

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VLIV OPTIMALIZACE USPOŘÁDÁNÍ MONTÁŽNÍCH PRACOVÍŠŤ NA EKONOMICKÉ, LOGISTICKÉ A PROCESNÍ PARAMETRY VÝROBNÍHO SYSTÉMU VE FIRMĚ AUTOMOTIVE LIGHTING

OPTIMAL LAYOUT OF ASSEMBLY WORKPLACES AND ITS EFFECT ON ECONOMICAL,
LOGISTIC AND PROCEDURAL PARAMETERS OF THE MANUFACTURING SYSTEMS AT AN
AUTOMOTIVE LIGHTING COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN PROCHÁZKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ROMAN KUBÍK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jan Procházka

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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 diplomové práce:

Vliv optimalizace uspořádání montážních pracovišť na ekonomické, logistické a procesní parametry výrobního systému ve firmě Automotive Lighting

v anglickém jazyce:

Optimal layout of assembly workplaces and its effect on economical, logistic and procedural parameters of the manufacturing systems at an Automotive Lighting company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je optimalizovat rozmístění montážních pracovišť s cílem racionalizace logistiky výroby.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného uspořádání montážních pracovišť
2. Návrh možných variant řešení
3. Optimalizace variant řešení podle zvolených kritérií
4. Detailní grafický návrh dispozice výsledné varianty
5. Ekonomické zhodnocení vybrané varianty

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 14.11.2012




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá optimalizací uspořádání předmontážních pracovišť ve společnosti Automotive Lighting Jihlava. Je proveden popis aktuálního stavu a také je poukázáno na nedostatky současného uspořádání. Po analýze současného stavu jsou navrženy dvě varianty podle zvolených kritérií. Podle dosažených výsledků v multikriteriálním hodnocení je výhodnější varianta vybrána jako optimální a je rozkreslena v detailním grafickém návrhu. U vybrané varianty je provedena podrobná ergonomická analýza pomocí softwarové simulace a také bylo zpracováno ekonomické zhodnocení zvolené varianty.

Klíčová slova

Předmontáž, layout, ergonomie, náklady, multikriteriální hodnocení

ABSTRACT

The master thesis deals with layout optimizing of pre-assembly workplaces in company Automotive Lighting Jihlava. Identification of actual status and analysis of defects was provided. Based of this investigation two versions of future ordering were compared. One of them was chosen by multi-criterion evaluation and detail plan was plotted. Ergonomic analysis by software simulation and economic balance were done too.

Key words

Pre-assembly, layout, ergonomics, expenses, multi-criterion evaluation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROCHÁZKA, J. *Vliv optimalizace uspořádání montážních pracovišť na ekonomické, logistické a procesní parametry výrobního systému ve firmě Automotive Lighting*. Brno 2013. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 99 s., 3 přílohy. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vliv optimalizace uspořádání montážních pracovišť na ekonomické, logistické a procesní parametry výrobního systému ve firmě Automotive Lighting** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Bc. Jan Procházka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji velice svému vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D. za vedení a cenné rady při vypracovávání mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Automotive Lighting s.r.o. Jihlava za možnost spolupráce na tomto projektu. Mé nemalé poděkování patří celé mé rodině a především mé manželce Martině Procházkové za podporu během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
1 LITERÁRNÍ STUDIE	11
1.1 Obecný postup při sestavování návrhů	11
1.2 Optimalizace uspořádání montážního pracoviště	13
1.3 Druhy pracovišť a typy uspořádání strojů	13
1.3.1 Uspořádání pracovišť a strojů:	14
1.4 Navrhování montáže.....	19
1.5 Štíhlý layout a výrobní buňky	21
1.5.1 Kanban.....	23
1.5.1.1 Stanovení počtu kanban karet.....	24
1.5.1.2 Cyklus kanban karty.....	24
1.6 Základní metody prostorového uspořádání.....	25
1.6.1 Šachovnicová tabulka	25
1.6.2 Sankeyův diagram.....	25
1.7 Metoda NVAA	26
1.8 Ergonomie	29
1.8.1 Ergonomie pracovního místa	32
1.8.2 Pracovní výkon a pracovní zátěž člověka	33
1.8.3 Simulační software Technomatix.....	34
1.8.3.1 Ergonomický nástroj Jack	35
1.8.3.2 Rozměry postavy pracovníka	36
1.8.3.3 Nastavení pracovníka do pracovní pozice	36
1.8.3.4 Simulace pracovního úkolu	37
1.8.3.5 Ergonomická analýza pracoviště a pracovního procesu	37

1.8.3.6 RULA – Rapid Upper Limb Assessment	39
1.9 PlantSimulation.....	41
1.10 Poka-yoke.....	42
1.11 Ekonomické zhodnocení.....	44
1.11.1 Nákladová návratnost.....	44
1.11.2 Ekonomické srovnání variant	45
1.12 Výběr optimální varianty	45
2 SPOLEČNOST AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O., JIHLAVA.....	47
2.1 Historie společnosti.....	47
2.2 Zaměření firmy.....	48
2.3 Významní zákazníci.....	48
3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	49
3.1 Předmontáž	49
3.1.1 Význam předmontáží	50
3.1.2 Představitelé předmontáží na MFO4.....	51
3.1.3 Rozpad předmontáže.....	52
3.2 Předmontážní pracoviště	52
3.2.1 Funkce zařízení.....	54
3.2.2 Význam poka- yoke na předmontážním stole	55
3.3 Znázornění současného stavu.....	57
3.4 Analýza současného stavu předmontážních pracovišť metodou NVAA	59
3.5 Norma a produktivita na jednotlivých předmontážních pracovištích	62
3.6 Nedostatky současného uspořádání montážních pracovišť.....	63
4 NÁVRHY VARIANT USPOŘÁDÁNÍ MONTÁŽNÍCH PRACOVIŠŤ	64
4.1 Projektové omezení a společný základ návrhů.....	64
4.2 Varianta A.....	64
4.3 Varianta B.....	66
4.4 Srovnání variant.....	68
4.4.1 Multikriteriální hodnocení variant.....	68
4.4.1.1 Varianta A	69
4.4.1.2 Varianta B	70

4.4.1.3	Porovnání variant	71
4.4.2	Hodnocení nákladů	72
4.4.2.1	Varianta A	72
4.4.2.2	Varianta B	73
4.4.2.3	Porovnání variant celkových nákladů.....	75
4.5	Zavedení kanban u varianty B	75
4.5.1	Stanovení počtu kanban karet.....	76
4.5.2	Cyklus kanban karty u LWR.....	76
5	ERGONOMICKÁ ANALÝZA JACK U VYBRANÉHO PRACOVÍŠTĚ	78
5.1	Stávající stav pracoviště	78
5.2	Nový stav pracoviště.....	82
6	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYBRANÉ VARIANTY.....	85
6.1	Zhodnocení nákladů	85
6.1.1	Investiční náklady.....	85
6.1.2	Náklady na zaměstnance.....	85
6.1.3	Náklady na vstupní komponenty	86
6.1.4	Náklady na spotřebu energií	87
6.1.5	Náklady na obětované příležitosti.....	87
6.2	Zhodnocení tržeb.....	88
6.3	Hospodářský výsledek.....	89
6.4	Doba návratnosti.....	90
6.5	Úspory z počtu vrácenek	90
7	ZÁVĚR.....	92
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	96
	SEZNAM PŘÍLOH.....	99

ÚVOD

Automobilový průmysl prodělal v posledních letech obrovský růst v rámci množství vyrobených automobilů. Vývoj nových materiálů a technologií je uplatňován více méně ve všech směrech v automobilovém průmyslu. Světlomety automobilů jsou rázným příkladem. Při výrobě světlometů je značně využívanou technologií proces vstřikování. Dříve používané elektrické žárovky, byly postupně nahrazovány xenonovými a v poslední době jsou vytlačovány moderními LED diodami.

Vzhledem ke konkurenci na trhu je důležité vyrábět výrobky za nižší cenu, ale se zachováním kvality, kterou požaduje zákazník. Přizpůsobení zákazníkovi, co se týče pružné reakce na odvolávky, je také jednou z výhod v konkurenčním boji. Ke konkurenčním výhodám patří zaměření se na inovace a orientace výroby na koncept štíhlé výroby. Štíhlá výroba vede k maximální efektivitě vyráběných produktů, k odstranění nepřidané hodnoty a naopak ke zvýšení hodnoty přidané, která vede k maximalizaci zisku.

Cílem diplomové práce je optimalizovat uspořádání montážních pracovišť ve firmě Automotive Lighting s.r.o. se sídlem v Jihlavě. Nejdříve proběhne seznámení se stávajícím uspořádáním a po té budou navrženy vhodné varianty řešení dle zvolených kritérií. Po vybrání nejvýhodnější varianty bude na této variantě vypracováno ekonomické zhodnocení a na zvoleném pracovišti provedena ergonomická analýza pomocí simulačního software Technomatix Jack. Detailní grafický návrh bude rozkreslen pomocí software AutoCAD.

1 LITERÁRNÍ STUDIE

1.1 Obecný postup při sestavování návrhů

V praxi se setkáváme nejčastěji s úkolem racionalizovat stávající výrobu. Důležitým předpokladem sestavení návrhu je správný postup. Příprava návrhu je práce cyklická, probíhající obvykle v následujících pracovních etapách:

- Diagnostika (orientační průzkum),
- Sběr informací (shromažďování podkladů),
- Rozbor stávajícího stavu (současný stav),
- Návrh. [2,3]

1. Diagnostika

V této etapě jde o první a rychlé seznámení s objektem řešení, jeho nedostatky nebo problémy. Diagnostiku provádí většinou nejzkušenější pracovníci, kteří znají vzájemné závislosti tohoto procesu. [2,3]

2. Sběr informací

Tato etapa slouží ke shromažďování informací. V zájmu zkrácení průběžné doby (sestavení návrhu) je nutné sběr informací organizovat, tím dosahujeme toho, že neztrácíme čas tvůrčích pracovníků. Sběr informací je nutné organizovat tak, abychom měli potřebné podklady k dispozici pro rozbor v požadovaném termínu. Sběr informací lze provádět buď vyhledáváním v existujících záznamech, nebo pozorováním. První způsob je rychlejší a dostupnější, avšak existující data je potřeba přepočítat, či upravit. Druhý postup je časově náročnější a obtížnější, ale získané informace jsou aktuální a lze s nimi přesně identifikovat výrobek nebo proces. [2,3]

3. Rozbor

Ze všech získaných informací o výrobku nebo procesu je nutné provést detailní rozbor dané problematiky (rozbor vybavenosti stroje, rozbor technického stavu, rozbor úrovně mechanizace a automatizace, rozbor ergonomických vlivů,

rozbor toku materiálu, atd.). Rozbory by měli provádět vysoce kvalifikovaní pracovníci. V rozboru hodnotíme, bilancujeme zkoumaný jev z různých hledisek (technického, ergonomického, bezpečnostního). [2,3]

4. Návrh

V návrhové etapě je možno v maximální míře uplatnit vlastní tvůrčí talent řešitelů. Důležitou součástí každého projektu je ekonomické zhodnocení návrhů, v němž porovnáváme náklady a přínosy. [2,3]

5. Realizace

Realizace je dovršením celého přípravného období. Nedostatky projektové přípravy se projeví v průběhu realizace. Vlastní práce realizační etapy spočívá v instalaci a zavedení navrhovaného projektu. Realizaci projektu je možno obstarat dodavatelsky, vlastními silami nebo kombinovaně. Průběžná doba realizace i zpracování projektu má být co nejkratší, aby negativně neovlivnila rozpočet projektu. Po zkušební době zařízení by mělo následovat oficiální předání projektu, které je odsouhlaseno podpisem předávacího protokolu. Nadále je nutné po určitou dobu projekt sledovat, při tomto sledování se poučit z chyb a vhodné věci z projektu standardizovat. [2,3]

1.2 Optimalizace uspořádání montážního pracoviště

Optimalizace pracoviště znamená vylepšení podmínek na pracovišti a odstranění veškerého plýtvání a nedokonalostí. Optimalizaci pracoviště používáme při projektování nových prostor, když chceme zlepšit pracoviště po vizuální a výkonnostní stránce. Při optimalizaci pracoviště bychom se měli zaměřit na:

- zvýšení kvality vyráběného produktu,
- zavedení prvků ergonomie tak, abychom předcházeli úrazovosti a zatěžování organismu člověka,
- zrychlení výrobního času a zvýšení výkonu,
- redukci vzdáleností,
- snížení nákladů na odstranění plýtvání,
- úsporu plochy. [4]

1.3 Druhy pracovišť a typy uspořádání strojů

Pracoviště je místo, které potřebuje operátor k vykonávání své práce. Pracoviště musí odpovídat bezpečnostním a hygienicko-technickým normám. Vzhledem k tomu, že se na pracovišti zdržují pracovníci velkou část dne, tak by pracoviště mělo splňovat i stránku estetickou. Plocha pracoviště se určuje v kapacitních výpočtech a udává se v m². [1]

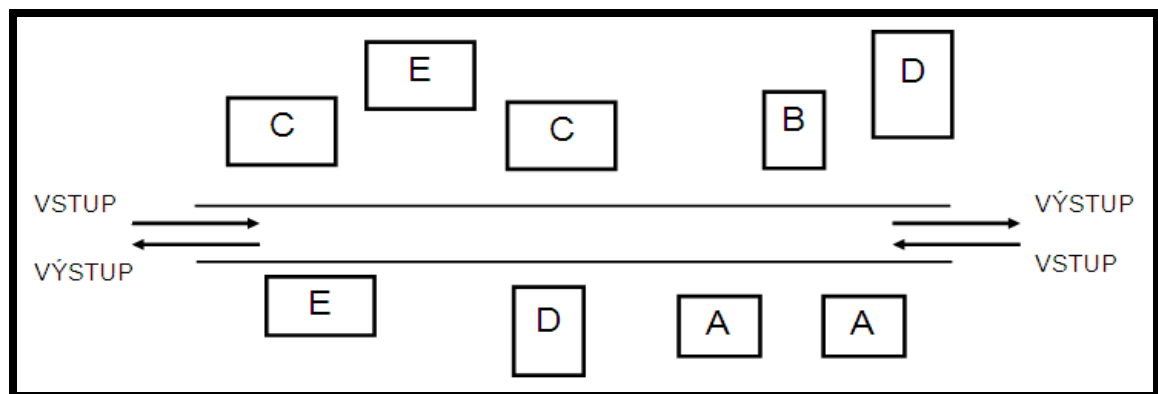
Pracoviště základní a pomocné výroby dělíme na :

- Strojní pracoviště
Plocha, kterou zaujímá stroj včetně plochy pro obsluhu stroje, uličky mezi stroji a plochy pro skladování materiálu a hotových výrobků,
- Ruční pracoviště
Plocha, kterou potřebuje operátor pro svoji práci.

1.3.1 Uspořádání pracovišť a strojů:

- **Volné uspořádání** (obr. 1.1)

Jedná se o uspořádání, kde jsou stroje a pracoviště rozmístěny náhodně. Toto uspořádání se volí tam, kde nelze zcela jistě určit materiálový tok a návaznost následující výroby. Bývá často voleno v prototypových a údržbářských dílnách, kde převládá kusová výroba. I přes zcela náhodné umístění strojů a pracovišť je však i zde nutné dodržovat určité závislosti. Toto uspořádání se používá pouze výjimečně. [1,2]



Obr. 1.1 Volné uspořádání pracovišť a strojů. [1]

- **Technologické uspořádání** (obr. 1.2)

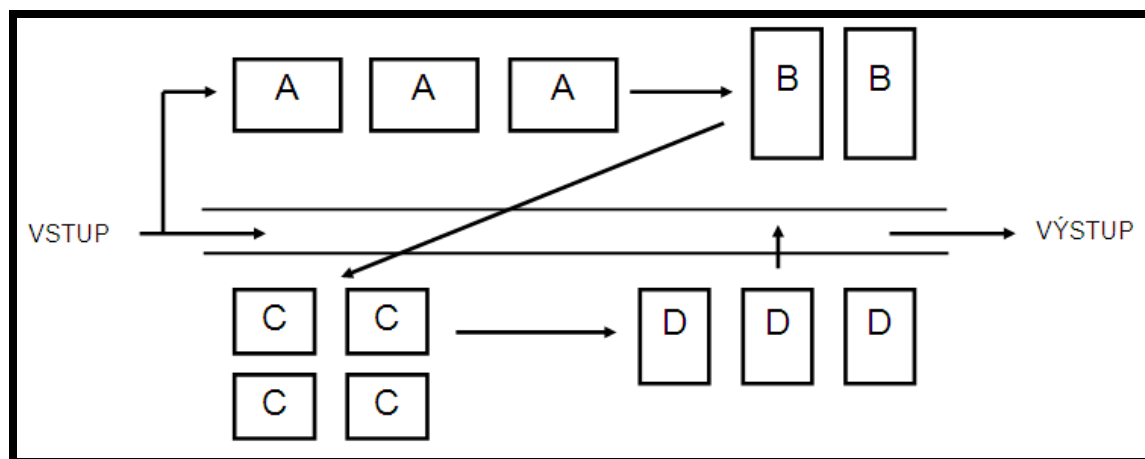
Stroje a zařízení jsou soustřeďovány podle technologické příbuznosti. To znamená, že jsou vytvářeny skupiny technologicky podobných strojů. Není zde možné sjednotit tok materiálu, protože každý výrobek bude postupovat odlišně. Nejčastěji se technologické uspořádání používá v kusové a malosériové výrobě. [1,2]

Výhody:

- výrazně lepší využití strojů a zařízení,
- změnou složení nebo výrobního programu není narušena výroba,
- poruchy jednotlivých strojů nenaruší výrobu,
- zjednodušuje se práce seřizovačů, snadnější údržba,
- nenáročný zavedení vícestrojové obsluhy.

Nevýhody:

- složitý, různorodý a dlouhý tok materiálu,
- rostou náklady na manipulaci a dopravu,
- dlouhá průběžná doba,
- větší nároky na výrobní plochu a mezisklady.



Obr. 1.2 Technologické uspořádání pracovišť. [1]

- **Předmětné uspořádání** (obr. 1.3)

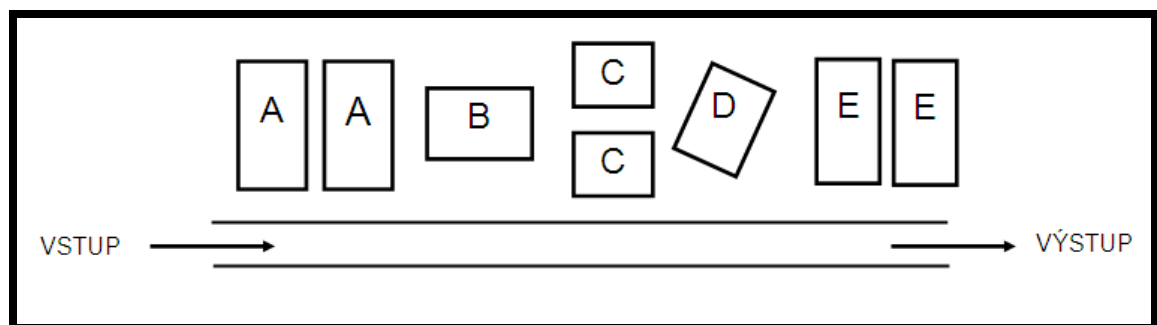
Je charakterizováno tím, že pracoviště nebo stroje jsou zde seřazeny podle technologického postupu výrobku. Součásti se zde pohybují ve stejném směru a vzniká výrobní proud - linka. Nejvyšším stupněm předmětného uspořádání je automatická synchronizovaná linka (vyrábějící v taktu) složená ze specifických jednoúčelových strojů se společným dopravníkem. Předmětné uspořádání se používá zvláště pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [1,2]

Výhody:

- snížení nákladů na skladování (zrušení centrálního skladu),
- zkrácení manipulačních drah,
- snížení rozpracovanosti,
- zkrácení mezioperačních časů a snížení nákladů na manipulaci,
- zlepšení operativnosti řízení výroby (seřizovač má zodpovědnost pouze za uzavřený výrobní cyklus-linku).

Nevýhody

- složitá změna výrobního programu (změny ve výrobních zařízeních a v uspořádání strojů).
- snížením objemu výroby poklesne využití strojů,
- používají se zde speciální jednoúčelové stroje, jejichž výroba a údržba je náročnější a nákladnější na údržbu.



Obr. 1.3 Předmětné uspořádání pracovišť. [1]

- **Modulární uspořádání** (obr. 1.4)

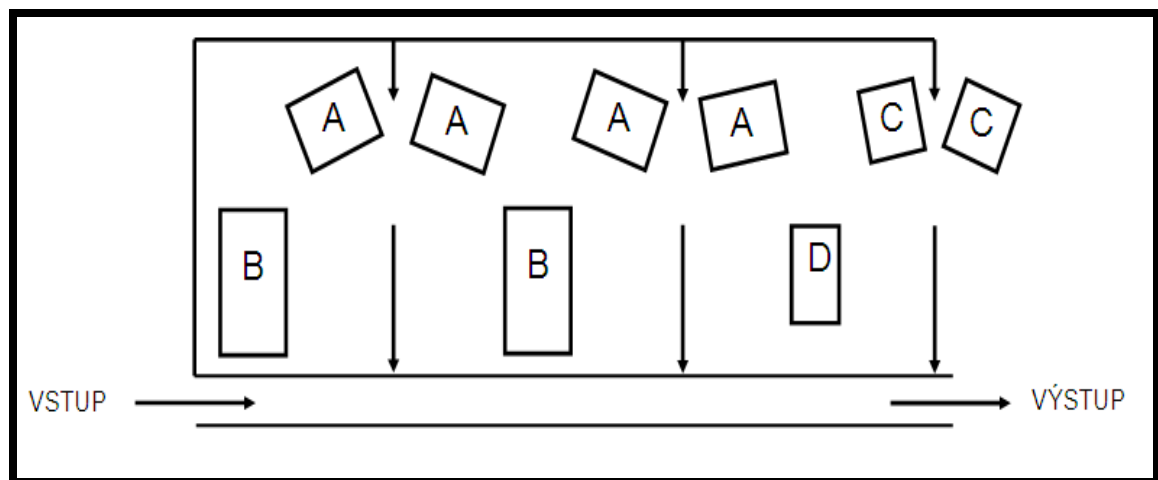
Je to nejnovější typ uspořádání. Toto uspořádání je charakterizováno seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Všechny provoz se skládá ze stejných nebo podobných skupin pracovišť - modulů. Modulární uspořádání mají vyšší produktivitu práce, proto mají prioritní postavení a je nezbytné je využívat ve dvou až třisměnném provozu. Využití modulárního uspořádání je zejména v kusové a malosériové výrobě. Je zde potřeba vyšší kvalifikovanost obsluhujících pracovníků, protože se zde používají zvláště progresivní stroje a nářadí. [1,2]

Výhody:

- vysoká produktivita práce,
- zlepšení organizace práce a řízení výroby,
- zkrácení manipulačních drah,
- zkrácení průběžné doby výroby.

Nevýhody:

- uspořádání klade vyšší nároky na technickou přípravu,
- vyšší cena strojů a zařízení.



Obr. 1.4 Modulární uspořádání pracovišť. [1]

- **Buňkové a hnízdové uspořádání** (obr. 1.5)

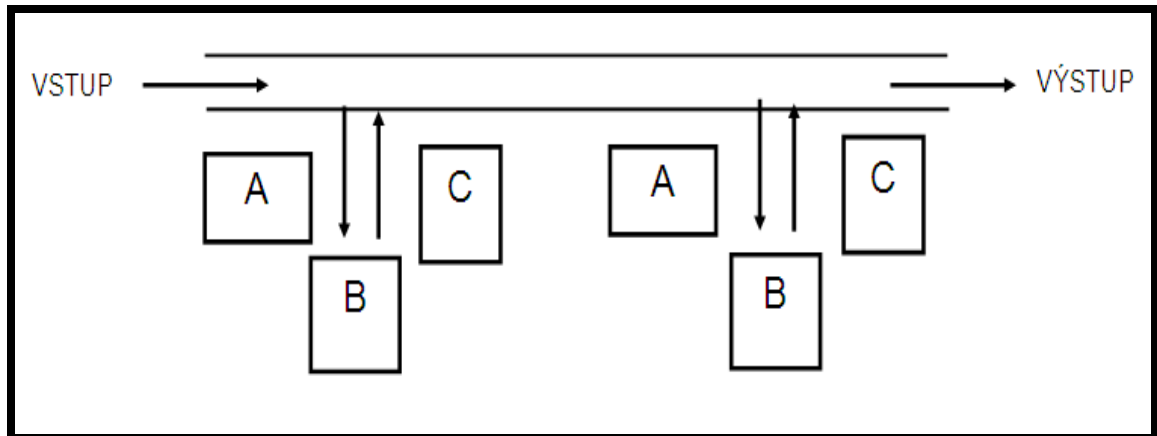
Jsou to další nově vyvinuté typy uspořádání pracovišť a jsou modifikací modulárního uspořádání. Tyto typy jsou známé v montážních dílnách jako montážní hnízdo. Buňku obvykle tvoří vysoce produktivní stroj s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím (robot, zásobník). Použití buňkového uspořádání je srovnatelné jako u modulárního uspořádání. Hnízdové uspořádání je v postatě shodné, vyskytuje se převážně u stacionární montáže (předmontáž, montáž v taktu) U hnízdového uspořádání je možno také užít manipulátorů a robotů. [1,2]

Výhody:

- vysoká produktivita práce,
- minimalizovaná a automatizovaná manipulace s materiálem,
- nižší zmetkovitost.

Nevýhody:

- prakticky totožné s modulárním uspořádáním.



