

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Optimalizace procesů při výrobě autobusů

(Diplomová práce)

Přerov 2021

Bc. František Marek, DiS.



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	Bc. František Marek, DiS.
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Optimalizace procesů při výrobě autobusů**

Cíl práce:

Analyzovat procesy při výrobě autobusů a zpracovat návrhy na jejich optimalizaci.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska výroby silničních vozidel
 2. Analýza procesů při výrobě autobusů
 3. Návrh optimalizace procesů při výrobě autobusů
 4. Vyhodnocení
- Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČUJAN, Zdeněk a Gabriel FEDORKO. Logistika výrobních systémů. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2020. ISBN 987-80-87179-56-7.

DRESLER, Pavel, RICHTÁŘ, Michal a Jakub ŠMIRAUS. Stavba silničních vozidel. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2017. ISBN 978-80248-3264-7.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Turek, Ph.D.


Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020


Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

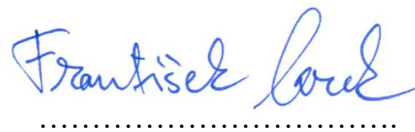
Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

Přerov 13. května 2021



.....

podpis

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Michalu Turkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce za odborné vedení a cenné připomínky při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval panu Františku Šindelářovi za podporu při zpracování této práce ve firmě EvoBus Česká republika.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá analýzou a optimalizací konkrétní výrobní linky pro montáž autobusů ve firmě EvoBus Česká republika s.r.o., závod Holýšov. V teoretických východiscích jsou definovány silniční vozidla a jejich rozdělení, rozdělení autobusů, výrobní technologie, výrobní procesy a metody pro plánování a řízení výroby. Praktická část se skládá z analytické části procesů výroby autobusů, návrhu optimalizace těchto procesů a jejich vyhodnocení. Z této práce vyplynul potenciál k úspoře nákladů za materiál s omezenou trvanlivostí, potenciál k úspoře výrobního času a výrobní plochy.

Klíčová slova

analýza, optimalizace, výroba, proces, autobus

Annotation

This diploma thesis deals with the analysis and optimization of a concrete production line for the assembly of buses in the company EvoBus Česká republika s.r.o., plant Holýšov. In theoretical basis are defines road vehicles and their division, division of buses, production technology, production processes and methods for planning and management of production. The practical part consists of the analytical part of the bus production processes, the proposal of optimization of these processes and their evaluation. This work has shown the potential to save costs for materials with limited durability, the potential to save production time and production space.

Keywords

analysis, optimization, production, process, bus

Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická východiska výroby silničních vozidel	11
1.1 Silniční vozidla.....	11
1.1.1 Konstrukce silničních vozidel.....	13
1.1.2 Rozměry vozidel	16
1.2 Autobusy	17
1.3 Výrobní technologie.....	21
1.4 Výrobní procesy	23
1.4.1 Klasifikace výrobních procesů.....	25
1.4.2 Typologie výrobních procesů z hlediska prostorové struktury.....	28
1.5 Metody pro plánování a řízení výroby	34
1.5.1 Grafické metody	34
1.5.2 Analýza sítí	35
1.5.3 Výpočet ploch	37
1.5.4 Metody řízení materiálu ve výrobě.....	39
2 Analýza procesů při výrobě autobusů.....	41
2.1 Průběh výroby	44
2.2 MUDA (8 druhů plýtvání)	50
2.3 Kapacity výrobní linky.....	54
3 Návrh optimalizace procesů při výrobě autobusů.....	56
3.1 Zavedení FEFO	56
3.1.1 Evidence data expirace	56
3.1.2 Naskladňování a vyskladňování	58
3.2 Kapacity výrobní linky.....	59
3.3 Pracoviště předmontáže	61
4 Vyhodnocení.....	66
4.1 Zavedení FEFO	66
4.2 Kapacity výrobní linky.....	67

4.3 Pracoviště předmontáže	69
Závěr	72
Seznam použitých zdrojů.....	74
Seznam zkratk	76
Seznam grafických objektů.....	79
Seznam příloh	81

