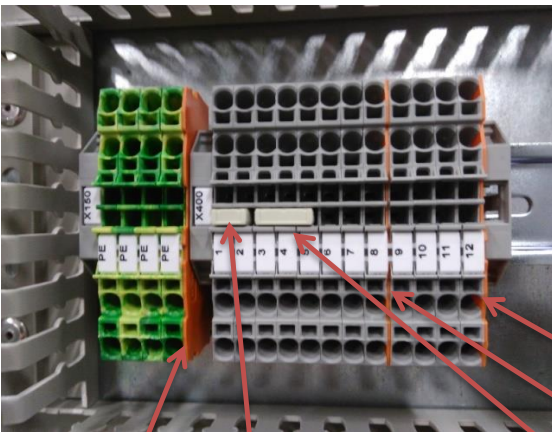
7)

zleva: X150/X400

K9/K21/K13/K14



X150 a X400



- 1x šedá zarážka X150
- 4x 10426074 zelenožlutá svorka
- popisky vše PE
- 1x šedá zarážka X400
- 12x 10426110 šedá svorka
- 1x šedá zarážka

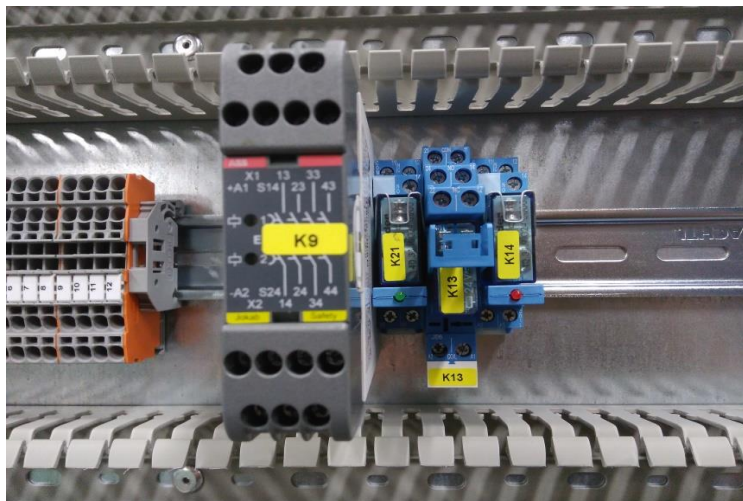
10426129 oranžová stěna dělicí za 12

10426129 oranžová stěna dělicí za 8

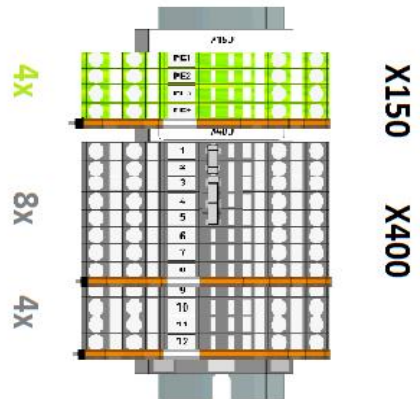
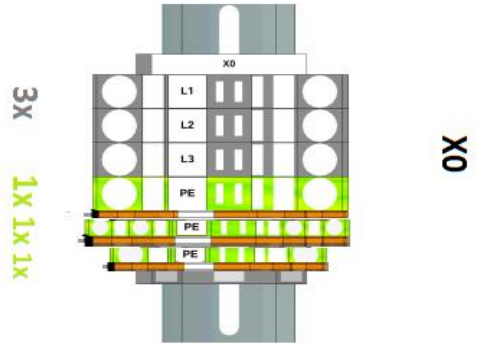
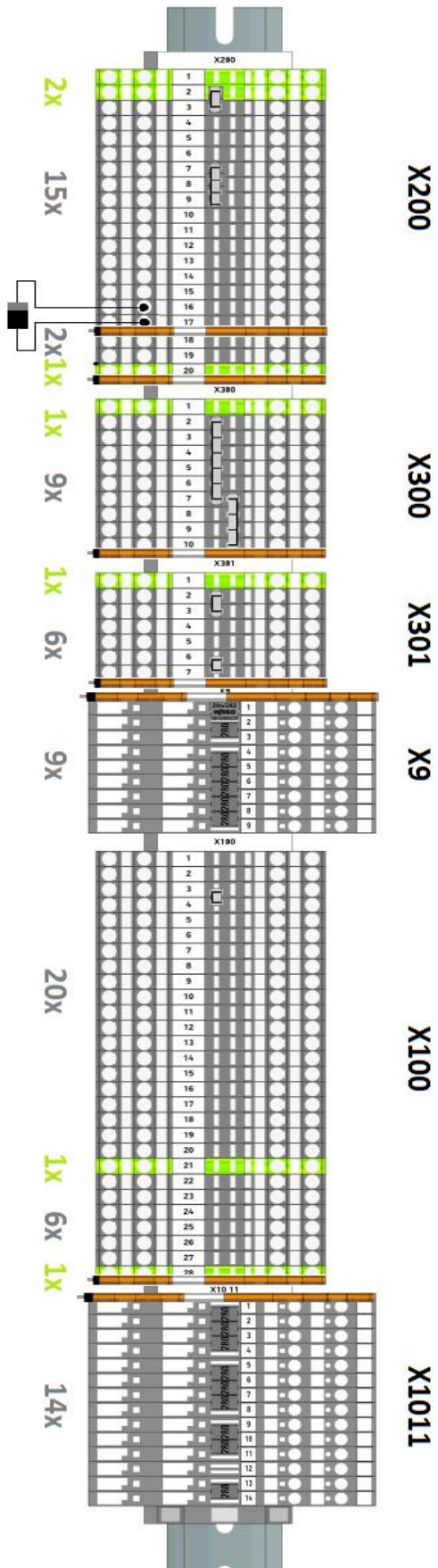
1814-2938 propojka 3pólová 3-5