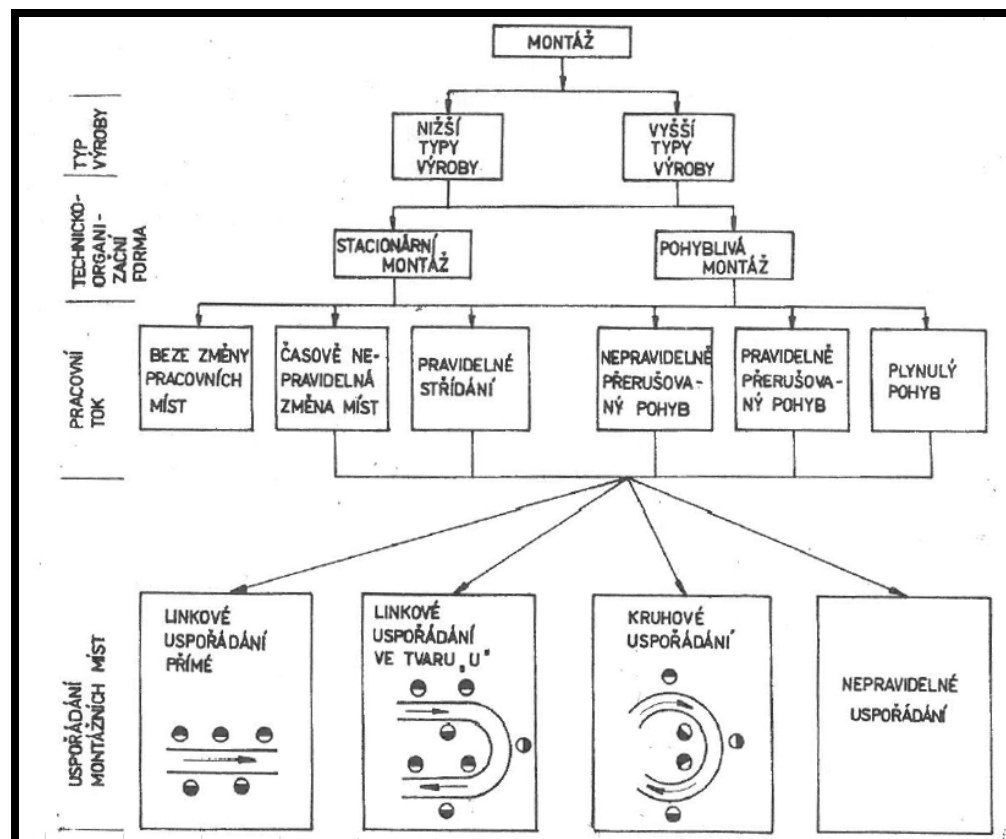
Obr. 1.5 Buňkové nebo hnízdomvé upořádaní pracovišť. [1]

- **Kombinované uspořádání**

Při projektování větších výrobních celků projektant nemůže obyčejně zvolit jeden typ upořádaní pracovišť a strojů, ale používá se kombinaci dvou nebo více způsobů uspořádaní. Mezi nejčastější kombinace řadíme technologické a předmětné uspořádaní. Při kombinovaném uspořádaní se snažíme využít výhod technologického a předmětného uspořádaní a potlačit jejich nevýhody. [1,2]

1.4 Navrhování montáže

Montáž je jednou ze závěrečných částí výrobního procesu a projevují se v ní veškeré organizační, výrobní i technické nedostatky z předchozích etap. Základními podklady pro navrhování montáží jsou výkresy dílců podskupin, skupin a finálního výrobku, plán výroby a technologické postupy včetně časových norem. Základní rozdělení montáže (obr. 1.6) z hlediska uspořádání pracovišť v závislosti na typu výroby a ostatních kritériích je stacionární montáž a pohyblivá montáž. [2]



Obr. 1.6 Rozdělení montáže. [2]

- **Stacionární montáž soustředěná**

Využívá se při montáži u velmi těžkých a rozměrných strojů. Montáž se většinou provádí dle obecných montážních postupů bez podrobného časového ohodnocení. Mezi nevýhody patří značné nároky na kvalifikaci pracovníků, dlouhá průběžná doba a velké nároky na plochu pracoviště. [2]

- **Stacionární montáž rozčleněná**

Spočívá v rozčlenění výrobku na jednotlivé montážní skupiny. Jednotlivé skupiny pracovníků provádí určité montážní práce na jednom místě (předmontáž) a pak se přemístí na další pracoviště. U této montáže se zlepšuje dělba práce, zkracuje průběžná doba a zlepšuje organizace práce. [2]

- **Pohyblivá montáž předmětná (řadová)**

U pohyblivé montáže spočívá montáž výrobků současně v několika operacích operátorem, nebo skupinou operátorů. Řadová montáž je nejjednodušší forma pohyblivé montáže. Tyto pracoviště nejsou časově vyvážené a této formy se využívá pro vícepředmětnou montáž. [2]

- **Linková montáž (asynchronní)**

Používá se opět u montáže, kde montujeme rozdílné výrobky. Má podrobnější rozčlenění montážních celků do operací, pracovní takt však není na jednotlivých pracovištích zkoordinován. [2]

- **Proudová montáž (synchronní)**

Je nejdokonalejší formou pohyblivé montáže. Linka je většinou jednopředmětná, vyskytuje se zde vysoký stupeň mechanizace. U této montáže je předem stanoven výkon, který má být dosažen. Před projektováním proudové montáže je nutné zpracovat podrobný časový rozbor celé linky s vybalancováním jednotlivých pracovišť. Mezi výhody této montáže patří vysoká produktivita práce, snížení rozpracovanosti výroby, krátký manipulační tok materiálu atd. Návrh těchto montážních pracovišť řešíme do velkých podrobností. Montážní přípravky umožňují snadnou montáž, rychlé přeseřizení a vhodnou polohu přípravku vůči operátorovi. Při proudové montáži využíváme pásových dopravníků, válečkových tratí, spádových regálů, zásobníků na materiál atd. [2]

1.5 Štíhlý layout a výrobní buňky

Oblast přepravy, skladování a manipulace zaměstnává až 25% pracovníků, zabírá 55% ploch a tvoří až 87% času, který stráví materiál v podniku. Tyto náklady souvisejí se špatně navrženým layoutem, který je v mnoha podnicích hlavním případem plýtvání. Kolikrát se stává, že mnoho firem rozšiřuje svoji výrobu, přesunuje výrobu ze zahraničí pod časovým tlakem, bez jasné koncepce a to vše vede ke zbytečně dlouhým materiálovým tokům, množství manipulačních a skladovacích činností a ke složitému řízení logistiky. Štíhlý layout a výrobní buňky jsou řešením uvedených problémů, dále štíhlý layout přináší úsporu ploch. Eliminace skladovacích ploch znamená nejen snížení zásob, ale i lepší přehled o pohybu materiálu a zjednodušené řízení. [5]

Štíhlý layout má tyto parametry:

- minimalizace přepravních vzdáleností mezi operacemi,
- přímý materiálový tok směrem k montážní lince a expedici,
- přímočaré krátké trasy,
- FIFO a tahový systém, kanban,
- minimální průběžné trasy.

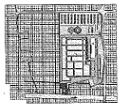
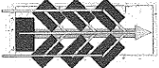
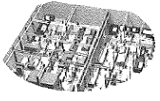
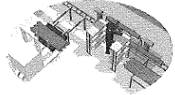
Kromě zjednodušení materiálového toku přinášejí buňky ještě jednu další výhodu a to, že jsou stroje umístěny v buňce blízko sebe a je možné upustit výroby ve velkých dávkách. Další výhodou výrobních buněk je jejich flexibilita. Vzhledem k automatizaci ve výrobních buňkách může operátor obsluhovat více strojů. Změnou počtu operátorů je možné pružně měnit výkon buňky a přizpůsobovat ho požadavkům zákazníka. Projektování výrobních buněk (obr. 1.7) je poměrně náročný proces, který vyžaduje mnoho času a někdy i investice (přesuny pracovišť, změna layoutu). Výrobní buňky jsou obvykle propojené se systémem 5S, vizualizací a týmovou prací v podniku.

Zavádění výrobních buněk probíhá v následujících krocích:

- sestavení týmu, definování cílu projektu, projektový plán,
- procesní analýza,
- určení taktu, požadavky zákazníka,
- mapování výrobních kroků,
- objednání pracovišť a jejich kapacitní vytížení,
- layout buňky,
- návrh toku materiálu (spádové regály, zásobování vláčkem),
- organizace pracoviště-5S, ergonomie,
- implementace,
- standardizace.

Srovnání automobilových společností ukazuje, že k implementaci štíhlé výroby do společností napomáhá kromě konceptu just in time a zásobování externími dodavateli zavádění týmové práce mezi pracovníky a sjednocení podpůrných činností. [6]

Mezi typické přínosy štíhlého layoutu a výrobních buněk patří, zvýšení produktivity práce, snížení nákladů na zabezpečení kvality, redukce spotřeby ploch. Naopak mezi rizika patří vysoké požadavky na pracovníky, velké stroje se základy, u nichž jsou problémy s přesunem layoutu, časové a investiční požadavky. [5]

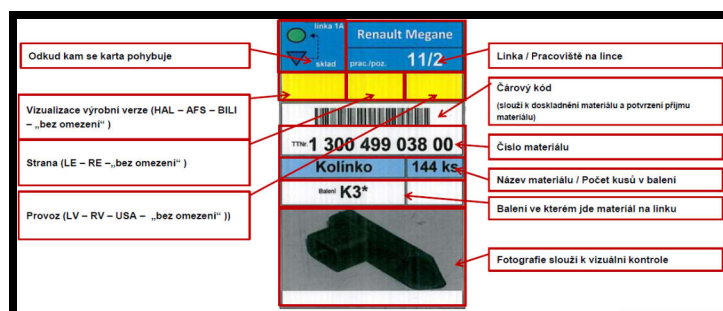
	<p>1. logistika a layout podniku</p> <ul style="list-style-type: none"> - zadání a cíle projektu, plán projektu, výrobní program a rámcové podmínky - varianty layoutu podniku s výhledem do budoucnosti - logistika nakupovaných materiálů a komponentů - sklady a doprava – kanbanové sklady, milk run, přepravy, cesty, expedice - budovy a infrastruktura - vyhodnocení
	<p>2. koncepty layoutu</p> <ul style="list-style-type: none"> - definování buněk – součástky, operace, zařízení - blokový layout buněk - manipulace s materiálem, přeprava, vzájemné propojení buněk - předběžný layout - vyhodnocení
	<p>3. detailní layout buněk</p> <ul style="list-style-type: none"> - konečná konfigurace buněk – součástky, operace, zařízení - detailní layout buněk - manipulace s materiálem v buňkách - detailní návrh procesů - simulace a optimalizace buněk
	<p>4. detailní řešení buňky, implementace, optimalizace</p> <ul style="list-style-type: none"> - schválení projektu a detailní plán implementace - realizace projektu - try-out, optimalizace, ergonomie, časové analýzy, vizualizace - spuštění výroby - standardizace a zlepšování

Obr. 1.7 Postup projektování výrobních buněk. [5]

1.5.1 Kanban

Kanban je tahový systém řízení výroby, který představuje kompromis mezi dokonalým jednokusovým tokem a tradiční výrobou. Jinými slovy, pokud nelze vytvořit nepřetržitý materiálový tok, může být řešením vytvoření systému tahu, který pracuje s minimálními zásobami. Kanban je řízení zásob, kdy se pomocí signálů (karet) předávají informace o spotřebě. Navržený systém se opírá o předpoklad, že se výroba materiálu a dílů zahajuje nejprve ve chvíli, kdy jsou skutečně potřeba – doplnění materiálových položek se uskuteční pouze za předpokladu, že odebírající pracoviště dané položky spotřebuje. Opačně, pokud nejsou spotřebovány, zůstávají v zásobě a k jejich dalšímu doplňování a tedy k vytváření nadbytečných zásob nedochází. Tímto způsobem se stále udržuje pouze minimální výše zásob. Jde tedy o nástroj s přímým dopadem na hospodářský výsledek. Typy kanbanu mohou být výrobní, dodavatelský, manuální, elektronický, jednokartový, dvoukartový, TWO BINs.

Každá kanban karta (obr. 1.8) je nosič všech důležitých informací, který putuje s materiálem od začátku do konce cyklu (do jeho spotřebování) a zpět ke zdroji. Kanban nám slouží ke snížení zásob (je to otevřený systém pro řízení zásob, zvláště snížení mezioperačních zásob, které se omezí jen na bezpečnostní zásoby), k podpoře plynulosti výroby při nárůstu sortimentu a zmenšení pracnosti plánování (tvorby plánu, kontroly). Systém nám umožňuje přehled o stavu zásob rozpracované výroby, vede k úspoře přepravních nákladů. Je to jednoduchý, technicky nenáročný a flexibilní systém dílenského plánování, který je „otevřený“ pro všechny pracovníky a výrobní týmy. V neposlední řadě slouží k eliminaci patrollingu (patrolling = musím se zajít nebo zajet podívat, jestli na lince něco nechybí). [8, 9]



Obr. 1.8 Kanban karta. [9]

1.5.1.1 Stanovení počtu kanban karet

Ke stanovení počtu karet využíváme buď specialisty z dané firmy, nebo použijeme následující vztah:

$$N = \frac{D \cdot T_h (1 + q)}{C} \text{ [ks]} \quad (1.1)$$

- kde: N ...počet karet v oběhu [ks],
D ...průměrná denní potřeba dílu na daném pracovišti [ks],
 T_h ...průměrný čas oběhu mezi danými pracovišti [hod],
q ...časová rezerva [hod],
C ...počet dílů v přepravce (kapacita přepravky) [ks].

Po stanovení počtu kanban karet se následně provádí postupné odebírání karet ze systému až do okamžiku, než se odhalí první problémy, doposud skryté pod vysokou hladinou zásob. Díky identifikaci problémů je možné jejich postupné redukování, které dovoluje opakované snižování dalšího počtu karet (stavu zásob) v systému, až na nezbytně nutné minimum. [8]

1.5.1.2 Cyklus kanban karty

Je definován místem, kde vzniká materiál nebo zboží a místem kde se materiál nebo zboží spotřebovává a tím se uvolňuje prázdná kanbanová karta, která putuje zpět na místo vzniku materiálu (zboží) a dává tak signál k tomu, aby byla zahájena výroba nebo dodávka materiálu pro místo spotřeby. Stanovení cyklu (okruhu) kanban karty je závislé na časové frekvenci výrobního nebo zásobovacího cyklu a musí zohledňovat např. čas potřebný pro změnu verze, čas potřebný pro vychystání materiálu a dopravu materiálu na místo spotřeby. [9]

1.6 Základní metody prostorového uspořádání

1.6.1 Šachovnicová tabulka

Šachovnicová tabulka (obr. 1.9) znázorňuje přehledné materiálové přepravy a výrobkové přesuny, uskutečněné za určité časové období mezi jednotlivými pracovišti. Tabulka se využívá pro výběr představitele, přesun informací, přesun materiálu, pracovníků atd. Do tabulky zanášíme četnost toku, který stanovujeme v tunách, ks atd. Zpracovanou tabulku používáme k seřazení intenzity toku, počínaje největším a konče nejmenším tokem, čímž získáváme pořadí důležitosti vztahů. V podstatě to znamená, že pracoviště s největším objemem dopravovaného materiálu by měla být u sebe co nejbliže. [1]

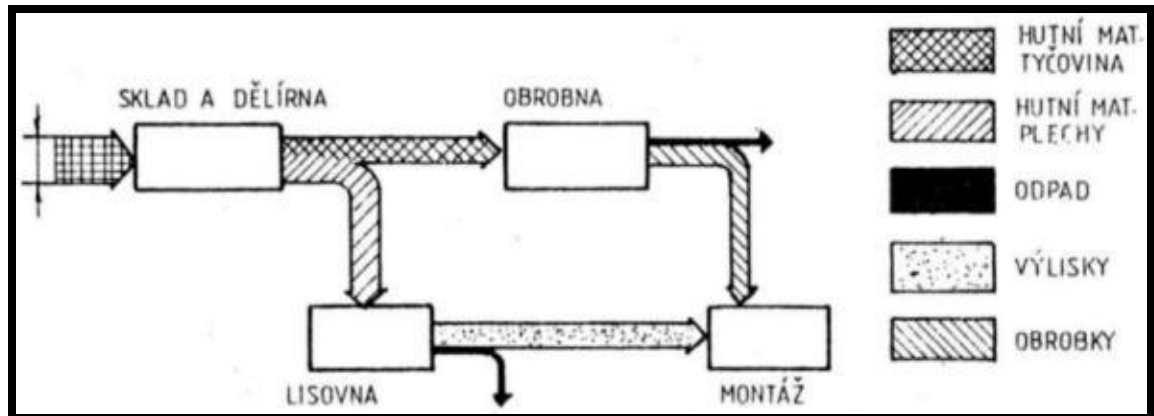
ODEŠILACÍ MÍSTO	PŘIJÍMACÍ MÍSTO													CELKEM ODESLÁNO [t]
	EXPEDICE	SKLAD VÁLČ. A PODR. MAT.	SLÉVÁRNA	SKLAD VÁLČ. MATER.	MECHAN. DÍLNA	DŘEVOOBR. DÍLNA	ÚSTŘEDNÍ SKLAD	SKLAD ŘEZIVA	SKLAD UHLÍ	KOTELNA	SKLAD ODPADU	SKLADKA	POPEL	
CIZÍ PODNIK, PŘÍSLUŠNÝ ZÁK.	/	8353	—	1150	200	—	975	650	4350	—	—	—	—	15 678
SKLAD VÁLČ. A PODR. MAT.	—	/	10353	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 353
SLÉVÁRNA	—	—	/	—	5100	—	—	—	—	—	5728	525	—	11 353
SKLAD VÁLČ. MATER.	—	—	—	/	1150	—	—	—	—	—	—	—	—	1 150
MECHAN. DÍLNA	5000	—	—	—	/	—	—	—	—	—	2825	—	—	7 825
DŘEVOOBR. DÍLNA	—	—	30	—	500	/	—	—	—	100	50	—	—	700
ÚSTŘEDNÍ SKLAD	—	—	50	—	875	50	/	—	—	—	—	—	—	975
SKLAD ŘEZIVA	—	—	—	—	—	650	—	/	—	—	—	—	—	650
SKLAD UHLÍ	—	—	900	—	—	—	—	—	/	3450	—	—	—	4350
KOTELNA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	/	—	500	3050	3550
SKLAD ODPADU	875	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	/	—	—	2 875
CELKEM PŘIJATO [t]	5875	10363	11353	1150	7825	700	975	650	4350	3550	2875	6228	3575	59 459

Obr. 1.9 Šachovnicová tabulka (údaje v tunách). [1]

1.6.2 Sankeyův diagram

Sankeyův diagram (obr. 1.10) znázorňuje graficky průběh materiálových toků v závodě a na pracovišti. Tloušťka čar vyjadřuje objem manipulovaného materiálu za určitý čas, délky čar znázorňují vzdálenost přepravy a šipka směr materiálového

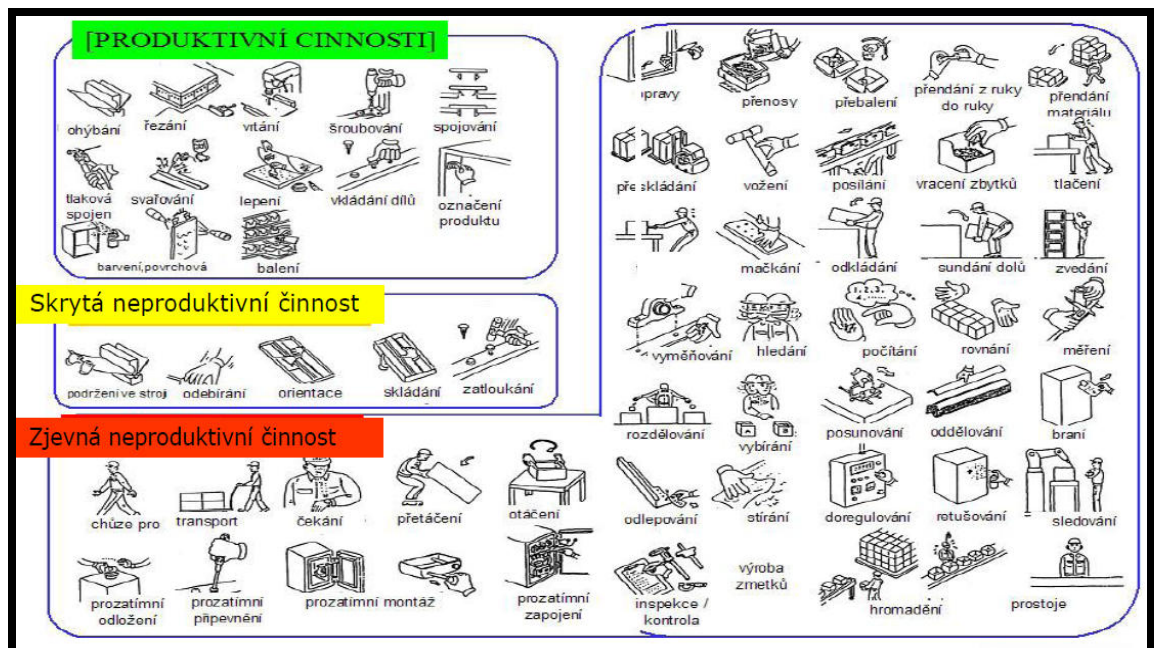
toku. Ke zpracovanému diagramu je nutno uvést legendu, jaké druhy materiálu jsou zde obsaženy a v jakých jednotkách je diagram zpracován. Někdy jsou pro lepší grafické znázornění šipky barevně rozlišeny. [1]



Obr. 1.10 Sankeyův diagram. [1]

1.7 Metoda NVAA

Metoda NVAA (non value edit activities) slouží k odstraňování nepřidané hodnoty (obr. 1.11).



Obr. 1.11 Přehled rozdělení činností – produktivní x neproduktivní činnosti. [10]

Obvykle se vyskytují v pracovním procesu tři druhy činností (obr. 1.13):

1. Produktivní činnost – VAA je činnost, při které produkt mění svůj stav směrem k finálnímu výrobku. Ta činnost, kterou je zákazník ochoten zaplatit.
2. Skrytá neproduktivní činnost – SVAA je činnost, která není přímo produktivní, ale za daných podmínek je nutná pro provedení produktivní práce.
3. Zjevná neproduktivní činnost – NVAA je činnost, která zjevně není nutná pro to, aby materiál změnil svůj stav k finálnímu výrobku. [7]

Neproduktivní činnost můžeme rozdělit do 7 typů (obr. 1.12):

1. Nadprodukce (vyrobí se více, než je potřeba),
2. Ztráty v oběhu (v důsledku vysoké zásoby vzniká vazba v kapitálu, skladové ploše),
3. Ztráty při transportu (nevhodný tok materiálu),
4. Ztráty na pracovišti (prostoje strojů, čekání lidí),
5. Ztráty při zpracování (zbytečné procesy),
6. Ztráty ve formě chybných dílců (pracovní chyby),
7. Ztráty při zbytečných pohybech (nepořádek na pracovišti, zbytečné vzdálenosti). [7]

7 druhů plýtvání ve výrobě (TIMWOOD)

1. Doprava (Transport)

- materiál dopravujeme daleko

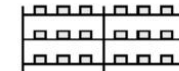
(Transport)



2. Zásoby

- dlouho skladujeme drahý materiál

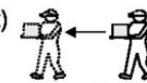
(Inventory)



3. Zbytečné pohyby

- neustále opakujeme neproduktivní pohyby
- dílce bereme do rukou vícekrát

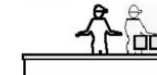
(Movement)



4. Doby čekání

- čekáme na materiál, stroj, kolegy a nebo nástroje

(Waiting)



5. Nadvýroba

- vyrábíme více, než si zákazník přeje

(Over production)



6. Nadbytečnost ve výrobním procesu

- zbytečné operace, chod naprázdno, pomalý chod stroje

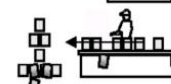
(Over processing)



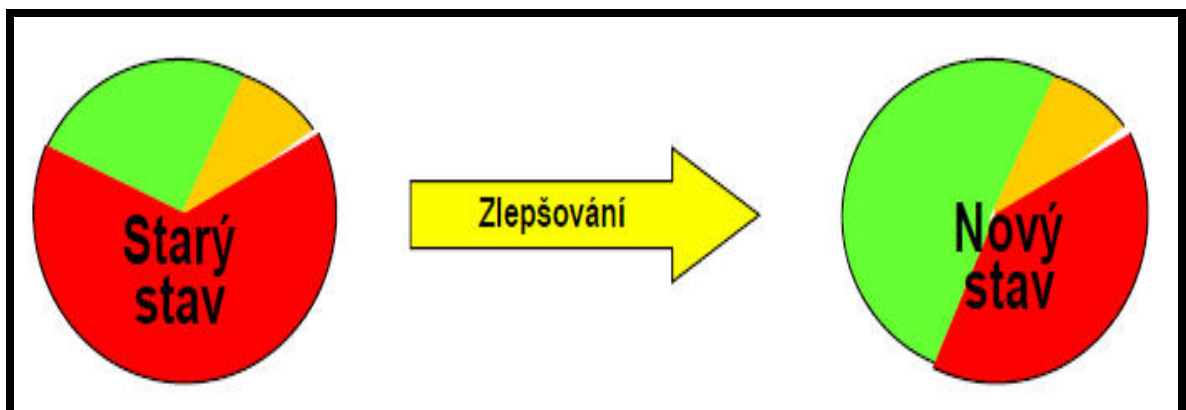
7. Zmetky

- vyrábíme vadné výrobky

(Defects)



Obr. 1.12 druhů plýtvání ve výrobě. [7]



Obr. 1.13 Rozdělení činností při zlepšování. [10]

Postup při identifikaci neproduktivních činností je sestaven z následujících kroků:

1. Výběr operace pro sledování,
2. Natočení pracovní činnosti kamerou (30 min každé pracoviště a pro vypovídající hodnoty je doporučováno rozebrat více jak 10 pracovních cyklů),

3. Ujasnit si, co je očekávaná produktivní činnost,
4. Identifikace a pojmenování všech neproduktivních činností v rámci pozorované operace,
5. Vybrané cykly analyzovat pomocí programu. Výstup analýzy metody NVAA nám poukáže na operace, které je potřeba se snažit eliminovat tak, abychom snížili neproduktivní činnost a zvýšili činnost produktivní, kterou nám platí zákazník. [7]

1.8 Ergonomie

Ergonomie je mezioborová činnost shromažďující informace o schopnostech a kapacitách lidí a aplikaci těchto informací při návrhu práce, produktu, pracoviště vybavení. Pojem ergonomie a lidský faktor (human faktor) se někdy používá jako synonymum. Oboje popisuje interakci mezi člověkem a vykonávaným úkolem. Ergonomie se ale tradičně soustředí na to, jak práce působí na lidi (tj. odezva na fyzicky namáhavou práci, psychomotorika montážních úkolů, úkoly vizuálního monitorování). Důraz je kladen na snížení únavy navrhnutím úkolu tak, že nepřesahuje pracovní schopnosti lidí. Pojmem lidský faktor se naopak rozumí problematika zabývající se rozhraním člověk-stroj (human engineering). Soustředí se na chování lidí při interakci s přístrojovým vybavením a prostředím a také na velikost a silové schopnosti lidí vzhledem k navrženému produktu a vybavení. Důraz je často kladen na snížení pravděpodobnosti vzniku chyb (human error). Dobře navržená práce, vybavení a pracoviště vede ke zlepšení produktivity, bezpečnosti, zdraví a zvýšené spokojenosti zaměstnanců. Tohoto se dosáhne odstraněním nenutného fyzického zatížení z práce nebo snížením rozumových nároků (např. vylepšením způsobu jak jsou informace předávány mezi lidmi nebo mezi člověkem a strojem). [11]

- Zaměstnanci v závislosti na pracovním prostředí, ve kterém působí, by měli dostávat odpovídající školení základních ergonomických principů.
- Zaměstnanci, jejichž činnost ovlivňuje pracovní prostředí (konstruktéři, technologové, vedoucí, pracovní lékaři, ergonomové, BOZP technici,...) by měli dostávat podrobné školení úměrné jejich činnosti.
- Nově navržené nebo modifikované pracoviště, proces a vybavení by měla splňovat ustanovená direktiva ergonomie a lidského faktoru.
- Mělo by probíhat kontinuální vylepšování procesů, pracovišť a vybavení vedoucí ke snižování únavy, lidských chyb a rizika poranění pracovníků a poškození svalového kosterního systému.
- Příslušný pracovníci z výroby by měli být zapojeni do plánování a zavádění změn na jejich pracovišti.
- U každé zprávy/hlášení o zranění a onemocnění související s prací by měla následovat analýza příčin a pracoviště proces nebo vybavení by mělo být příslušně modifikováno.