Úvod

Výroba, tedy hodnototvorný proces, je řízenou souhrou různých vstupů, jejich kapacit, technické charakteristiky, kvality, tj. lidí, strojů a zařízení, dopravních, manipulačních a skladovacích prostředků a využitelných prostor. Jak lze nastavit vlastní výkonový systém závisí především na tom, zda a jak lze rozčlenit celkový výrobní systém do jednotlivých částí a okruhů, které jsou schopny nést plnou odpovědnost za splnění cílů systému jako celku. Komplexnost a různorodost problémů spojených s výrobními procesy nás vedou k tomu, že je nutné stanovit řadu kritérií, která mohou být východiskem pro stanovení vhodné typologie a vytvoření charakteristických výrobních systémů. [1]

Oproti tomu výrobní logistika zahrnuje oblast toku materiálu od dodavatelů, příjem zboží, skladování výrobních zásob, hmotný tok ve výrobním procesu, včetně vytváření zásob na meziskladech až po sklad hotových výrobků, jakož i aktivity související s dodáním materiálu až do spotřeby ve výrobním procesu. [2]

Z výše uvedených definic jasně vyplývá propojenost mezi výrobou a logistikou ve výrobním závodu, a proto se v rámci této diplomové práce budu věnovat oběma oblastem a poukážu na konkrétní příklady tohoto prolínání.

Výroba segmentů autobusů značek Mercedes Benz a Setra v Holýšově se datuje k roku 1998 na halách 10, 11 a 12 v rozsahu "Unterbau", tj. spodní část šasi bez přední a zadní stěny, bočnic a střechy. Hlavní knowhow holýšovského závodu spočívá ve svařování a zpracování ocelových profilů. Již v roce 2004 se poprvé přistavovala nová hala (hala 13) pro zpracování plechů a profilů. V roce 2005 se do Holýšova přeskladnila výroba segmentů pro městské autobusy Citaro. V roce 2012 se výrobní závod opět rozšířil o další halu (hala 20) a následně se do Holýšova v roce 2015 přesunula výroba bočnic pro cestovní autobusy.

V roce 2017 vedení společnosti EvoBus rozhodlo, že se v Holýšově budou vyrábět kompletní šasi včetně KTL¹ lakování a částečné montáže. To nastartovalo projekt rozšíření závodu, v rámci kterého v letech 2018 a 2019 došlo k výstavbě nové výrobní haly (hala 40) s plochou 24 000 m² (layout viz Příloha 1). Po kompletním přestěhování budou původní haly 10, 11

¹ KTL - Kathodische Tauchlackierung = kataforézní lakování

a 12 vyčleněny pro výrobu segmentů městských autobusů, na hale 40 se bude svařovat vše týkající se cestovních autobusů a na hale 20 bude pracoviště montáže.

V této práci se budu zabývat analýzou a následným návrhem zlepšení výrobních a logistických procesů při montáži autobusů ve společnosti EvoBus Česká republika, s.r.o. - výrobní závod Holýšov. v rámci haly 20 (layout viz Příloha 2).

1 Teoretická východiska výroby silničních vozidel

V teoretických východiscích se budu zabývat dělením silničních vozidel (zejména autobusů) a podstatou výrobních úkonů na dané výrobní lince, a to montáží a lepení. Opomenout nesmím ani možnosti uspořádání výrobní linky, které má nezanedbatelný vliv na konečnou efektivitu, a tedy i ekonomické výsledky výrobního programu. To mi poskytne základ pro následující kapitolu, ve které budu analyzovat konkrétní výrobní linku.