10426129 oranžová stěna dělicí za poslední zelenožlutou

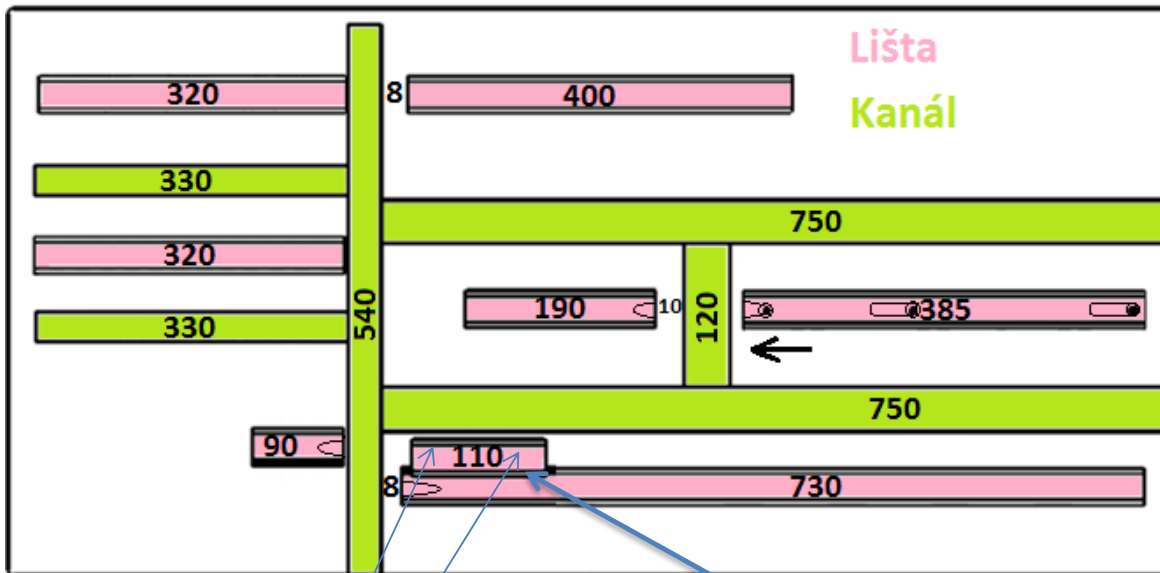
10426079 propojka mezi 1 a 2



zleva: K9/K21/K13/K14



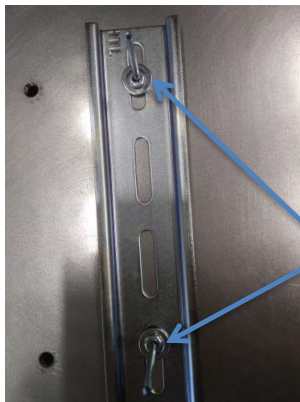
Montáž lišt a kanálů



Šroub s nízkou hlavou M6x10
 Sloupky pod lištu 3,5cm
 Podložka plochá M6

00000137

00000125



Lišty

Podložka velkoplošná M4 00000118

Nýt - 00000042

Kanál - Nýt 00000140