Ergonomie se typicky rozděluje do tří úrovní v závislosti na přístupu – reaktivní, proaktivní nebo strategický. Typicky počáteční úroveň je reaktivní přístup, kdy k zakročení dochází až po objevení problému (např. poškození svalového kosterního systému pracovníka). Proaktivní přístup má snahu předejít problémům pomocí systému aplikace ergonomických principů a ergonomických analýz během vývoje produktů, pracovišť a prostorů výroby. Může se zdát, že proaktivní a reaktivní přístup jsou vzájemně odděleny, ale správně by měly oba přístupy spolupracovat a v proaktivních metodách využít minulých reaktivních studií a zkušeností. Řada společností označuje jejich ergonomický program za ergonomický proces, kdy procesem se míní série systematicky plánovaných akcí, které vedou ke změnám nebo vývoji ergonomických produktů, pracovišť. [11]

Tok ergonomického procesu je následující:

1. Stanovit - určit problematiku, klíčové postavy,
2. Měřit - revize systému dat a vyšetření práce,
3. Analyzovat - aplikovat ergonomické nástroje, analýzy (manipulace s břemeny), zhodnotit navržené řešení z hlediska efektivnosti a dalších otázek,
4. Zlepšit - zdůvodnit, vybrat nejlepší variantu, podat zprávu,
5. Řídit - vyvinout plán zavedení změny a zavést,
6. Hodnotit - zhodnotit, pohovor se zaměstnanci, dokončení dokumentace,
7. Potvrdit - pohovor se zaměstnanci po zavedení, monitorování.

Odhad ergonomických rizik budoucího pracoviště je náročný úkol. Často je k dispozici jen málo dat a nové technologie a metody mohou složitost ještě zvýšit. Naštěstí řada navrhovaných operací je podobná současné výrobě, lze pozorovat existující proces u podobné práce. Pozorování, provedení a analyzování podobné práce poskytne vodítka jak navrhnout proces nového pracoviště. Po nalezení podobné práce se lze soustředit na podobnost činností např. manipulace s břemeny, práce u stroje, montáž/demontáž, zpracování informací. Prvním krokem ergonomické analýzy bývá rozdělení práce na elementární operace, podle kterých se vyberou příslušné nástroje pro odhad ergonomických rizik. [11]

1.8.1 Ergonomie pracovního místa

Ergonomie pracovního místa je spjata s pracovním prostředím a potřebami pracovníka, který zde vykonává danou práci. Pokud zvažujeme úpravy a uspořádání pracovního místa musíme se vždy zaměřit nejen na předměty tvořící vybavení pracoviště, ale především na individuální fyzické a duševní vlastnosti pracovníka.

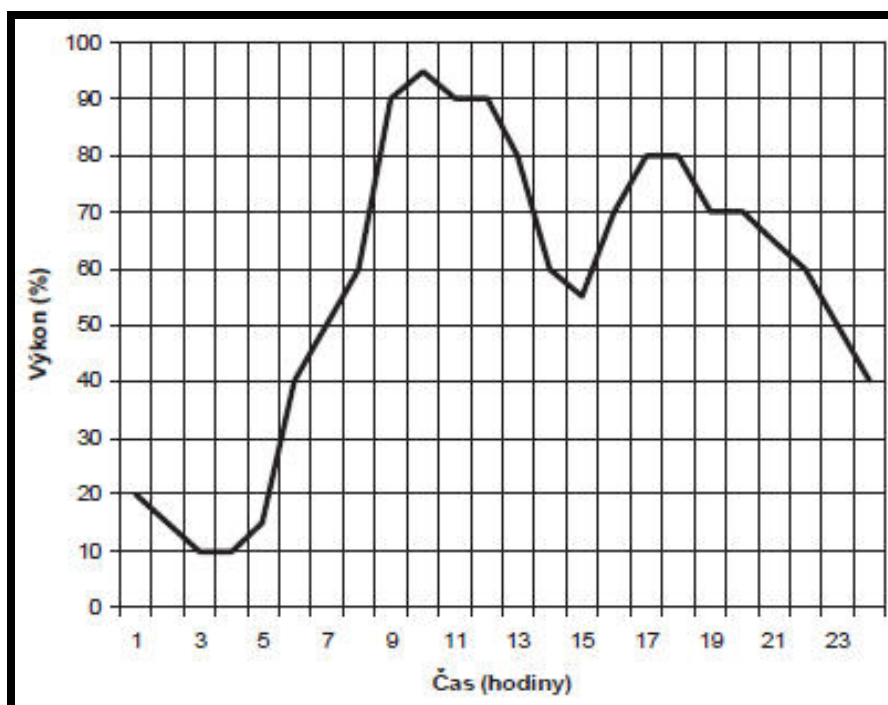
Vyrovnanost a výkon pracovníka na pracovišti ovlivňují:

- pracovní prostor (jeho velikost a uspořádání),
- doba, po kterou je práce vykonávána,
- vybavení pracoviště (pracovní stůl, sedadlo atd.),
- druh práce (fyzická, psychická, senzorická a jejich kombinace),
- pracovní poloha a pohyby,
- fyziologické vlastnosti (věk, pohlaví, tělesné rozměry, hmotnost atd.).

Pokud chceme vytvořit vhodné pracovní místo, důležitou zásadou je odstranit všechny rušivé a škodlivé vlivy, tak aby byly vytvořeny splňující pracovní podmínky. Při hodnocení pracovního systému se zejména snažíme zjistit příčiny/nedostatky, které mohou být důsledkem právě těchto nedostatků, jako jsou pocity nespokojenosti, diskomfortu, přetížení pohybového aparátu, příznaky svalové únavy, zrakové zatížení atd. Tyto skutečnosti můžeme zjistit například při rozhovoru s pracovníkem, při pravidelných meetingách. Pokud dokážeme vhodně tyto připomínky pracovníků aplikovat, zvýšíme tím výkon pracovníků a zlepšíme jejich pohodlí na pracovišti. Vedení firem proto v poslední době této problematice věnuje zvýšenou pozornost. Zabezpečení pracoviště z hlediska ergonomického se s úspěchem aplikuje jak ve velkých, tak i ve středních a v malých firmách. [12]

1.8.2 Pracovní výkon a pracovní zátěž člověka

Pracovní zátěž znamená souhrn vnějších podmínek a požadavků v daném pracovním systému, které ovlivňují fyziologický a psychický stav člověka. Každá práce představuje pro organismus člověka určitou zátěž. Velikost tohoto zatížení závisí na připravenosti a schopnosti pracovníka pro zadaný úkol, na charakteru samotného úkolu a při podmínkách při nichž jeho plnění probíhá. Při nadměrné pracovní zátěži se zhoršuje nejenom pracovní nasazení ale i psychika člověka. Stres znamená vnitřní odezvu pracovníka na pracovní zátěž, v souvislosti na jeho individuálních vlastnostech (např. pohlaví, věku schopnostech, atd.). Psychická zátěž není objektivně měřitelná v definovaných jednotkách, jako je tomu u fyzické zátěže. Je však notně závislá na osobních vlastnostech jedince. Člověk a jeho připravenost není v průběhu dne stálá, ale mění se. Člověk podává nejvyšší výkon ráno a postupně klesá v průběhu dne (v noci klesá na minimum). Zatěžovat tedy člověka příliš namáhavou prací v pozdějších odpoledních hodinách není vhodné, pokud se ovšem nejedná o směnový provoz. Na obrázku je vidět, že mentální výkonnost člověka (obr. 1.14) v průběhu dne kolísá. [12]

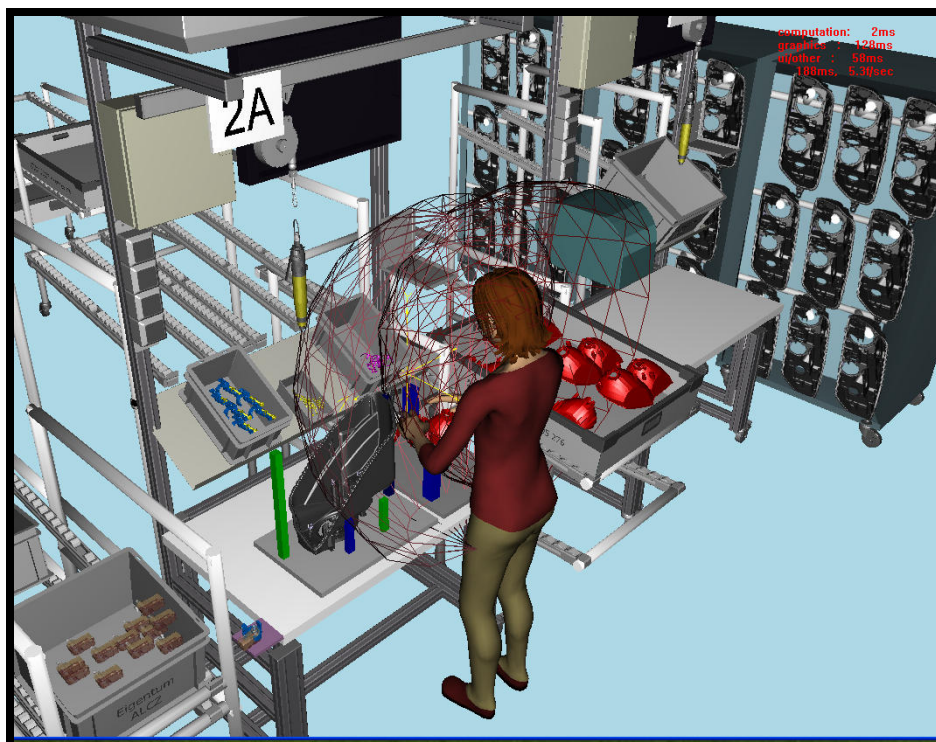


Obr. 1.14 Mentální výkonnost člověka v průběhu dne. [12]

1.8.3 Simulační software Technomatix

Záměrem tohoto příspěvku je představit možnost, jak optimálně řešit pracoviště a pracovní procesy v průmyslové výrobě, tak aby byly nejen vysoce produktivní, ale také příznivé k pracovníkům, kteří v něm pracují. Představen je postup návrhu ergonomicky laděného pracovního prostředí/procesu (obr. 1.15) za pomoci simulačního softwaru Technomatix Jack. K řešení ergonomických otázek na pracovišti je použit digitální biomechanicky přesný model člověka s přirozenými pohyby, rozsahy kloubů a reálnými vlastnostmi (model vychází ze studií NASA). Tento digitální člověk je umístěn do virtuálního pracovního prostředí, je mu přiřazen pracovní úkol a poté se analyzují jeho výkony. Zjištěno je, co vidí, kam dosáhne, jak pohodlně se cítí, kdy a proč mu hrozí nebezpečí poranění a bolesti, kdy se unaví a mnoho dalších důležitých ergonomických informací. Do neživého digitálního 3D CAD modelu jsou zapracovány specifické lidské vlastnosti a požadavky. Výsledkem pak bude rychlejší vývoj a nižší náklady (digitální model x prototyp) a především vyšší kvalita realizovaného řešení, vyšší produktivita práce a v neposlední řadě komfort, zdravý pracovník a jeho bezpečnost.

Je zřejmé, že každé pracoviště, nebo obecně dílo, ve kterém bude působit lidský jedinec (např. montážní linka, předmontážní pracoviště) musí brát v úvahu limity a variabilitu osob v populaci co se týče jejich rozměrů (anthropometrie), sil, schopností apod. Řada výrobců z různých odvětví průmyslu se dnes setkává s problémem, že lidský faktor není v návrhu konstrukce, technologie výroby, montáže, ale ani v servisu a údržbě dostatečně včas a důkladně zahrnut. Vedle konkurenceschopnosti a spokojenosti zákazníka (nebo pracovníka) má toto zásadní vliv i na bezpečnost práce, výrobní čas, výslednou kvalitu a na celkové náklady vývoje a výroby. Jak ale zahrnout tento lidský faktor do návrhu dostatečně včas a dostatečně důkladně? Velmi výhodnou a v poslední době stále více užívanou metodou je počítačová simulace pracoviště a pracovního procesu v digitálním prostředí. Pomocí simulace je možné vyhnout se chybám a velice nákladným změnám. [14]



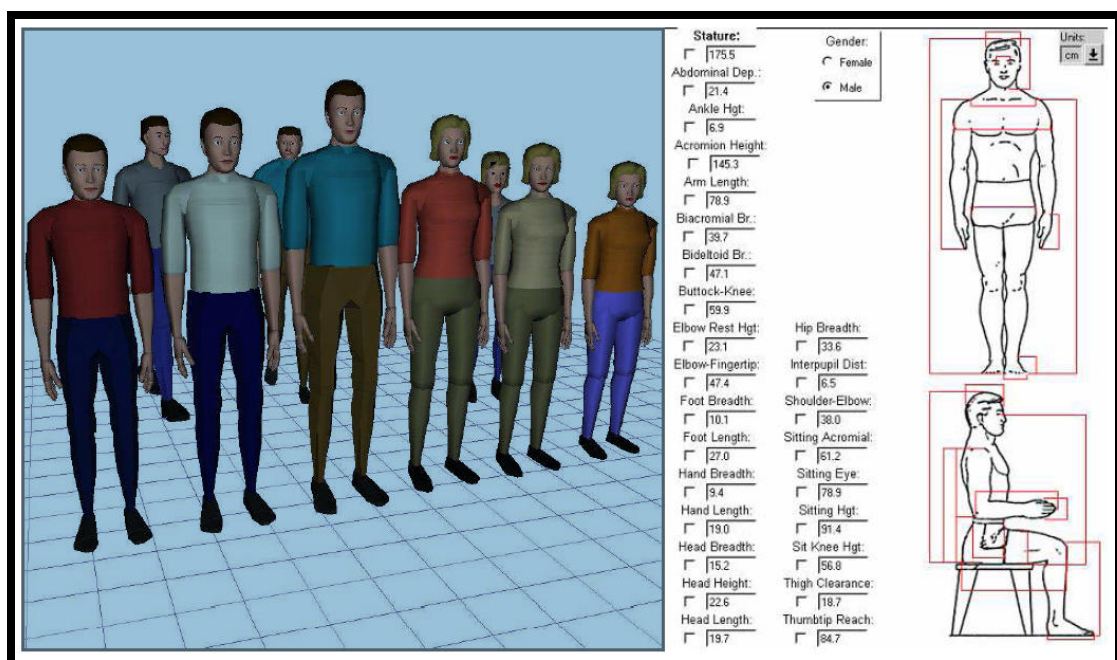
Obr. 1.15 Pracovní prostředí v software Technomatix Jack. [16]

1.8.3.1 Ergonomický nástroj Jack

Software Technomatix Jack nám umožňuje podrobné ergonomické analýzy a simulace budoucích pracovišť a operací, nebo i optimalizaci stávajícího pracoviště. Jack je komplexní nástroj pro zkoumání lidského chování a ergonomie. Umožňuje uživateli umístit do pracovního prostředí biomechanicky přesný digitální model člověka - různé velikosti, váhy a pohlaví, stáří, přiřadit mu nějaký úkol a poté analyzovat jeho pracovní dosahy. Jack (Jill) pak ukáže technologovi, konstruktérovi nebo průmyslovému inženýrovi kam dosáhne, jak se bude v prostředí chovat, jak pohodlně se v něm cítí, co vidí, ale i kdy mu hrozí nebezpečí poranění, kdy se unaví a mnoho dalších důležitých informací. Výkony Jacka jsou porovnávány s normami a doporučeními vyplývajícími z legislativy a rozsáhlých ergonomických studií. Tím lze ověřit a postarat se o bezpečnost pracovníka, tak i zaměstnavatele. Model pracovního prostředí se vytvoří buď přímo v Jackovi, nebo se geometrie importuje z běžných CADů. [14]

1.8.3.2 Rozměry postavy pracovníka

Pokud navrhujeme správný ergonomický návrh, tak bychom neměli upřednostňovat jen průměrného člověka. Je nutné respektovat větší a menší postavy. V Jackovi lze zadat libovolně vysokou postavu, tak aby reprezentovala libovolnou osobu z cílové skupiny populace. Pomocí vestavěné databáze vytvořené z populačních průzkumů se velmi snadno generují rozměry postav (obr. 1.16) na základě váhy, výšky, nebo percentilu populace. [14]



Obr. 1.16 Rozměry postavy člověka. [14]

1.8.3.3 Nastavení pracovníka do pracovní pozice

Modely člověka v Jackovi ukazují reálné biomechanické vlastnosti s přirozeným pohybem a rozsahem kloubů. Skládá se ze 71 segmentů a 69 kloubů - z nichž některé mají více os a více stupňů volnosti, celkem 135 stupňů volnosti. Díky manipulaci s těmito jednotlivými klouby nebo manipulací s celky (jako paže, prst, ruka noha atd.) inverzní kinematikou, můžeme nastavit postavu do žádané výchozí pracovní pozice. Eventuálně je možno použít již předpřipravené knihovny s 30 základními „startovními“ pracovními polohami. [14]

1.8.3.4 Simulace pracovního úkolu

Následuje simulace pracovního úkolu (obr. 1.17). Studii v Jackovi je možno zpracovat buď staticky (bez modelování celého pohybu), nebo dynamicky (vytvoří se animace pracovního úkolu v reálném čase). Animace se dá vytvořit nejen pomocí velmi výkonných simulačních nástrojů, ale také se dá pořídit z pohybu skutečného člověka použitím nástrojů virtuální reality. S kybernetickými rukavicemi, virtuálními brýlemi a dalšími pomůckami se technolog, konstruktér, průmyslový inženýr, nebo i zákazník může pak přímo stát virtuálním Jackem a analyzovat své pohyby v budoucím prostředí a eliminovat zbytečné a nebezpečné pohyby. [14]



Obr. 1.17 Montáž automobilů ve virtuální realitě v Tecnomatix Jack. [14]

1.8.3.5 Ergonomická analýza pracoviště a pracovního procesu

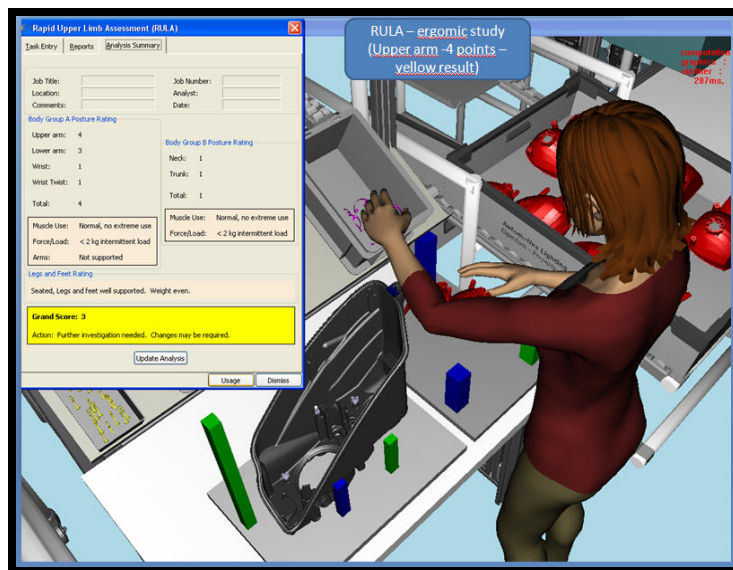
Po vytvoření simulace pracovních úkolů v digitálním prostředí nastává ta nejdůležitější fáze a to vlastní ergonomická analýza. Jack nám ukáže, jak si pracovník bude vést na simulovaném pracovišti. Zjistí se, jak budou pracovníci vykonávat daný úkol, analyzuje se nebezpečí zranění, potřebné síly, dosahy, výhled, úchopy, únava, časový sled operací, posloupnost práce, optimalizuje se rozmístění nástrojů a strojů na pracovišti, ověří se montovatelnost dílů a řada dalších faktorů. Výsledkem je pracoviště, které zohledňuje schopnosti a potřeby pracovníka a vede k efektivnější, produktivnější a bezpečnější výrobě s méně pracovními úrazy. Pomocí analýz zahrnutých v Jackovi se zhodnotí, zda zatížení pracovníka nepřesáhne návrhové doporučení průmyslových standardů a norem a zda pracovníkovi nehrozí nebezpečí poranění, zvýšená nemocnost a únava. Simulací pracovního procesu a následným správným řešením pracoviště lze

předejít zvýšené absenci v důsledku zdravotních potíží, a s tím souvisejících nákladů na rekvalifikace a také případné placení kompenzací pro poškozené zaměstnance. [14]

Jedním z nástrojů je **Low back Compression Analysis**, která pro danou operaci vypočte zatížení v bederní části zad. Stanoví se tak, na které pasáže práce je nutné dát především pozor a které vyžadují ergonomické modifikace. Aplikuje se poměrně složitý biomechanický model páteře a svalů trupu, který obsahuje nejposlednější anatomická a fyziologická data. [14]

Další ergonomické nástroje zahrnuté v Jackovi jsou:

- **Static Strength Prediction** (výpočet sil a momentů v částech těla a jejich porovnání s maximálními silovými schopnostmi populace – zjištění procenta pracovní populace, která má dostatečné fyzické schopnosti vykonat daný úkol),
- **OWAS** (rychlé posouzení ekonomičnosti pracovní polohy),
- **RULA** (zhodnocení pracovní polohy) - (obr. 1.18),
- **Manual Material Handling Limit** (limity pro manipulaci s břemeny- zdvihání, tlačení, táhnutí, nošení, pokládání),
- **Fatigue Analysis** (výpočet odpočinkových prací při práci). [17]



Obr. 1.18 Analýza RULA Škoda Octavia. [16]

1.8.3.6 RULA – Rapid Upper Limb Assessment

RULA se zabývá hodnocením zatížení pracovníka v dané poloze. Nejčastěji se používá pro hodnocení prací s intenzivním použitím rukou jako je montáž u pracovního stolu/linky. Nástroj neudává konkrétní doporučení jak práci předělat, je navržen pro snadné a rychlé vyšetření pracovní polohy a ukazuje, jestli bude nutné použít další podrobné analýzy pro vyhodnocení práce. Hodnotící čísla pro jednotlivé části těla lze nicméně použít pro porovnání několika různých poloh těla a nastavovat tak pracovní prostředí pro neoptimálnější polohu. Na základě postavení, natočení kloubů, užití svalů, váhy, trvání úkolu a frekvence se posoudí, zda pracovníci nejsou vystaveni vyššímu riziku svalového poškození. Vyhodnocuje se rizikový faktor v rozmezí 1-7. Dle hodnotícího čísla se určí, zda pracovní poloha je ergonomicky vyhovující, nebo je nezbytné pracovní úkon modifikovat.