1.1 Silniční vozidla

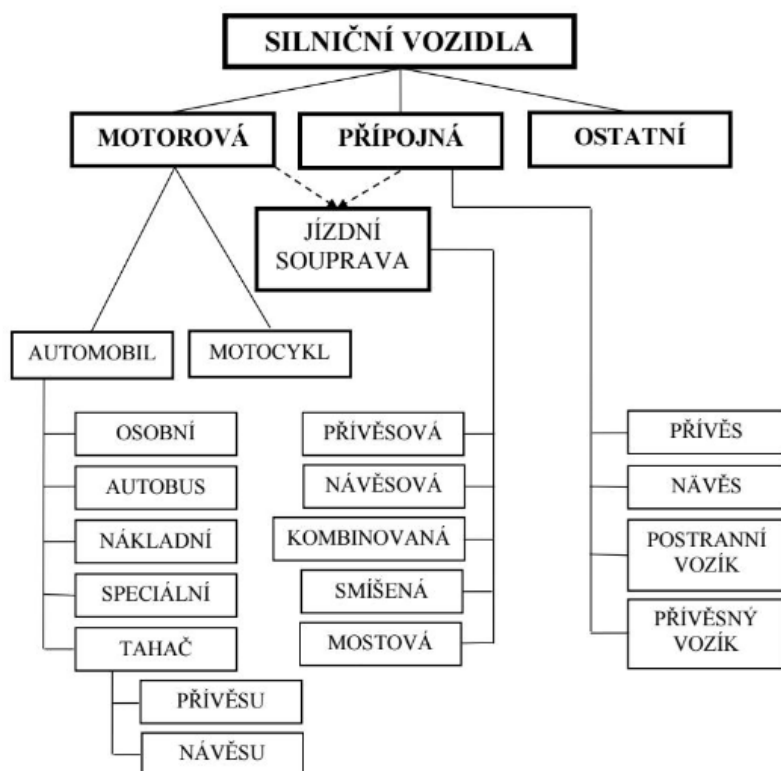
Druhy silničních vozidel jsou rozlišené podle určitých konstrukčních a technických charakteristik, které jsou uvedeny na Obr. 1.1. Toto rozdělení platí pro všechna vozidla určená pro silniční dopravu. Neplatí pro vozidla, která jsou pouze příležitostně používána pro dopravu osob nebo nákladu po komunikaci nebo pro tažení vozidel po komunikaci, používaných pro dopravu nákladů nebo osob, jako jsou zemědělské a lesnické traktory, jízdní kola a jiné. Neplatí tedy ani pro tramvaje.

Silniční vozidlo je motorové nebo přípojné vozidlo určené k provozu na pozemních komunikacích, nevázané na koleje a používané obvykle pro dopravu osob nebo nákladů, pro zvláštní účely a služby.

Motorové vozidlo je silniční vozidlo poháněné vlastním motorem. Přípojné vozidlo je silniční vozidlo, které nemá vlastní zdroj pohonu a je určeno k tomu, aby bylo taženo motorovým vozidlem. Jízdní souprava je souprava skládající se z motorového vozidla, spojeného s jedním nebo několika přípojnými vozidly.

Automobil je motorové vozidlo, které má čtyři nebo více kol obvykle používané pro dopravu osob nebo nákladů, tažení přípojných vozidel pro dopravu osob nebo nákladů, speciální účely a služby.

Tento termín zahrnuje i vozidla vázaná k trolejovému vedení (trolejbusy) a tříkolová vozidla, jejichž pohotovostní hmotnost je větší než 400 kg. Označují se též jako dvoustopá a více-stopá vozidla, tj. s koly umístěnými přibližně ve dvou nebo více rovinách rovnoběžných s podélnou střední rovinou vozidla. Tříkolová vozidla, jejichž pohotovostní hmotnost je 400 kg a menší, se posuzují jako motocykly. Automobily jsou zpravidla poháněny tepelným motorem (obvykle spalovacím). Mohou však být poháněny i elektromotorem (proudem z akumulátorů, palivových článků aj.), potom se pro ně používá název elektromobil. [3]



Obr. 1.1 Základní dělení vozidel

Zdroj: [3].

1.1.1 Konstrukce silničních vozidel

Základní části a ústrojí vozidel jsou definovány v ČSN 30 0025² a schématicky jsou znázorněny na Obr. 1.2.

Strojový spodek, šasi tvoří podvozek motorového vozidla s poháněcí soustavou a příslušenstvím. Strojový spodek je schopen samostatného pohybu. Poháněcí soustava je tvořena vozidlovým motorem a převodovým ústrojím motorového vozidla.