Hodnotící faktor:

- 1-2 ukazuje, že držení těla je vyhovující (nejedná-li se o příliš dlouhou pravidelně se opakující dobu,

- 3-4 ukazuje, že je potřeba učinit další analýzy a patrně bude třeba provést změny,
- 5-6 ukazuje, že je třeba udělat další analýzy a změny jsou požadovány brzo,
- 7 znamená, že další analýzy a změny jsou nutné neprodleně.

RULA posuzuje zatížení v pracovní poloze pro určitý okamžik v průběhu práce. Pro analýzu se proto vybere minimálně jedna nejhorší pozice v procesu. Činitel výběru nejhorší polohy může být například doba držení polohy těla, nebo natočení částí těla.

Nástroj RULA lze použít pro výrobní operace s větší opakovatelností v průběhu směny. Určí se, zda je pozice držena déle než 1 minutu, nebo zda se opakuje víc než 4x za minutu a určí se, zda se zatížení objeví občas, nebo je statické, nebo se pravidelně opakuje. [18]

Hledání nejvhodnější výšky pracovní roviny a uspořádání pracoviště (obr. 1.19):



Obr. 1.19 Uplatnění metody RULA. Vlevo před úpravou, vpravo po úpravě pracoviště. [18]

1.9 PlantSimulation

PlantSimulation je softwarový nástroj pro modelování simulací a optimalizací logistických toků, výroby, montáže, dodávek dílů a dopravy. PlantSimulation vytváří dynamický počítačový model pomocí kterého lze poznávat vlastnosti a chování reálného procesu v nejrůznějších situacích a optimalizovat tím jeho výkonnost, přičemž nezáleží, zda se jedná o proces fungující nebo připravovaný.

PlantSimulation je softwarový nástroj pro:

- Vytváření digitálního modelu logistického systému (např. výroby) velice blízko realitě,
- Simulace různých variant řešení podle scénářů: „Co nastane když“,
- Vyhodnocení pomocí analytických, statistických a grafický nástrojů,
- Vizualizaci, animaci návrhu a variantních řešení,
- Optimalizace výkonu systému, tzn. eliminaci úzkých míst při zachování nízkých nákladů,
- Usnadnění a opodstatnění strategických rozhodnutí již ve fázi úvah o změně systém,
- Denní plánování výroby s cílem optimalizace využití zdrojů při změnách vstupů. [19]

Kromě výhod přináší simulace jednu zásadní nevýhodu, musíme zajistit **100% reálná data**, protože pokud budeme provádět simulace s modelem se špatnými daty, pak jsou výsledky experimentů bezcenné a zkreslující.

Vytvoření modelu přináší i vedlejší efekt a to je standardizace dat, bez které nemůže celý projekt existovat. Navíc jsme nuceni udržovat tyto informace v aktuálním stavu.

Celkově tímto projektem získáme nový standard pro data, která nejsou standardizována, standardy obsahují reálná data, nacházíme optimální hladiny ve skladech, získáváme podklady pro strategické rozhodování, testování několika variant bude rychlejší a zvýšíme bezpečnost. [19]

1.10 Poka-yoke

Poka-yoke je japonský termín znamenající „odolnost vůči chybám“. Za poka-yoke je možné pokládat jakékoli opatření, které pracovníkovi poskytne možnost vyhnout se (yokeru) chybám (poka). U zrodu uvedené techniky stál Japonský inženýr Shigeo Shingo. Poka-yoke může být implementováno v jakémkoliv kroku výrobního procesu, kde by mohlo dojít ke vzniku vadného výrobku nebo chybě. Shingo rozlišoval tři typy poka-yoke:

1. Kontaktní přístup identifikující vadné výrobky prostřednictvím testování jejich rozměru barvy, tvaru,
2. Přístup stálého počtu varuje pracovníka v případě, že není realizován určitý počet pohybů,
3. Sekvenční přístup určuje, zda následovaly stanovené fáze výrobního procesu. [8]

Metoda poka-yoke se začala prosazovat s tím, že může převzetím opakovaných úkonů nebo kroků závisajících na pozornosti nebo paměti uvolnit pracovníkův čas a myšlení ke tvořivějším činnostem. Jestliže chce být společnost konkurence schopná, musí přijmout nejen filozofii, ale i praxi produkování nuly vadných výrobků. Metoda poka-yoke je jednoduchým návodem pro dosažení tohoto

cíle. Téměř všem chybám lze předejít. Je nutno identifikovat kdy, kde a proč vznikají a následně přijmout rozhodnutí, vhodný způsob jak jim předcházet.

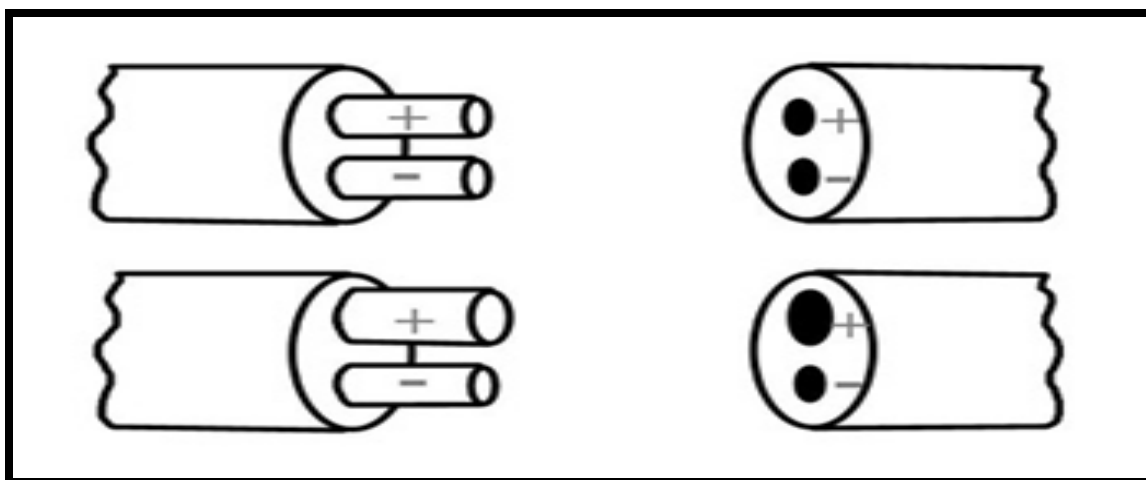
Mezi nejčastější chyby způsobené pracovníky patří zapomnětlivost, chyby způsobené nedorozuměním, chyby v identifikaci, chyby prováděné amatéry, úmyslné chyby, chyby způsobené neexistencí standardů, chyby z překvapení. Existují různé druhy vad, podle pořadí důležitosti to jsou vynechaná montážní operace, vadná montáž, nesprávné zakládání kusu, chybějící díly, špatné díly, zpracování špatného kusu, nesprávné provedení operace.

Za vadu je považována každá odchylka od předepsaného technologického (pracovního) postupu, konstrukčních (výkresových) požadavků nebo sebemenší odchylka od správné funkce výrobku. Lidské chyby jsou obvykle neúmyslné. Prostředky poka-yoke zabrání vzniku vady, i když k těmto chybám dojde. To znamená, napomáhají zabudovat jakost do procesů. Vada existuje v jednom ze dvou stavů - mohla by nastat (predikce), již nastala (detekce). Poka-yoke má tři základní funkce – vypnutí, kontrola, varování.

Jednotlivé typy prostředků poka-yoke dělíme podle jejich funkce nastavení na kontrola zajišťující chyby, 100% kontrola dílu pomocí snímacího prvku, okamžité kroky k zastavení operace.

Mechanické prostředky, které jsou navrženy pro předcházení vadě přímo v místě vzniku, jsou nejefektivnější. Prostředky pro zachycení vady a okamžité zastavení činnosti patří mezi cenné součásti procesu snižování vad. Cílem těchto prostředků není odstranění určitých pracovních dovedností. Pro úspěšné použití nástroje poka-yoke je nutný pracovník, který musí vhodně reagovat. Jsou-li zaměstnanci motivováni a zainteresováni na zlepšování výrobku nebo procesu mohou tyto prostředky výrazně snížit počet chyb a tudíž lze také považovat za metodu poka-yoke. Pro zjišťování chyb a vad se dá použít široká paleta prostředků. Detektory použité pro poka-yoke se dají rozdělit na ty, které se zkoušeného dílu dotknou (kontaktní) a na ty, které se dílu nedotknou (bezkontaktní). Systémy poka-yoke tvoří jednoduchý a robustní nástroj pro 100% kontrolu parametrů komponentů vstupujících do výrobního procesu. Detekují neshodné komponenty, vady komponentů a vytváří rychlou zpětnou vazbu tak, že protiopatření mohou být provedena okamžitě. Zařízení poka-yoke, v případě

zjištění neshody, nespustí výrobní operaci, případně vypne zařízení a upozorní obsluhu. Rozpozná abnormalitu výrobku, rozdíly vzhledem k určené hodnotě nebo vynechanou výrobní operací. Aplikací poka-yoke (obr. 1.20) prostředků je snížena vnitropodniková zmetkovitost a počet možných reklamací zákazníka. [20]



Obr. 1.20 Příklad poka-yoke. [21]

1.11 Ekonomické zhodnocení

1.11.1 Nákladová návratnost

Porovnání jednotlivých variant je možno vypracovat s použitím nákladové návratnosti. Návratnost vyjadřuje vložené jednorázové prostředky ve vztahu k dosaženým úsporám. [1]

Vztah je vyjádřen rovnicí:

$$T_{\dot{u}} = \frac{I_i - I_s}{N_s - N_i} \text{ [rok]} \quad (1.2)$$

kde: I_i ...investiční náklady i-té varianty [Kč],

I_s ...investiční náklady porovnávací základny [Kč],

N_i ...roční náklady provozu i-té varianty [Kč/rok],

N_s ... roční náklady provozu současného stavu [Kč/rok].

Pokud převrátíme hodnotu nákladové návratnosti lze získat koeficient ekonomické efektivity. Koeficient ukazuje, kolik Kč z úspor přinese 1 Kč nákladů. Investice je výhodnější, čím je koeficient vyšší. [1]

$$k_{ef} = \frac{1}{T_{\dot{u}}} = \frac{i_s - i_i}{N_s - N_i} \quad [-] \quad (1.3)$$

1.11.2 Ekonomické srovnání variant

Porovnání jednotlivých variant se provádí podle jejich fixních a variabilních nákladu dle rovnice:

$$I_B - I_A = (N_A \cdot Q - N_B \cdot Q) \cdot T_Z \quad (1.4)$$

kde: I_A, I_B ... fixní investiční náklady [Kč],
 N_A, N_B ... roční náklady na výrobu [Kč],
 Q ... množství výrobku [ks/rok],
 T_Z ... doba životnosti [rok].

Jestliže je hodnota na levé straně rovnice větší jak na pravé, je výhodnější varianta s nižšími náklady na investice a vyššími ročními provozními náklady. [1]

1.12 Výběr optimální varianty

Zadaný projekt by měl obsahovat několik možných variant řešení. Varianty se nezpracovávají detailně, slouží nám jen jako základ pro rozhodovací proces a výběr optimální varianty. Rozpracovány jsou jen v hrubém návrhu hlavních vztahů a orientačních řešení. K volbě optimální varianty se přistupuje s nezaujatostí a s rovnocenným stanoviskem ke všem návrhům. [1]

Výběr konečné a optimální varianty je následkem objektivního hodnocení navrhovaných řešení podle určených kritérií. U technologického projektu se nejčastěji používají kritéria:

- technologická
 - výrobnost stroje, linky,
 - parametry stroje, linky, výrobního systému,
 - výkonové využití strojů,
 - přizpůsobení se při změně výroby,
- ekonomická
 - investiční náklady,
 - provozní náklady,
 - doba realizace,
 - velikost zisku nebo úspor,
- organizační
 - ergonomická hlediska a pracovní prostředí,
 - velikost výrobních ploch,
 - počet operátorů,
 - průběžná doba výroby. [3]

Optimální variantu můžeme zvolit s použitím metody klasifikační nebo bodovací po hodnocení všech variant dle stanovených kritérií. Pokud mají všechna kritéria stejnou důležitost, využívá se metoda bodovací. Variantám se postupně přiřazují body na základě splnění kritérií. Varianta s nejvyšším bodovým ohodnocením se zvolí jako optimální. Jestliže kritéria nemají při řešení stejnou důležitost, používá se metoda klasifikační (váhové hodnocení). U jednotlivých kritérií se přiřazuje váha, kterou se vynásobí bodové hodnocení. [1]

2 SPOLEČNOST AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O., JIHLAVA

Svoji diplomovou práci jsem zpracoval ve výrobním podniku:
Automotive Lighting s.r.o., Pávov 113, 586 01 Jihlava, Česká republika
IČO: 25133152, DIČ: CZ25133152
Spisová značka: 36062 C, Krajský soud v Brně.

2.1 Historie společnosti

První světlomety společnost vyrobila na podzim roku 1997 ještě jako firma Bosch. Původním sídlem byly pronajaté prostory Alfatex v Jihlavě. V České republice Automotive Lighting s.r.o. (obr 2.1) existuje od 1. května 1999, kdy vznikla jako joint venture německé firmy Robert Bosch GmbH a italské společnosti Magneti Marelli. Od roku 2003 je jediným vlastníkem společnosti Automotive Lighting společnost Magneti Marelli z koncernu Fiat. V roce 2000 se firma přestěhovala do nových prostor v jihlavské průmyslové zóně Pávov. Původní rozloha budovy byla 31000 m², v roce 2004 firma rozšířila výrobní halu téměř o 6000 m² a v roce 2008 o další prostory. Současná rozloha budovy je cca 40000 m² a je zde zaměstnáno 1470 zaměstnanců. V roce 2005 se firma rozhodla přestěhovat výrobu náhradních dílů do závodu v nedaleké Stříteži (rozloha budovy je zde 5000 m²). [22]



Obr. 2.1 Firma Automotive Lighting s.r.o. Jihlava. [22]

2.2 Zaměření firmy

Hlavním portfoliem výrobků firmy je výroba a vývoj mlhových světel, předních světlometů a emblémů pro sériovou výrobu i pro výrobu náhradních dílů. Nyní se rozjíždí výroba předních světlometů využívající nejmodernější LED technologii. Firma se dělí z hlavní části na část výrobní a předvýrobní, mezi další střediska patří středisko kvality, logistiky, konstrukce, nákupu, financí a technického servisu. Předvýroba je rozdělena do tří středisek, které zajišťují výrobu komponentů pro linky, vyrábí reflektory z duroplastu, termoplastové (APEC, PBT) díly, jako jsou rámečky, ozdobné kroužky a jiné důležité komponenty, které tvoří design světlometu. Dalším důležitým dílcem, který předvýroba v části lakovna vyrábí je krycí sklo světlometu.

Ve výrobní části se nachází 30 montážních linek, většina z nich je koncipována, jako buňkové uspořádání ručních pracovišť s kontrolními automaty jako např. nasvěcovací automat, automat těsnosti, či lepící kuka robot na nanášení lepidla mezi tělesem a krycím sklem světlometu. Firma Automotive Lighting s.r.o. aplikuje systém WCM (WORLD CLASS MANUFACTURING).

2.3 Významní zákazníci

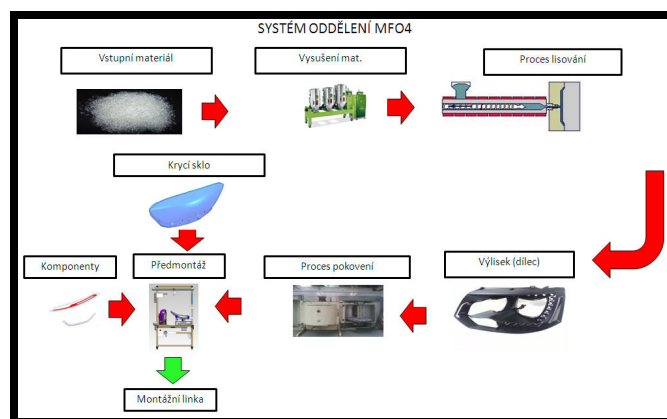
K hlavním odběratelům světlometů patří přední světové automobilové značky, jako je BMW, Mercedes-Benz, Honda, Ford, Renault, Opel koncern VW se značkou Škoda Auto a mnoho dalších (obr. 2.2).



Obr. 2.2 Příklady světlometů u některých značek automobilů. [22]

3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

Diplomový projekt se zabývá optimalizací uspořádání montážních pracovišť na středisku MFO4 (obr. 3.1), které se specializuje na výrobu vzhledových komponentů do předních světlometů. Tyto komponenty jsou z převážné části vstříkovány z materiálů PC (polykarbonát) a PBT (polybutylen-terephthalate). Po vylisování dílce se musí pokovit speciální technologií (naprašování a napařování). Další významnou součástí střediska jsou montážní pracoviště, které kompletují většinou rámeček s předním krycím sklem.



Obr. 3.1 Systém oddělení MFO4.

3.1 Předmontáž

Předmontáž (obr. 3.2) je montážní operace, která se z výhodných důvodů separuje z montážní linky a provádí se na středisku MFO4. Zpravidla zpracovává velké vzhledové dílce a je součástí přímého toku výrobků (lis/předmontáž). Středisko MFO4 vyrábí 184 produktů sestav (obr. 3.3), objem produkce je 7,28 mio sestav za rok.



Obr. 3.2 Příklady použití předmontáží.

3.1.1 Význam předmontáží

1) Logistický

Umístění předmontážních pracovišť na předvýrobu má bezesporu několik výhod. Asi nejvýznamnější je logistická optimalizace kompletního závodu. Dílce jsou na předvýrobě kompletovány a dále se skladují smontované. Na předvýrobních střediscích se většinou vyrábí složité, velké a vzhledové dílce. Je výhodné je na předvýrobě rovnou kompletovat a skladovat je již smontované a přivážet na linku v jednom balení. Při tomto postupu práce odpadá balení a přebalování při výrobě přímého toku výrobků (lis/předmontáž), proto roste i efektivita práce a odpadá logistická manipulace.

2) Kvalitativní

S každou činností, která při koloběhu každého dílce závodem odpadne, klesá jeho zmetkovitost. Zde se snižuje počet vadných výrobků způsobených manipulací, balením, překládáním, transportem (škrábance), uchopováním do rukou (otisky) a skladováním (mlžiny).

3) Vybalancování linek

Předmontáže situované na předvýrobě navíc významně ulehčují montážním linkám, které se dnes staví štíhlé, a aby vyráběly v nízkém taktu a byly flexibilní, co se obsazování lidmi týče. Do předmontáží často vstupují rozměrné dílce, což pro linku znamená velké balení, velký prostor okolo pracoviště nebo malá zásoba dílců na pracovišti. Jedná se také o montáže převážně vzhledových dílců, kde mírná zmetkovitost a drobné nevyvážení složitých činností může narušovat hladký takt linky. Předmontáže mají často rozdílný takt od zbytku činností montážní linky a není možno předmontáž vybalancovat do taktu linky.

3.1.2 Představitelé předmontáží na MFO4

1) ADS sestava

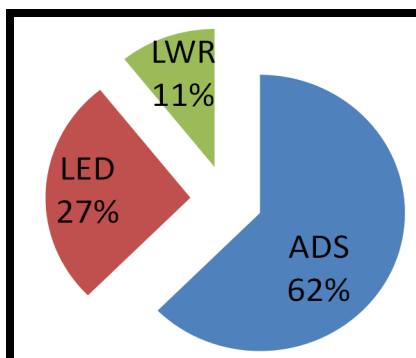
ADS sestava je charakteristická předmontáž pro MFO4 – montáž vzhledových rámečků a komponent, které se na středisku lisují (popřípadě ještě pokovují) do krycího skla. Počet dílců v předmontovaných sestavách se pohybuje od jednoho do šesti ks a montáž se zpravidla provádí ručně s pomocí jednoho až tří operátorů v taktu 40 – 60 s /ks.

2) LED sestava

LED sestava je moderní a rozsáhlá předmontáž, kde se kombinují ruční pracoviště s automaty. Počet komponent v předmontovaných sestavách může být i patnáct. Jde o montáž vzhledových dílců a nevzhledových elektronických komponent. V poslední době se zvyšuje zájem o LED technologie, které postupně vytlačují stávající halogenové světlomety.

3) LWR sestava

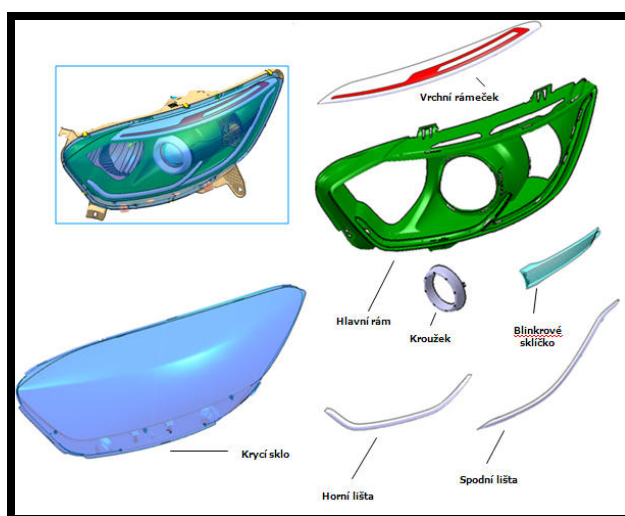
LWR sestava je jednoduchá dvou komponentní předmontáž, která se využívá zejména k dovytížení operátorů u lisů, kde je dlouhý čas cyklu a operátor čeká na výlisek. Montáže většinou zaberou 5 – 20 s /ks. Dále se tyto jednoduché montáže využívají pro zredukování labour losses (neefektivita lidské práce vůči normě), kde montující operátor čeká na přehození nástroje na lisu, na opravení poruchy aj.



Obr. 3.3 Rozdělení předmontáží na středisku MFO4.

3.1.3 Rozpad předmontáže

Sestava předmontáže (obr. 3.4) je složena z komponentu interních a externích. Tyto komponenty operátor sestaví v montážní celek. Základním komponentem předmontáží je krycí sklo vyrobené z polykarbonátu. Další komponentou je hlavní rámeček, který je vyráběn také z polykarbonátu nebo PBT. V neposlední řadě tvoří montážní celek ozdobné kroužky, sklíčka, světlovody, tyto dílce vytváří společně design světlometu.



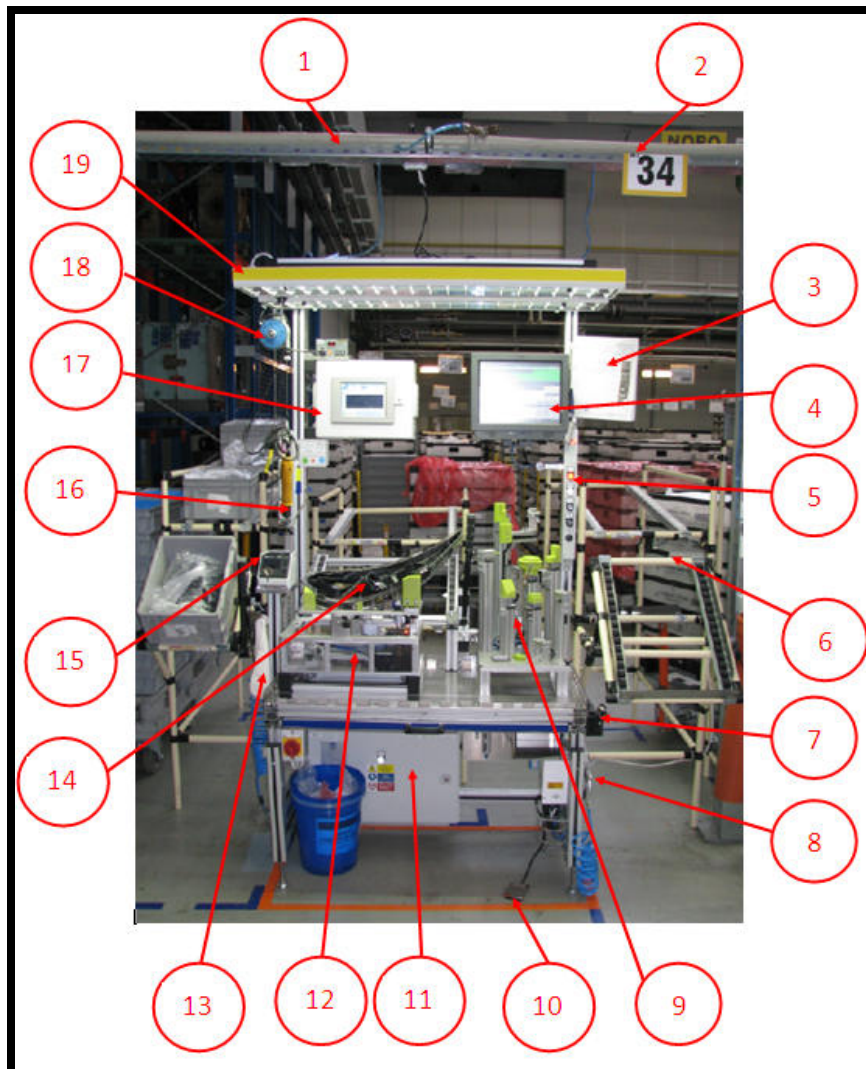
Obr. 3.4 Sestava předmontáže.

3.2 Předmontážní pracoviště

Předmontážní pracoviště (obr. 3.5) slouží operátorovi k sestavení dílců. Výsledná sestava je většinou spojena pomocí šroubových spojů. Jakmile operátor zašroubuje šroub, tak na kontrolním panelu po dosažení utahovacího momentu zhasne kontrolka. [23]

Pracoviště musí být koncipováno tak, aby byly dodrženy veškeré normy, co se týče ergonomie, elektroniky a bezpečnosti práce. Samozřejmostí je, že na předmontážním stole musí být navrženy přípravky pro zakládání dílců ve výhodné poloze pro montáž. Dílce musí jít jednoduše a jednoznačně vložit do přípravku, aniž by bylo nutné hledat správnou polohu a zároveň jednoduše vyjmout. Nesmí docházet k poškození dílců ani při rychlé manipulaci – materiál

pouzder nesmí poškodit vzhledové plochy. Čidlo pro detekci laku musí být schopno detekovat lak na skle levá/ pravá strana bez nutnosti mechanického přeseřízení.



Obr. 3.5 Předmontážní pracoviště.

Vysvětlivky: 1) Rozvod energií (vzduch, elektřina); 2) Číslo pracoviště; 3) Pracovní a kontrolní návodka; 4) Informační systém výroby; 5) Kontrolní zařízení; 6) Spádový regál; 7) Ionizovaný vzduch; 8) Ofukovací pistole; 9) Přípravek na zakládání rámečku; 10) Nožní pedál; 11) Hlavní rozvaděč; 12) Přípravek na zakládání krycího skla a kontroly laku; 13) Ruční vysavač; 14) Předmontážní sestava; 15) Podavač šroubů; 16) Elektrický šroubovák; 17) Řízení kontroly laku; 18) Balancer; 19) LED osvětlení pracoviště

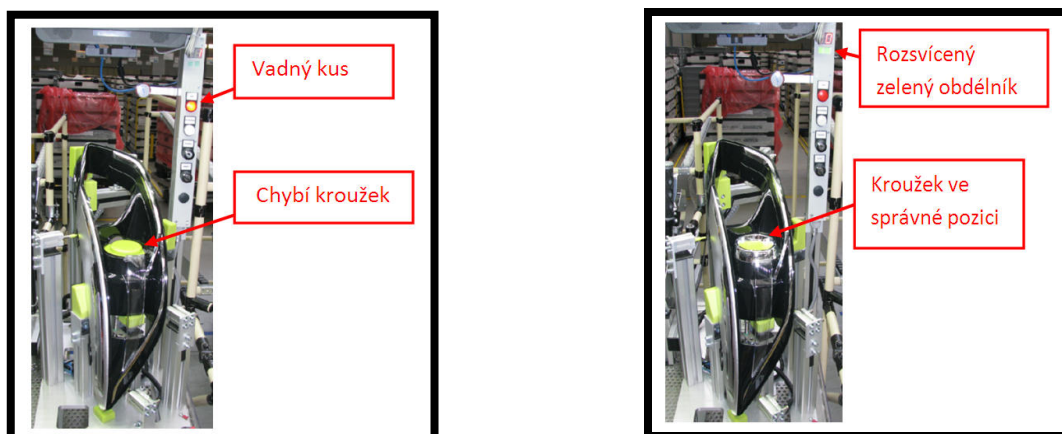
3.2.1 Funkce zařízení

1. Rozvod energií – používá se pro napájení předmontážního stolu a to elektrického šroubováku, ručního vysavače, ionizovaného vzduchu, ofukovací pistole a hlavního rozvaděče.
2. Číslo pracoviště – označuje pracoviště, slouží k identifikaci pracovišť na středisku MFO4.
3. Pracovní a kontrolní návodka – slouží operátorovi k postupu montáže a dodržování standardů.
4. Informační systém výroby – zaznamenává prostoje, slouží operátorovi k objednávání dílců a odvádění hotové výroby.
5. Kontrolní zařízení – zastává funkci poka- yoke.
6. Spádový regál – používá se k doplňování materiálu potřebného pro výrobu.
7. Ionizovaný vzduch – operátor využívá ionizovaný vzduch k ofukování dílců dle pracovní návodky. Základním požadavkem ionizovaného vzduchu je zbavit dílce nečistot a elektrostatického náboje.
8. Ofukovací pistole – slouží k ofukování hotových sestav.
9. Přípravek na zakládání rámečku – slouží operátorovi ke kompletaci dílců a zajišťuje funkci poka- yoke.
10. Nožní ofuk – zajišťuje funkci ionizovaného vzduchu.
11. Hlavní rozvaděč – stará se o celý systém předmontážního stolu (rozvod vzduchu, elektřiny, software).
12. Přípravek na zakládání krycího skla a kontroly laku - slouží operátorovi k zakládání rámečku do krycího skla a zajišťuje funkci poka- yoke (kontrola laku, šroubování).
13. Ruční vysavač – operátor ho využívá při uklízení pracoviště každých 5 minut na konci každé směny.
14. Předmontážní sestava – Je výstupem z předmontážního stolu.

15. Podavač šroubů – slouží jako zásobník šroubů, usnadňuje a urychluje montáž.
16. Elektrický šroubovák – nástroj, který využívá operátor pro vytvoření šroubového spoje rámečku s krycím sklem.
17. Řízení kontroly laku – plní funkci poka–yoke. Pokud není krycí sklo polakováno, není spuštěn chod elektrického šroubováku.
18. Balancer – má funkci navíječe, který usnadňuje pohyb šroubováku při jeho manipulaci.
19. LED osvětlení pracoviště – zajišťuje dle normy dostatečné světelné podmínky na pracovišti.

3.2.2 Význam poka- yoke na předmontážním stole

Metoda poka–yoke na předmontážních stolech slouží k tomu, abychom předcházeli možným vznikům vady. Pokud by se vzniklá vada objevila až na montážních linkách, je to pozdě. Náklady na demontování celého světlometu jsou značně vysoké, než když se rozebere pouze předmontáž. Zaváděním poka–yoke snížíme tedy interní zmetkovitost a eliminujeme možnost zákaznické reklamace.



Obr. 3.6 Metoda poka-yoke a) před zacvaknutím kroužku, b) po zacvaknutí kroužku.

Na obrázku 3.6 a) je vyjádřena situace, kdy operátor nevloží kroužek do správné pozice v rámečku. Na kontrolním zařízení svítí počet dílů, které zde mají být zamontovány (jeden dílec) a červená kontrolka, která signalizuje vadný kus.

Aretace dílce je zajištěna pomocí pneumatických válců, které slouží k tomu, aby operátor nemohl dílce vyjmout, aniž by dokončil celý proces. Obrázek 3.6 b) představuje situaci, kdy operátor vloží kroužek do rámečku. Dojde ke zmáčknutí mechanického čidla a uvolnění pneumatických válců. Kontrolní zařízení signalizuje nula nezamontovaných dílců a svítí zeleně podbarvený obdélník. Je tedy splněn celý proces a dodrženo poka-yoke.

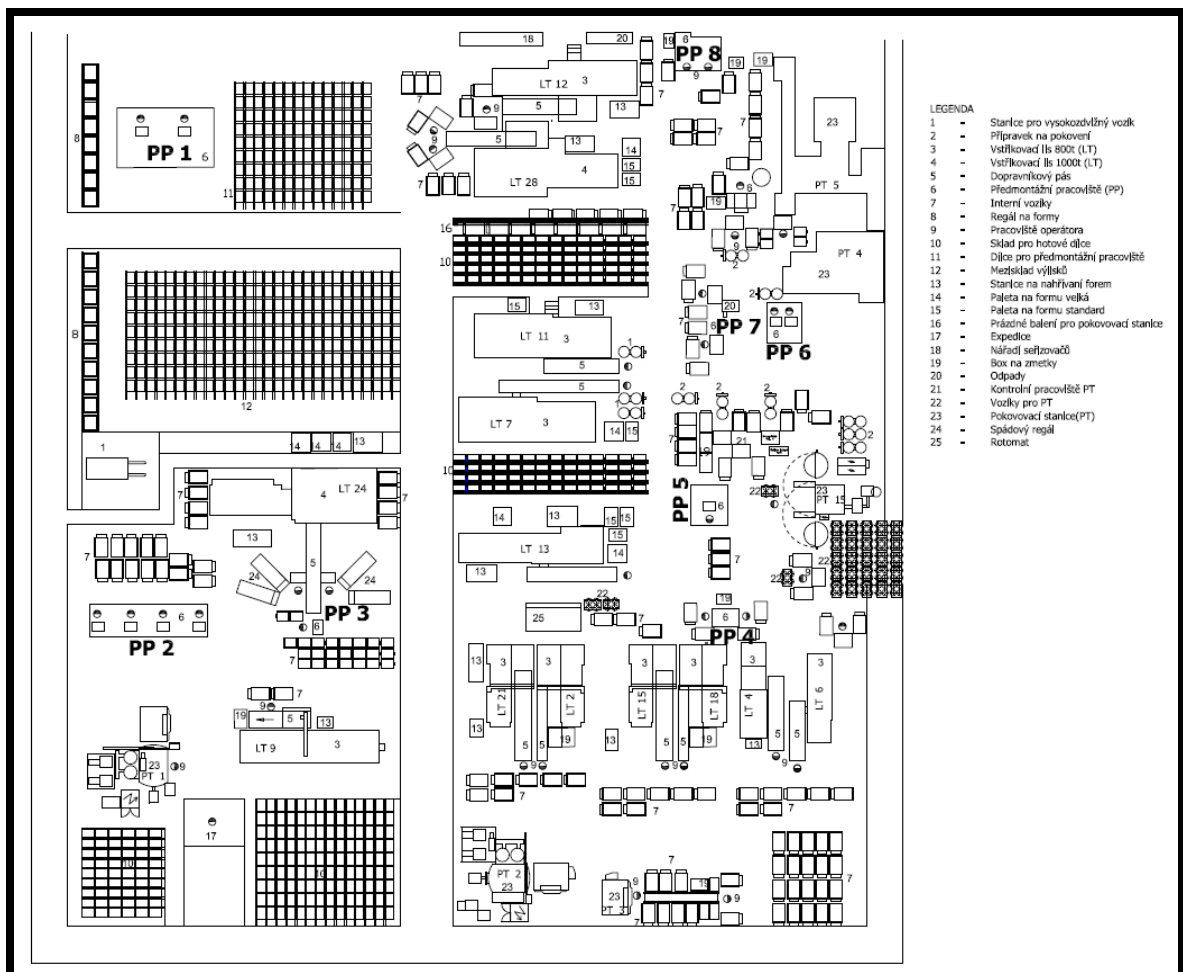


Obr. 3.7 Metoda poka-yoke a) lak nenalezen, b) lak nalezen.

Obrázek 3.7 a) popisuje, kdy operátor vloží krycí sklo do přípravku a senzor kontroly laku vyhodnotí, že na krycím skle není lak. Na obrazovce kontroly laku je křivka podsvícena červeně a neaktivuje se proces šroubování – je splněna podmínka poka–yoke. Na obrázku 3.7 b) je popsána situace, kdy operátor vloží krycí sklo do přípravku a senzor kontroly laku vyhodnotí, že krycí sklo je polakováno – křivka je podsvícena zeleně. Dochází k aktivaci šroubováku a operátor zašroubuje příslušný počet šroubů.

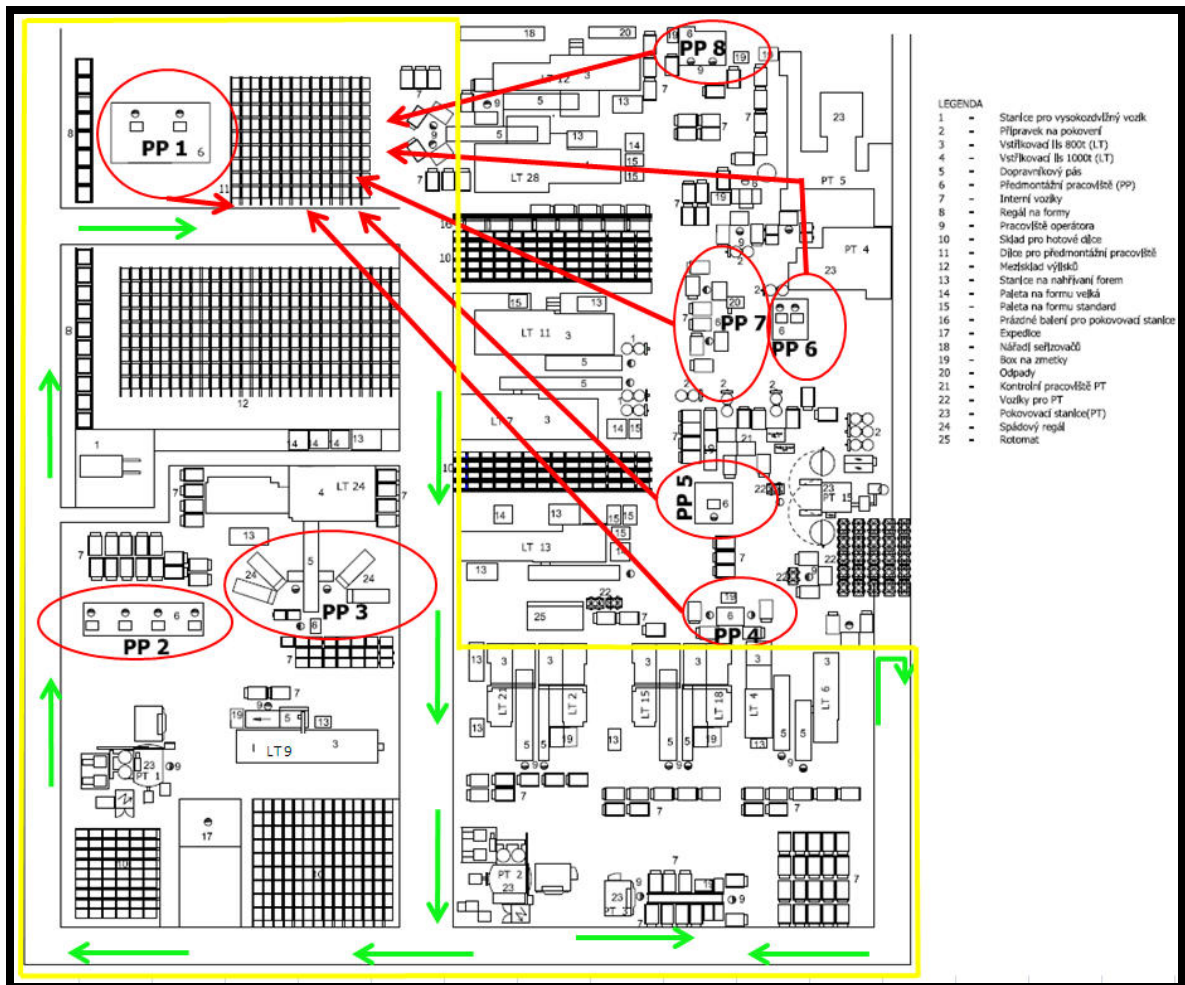
3.3 Znázornění současného stavu

Schematický nákrres současného střediska předvýroby představuje obrázek 3.8. Plochy strojů, zařízení a předmontážních pracovišť byly použity z projektové dokumentace.



Obr. 3.8 Schematické znázornění současného uspořádání oddělení.

Cílem diplomového projektu je optimalizace upořádání předmontážních pracovišť. Mezi hlavní nevýhodu popisovaného projektu patří, že zásobování materiálu do pracovišť zajišťuje sám operátor, nebo navážec, čímž především operátor ztrácí na produktivitě práce. S tím je spojeno, že není nastaven systém zásobování předmontážních pracovišť. Systém zásobování předmontáží je popsán na (obr. 3.9).



Obr. 3.9 Systém zásobování předmontáží.

Předmontážní pracoviště na středisku MFO4 zaujímají volné uspořádání, tudíž jsou v layoutu umístěny zcela náhodně, avšak i u tohoto uspořádání jsou dodrženy určité závislosti. Výjimkou je předmontážní pracoviště PP3 soustředěné u LT24, kdy se jedná o výrobu v přímém toku, tedy lis/předmontáž. Na (obr 3.9) jsou předmontážní pracoviště zakresleny červeně a šipkami je naznačeno, odkud si operátor, případně navážec odebrá vstupní materiál. Místo v layoutu je označeno číslem 11. Jedná se o předmontážní pracoviště PP1, PP4, PP5, PP6, PP7 a PP8. Předmontážní pracoviště PP2 a PP3 jsou zásobovány přímo do pracoviště pomocí zavážecího vřetelce. V obrázku zakreslené zelené šipky ukazují směr, jak se vřetelce pohybují napříč střediskem.

3.4 Analýza současného stavu předmontážních pracovišť metodou NVAA

Současný stav předmontážních pracovišť byl rozebrán metodou NVAA. Nejprve byly vybrány operace pro sledování. Hodnoty do tabulky byly pořízeny natočením videa na kameru a po té sestříhány a rozčleněny na jednotlivé operace. V programu společnosti Automotive Lighting analyzující metodu NVAA byly vyhodnoceny předmontážní pracoviště. Hodnoceno bylo deset pracovních cyklů, které mohly být použity pro rozbor a nebyly nějak ovlivňovány. Natáčení videa bylo pořízeno na všech třech směnách během jedné hodiny, již během natáčení videa bylo možné pozorovat zjevné neproduktivní činnosti, kdy si operátor zajišťoval vstupní materiál k montážním pracovištím. Vzhledem k tomu, že video bylo pořízeno na všech třech směnách, jsou výsledné hodnoty objektivní a možná co nejpřesnější. Při analýze byly rozděleny jednotlivé operace u předmontážních pracovišť na produktivní (VAA), skrytě neproduktivní (SVAA) a zjevně neproduktivní činnosti (NVAA).

Rozdělení činností operátora podle metody NVAA, které se vyskytují u předmontážních pracovišť:

- VAA - zacvaknout ozdobný kroužek do rámečku, zacvaknout rámeček do skla, šroubovat, zacvaknout LWR motor, odložit sestavu do balení,
- SVAA - uchopit dílec, vložit díl do přípravku, nabrat šroubek,
- NVAA - ofouknout dílec, kontrola dílce, odložit sestavu na odkládací plochu, chůze pro vstupní materiál, chůze pro balící jednotku.

Do zjevně neproduktivní činnosti jsou zahrnuty operace ofouknout dílec a kontrola dílce. Za ideálních podmínek, kdy by vstupní dílce byly v 100% kvalitě, tak by při montáži nemuselo docházet k ofouknutí a kontrole dílce. Vzhledem k této skutečnosti jsou obě operace zařazeny do zjevně neproduktivní činnosti, kdy samotnému výrobku přidanou hodnotu nepřinášejí.

Po získání potřebných dat z každé směny je ze všech pracovišť vypočtena průměrná hodnota všech činností. Výsledek je znázorněn pomocí výšečového grafu.

Předmontážní pracoviště		i = Počet pracovních cyklů [s]										\bar{x} [s]	Takt předmontáží [s]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
PP1	NVAA	9,9	9,5	9,2	9,4	9,9	10,3	10,4	10,5	9,8	9,4	9,8	49
	SVAA	22,3	21,8	22,4	21,9	21,9	22,2	22	21,7	22,6	21,9	22,1	
	VAA	16,6	17,9	17,2	16,8	16,6	17,7	16,9	17,9	17,3	17,4	17,2	
PP2	NVAA	11,9	10,4	10,2	11,6	10,9	11,3	10,6	11,9	9,8	10,7	10,9	68
	SVAA	29,9	29,8	29,4	29,9	30,9	29,2	29,4	29,7	30,6	29,9	29,9	
	VAA	27,2	27,9	27,2	26,5	26,6	27,7	26,9	27,1	27,3	27,4	27,2	
PP3	NVAA	6,1	6,5	6,2	6,4	5,9	5,3	5,4	6,5	6,8	5,4	6,1	61
	SVAA	19,5	19,8	18,4	21,9	19,9	19,2	19	19,7	18,6	18,9	19,3	
	VAA	35,4	35,9	35,2	35,8	35,6	34,7	35,3	34,9	34,9	37,1	35,5	
PP4	NVAA	43,6	44,5	43,2	43,4	44,9	42,3	43,4	43,5	43,8	43,4	43,6	67
	SVAA	16,8	16,8	17,4	17,9	16,9	16,2	15,3	16,7	16,6	16,9	16,8	
	VAA	6,7	6,9	5,2	6,8	6,6	6,7	6,3	7,9	6,9	7,1	6,7	
PP5	NVAA	11,1	11,5	11,2	10,4	10,2	11,6	10,9	11,5	11,8	11	11,1	21
	SVAA	3,8	3,8	3,4	3,9	2,9	3,2	3,3	3,7	4,6	4,9	3,8	
	VAA	6,1	6,2	6,4	5,9	5,3	6,1	6,5	6,2	5,9	6,2	6,1	
PP6	NVAA	8,2	8,5	8,2	8,4	7,2	7,6	8,1	8,5	8,8	8	8,2	16
	SVAA	2,4	2,2	2,4	2,9	1,9	1,2	2,3	2,7	2,6	2,9	2,4	
	VAA	5,4	5,2	5,4	5,9	5,3	5,1	5,5	5,2	5,9	5,2	5,4	
PP7	NVAA	43	42,5	43,8	43,4	41,9	42,3	43,1	42,5	42,8	44,4	43,0	100
	SVAA	41	40,8	41,4	40,9	40,4	40,2	41	41,7	41,6	40,9	41,0	
	VAA	16	15,9	15,2	16,8	16,6	15,7	15,3	15,9	16,9	15,5	16,0	
PP8	NVAA	25,6	24,5	25,8	25,4	26,9	25,8	25,7	26,5	25,8	24,4	25,6	61
	SVAA	28,7	28,8	28,4	28,9	29,4	28,1	29,4	28,2	28,6	28,9	28,7	
	VAA	6,7	6,9	6,2	6,8	6,6	7,7	7,3	6,9	5,9	5,5	6,7	

Tab. 3.1 NVAA analýza PP na směně S1.

Předmontážní pracoviště		i = Počet pracovních cyklů [s]										\bar{x} [s]	Takt předmontáží [s]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
PP1	NVAA	9,9	9,5	9,2	9,4	9,9	10,3	10,4	10,5	10,3	9,4	9,9	49
	SVAA	22,3	22	21,7	22	21,6	21,7	22	22,7	21,6	22	22,0	
	VAA	16,2	17,2	17,1	16,9	18,3	17,1	16,9	16,6	17,5	17,2	17,1	
PP2	NVAA	12,1	10,4	10,2	11,6	10,9	11,9	10,1	10,2	9,8	10,7	10,8	68
	SVAA	30,9	29,9	30,9	29,2	30,9	29,2	29,4	29,7	30,6	29,9	30,1	
	VAA	26,5	26,6	27,7	26,3	26,6	27,8	26,9	27,1	26,9	27,1	27,0	
PP3	NVAA	6,4	6,5	5,9	6,4	6,5	6,5	6,1	6,5	6,7	5,2	6,3	61
	SVAA	19,5	19,8	18,4	19,7	18,6	19,9	19	19,7	19,6	18,9	19,3	
	VAA	35,2	35,9	35,2	35,8	34,6	34,7	35,1	35,8	34,9	37,1	35,4	
PP4	NVAA	43,2	42,9	43,2	43,4	44,9	42,3	43,2	44,4	42,6	43,4	43,4	67
	SVAA	16,8	17,9	16,9	16,2	16,9	16,2	16,1	15,3	16,9	16,9	16,6	
	VAA	5,3	6,8	6,6	7,2	6,6	6,7	7,1	7,9	7,9	7,1	6,9	
PP5	NVAA	10,9	10,6	10,2	10,4	10,2	9,9	11,8	11,5	11,8	11,7	10,9	21
	SVAA	3,8	3,8	3,1	3,2	3,3	4,2	4,8	4,3	4,6	4,9	4,0	
	VAA	6,6	6,2	6,4	5,7	5,3	5,8	6,6	5,9	5,9	6,1	6,1	
PP6	NVAA	7,2	8,3	7,6	8,4	8,2	8,5	8,1	7,6	8,1	8	8,0	16
	SVAA	2,4	2,2	2,9	2,9	3,1	2,2	2,7	2,7	2,2	2,9	2,6	
	VAA	4,9	5,2	5,3	5,5	5,2	4,8	5,5	5,2	4,7	5,8	5,2	
PP7	NVAA	42,9	43,5	43,8	43,4	42,3	42,5	43,8	42,7	43,4	43,6	43,2	100
	SVAA	43,2	42,2	41,6	40,9	40,4	40,2	41	40,4	40,2	41	41,1	
	VAA	15,9	15,4	15,2	16,8	16	15,7	15,1	15,3	15,3	15,5	15,6	
PP8	NVAA	25,4	24,5	25,8	26,2	26,1	25,8	24,5	25,6	26,2	25,1	25,9	61
	SVAA	27,8	28,2	27,9	28,9	28,2	28,6	28,4	28,2	28,6	28,9	28,4	
	VAA	7,3	7,3	7,9	6,9	6,2	7,1	6,9	7,9	7,2	6,2	7,1	

Tab. 3.2 NVAA analýza PP na směně S2.