Převodová ústrojí jsou veškerá ústrojí jako celek i jednotlivě, spojující motor s hnacími koly vozidla za účelem uskutečnění přenosu točivého momentu motoru, jeho přerušováním, změny velikosti, popř. jeho smyslu.

Podvozek tvoří rám vozidla s podvěsy, řízením, brzdovým zařízením a příslušenstvím. Protože přípojná vozidla nemají vlastní zdroj pohonu, rozdělují se jejich základní části na podvozek a karoserii.

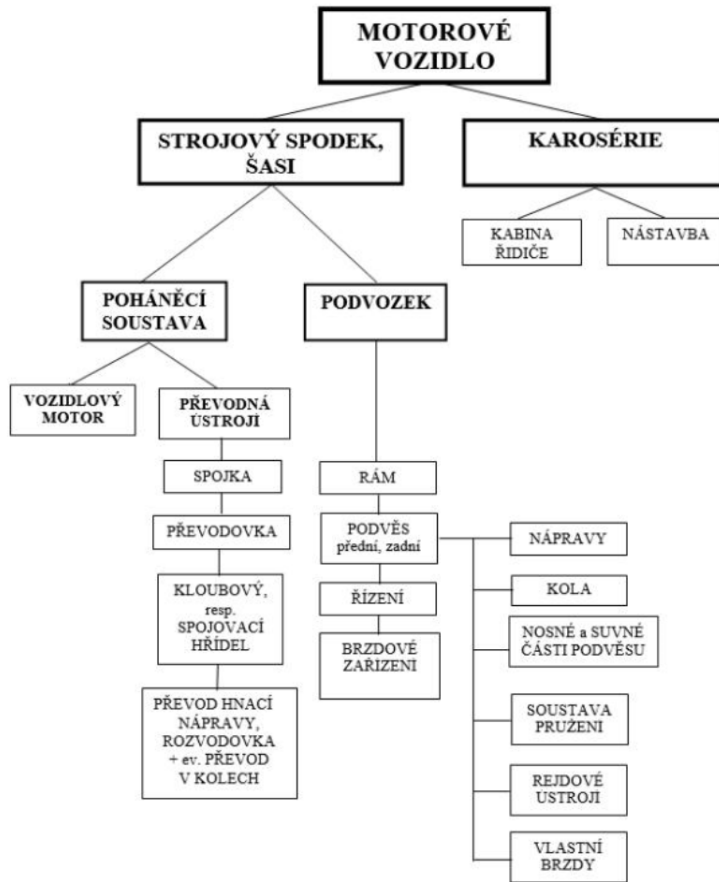
Karoserie je část vozidla, ve které jsou vytvořeny prostory pro využití vozidla podle jeho účelu, u motorových vozidel popř. též k uložení poháněcí soustavy. Úplná karoserie se rozumí s konečnou povrchovou úpravou, s čalouněním, veškerým příslušenstvím, výstrojí a normální výbavou.

Nástavba je funkční, účelová část speciálních nákladních a speciálních automobilů s veškerým příslušenstvím a výstrojí, nezahrnuje však kabinu řidiče.

Výstroj vozidla nebo karoserie tvoří pomocná zařízení a přístroje, pomůcky a prostředky s vozidlem (karoserií) pevně spojené a pro provoz předepsané nebo účelné, nikoliv však nezbytné (např. vnitřní osvětlení, ukazatel stavu paliva, tachometr s počítadlem ujeté vzdálenosti, stěrače, odrazky, zpětná zrcátka aj.). Dále účelová zařízení speciálních nákladních a speciálních automobilů, jakož i prostředky k ochraně vozidla, nákladu a obsluhy (např. zařízení proti podjetí zezadu, z boku či zepředu, bezpečnostní pásy atd.).