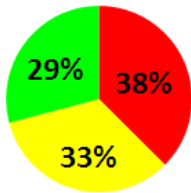
Předmontážní pracoviště		i = Počet pracovních cyklů [s]										\bar{x} [s]	Takt předmontáží [s]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
PP1	NVAA	9,6	9,2	8,9	9,1	9,9	9,9	10,1	10,7	10,7	9,2	9,7	49
	SVAA	22,4	23,3	22,6	22,2	22,1	21,8	22	22,3	21,2	21,7	22,2	
	VAA	17,1	17,1	17,1	16,9	16,6	17,7	16,9	17,2	16,9	17,3	17,1	
PP2	NVAA	10,2	11,2	10,1	10,9	10,9	11,1	10,9	12	9,3	10,3	10,7	68
	SVAA	31,1	29,8	29,7	29,2	30,1	30,2	29,9	29,4	31	29,3	30,0	
	VAA	27,6	27,2	27,7	27,1	26,6	27,7	26,9	27,7	26,9	27,8	27,3	
PP3	NVAA	6,4	6,7	5,2	5,9	6,2	6,3	5,8	5,9	7,1	6,2	6,2	61
	SVAA	18,9	20,4	19,8	19,7	19,1	19,8	18,6	19,1	19,2	18,9	19,4	
	VAA	35,2	34,8	36,2	34,7	34,8	35,3	36,2	34,7	35,2	36,8	35,4	
PP4	NVAA	43,7	45,4	44,2	44,8	43,6	42,8	42,4	42,2	43,8	43,9	43,7	67
	SVAA	17,1	17,2	17,1	16,4	17,2	17,3	16,1	15,2	17,9	15,6	16,7	
	VAA	6,2	5,3	6,8	6,9	5,8	5,9	6,1	7,1	7,2	6,4	6,4	
PP5	NVAA	10,9	10,5	10,3	11,1	11,8	10,2	11,7	12,1	11,1	10,5	11,0	21
	SVAA	4,2	4,2	4,8	4,3	3,7	3,8	4,1	2,7	3,3	3,6	3,9	
	VAA	6,3	7	6,6	5,2	5,7	6,8	6,1	5,3	5,8	6,8	6,2	
PP6	NVAA	7,8	9,3	8,8	7,9	8,7	7,4	7,6	7,2	7,3	8,5	8,1	16
	SVAA	2,4	2,8	2,4	2,8	1,9	3	2,1	2,3	2,9	2	2,5	
	VAA	5,1	5,2	5,7	5,2	5,3	4,8	5,1	5,8	5,9	5,8	5,4	
PP7	NVAA	43,3	43,4	42,9	43,4	42,8	42,2	44,1	42,3	43,7	44,4	43,8	100
	SVAA	41,2	40,9	42,1	41,3	42,2	41,4	40,3	40,9	40,5	41,1	41,2	
	VAA	15,2	15,8	15,7	15,9	16,3	15,2	15,9	15,2	15,1	14,8	15,5	
PP8	NVAA	25,3	25,2	25,2	26,1	25,1	24,8	25,9	25,2	25,2	25,4	25,3	61
	SVAA	28,6	27,9	26,4	28,2	29,1	29,3	29,3	28,9	29,3	28,5	28,6	
	VAA	7,4	7,4	6,8	6,8	7,1	6,9	7,2	6,2	6,9	7,7	7,0	

Tab. 3.3 NVAA analýza PP na směně S3.

Tabulky 3. 1, 3. 2, 3. 3 zobrazují naměřené hodnoty jednotlivých směn. Vyplývá z nich, že naměřené hodnoty jsou téměř totožné. Nepatrné rozdíly hodnot mohou být zapříčiněny zručností operátorů a zaokrouhlováním.

Předmontážní pracoviště	NVAA [%]	SVAA [%]	VAA [%]
PP1	20	45	35
PP2	16	44	40
PP3	10	32	58
PP4	65	25	10
PP5	53	18	29
PP6	51	15	34
PP7	43	41	16
PP8	42	47	11
PP celkem metoda NVAA [%]	38	33	29

NVAA PP na MFO4



Tab. 3.4 NVAA analýza PP na MFO4.

Z tabulky 3.4 je patrné, že zjevná neproduktivní činnost je u PP4, PP5, PP6, PP7, PP8 a je způsobena chůzí, kdy si operátor musí chodit pro vstupní materiál. Naopak nejvyšší hodnotu přidané činnosti vykazují pracoviště PP1, PP2 a zvláště pak PP3, kdy jsou předmontáže vyráběny právě přímým tokem výrobků (lis/předmontáž). Průměrný čas VAA je 29%, SVAA 33% a NVAA 38%.

3.5 Norma a produktivita na jednotlivých předmontážních pracovištích

Norma u předmontážních pracovišť byla stanovena z výrobního taktu u jednotlivých PP a byla vypočítána dle vztahu:

$$N_m = \frac{T_n}{N_{\xi}} \text{ [ks/směnu]} \quad (3.1)$$

kde: T_n ...pracovní čas, k němuž se vztahuje norma [min],

N_{ξ} ...výkonová norma času [min/ks].

Taktěž produktivita u každého předmontážního pracoviště byla vypočítána na základě výkonové normy a počtu hodin za směnu.

Produktivita je dána vztahem:

$$P = \frac{N_m}{t} \text{ [ks/hod]} \quad (3.2)$$

kde: N_m ...výkonová norma množství [ks/směnu],

t ...počet hodin za směnu [hod].

Předmontážní pracoviště	Takt [s/ks]	Výkonová norma množství [ks/7,5 hod]	Produktivita očekávaná [ks/hod]	Produktivita reálná [ks/hod]	Plnění produktivity [%]
PP1	42	643	86	73	86
PP2	62	435	58	53	92
PP3	60	450	60	59	99
PP4	51	529	71	54	77
PP5	15	1800	240	173	72
PP6	12	2250	300	220	73
PP7	80	338	45	36	80
PP8	45	600	80	59	74

Tab. 3.5 Výkonová norma a produktivita u PP na MFO4.

Tabulka 3.5 zobrazuje výkonové normy a plnění produktivity u jednotlivých PP. Zvláště právě ukazatel plnění produktivity je důležitý. Popisuje, jak které PP dokáže

splnit výkonovou normu. Nejvyšší hodnotu plnění normy vykazuje PP3, kdy je PP umístěno přímo u lisu a vyráběno přímým tokem (lis/předmontáž). Právě takto navržené uspořádání má hned několik výhod. Nevýhoda u tohoto rozmístění je, že pokud vstupní materiál vstupující do PP vykazuje vyšší zmetkovitost, dochází k ohrožení výrobního taktu lisu, potažmo musí být dílce ukládány do náhradního balení a kompletovány později. Dále musí být předmontážní stoly v takové kondici, aby neohrožovaly plynulý chod lis/ předmontáž. Poměrně vysoké plnění produktivity splňuje PP1 a PP2. PP1 díky tomu, že má operátor poměrně blízko dráhy se vstupním materiálem a PP2 kdy zásobování do předmontážních pracovišť zajišťuje navážec. Naopak nejhorší plnění produktivity vykazuje PP5, PP6 a PP8, což je zapříčiněno tím, že si operátor zajišťuje vstupní materiál v podstatě sám. Přestože mají PP4 a PP7 poměrně nízké hodnoty plnění produktivity nejsou z hlediska objemu výroby pro středisko tak důležité. Při porovnání s ostatními PP patří mezi nízkoobjemové (negenerují takové ztráty) a nebude s nimi při navrhování variant počítáno – zůstanou v layoutu ve stávající pozici. Naproti tomu PP5, PP6 a PP8 patří mezi vysokoobjemové (generují velké ztráty) a při navrhování variant je s nimi nutno počítat.

3.6 Nedostatky současného uspořádání montážních pracovišť

Po analýze současného stavu je zde prostor k možnému zlepšení. Mezi největší problémy patří dle vyhodnocení metody NVAA zbytečná manipulace operátorů, která snižuje výkon, potažmo produktivitu operátoru na jednotlivých pracovištích. S tím souvisí i zvýšená zmetkovitost zvláště u PP8.

Možným řešením je vyčlenění osoby, která by manipulaci pro jednotlivé pracoviště zajišťovala. Lépe však bude navrhnout vhodnější uspořádání střediska a zásobování pracovišť obstarat pomocí navážecích vláček.

4 NÁVRHY VARIANT USPOŘÁDÁNÍ MONTÁŽNÍCH PRACOVÍŠŤ

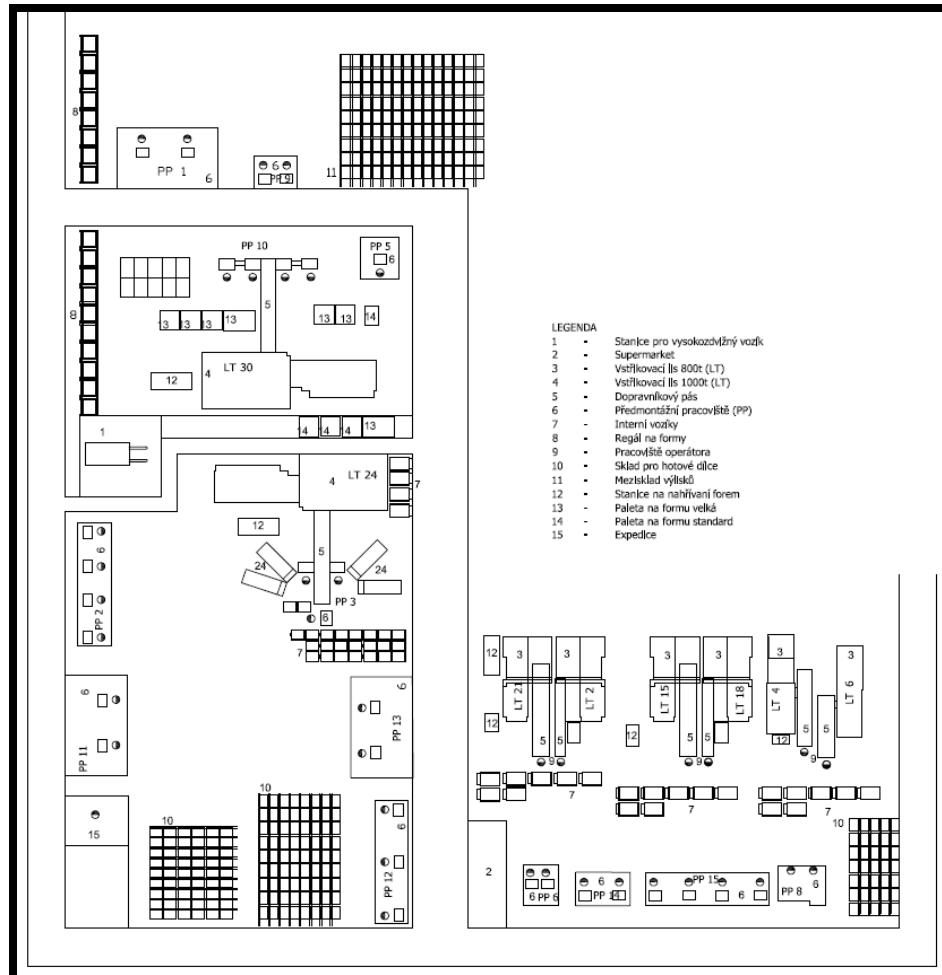
4.1 Projektové omezení a společný základ návrhů

Návrhy jednotlivých variant musí respektovat zadané požadavky firmy. Prostor pro optimalizaci předmontážních pracovišť je vymezen na (obr. 3.9) žlutou čarou. V tomto prostoru musí být projekt řešen z pohledu uspořádání pracovišť, lisů a komunikací – vnitropodnikové dopravy. Jedním z dalších požadavků firmy je umístění nového lisu a předmontáže na středisko MFO4 a to do prostoru meziskladu výlisků, označeného číslem 12. S tím, že mezisklad výlisků musí být zachován v místě vymezeném žlutou čarou. Ze strany zadavatele je požadována výroba přímým tokem (lis/předmontáž). Pokovovací stanice PT1, PT2 a PT3 v rámci strategie firmy budou přesunuty na jiné středisko. LT9 bude díky svému využití a skladbě výroby z hlediska budoucnosti střediska MFO4 zajišťováno externí organizací. Požadavek firmy, je začlenit místo plochy zaujímané pokovovacími stanicemi PT1, PT2, PT3 a vstřikovacím lisem LT9 nové LED předmontáže. Navržené varianty musí být navrženy tak, aby bylo možné vyrábět na předmontážích v jakémkoliv počtu operátorů na projektu, avšak minimálně s jedním operátorem. Nedílným požadavkem je snadné přeseřizení v rámci výroby jiných projektů. Všechny navržené varianty vycházejí z několika možností a úvah, tak aby uspořádání pracovišť splňovalo veškeré ergonomické, logistické a bezpečnostní požadavky společnosti Automotive Lighting s.r.o. Ke splnění všech požadavků je potřebná změna layoutu a to zvláště předmontážních pracovišť. Jedním z posledních požadavků firmy je navrhnout logistický koncept u předmontáží typu LWR (PP5, PP6) tak, aby zde mohl být zaveden systém kanban.

4.2 Varianta A

Varianta A (obr. 4.1) je navržena s ohledem na splnění požadavků společnosti. Do prostoru meziskladu výlisků je umístěn nový lis společně s předmontážemi. V okolí lisu LT24 jsou rozmístěny předmontážní pracoviště do tvaru U. V místě kde stály pokovovací stanice PT2 a PT3 jsou v linkovém uspořádání řazeny dvě nové předmontáže a to PP14 a PP15 a dvě stávající

předmontáže PP6 a PP8. Expedice byla přesunuta s ohledem zásobování blíže k centrálnímu skladu. Zásobování materiálu je navrženo přímo do pracoviště pomocí navážecích vozíků, tím je snížen počet vrácenek do skladu. Výhody a nevýhody tohoto uspořádání jsou zobrazeny v tabulce 4.1.



Obr. 4.1 Schematické znázornění – Varianta A.

Výhody	Nevýhody
Zavážení pomocí navážecího vláčku	Není zaveden systém kanban
Expedice blíže centrálnímu skladu	Větší množství rozvodu energií
Snadné přeseřizení	
Redukce meziskladu výtluku	

Tab. 4.1 Výhody a nevýhody varianty A.

Výhody	Nevýhody
Zavážení pomocí navážecího vláčku	Prodloužení dopravníkového pásu
Zaveden systém kanban	
Snadné přeseřízení	
Montáž v jakémkoliv počtu operátorů	
Přesně definovaný vstup a výstup materiálu na pracovišti	
Ergonomicky vhodné upořádání pracovišť	

Tab. 4.2 Výhody a nevýhody varianty B.

4.4 Srovnání variant

4.4.1 Multikriteriální hodnocení variant

Srovnání obou variant je provedeno pomocí metody váhového hodnocení. Vybraná kritéria splňují organizační, technologické a ekonomické stránky projektu. Hodnoty vah kritérií jsou zvoleny v hodnotách 1 až 5. Čím je hodnota vyšší, tím znamená důležitější váhu. Bodového hodnocení je zvoleno v hodnotách 1 až 10. Vybraná kritéria k hodnocení variant mezi sebou s přiřazenou důležitostí jsou vyjádřeny v tabulce 4.3.

	Kritérium	Váha
1.	Ergonomie pracoviště	5
2.	Možnost obsazenosti pracovišť	4
3.	Počty vrácenek	3
4.	Seřízení pracoviště	3
5.	Bezpečnost práce	5
6.	Doba přestavby	2

Tab. 4.3 Vybraná kritéria s přiřazenou důležitostí.

Cílem diplomového projektu je eliminovat zbytečnou manipulaci operátorů a zlepšit pracoviště po stránce ergonomické tak, aby operátor mohl pouze montovat a nevytvářel neproduktivní činnost, proto je kritériu ergonomie pracoviště dána nejvyšší váha. Dalším velmi důležitým hodnotícím kritériem je bezpochyby bezpečnost práce, tomuto kritériu je také přiřazena možná nejvyšší váha.

Váhou číslo 4 je ohodnoceno kritérium možnost obsazení pracoviště. Je důležité, aby pracoviště byly navrženy tak, aby při menším počtu operátoru byly schopny produkovat výrobu.

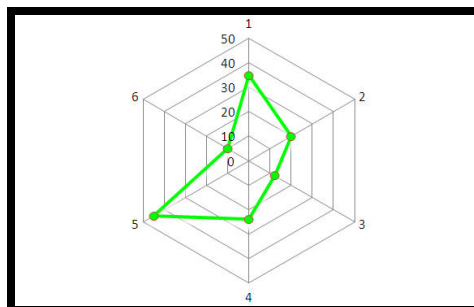
Kritériu počty vrácenek a seřízení pracoviště je přiřazena váha 3. Eliminací vrácenek do skladu se uvolní určitý počet buněk ve výškovém skladu pro jinou výrobu. Seřízení pracoviště má přímý vliv na výrobu. Je snaha přeseřidit pracoviště z výroby na výrobu v co nejkratším čase, nejlépe v taktu pracoviště. Jedině tak může být výroba konkurence schopná. Doba přestavby je hodnocena váhou číslo 2.

4.4.1.1 Varianta A

	Kritérium	Váha	Splnění kritérií	Počet bodů
1.	Ergonomie pracoviště	5	7	35
2.	Možnost obsazenosti pracovišť	4	5	20
3.	Počty vrácenek	3	4	12
4.	Seřízení pracoviště	3	8	24
5.	Bezpečnost práce	5	9	45
6.	Doba přestavby	2	5	10
Celková hodnota				146

Tab. 4.4 Hodnocení kritérií u varianty A.

Ergonomie pracoviště u varianty A splňuje váhové hodnocení číslem 7. Je to dáno tím, že v místě uspořádání pracovišť do tvaru U není kladen na ergonomii takový důraz, neboť pracoviště jsou přesunuta na středisko 1:1 z linkové montáže. Možnost obsazenosti pracovišť je hodnocena 5 body. PP5 umístěné u LT30 je samostatné pracoviště. To znamená, že jakákoliv zástupnost operátora zde není možná. Dále v prostoru uspořádání pracovišť do tvaru U, je možnost obsazení pracoviště také omezená, jelikož je zde umístěné nádraží na hotové dílce, které pomyslně U tvar rozděluje. Počty vrácenek jsou hodnoceny číslem 4 z toho důvodu, že není přesně určeno, jak bude vrácen materiál u předmontáží typu LWR. Naopak seřízení pracoviště je ohodnoceno velmi vysokou známkou 8. Všechny pracoviště u této varianty mohou být přeseřizeny řádově během několika minut a většina v taktu výroby. Bezpečnost práce vykazuje nejvyšší hodnotu splnění kritérií, společnost Automotive Lighting řadí bezpečnost na první místo a ne jinak je tomu i u tohoto návrhu. Doba přestavby je po určení zadavatele naplánována na celozávodní dovolenou, tak aby se nemusela plánovat velmi složitá a nákladná předzásoba na pokrytí přestavby.



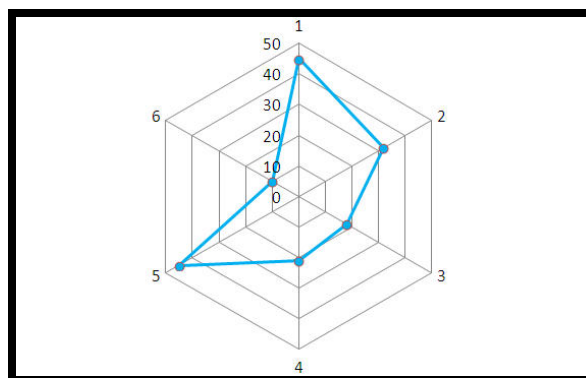
Graf. 4. 1: Paprskový graf u varianty A.

4.4.1.2 Varianta B

	Kritérium	Váha	Splnění kritérií	Počet bodů
1.	Ergonomie pracoviště	5	9	45
2.	Možnost obsazenosti pracovišť	4	8	32
3.	Počty vrácenek	3	6	18
4.	Seřízení pracoviště	3	7	21
5.	Bezpečnost práce	5	9	45
6.	Doba přestavby	2	5	10
Celková hodnota				171

Tab. 4.5 Hodnocení kritérií u varianty B.

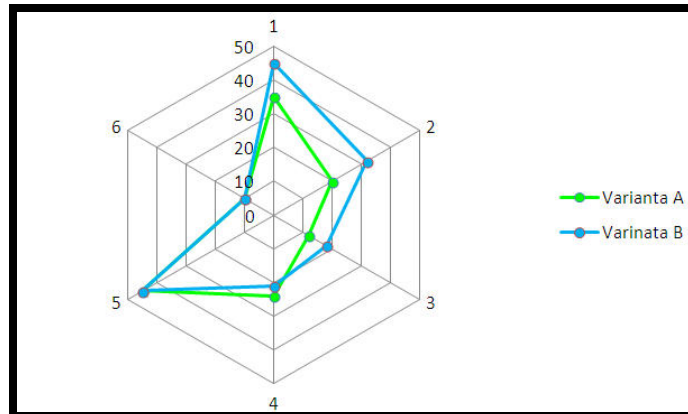
Ergonomie pracoviště a bezpečnost pracoviště u varianty B je ohodnocena nejvyšším bodovým ohodnocením a to číslem 9. Jak na ergonomii tak i bezpečnost je kladen v této variantě velký důraz. Kriterium možnost obsazenosti pracovišť je ohodnoceno 8 body. U této varianty je v podstatě projekt navrhován tak, aby bylo možno za sníženého počtu operátorů vyrábět a nebyl tak výrazně omezen chod montáže. Kriterium počty vrácenek bylo hodnoceno 6 body. Při sloučení pracovišť PP5 a PP6 zde bude zaveden systém kanban, tím se sníží počet vrácen do skladu. Seřízení pracoviště je u této varianty celkem splněno, jediný drobný nedostatek je u PP9, kdy problém nastává při seřízení sondy na kontrolu laku. Také u této varianty je doba přestavby po určení zadavatele naplánována na celozávodní dovolenou, tak aby se nemusela plánovat velmi složitá a nákladná předzásoba na pokrytí přestavby.



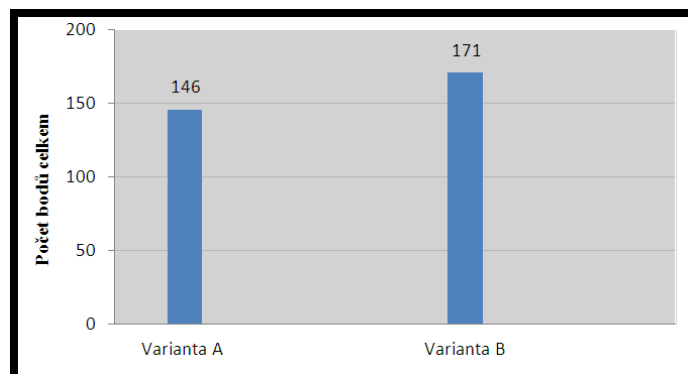
Graf. 4. 2: Paprskový graf u varianty B.

4.4.1.3 Porovnání variant

Grafy 4. 3, 4. 4 a tabulka 4. 6 porovná obě varianty uspořádání montážních pracovišť mezi sebou.



Graf. 4. 3: Paprskový graf obou variant.



Graf. 4. 4: Porovnání výsledků u multikriteriálního hodnocení variant.

Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B	
		Splnění kritérií	Počet bodů	Splnění kritérií	Počet bodů
1. Ergonomie pracoviště	5	7	35	9	45
2. Možnost obsazenosti pracovišť	4	5	20	8	32
3. Počty vrácnenek	3	4	12	6	18
4. Seřízení pracoviště	3	8	24	7	21
5. Bezpečnost práce	5	9	45	9	45
6. Doba přestavby	2	5	10	5	10
Celková hodnota			146		171

Tab. 4.6 Porovnání obou variant.

Z grafu 4. 4 je patrné, že z hlediska multikriteriálního hodnocení je výhodnější varianta B.

4.4.2 Hodnocení nákladů

Hodnocení nákladů bude vztaženo na náklady investiční, neboli jednorázové (počáteční) a variabilní (provozní).

4.4.2.1 Varianta A

- **Investiční náklady**

V této variantě nejvyšší hodnotu počáteční investice zaujímá nový lis LT30, který je zaplacen z investic z centrály. Přehled investic je zobrazen v tab. 4. 7.

Zařízení, jednorázové náklady	Náklady na zařízení, jednorázové náklady [Kč]
LT30	30000000
Ustavení LT30 na místo dle layoutu	150000
Rozvod energií pro LT30 (vzduch, elektřina, voda)	225000
Rozvod energií pro PP (vzduch, elektřina)	503000
PP10	2420000
Montáž kolejnic	87000
Cena celkem [Kč]	33385000

Tab. 4. 7 Přehled investic u varianty A.

- **Variabilní náklady**

U varianty A je zapotřebí, aby u každého předmontážního stolu stál vždy jeden operátor. Z toho vyplývá, že na směně je nutné mít 33 operátoru, pouze pro PP. Náklady na operátora na směnu jsou určeny dle průměrné hrubé mzdy a činní 25000Kč. Tato částka je dále navýšena o náklady na zdravotní a sociální pojištění. PP vyrábí ve třech směnách.

1. Náklady na zaměstnance

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (4.1)$$

kde: $n_{\text{prac.za směnu}}$...počet pracovníků na směně [ks],

s ...směnnost [-],

M ... měsíční hrubá mzda pracovníka navýšená o příspěvek na sociální a zdravotní pojištění (34%) [Kč],

$n_{\text{odpr.měs.}}$...počet odpracovaných měsíců [-].

$$N_{PZA} = 33 \cdot 3 \cdot (25\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZA} = 39798000 \text{ Kč/rok}$$

2. Náklady na spotřebu energií

Náklady byly zjištěny od technického servisu z ročního vyúčtování za rok 2012 a byly po konzultaci s odpovědnou osobou stanoveny pro tuto variantu na 3185000 Kč.

- **Celkové náklady**

Celkové náklady jsou určeny součtem investičních a variabilních nákladů.

$$NC = 33385000 + 39798000 + 3185000 = 76368000 \text{ Kč}$$

4.4.2.2 Varianta B

- **Investiční náklady**

U této varianty nejvyšší hodnotu počáteční investice zaujímá také nový lis LT30, který je zaplacen z investic z centrály. Přehled investic je zobrazen v tab. 4.8.

Zařízení, jednorázové náklady	Náklady na zařízení, jednorázové náklady [Kč]
LT30	30000000
Ustavení LT30 na místo dle layoutu	150000
Rozvod energií pro LT30 (vzduch, elektřina, voda)	225000
Rozvod energií pro PP (vzduch, elektřina)	415000
PP10	2420000
Prodloužení pásu u LT24	23000
Montáž kolejnic	102000
Cena celkem [Kč]	33335000

Tab. 4. 8 Přehled investic u varianty B.

- **Variabilní náklady**

U varianty B je díky kladenému důrazu na ergonomii a zavedení systému Kanban sloučeno pracoviště PP5 a PP6, díky tomuto sloučení je možné zde ušetřit jednoho operátora. Na směně tedy bude oproti variantě A 32 operátorů pouze pro PP. Náklady na operátora na směnu jsou určeny dle průměrné hrubé mzdy a činní 25000Kč. Tato částka je dále navýšena o náklady na zdravotní a sociální pojištění. PP vyrábí ve třech směnách.

1. Náklady na zaměstnance

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (4.1)$$

$$N_{PZB} = 32 \cdot 3 \cdot (25\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZB} = 38592000 \text{ Kč/rok}$$

2. Náklady na spotřebu energií

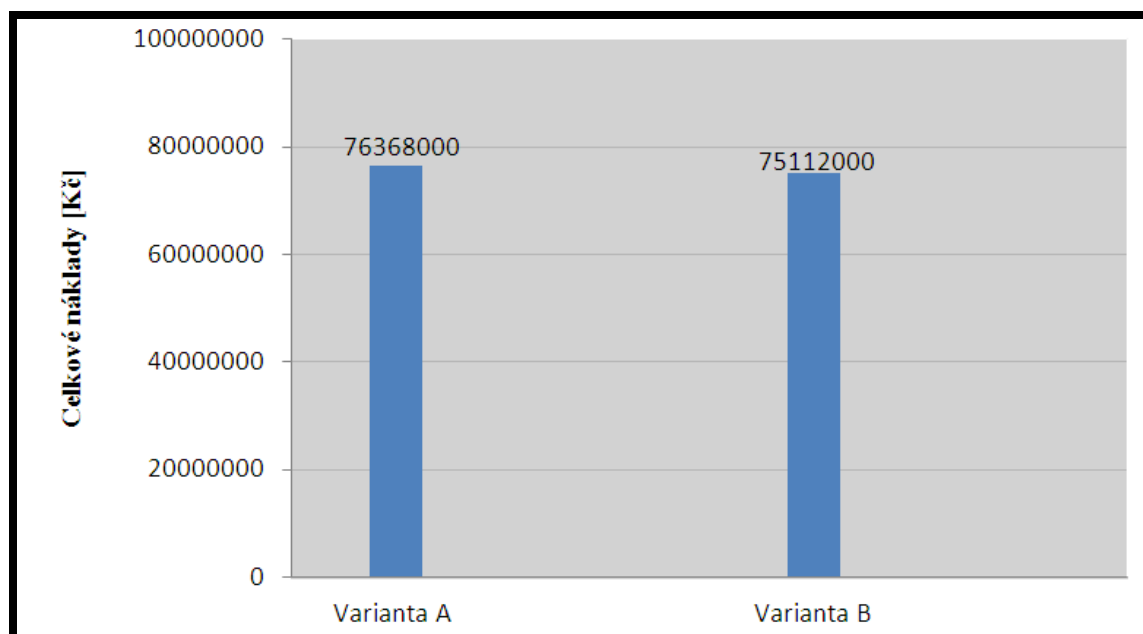
Náklady byly zjištěny od technického servisu z ročního vyúčtování za rok 2012 a byly po konzultaci s odpovědnou osobou stanoveny pro tuto variantu na 3185000 Kč.

- **Celkové náklady**

Celkové náklady jsou určeny součtem investičních a variabilních nákladů.

$$NC = 33335000 + 38592000 + 3185000 = 75112000 \text{ Kč}$$

4.4.2.3 Porovnání variant celkových nákladů



Graf. 4. 5: Porovnání variant celkových nákladů.

Z hodnocení celkových nákladů je patrné, že celkové náklady jsou nižší u varianty B a proto bude zvolena jako výhodnější. Hlavní příčina je v menším počtu operátorů u varianty B a v menších nákladech na instalaci rozvodů energií PP.

4.5 Zavedení kanban u varianty B

U varianty B dle předchozího seznámení s DP byl požadavek na zavedení systému kanban. Pro tento návrh se vhodně hodí implementovat výrobní kanban na PP typu LWR. Zvolený reprezentant je PP5 a PP6, tyto pracoviště jsou umístěny v těsné blízkosti zásobovací uličky a supermarketu (spádový gravitační regál pro hotové výrobky). V současném stavu operátor vyrábí a plní supermarket do drah tím stylem, že vyrábí výrobky, dokud nedosáhne plných drah. To znamená, že je obsazena maximální kapacita supermarketu. Vzhledem k tomuto způsobu výroby jsou vysoké zásoby a s tím spojené náklady. Není přehled o stavu zásob rozpracované, ale i hotové výroby a je velmi složité zajistit kontrolu nad procesem.

4.5.1 Stanovení počtu kanban karet

Ke stanovení počtu kanban karet byl použit program vytvořený společností Automotive Lighting.

Do programu je potřeba zadat vstupní hodnoty o dodavateli - tedy výrobcí LWR. Data potřebná k zadání do tabulky jsou výroba v hodinách na pracovišti za den, pojistná zásoba v hodinách, délka přepravky pro hotové kusy v milimetrech, změna výroby v minutách, počet pracovišť, počet kusů v přepravce v kusech, takt pracoviště ve vteřinách a technologická zásoba v hodinách.

Dále je potřebné doplnit data o zákazníkovi – tedy montážní lince. Potřebná data k zadání do tabulky je objem výroby zákazníka za den.

Po zadání všech potřebných hodnot do tabulky bylo vypočteno, že potřebné množství karet pro PP5 jsou 4 ks a pro PP6 6 ks karet. Z Tabulky můžeme také vyčíst, jak velká bude zásoba v kusech a v hodinách před montážní linkou. V neposlední řadě důležitou informací je maximální délka spádového gravitačního regálu pro přepravky s hotovými dílci a to je v našem případě 1,2 m a 1,8 m.

4.5.2 Cyklus kanban karty u LWR

V supermarketu je příslušný počet přepravek s kartičkami dle vypočítaného vztahu. Pokud si navážec odebere přepravku ze supermarketu, vezme kanbanovou kartičku a vloží ji do zásobníku s kartičkami umístěného na supermarketu. Toto je impuls pro operátora, aby začal vyrábět typ LWR dle příslušné kartičky (obr. 4.3). Operátor si vezme kartičku ze zásobníku, vloží ji do poličky na pracovišti a zahájí výrobu. Pokud vyrobí příslušné množství dle kartičky, vyjme kartičku z poličky, umístí ji do přepravky a vloží ji z druhé strany supermarketu, jedině tak může být dodrženo FIFO. Takto se celý cyklus opakuje. Při zavedení systému kanban je nutno nastavit, aby mistr před každou směnou zkontroloval počet karet v oběhu dle checklistu. Jedině tak může kanbanový systém správně pracovat, respektive vést ke snížení zásob, úspoře přepravních nákladů a eliminaci patrollingu (operátor, nebo navážec se musí zajít nebo zajet podívat, jestli v supermarketu něco nechybí).

Po zavedení kanban systému bude provedeno postupné odebírání kartiček, než se odhalí první problémy doposud skryté pod vysokou hladinou zásob. Díky

identifikaci problému a jejich odstranění je možné redukování kartiček (stavu zásob) až na nezbytné minimum.

	PP5
	Číslo karty: 1
TTNr:	1 301 398 332 00
Název: LWR	Počet ks : 30 ks
Typ přepravky: K3 (300 mm x 200 mm x 140 mm)	
	

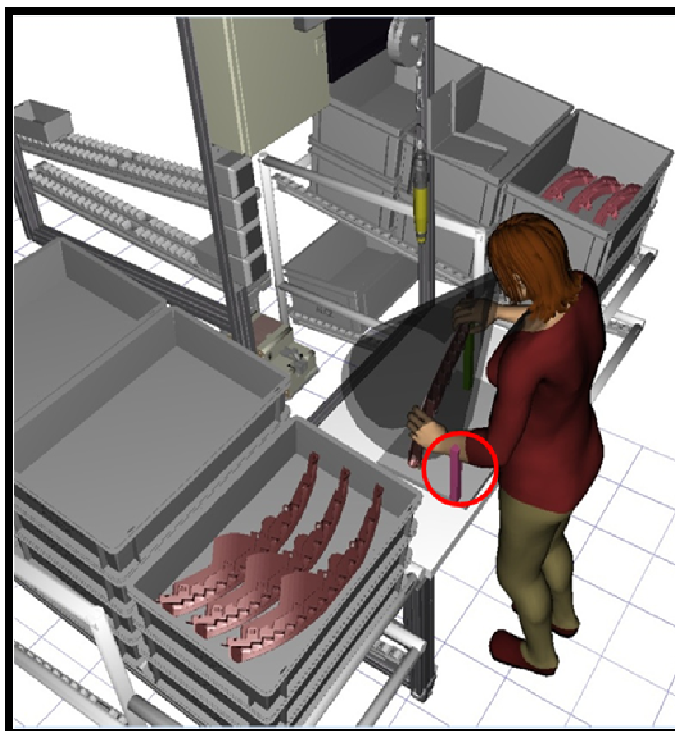
Obr. 4.3 Kanban karta.

5 ERGONOMICKÁ ANALÝZA JACK U VYBRANÉHO PRACOVISTĚ

K ergonomické analýze v programu Jack je po konzultaci s vedoucím oddělení vybrán předmontážní stůl na výrobu LED modulu. Díky ergonomické analýze má dojít ke zvýšení produktivity práce, k vyšší kvalitě výrobku a neposlední řadě analýze bezpečnosti a komfortu operátora co se týče ergonomie. Z ergonomických analýz byla vybrána k hodnocení metoda RULA a Posture analysis NV361.

5.1 Stávající stav pracoviště

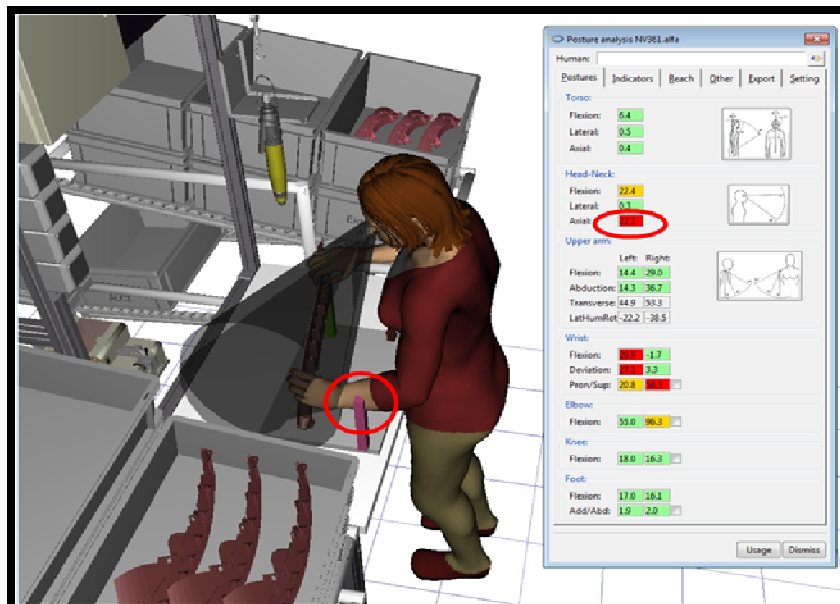
Výchozí stav je zobrazen na (obr. 5.1). Operátor odebírá reflektor z balení a zakládá ho do přípravku. Již při prvním pohledu pracoviště nevyhovuje kvůli kontaktu levé ruky s podpěrou přípravku.



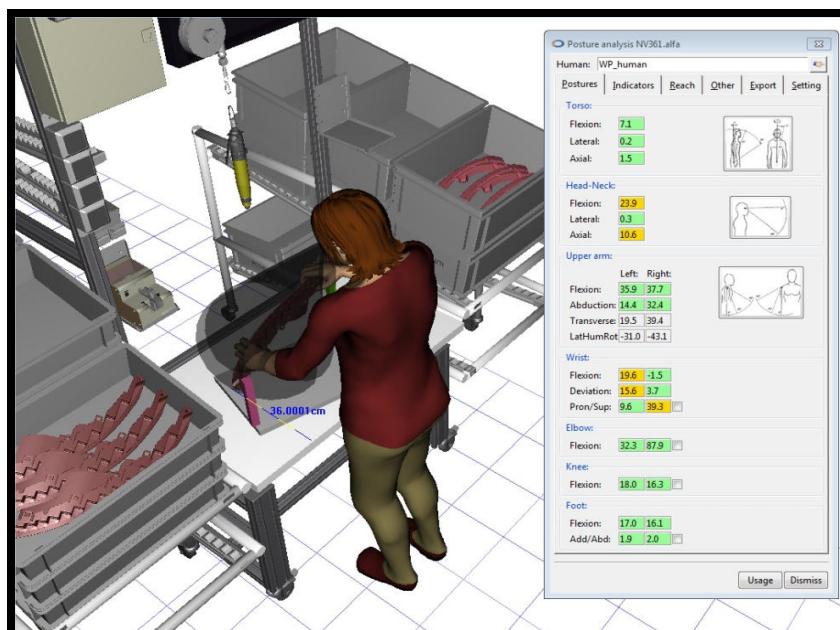
Obr. 5.1 Výchozí stav pracoviště.

Při použití analýzy NV361 se potvrdil problém kolize levé ruky s podpěrou přípravku a navíc zde dochází k enormnímu ohybu krku v axiálním směru. (obr. 5.2) Problém byl nyní řešen z hlediska kolize levé ruky s podpěrou. Nejjednodušší řešení problému je natočení přípravku o 15°. Avšak při natočení přípravku o 15° je

vzdálenost zakládání dílců 360 mm, ale maximální povolená vzdálenost je 325 mm (obr. 5.3).

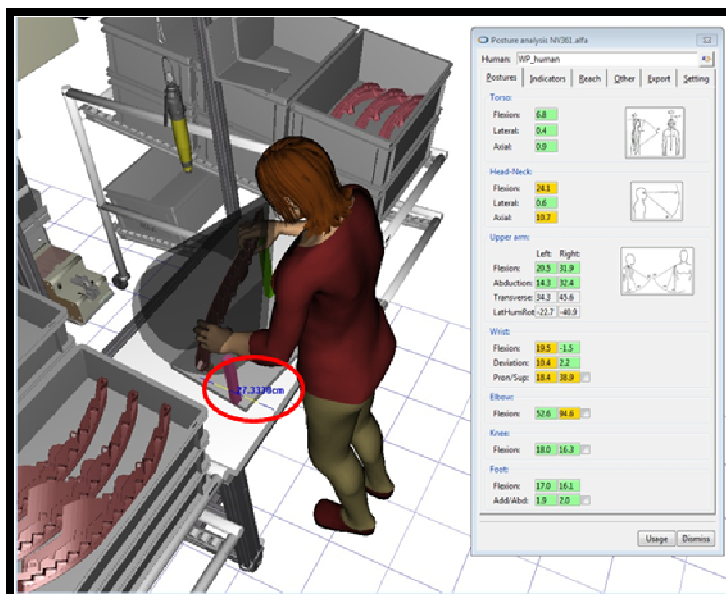


Obr. 5.2 Analýza NV361 – ohyb krku v axiálním směru.



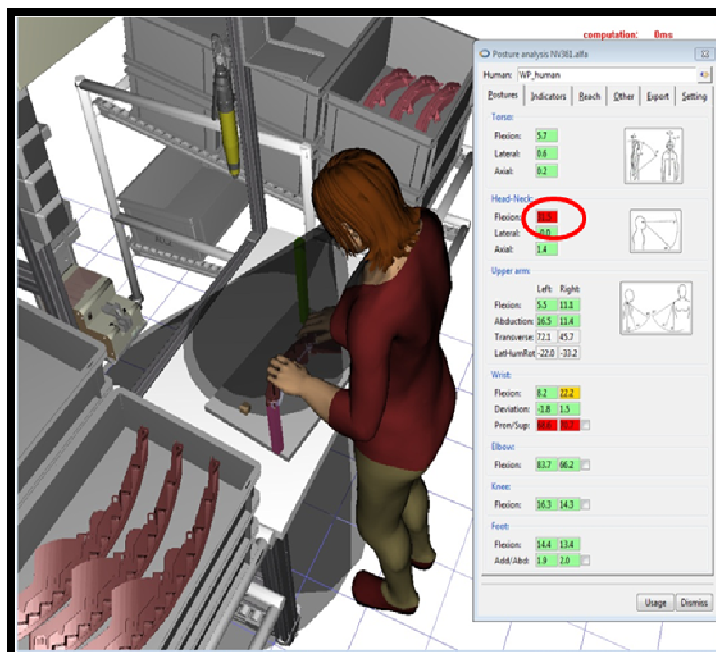
Obr. 5.3 Analýza NV361 – nevyhovující vzdálenost zakládání dílců.

Abychom dodrželi maximální povolenou vzdálenost, je nutné zmenšit natočení přípravku a posunout ho blíže k hraně pracovního stolu. Při natočení přípravku o 8° je splněna maximální vzdálenost zakládání dílců a rovněž pracovní poloha držení těla (obr. 5.4).



Obr. 5.4 Analýza NV361 – vyhovující vzdálenost zakládání dílců.

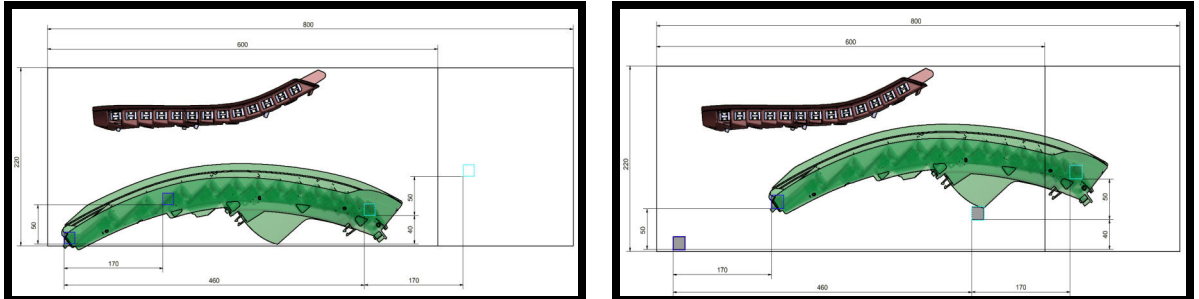
Při vložení komponent do druhé polohy přípravku dochází k nepříjemnému ohnutí krku (obr. 5.5), který je řešen pohybem očí.



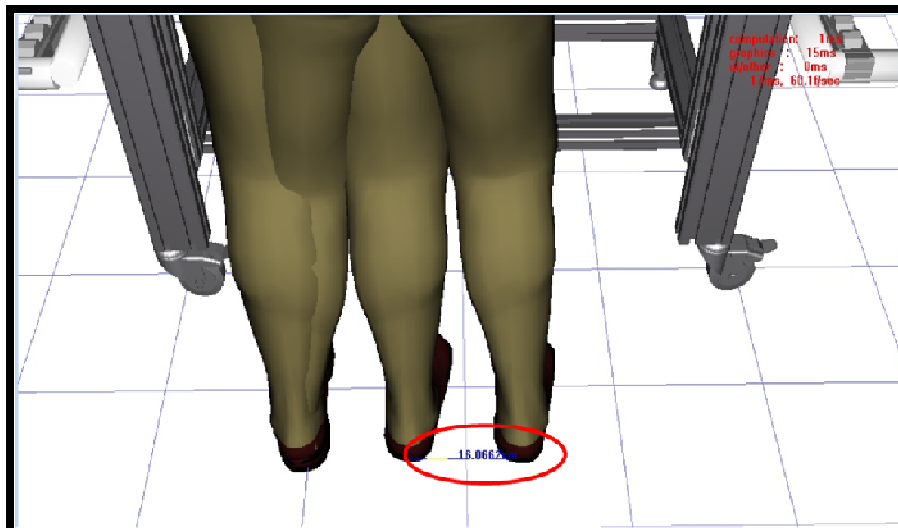
Obr. 5.5 Analýza NV361 – nevhovující poloha krku.

Takto upravené pracoviště by bylo možné použít do výroby, ale nelze vyloučit mírné natáčení operátora v rovině osy přípravku. Jednou z možností uspořádání pracoviště je rozšíření přípravku o 200 mm, ze stávajících 600 mm na 800 mm (obr.

5.6), čímž nedochází k natáčení operátora. Usazení dílců do druhé polohy přípravku se provádí mírným úkrokem pravé nohy, který probíhá současně s přenášením dílů do druhé polohy přípravku (obr. 5.7).



Obr. 5.6 Rozšíření přípravku a) nevyhovující pozice, b) vyhovující pozice.



Obr. 5.7 Úkrok operátora pravou nohou.

Po konzultaci a představení navrženého řešení vedení společnosti bylo odsouhlaseno poptání úpravy přípravku externí firmou dle mého návrhu. Vzhledem k ceně za úpravu pracoviště se vedení společnosti rozhodlo do úpravy pracoviště investovat. Vedení společnosti si od investice především slibuje zlepšení ergonomie a zvýšení bezpečnosti na pracovišti.

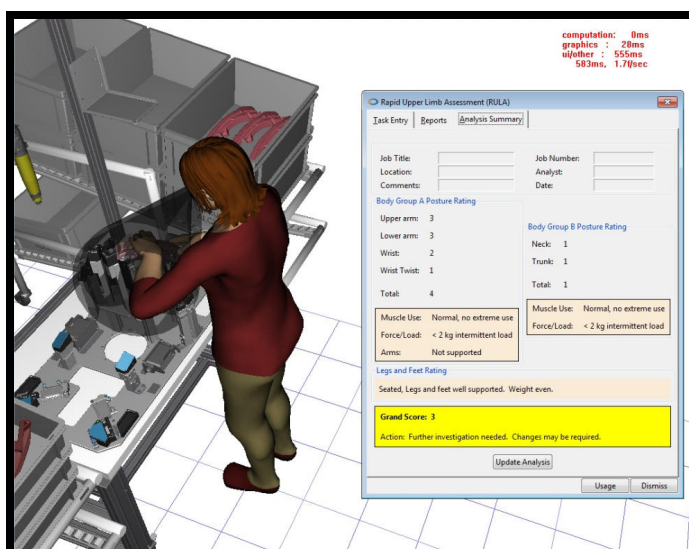
5.2 Nový stav pracoviště

Nově navržený stav představuje (obr. 5.8). Operátor odebírá ze spádového regálu reflektor a vkládá ho do přípravku do polohy první.

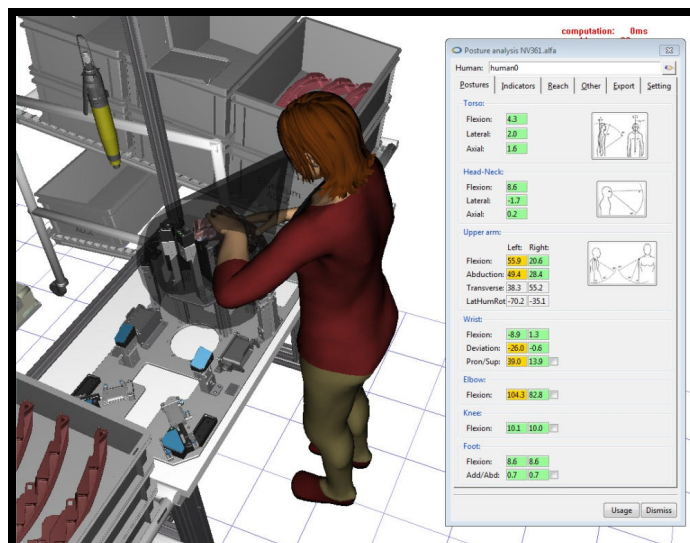


Obr. 5.8 Nový navržený stav.

Nastalá situace je nejprve analyzována pomocí ergonomické analýzy RULA (obr. 5.9). Dle metody RULA je potřeba provést další podrobnou analýzu, jako další je určena analýza NV361 (obr. 5.10).



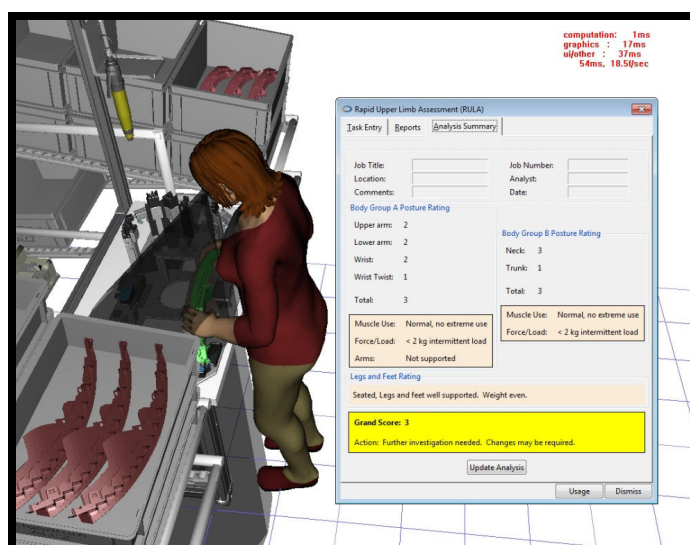
Obr. 5.9 Analýza RULA.



Obr. 5.10 Analýza NV361.