Výbava vozidla je tvořena prostředky a pomůckami k údržbě a ochraně vozidla a nákladu, s vozidlem nespojenými (náradí, plachtové oblouky, plachta, sněžné řetězy, hasicí přístroj, přenosné nádrže paliva, zakládací klíny aj.), jakož i náhradní díly. [3]

² ČSN 30 0025 - Základní automobilové názvosloví. Základní části a ústrojí vozidel, příslušenství, výstroj a výbava. Definice základních pojmů



Obr. 1.2 Základní části a ústrojí silničních vozidel

Zdroj: [3].

Rámy silničních vozidel

Rámy jsou u osobních vozidel dnes již téměř minulostí. Poslední skupinou, kde lze vidět rám vozidla v klasické podobě, tedy jako nosný prvek hnacího ústrojí, závěsů kol a samotného prostoru pro cestující, je kategorie terénních vozidel (off-road). Rámy se naopak velice hojně objevují u nákladních vozidel a u autobusů.

Rám silničního vozidla je definován jako:

- Základní nosná část vozidla, na které jsou upevněny základní skupiny vozidla. Je základním nosným prvkem vozidla a je namáhán dynamickými silami vznikajícími

během jízdy. Zároveň je však i spojovacím prvkem částí vozidla jako jsou prostor pro posádku a prostor pro náklad či další periferie stavby vozidla;

- V konstrukcích vozidel se objevují tzv. pomocné rámy, ty jsou dílčí nosnou částí, avšak spojují jen určité části vozidla, nebo přebírají ochrannou funkci pro lehkou stavbu karoserie.

Druhy ráků dle kategorie vozidel jsou:

1. Ráky osobních automobilů,
2. Ráky nákladních automobilů,
3. Ráky motocyklové,
4. Ráky autobusů a speciálních vozidel,
5. Ráky přípojných vozidel.

Druhy ráků dle konstrukce jsou:

1. Žebřinové ráky,
2. Páteřové ráky,
3. Příhradové ráky - typické pro autobusy,
4. Skříňové ráky,
5. Ostatní konstrukce. [3]

Karoserie silničních vozidel

Účel karoserie je:

- chránit jednotlivé části vozidla před vnějšími vlivy,

- chránit před vnějšími vlivy i posádku a náklad,
- zajistit pohodlí jízdy, v případě řidiče pak pohodlí zásadně ovlivňuje bezpečnost provozu,
- v případě havárie absorbovat značnou část setrvačných sil a co nejvíce ochránit posádku před možným zraněním,
- snížit co nejvíce aerodynamický odpor vozidla a tím zvýšit ekonomiku provozu a zároveň snížit dopad na životní prostředí,
- u bezrámové konstrukce vozidla tak přebírá funkci rámu a spojuje jednotlivé konstrukční celky vozidla.

Rozdělení karoserie podle konstrukce je:

- na podvozku nebo strojovém spodku, jehož tuhost umožňuje i jízdu bez karoserie (nákladní automobily),
- polonosná karoserie částečně přebírá nosnou funkci rámu, který proto může mít lehčí konstrukci,
- samonosná karoserie zcela přebírá nosnou funkci rámu. [3]

1.1.2 Rozměry vozidel

Základní rozměry silničních vozidel a jejich definice uvádí norma ISO 612-78 (ČSN 30 0026³). Kódy, kterými se dané rozměry mezinárodně označují, jsou uvedeny v normě ISO 4131-79 (ČSN 30 0039⁴). Norma kódů ale platí pouze pro osobní automobily. Základní rozměry silničního vozidla jsou: d - délka, v - výška, L - rozvor, $B1/B2$ - rozchod kol vpředu/vzadu, $\alpha1/\alpha2$ - nájezdový úhel vpředu/vzadu.

³ ČSN 30 0026 - Základní automobilové názvosloví. Rozměry vozidel. Definice základních pojmů

⁴ ČSN 30 0039 - Základní automobilové názvosloví. Údaje o vozidle. Názvosloví

Dalším často používaným pojmem jsou průměry resp. poloměry zatáčení a to obrysové a stopové při největším (plném) rejdu řídicích kol. Průměry jsou potom vnější (D'') a vnitřní (D'). Obrysové a stopové průměry zatáčení: Do'' - obrysové vnější, Do' - obrysové vnitřní, Ds'' - stopové vnější, Ds' - stopové vnitřní.