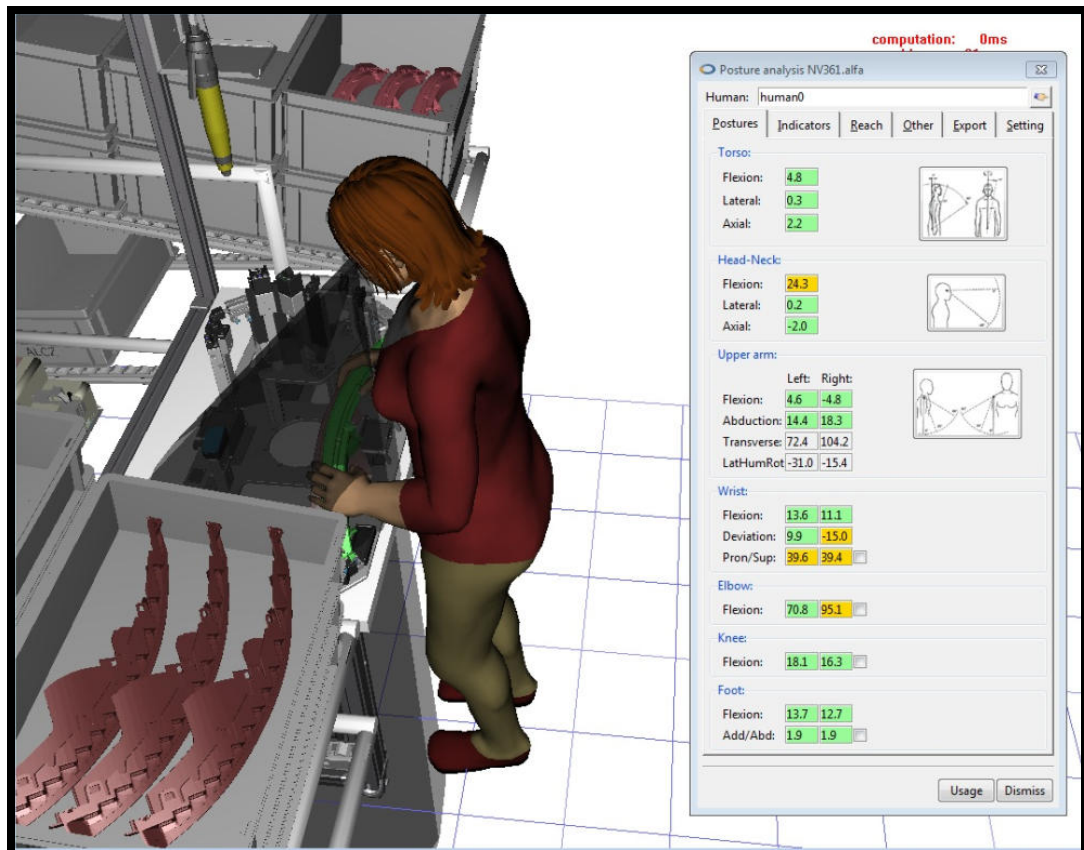
Dle analýzy NV361 splňuje poloha operátora při montáži vzhledem k přípravku všechny důležité hodnoty a nedochází zde v této poloze ke komplikacím u žádné z části těla operátora.

Při vložení komponent do druhé polohy přípravku je použita také metoda RULA (obr. 5.11). Ani v této poloze není nějak výrazně porušeno ergonomické hledisko, spíše naopak. U této polohy je ergonomická analýza přijatelnější než v poloze první.



Obr. 5.11 Analýza RULA v druhé poloze přípravku.

Jako v první poloze je i na základě metody RULA v poloze druhé přistoupeno k podrobnější analýze NV361 (obr. 5.12). V této poloze a s tím spojené montáží není operátor dle analýzy NV361 vystaven nebezpečí u jakékoliv části jeho těla.



Obr. 5.12 Analýza NV361 v druhé poloze přípravku.

Po zhodnocení analýz na nově vyrobeném přípravku v reálném procesu mohu konstatovat, že navržený přípravek splňuje, co se týče bezpečnosti práce, komfortu a ergonomie pracoviště všechny požadavky společnosti Automotive Lighting. Bude tedy doporučeno při návrhu nových pracovišť postupovat dle této metodiky (návrh/ realizace), tak abychom se vyhnuli velmi nákladným změnám u již navržených pracovišť.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYBRANÉ VARIANTY

Společnost Automotive Lighting s.r.o. není oprávněna poskytovat třetím osobám nákupní ceny vstupních komponent a materiálů. Taktéž ceny jednotlivých předmontáží jsou přibližné. Vzhledem k těmto skutečnostem je potřeba brát ekonomické zhodnocení jako přibližné.

6.1 Zhodnocení nákladů

6.1.1 Investiční náklady

Ceny investičních nákladů jsou brány dle podobných a již uskutečněných nabídek. Investiční náklady u vybrané varianty jsou koupě nového lisu LT30, ustavení lisu, rozvody energií, koupě PP10. Přehled nákladů veškerých investic je zobrazen v tabulce 6.1.

Zařízení, jednorázové náklady	Náklady na zařízení, jednorázové náklady [Kč]
LT30	30000000
Ustavení LT30 na místo dle layoutu	150000
Rozvod energií pro LT30 (vzduch, elektřina, voda)	225000
Rozvod energií pro PP (vzduch, elektřina)	415000
PP10	2420000
Prodloužení pásu u LT24	23000
Montáž kolejnic	102000

Tab. 6. 1 Investiční náklady u vybrané varianty.

$$N_I = \sum N_{I_i} \text{ [Kč]}$$

$$N_I = 3000000 + 150000 + 225000 + 415000 + 2420000 + 23000 + 102000 = 33335000 \text{ Kč}$$

Investiční náklady na realizaci vybrané varianty jsou 33335000 Kč.

6.1.2 Náklady na zaměstnance

Ve vybrané variantě je díky kladenému důrazu na ergonomii počítáno s 32 operátory při plném využití všech předmontážních pracovišť. Náklady na operátora na směnu jsou určeny dle průměrné hrubé mzdy a činní 25000Kč. Tato částka je dále navýšena o náklady na zdravotní a sociální pojištění. PP vyrábí ve třech směnách. K výpočtu nákladů na zaměstnance bylo použito vztahu (4.1) dle kapitoly 4.

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (4.1)$$

$$N_{PZ} = 32 \cdot 3 \cdot (25\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZ} = 38592000 \text{ Kč/rok}$$

Roční náklady na zaměstnance při plném obsazení pracovišť činí 38592000 Kč/rok.

6.1.3 Náklady na vstupní komponenty

Náklady na vstupní komponenty jsou vypočítány dle průměrných cen jednotlivých komponentů do sestav a činí 66 Kč/ks za LWR sestavu, 177 Kč/ks za ADS sestavu a 266 Kč/ks za LED sestavu. Teoretické průměrné denní vyráběné množství při 95% plnění produktivity je LWR 11542ks, ADS 11536ks a LED 5400ks.

$$N_{VKLWR} = Q \cdot n_{LWR} \quad [\text{Kč/den}]$$

$$N_{VKLWR} = 11542 \cdot 66 = 761772 \text{ Kč/den}$$

$$N_{VKLWR} = 761772 \cdot 260 = 198060720 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{VKADS} = Q \cdot n_{ADS} \quad [\text{Kč/den}]$$

$$N_{VKADS} = 11536 \cdot 177 = 2041872 \text{ Kč/den}$$

$$N_{VKADS} = 2041872 \cdot 260 = 530886720 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{VKLED} = Q \cdot n_{LED} \quad [\text{Kč/den}]$$

$$N_{VKLED} = 5400 \cdot 266 = 1436400 \text{ Kč/den}$$

$$N_{VKLED} = 1436400 \cdot 260 = 373464000 \text{ Kč/rok}$$

$$\begin{aligned} N_{VK} &= N_{VKLWR} + N_{VKADS} + N_{VKLED} = 198060720 + 530886720 + 373464000 \\ &= 1102411440 \text{ Kč/rok} \end{aligned}$$

Náklady vstupních komponent z předmontážních pracovišť dle navrhnutého uspořádání jsou 1102411440 Kč/rok.

6.1.4 Náklady na spotřebu energií

Náklady byly zjištěny od technického servisu z ročního vyúčtování za rok 2012 a byly po konzultaci s odpovědnou osobou stanoveny pro tuto variantu na 3185000 Kč/rok. Cena elektrické energie je kalkulována na 3 Kč/kWh, cena chladicí vody na 16,78 Kč/m³ a cena tlakového vzduchu na 0,476Kč/m³.

6.1.5 Náklady na obětované příležitosti

Přestože je realizace přestavby naplánována na dobu celozávodní dovolené, je ještě zapotřebí vyčlenit 3 dny na dokončení přestavby.

Náklady na obětované příležitosti jsou stanoveny jako zisk, kterého by společnost dosáhla během plánované 3 denní odstávky způsobené realizací projektu. Hodnotu nákladů obětované příležitosti je možno zjistit rozdílem tržeb (T_{OP}) a přímých nákladů (N_{OPP}) při odečtení 20% daně ze zisku. Průměrné denní vyráběné množství LWR sestav je za současného rozmístění pracovišť 8844 ks. Průměrná cena LWR sestavy je určena na 95 Kč/ks. Průměrné denní vyráběné množství ADS sestav je za současného rozmístění pracovišť 7515 ks. Průměrná cena ADS sestavy je určena na 253 Kč/ks. Tržby obětované příležitosti jsou dány vztahem:

$$T_{OP} = Q_{den} \cdot p_{LWR} \cdot t_r \text{ [Kč]} \quad (6.1)$$

kde: Q_{den} ...vyráběné množství LWR/ADS sestav za den [ks]

p_v ...cena LWR/ADS sestavy [Kč/ks]

t_r ...doba realizace projektu [den]

$$T_{OP(LWR)} = 8844 \cdot 95 \cdot 3 = 2520540 \text{ Kč}$$

$$T_{OP(ADS)} = 7515 \cdot 253 \cdot 3 = 5703885 \text{ Kč}$$

$$T_{OP} = T_{OP(LWR)} + T_{OP(ADS)} = 2520540 + 5703885 = 8224425 \text{ Kč}$$

$$N_{OPP} = Q_{den} \cdot n_{ps} \cdot t_r \text{ [Kč]} \quad (6.2)$$

kde: Q_{den} ...vyráběné množství LWR/ADS sestav za den [ks]

n_{ps} ...jednicový přímý náklad na sestavu včetně nákladů na režii [Kč/ks]

t_r ...doba realizace projektu [den]

$$N_{OPP(LWR)} = 8844 \cdot 76 \cdot 3 = 2016432 \text{ Kč}$$

$$N_{OPP(ADS)} = 7515 \cdot 202 \cdot 3 = 4554090 \text{ Kč}$$

$$N_{OPP} = N_{OPP(LWR)} + N_{OPP(ADS)} = 2016432 + 4554090 = 6570522 \text{ Kč}$$

$$N_O = (T_{OP} - N_{OPP}) \cdot 0,8 \text{ [Kč]}$$

$$N_O = (8224425 - 6570522) \cdot 0,8 = 1323122 \text{ Kč}$$

Během doby přestavby dojde k ekonomické ztrátě ve výši 1323122 Kč.

6.2 Zhodnocení tržeb

Průměrná cena sestav LWR je určena na 95 Kč/ks, sestav ADS na 253 Kč/ks a sestav LED na 381 Kč/ks. Teoretické průměrné denní vyráběné množství při 95% plnění produktivity je LWR 11542ks, ADS 11536ks a LED 5400ks.

$$T_{LWR} = Q \cdot p_{LWR} \text{ [Kč]}$$

$$T_{LWR} = 11542 \cdot 95 = 1096490 \text{ Kč/den}$$

$$T_{LWR} = 1096490 \cdot 260 = 285087400 \text{ Kč/rok}$$

$$T_{ADS} = Q \cdot p_{ADS} \text{ [Kč]}$$

$$T_{ADS} = 11536 \cdot 253 = 2918608 \text{ Kč/den}$$

$$T_{ADS} = 2918608 \cdot 260 = 758838080 \text{ Kč/rok}$$

$$T_{LED} = Q \cdot p_{LED} \text{ [Kč]}$$

$$T_{LED} = 5400 \cdot 381 = 2057400 \text{ Kč/den}$$

$$T_{LED} = 2057400 \cdot 260 = 534924000 \text{ Kč/rok}$$

$$T = T_{LWR} + T_{ADS} + T_{LED} = 285087400 + 758838080 + 534924000 = 1578849480 \text{ Kč/rok}$$

Roční tržby z předmontážních pracovišť dle navrhnutého uspořádání jsou 1578849480 Kč/rok.

6.3 Hospodářský výsledek

Hospodářský výsledek je vyjádřen pomocí rozdílu tržeb a nákladů.

$$N_C = N_{PZ} + N_{VK} + N_{PE} + N_O \text{ [Kč/rok]}$$

$$N_C = 38592000 + 1102411440 + 3185000 + 1323122 = 1145511562 \text{ Kč/rok}$$

$$HV = T - N_C \text{ [Kč/rok]}$$

$$HV = 1578849480 - 1145511562 = 433337918 \text{ Kč/rok}$$

6.4 Doba návratnosti

Doba návratnosti znamená dobu, za kterou se nám určitá investice vrátí a je dána vztahem:

$$DN = \frac{IN}{Z} \text{ [rok]} \quad (6.3)$$

kde: DN ...doba návratnosti [rok]

IN ...náklady na investici [Kč]

Z ...zisk [Kč/rok]

$$DN = \frac{33335000}{433337918} = 0,077 \text{ roku} = 29 \text{ dní}$$

6.5 Úspory z počtu vrácenek

Díky nastavenému systému rozeskladňování a objednávání vstupního materiálu po přepravkách odpadne vrácení přepravek do skladu. Systém je nastaven tak, že na pracoviště si operátor objedná pouze materiál (přepravku), který navážec v určitém intervalu naváží do pracoviště. Ve skutečnosti to znamená, že operátor spotřebuje materiál, který si objedná. Po konzultaci s vedoucím logistiky a ověřením ze SAP byl celkový počet vrácenek za měsíc stanoven na 2020 ks. Z počtu 2020 vrácenek tvoří 80% přepravky s označením K1, které logistika rozeskladňuje. Zbytek 20% tvoří balení s typovým označením KTP, tento materiál se do skladu vrací. Při nastavení systému navážení odpadne navážecovi manipulace s vyskladněním a zaskladněním materiálu. Vyskladnění trvá 70 vteřin, taktéž zaskladnění trvá 70 vteřin. Předmontážní pracoviště vyrábí v průměru 20 dní za měsíc. Náklady na navážecí na směnu jsou určeny dle průměrné hrubé mzdy a činí 26000Kč. Tato částka je dále navýšena o náklady na zdravotní a sociální pojištění.

K výpočtu nákladů na zaměstnance bylo použito vztahu (4.1) dle kapitoly 4.

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (4.1)$$

$$N_{PZ} = 1 \cdot 3 \cdot (26\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZ} = 1254240 \text{ Kč/rok}$$

Roční náklady na navážedce při třisměnném provozu jsou 1254240 Kč/rok.

Čas navážedce, který stráví vyskladněním a zaskladněním se vypočítá dle vztahu:

$$T_n = M_{vr} \cdot t_{vz} \quad [\text{min/den}] \quad (6.4)$$

kde: T_n ...čas navážedce vyskladnění, zaskladnění [min/den]

M_{vr} ...množství vrácenek [ks/den]

t_{vz} ...čas vyskladnění, zaskladnění [min]

$$T_n = M_{vr} \cdot t_{vz} \quad [\text{min/den}]$$

$$T_n = 101 \cdot 0,8 \cdot 2,33 = 188,3 \text{ min/den}$$

Roční úspora v minutách za rok je dána dle vztahu:

$$\dot{U}_r = T_n \cdot p_d \quad [\text{min/rok}] \quad (6.5)$$

kde: \dot{U}_r ...roční úspora [min/rok]

p_d ...počet dní [den]

$$\dot{U}_r = T_n \cdot p_d \quad [\text{min/rok}]$$

$$\dot{U}_r = 188,3 \cdot 260 = 48958 \text{ min/rok}$$

V důsledku zavedení systému navážení uspoří tři navážedci 48958 min za rok, to je 13,9 %, respektive 174339 Kč/rok.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala optimalizací uspořádání montážních pracovišť ve společnosti Automotive Lighting s.r.o. v Jihlavě. Cílem práce je navrhnout vhodnější uspořádání haly jako celku dle vymezeného prostoru daného společností. Jednotlivé návrhy musí respektovat zadané požadavky firmy. Při návrhu variant byl kladen důraz na zvýšení produktivity práce, zlepšení ergonomie pracovišť a dodržení bezpečnosti operátorů na pracovišti.

V úvodu práce byla zpracována literární studie, která pojednává o dané problematice diplomové práce. Byl zde popsán postup navrhování uspořádání pracovišť a využití metody kanban, která souvisí se štíhlou výrobou. Rozepsána zde byla i metoda NVAA, pomocí které jsou v praktické části analyzovány jednotlivé předmontážní pracoviště. V další části literární studie byl přiblížen a popsán ergonomický software Technomatix Jack. Následuje seznámení se společností Automotive Lighting s.r.o. a popis předmontážních pracovišť.

V praktické části bylo popsáno uspořádání a navázení předmontážních pracovišť současného stavu pomocí schematického náčrtu. Stávající stav byl zpracován dle analýzy NVAA a bylo poukázáno na nedostatky současného upořádání. Díky časovému snímku byla vyjádřena norma a produktivita jednotlivých pracovišť. Podle projektového omezení a společného základu byly navrženy a schematicky nakresleny dvě vhodnější varianty. Obě varianty byly navzájem porovnány pomocí multikriteriálního a nákladového hodnocení. Dle dosažených výsledků byla vybrána jako vhodnější varianta B. U vybrané varianty předmontážních pracovišť typu LWR byl zaveden systém výrobního kanbanu.

Po konzultaci s vedoucím oddělení byl vybrán k ergonomické analýze předmontážní stůl na výrobu LED modulů a byla na něm díky software Technomatix Jack provedena ergonomická analýza. Po zhodnocení analýz na nově vyrobeném přípravku v reálném procesu mohu konstatovat, že navržený přípravek splňuje, co se týče bezpečnosti práce, komfortu a ergonomie pracoviště všechny požadavky společnosti Automotive Lighting. Bude tedy doporučeno při návrhu nových

pracovišť postupovat dle této metodiky (návrh/realizace), tak abychom se vyhnuli velmi nákladným změnám u již navržených pracovišť. Na závěr bylo provedeno ekonomické zhodnocení vybrané varianty.

Výsledkem optimalizace uspořádání montážních pracovišť, kdy se vlivem navážení vláčků zvýšila produktivita z původních 80% na 95% je roční hospodářský výsledek 433337918 Kč/rok. Doba návratnosti je při realizaci projektu 29 dní. V důsledku zavedení systému navážení uspoří tři navážeči 48958 minut za rok, to je 13,9 %, respektive 174339 Kč/rok.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] RUMÍŠEK, P. *Technologické Projekty*. 1.vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 185s. ISBN 80-214-0385-3
- [2] HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů. – Technologické projekty I*. 3.vydání. Brno: VUT v Brně, 1999. 197s. ISBN 80-214-1472-3
- [3] ZELENKA, A.; KRÁL, M. *Projektování výrobních systémů*. Praha. 2005. 358s. ISBN 80-01-01302-2
- [4] AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ. PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ-ŠTÍHLÁ VÝROBA [ONLINE]. 2013 [cit- 2013-03-05]. Dostupné na WWW: < HTTP://E-API.CZ/PAGE/67819.STIHLA-VYROBA/>
- [5] KOŠTURIÁK, J.; FROLÍK, Z. a kolektiv. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. Vydání. Praha. 2006. 237s. ISBN 80-86851-38-9
- [6] FREIBOTH, M.; FRIELING E.; HENNIGES D.; SAAGER C.: *Comparison of different organisation of assembly work in the European automotive industry*, in International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 20, Issue 5, 357-370. 1997.
- [7] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. WCM – NVAA: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-07]
- [8] LENORT, R. *Průmyslová logistika*. – 1.vydání. OSTRAVA: VŠB, 2012. 98s. ISBN 978-80-248-2584-7
- [9] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. WCM – KANBAN: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-07]
- [10] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. WCM – MUDA, MURI, MURA: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-07]
- [11] BAUMRUK, M. *Metody aplikace Jacka: Školící prezentace 2009* [cit- 2013-02-07]
- [12] MAREK, J.; SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie – Bezpečný podnik*. Praha. 2009. 118s. ISBN 978-80-86973-58-6
- [13] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. WCM – WO: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-07]
- [14] BAUMRUK, M. *Ergonomické simulace podnikových procesů: Školící prezentace 2009* [cit- 2013-02-07]
- [15] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O.: *Jack prezentace ALCZ 2010* [cit- 2013-02-08]

- [16] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O.: *Prezentace Škoda Octavia ALCZ 2012*
[cit- 2013-02-09]
- [17] BAUMRUK, M. *Proaktivní ergonomie a simulace lidského faktoru: Školící prezentace 2008* [cit- 2013-02-09]
- [18] BAUMRUK, M. *Rula: Školící prezentace SIEMENS 2008* [cit- 2013-02-10]
- [19] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O.: *Plant Simulation ALCZ 2010* [cit- 2013-02-11]
- [20] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. WCM – POKA-YOKE: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-07]
- [21] IKVALITA [ONLINE]. 2013 [cit- 2013-02-09]. Dostupné na WWW:
<[HTTP://WWW.IKVALITA.CZ/TOOLS.PHP?ID=139](http://www.ikvalita.cz/tools.php?id=139)>
- [22] AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O. ALCZ – GENERAL PRESENTATION
JIHLAVA: *Interní školící prezentace 2010* [cit- 2013-02-28]
- [23] GONZALES DE SANTOS P.; ESTREMER J.; GARCIA E.; ARMADA M.:
Power assist devices for installing plaster panels in construction, in Automation in Construction, Vol. 17, Issue 4, 456-466. 2008.

Seznam použitých symbolů a zkratk

Zkratka	Jednotka	Popis
ADS	[-]	Předmontážní sestava skla
APEC	[-]	Aromatický polyesterkarbonát
BOZP	[-]	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CAD	[-]	Computer aided design
DIČ	[-]	Daňové identifikační číslo
DP	[-]	Diplomová práce
IČO	[-]	Identifikační číslo organizace
LED	[-]	Light-emitting diode
LT	[-]	Vstřikovací lis
LWR	[-]	Krokový motůrek
MFO4	[-]	Oddělení firmy
NASA	[-]	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NVAA	[-]	Zjevně neproduktivní činnost
OWAS	[-]	Owako Working posture Assessment system
PBT	[-]	Polybutylentereftalát
PC	[-]	Polykarbonát
PP	[-]	Předmontážní pracoviště
PP LED	[-]	Předmontážní sestava LED
PT	[-]	Pokovovací stanice
RULA	[-]	Rapid Upper Limb Assessment
SVAA	[-]	Skrytá neproduktivní činnost
VAA	[-]	Produktivní činnost
WCM	[-]	World Class Manufacturing
apod.	[-]	A podobně
atd.	[-]	A tak dále
kWh	[-]	Kilowatthodina
např.	[-]	Například
obr.	[-]	Obrázek

tab.	[-]	Tabulka
tj.	[-]	To je

Symbol	Jednotka	Popis
C	[ks]	Počet dílů v přepravce
D	[ks]	Průměrná denní potřeba dílu na daném pracovišti
DN	[rok]	Doba návratnosti
HV	[Kč/rok]	Hospodářský výsledek
I_A	[Kč]	Fixní investiční náklady
I_B	[Kč]	Fixní investiční náklady
I_i	[Kč]	Investiční náklady i-té varianty
I_S	[Kč]	Investiční náklady porovnávací základny
M	[Kč]	Měsíční hrubá mzda zaměstnance navýšená o náklady na zdravotní a sociální pojištění (34%)
M_{vr}	[ks/den]	Množství vrácenek
N	[ks]	Počet karet v oběhu
N_A	[Kč]	Roční náklady na výrobu
N_B	[Kč/rok]	Roční náklady na výrobu
N_c	[Kč]	Celkové náklady
N_č	[min/ks]	Výkonová norma času
N_i	[Kč/rok]	Roční náklady provozu i-té varianty
NI	[Kč]	Investiční náklady
N_m	[ks/směnu]	Výkonová norma množství
N_O	[Kč]	Náklady obětované příležitosti
NOPP	[Kč]	Přímé náklady obětované příležitosti
N_{PZ}	[Kč]	Provozní náklady na zaměstnance v současném stavu
N_S	[Kč/rok]	Roční náklady provozu současného stavu
N_{vk}	[Kč/den]	Náklady na vstupní komponenty

P	[ks/hod]	Produktivita
Q	[hod]	Časová rezerva
Q	[ks/rok]	Množství výrobků
Q_{den}	[ks]	Vyráběné množství sestav za den
S	[-]	Směnnost
T_h	[hod]	Průměrný čas oběhu mezi danými pracovišti
T	[Kč]	Tržby sestavy
T_n	[min]	Pracovní čas, k němuž se vztahuje norma
T_n	[min/den]	Čas navážече vyskladnění, zaskladnění
TOP	[Kč]	Tržby obětované příležitosti
T_ú	[rok]	Nákladová návratnost
T_z	[rok]	Doba životnosti
Ú_r	[min/rok]	Roční úspora
Z	[Kč]	Zisk
kef	[-]	Koeficient ekonomické efektivity
n	[Kč]	Průměrný náklad na komponenty
n_{odpr.měs.}	[-]	Počet odpracovaných měsíců
n_{prac.za směnu}	[ks]	Počet pracovníků na směně
n_{ps}	[Kč/ks]	Jednicové přímé náklady na sestavu včetně nákladů na režie
p_d	[den]	Počet dní
p_v	[Kč/ks]	Cena sestavy
t	[hod]	Počet hodin za směnu
tr	[den]	Doba realizace projektu
t_{vz}	[min]	Čas vyskladnění, zaskladnění

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výpočet Kanban karet
- Příloha 2 Výkres montážního přípravku pro LED moduly
- Příloha 3 Dispozice výsledné varianty

PŘÍLOHA 3