Největší povolené rozměry (limitní) silničních vozidel a jízdních souprav jsou uvedeny v § 16, vyhl. MD č. 341/2002 Sb. Největší povolená šířka je 2,55 m a u vozidel s tepelně izolovanou nástavbou (izotermické a chladírenské nákladní automobily), u kterých je tloušťka stěn větší než 45 mm potom 2,6 m. Největší povolená výška vozidel je 4,0 m. Největší povolená délka jednotlivého vozidla s výjimkou autobusů a návěsů je 12,0 m. U autobusů se 2 nápravami je největší povolená délka 13,5 m, se 3 a více nápravami 15,0 m a kloubového dvoučlankového autobusu 18,75 m. U návěsové jízdní soupravy je to 16,5 m, u přívěsové s jedním přívěsem 18,75 m a soupravy se 2 přívěsy nebo s návěsem a jedním přívěsem (kombinovaná) 22,0 m. [3]

1.2 Autobusy

Autobus je automobil určený pro dopravu osob a jejich cestovních zavazadel, který má více než 9 míst pro sezení včetně řidiče. Pro určení druhů autobusů lze použít několik kritérií:

a) podle účelu použití:

- městský, který svojí konstrukcí a vybavením je určen pro městskou dopravu (Obr. 1.4, 1.5). Tento druh autobusu má místa pro sedící a místa pro stojící cestující a dovoluje jejich pohyb odpovídající častým zastávkám. Městský autobus může být dále rozlišen na vnitroměstský (obvykle má větší počet dveří větší šířky) a předměstský (menší počet stojících cestujících). Tento autobus je v ISO 3833⁵

⁵ ISO 3833 - Silniční vozidla - Typy - Termíny a definice

označen jako "bus" a v praxi je označován písmenem B. V příloze 7 Rezoluce R.E.3⁶ EHK-OSN⁷ je definován jako autobus třídy I;

- meziměstský, který je svojí konstrukcí a vybavením určen pro dopravu mezi jednotlivými městy (Obr. 1.6). Nemá zvlášť určená místa pro stojící cestující, může je však přepravovat na krátké vzdálenosti v uličce. Meziměstský autobus může být dále rozlišen na místní a linkový (vesměs sedící cestující). V ISO 3833 je označen jako "coach" a v praxi je označován písmenem C. EHK jej definuje jako autobus třídy II;

- dálkový, který je svojí konstrukcí a vybavením určen pro dálkovou dopravu sedících osob (Obr. 1.7, 1.8, 1.9). U tohoto druhu se vyžaduje větší pohodlí pro sedící cestující a stojící cestující se nepřepavují. V ISO 3833 je označen jako "long coach" a v praxi je označován písmenem LC. EHK jej definuje jako autobus třídy III;

b) podle obsaditelnosti (míst na sezení kromě řidiče):

- malé (v souladu s předpisem EHK-OSN č.52 - konstrukce malých autobusů), který má nejvíce 22 míst i sezení (kromě místa řidiče). V rámci malých autobusů je definován i minibus (Obr. 1.10), tj. autobus, který má nejvíce 16 míst k sezení pro cestující. Malé autobusy se dále člení podle přílohy 7 rezoluce R.E.3 EHK-OSN na: třídu A (autobus má sedadla a může mít vytvořeny podmínky pro přepravu stojících cestujících) a třídu B (nemá vytvořené žádné podmínky pro přepravu stojících cestujících);

- velké, s obsaditelností ≥ 23 míst na sezení;

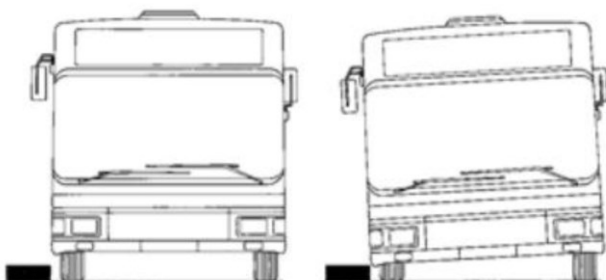
c) podle provedení (uspořádání) podlahy:

- 1 podlažní;

⁶ Příloha 7 rezoluce R.E.3 - konsolidovaného usnesení o konstrukci vozidel

⁷ EHK-OSN - Evropská hospodářská komise Organizace spojených národů

- standardní (klasický) dvounápravový, ev. třínápravový (Obr. 1.7);
- nízkopodlažní, výhodný zejména jako městský, kdy umožňuje cestujícím pohodlný a rychlý nástup a výstup, a snadnou manipulaci s dětskými kočárky či invalidními vozíky. Tyto autobusy mohou využívat i efektu sklonění "pokleknutí" (z anglického kneeling) pravé strany autobusu na zastávce (Obr. 1.3);



Obr. 1.3 Naklonění nízkopodlažního autobusu

Zdroj: [3].

- 1 a ½ podlažní (se zvýšenou podlahou): používáno u dálkových autobusů, kdy sedadla pro cestující jsou umístěna na zvýšeném podlaží (Obr. 1.8). Ve spodní části se zvětší objem zavazadlového prostoru, popř. se zde umístí kabina WC resp. lůžkový prostor pro odpočinek řidiče;
- 2 podlažní: používáno u městských, meziměstských i dálkových autobusů, kdy sedadla pro cestující jsou umístěna ve dvou podlažích (Obr. 1.9);

d) podle počtu tuhých sekcí:

- 2 článkový s 1 kloubem (kloubový), prostory pro cestující v jednotlivých sekcích jsou spolu spojeny a pohyb cestujících mezi sekcemi je umožněn kloubovou částí (Obr. 1.4);
- 3 článkový se 2 klouby. [3]



Obr. 1.4 Městský autobus

Zdroj: [4].



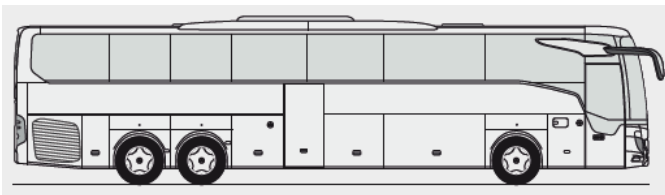
Obr. 1.5 2 článkový autobus

Zdroj: [4].



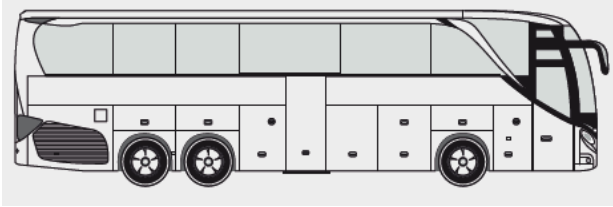
Obr. 1.6 Meziměstský autobus

Zdroj: [4].



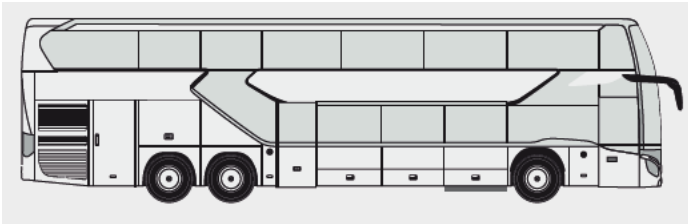
Obr. 1.7 Dálkový autobus

Zdroj: [4].



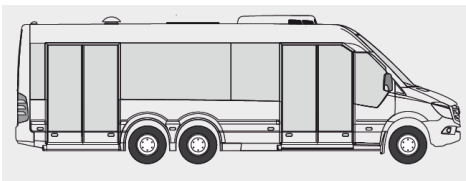
Obr. 1.8 1 a půl podlažní autobus

Zdroj: [4].



Obr. 1.9 2 podlažní autobus

Zdroj: [4].



Obr. 1.10 Minibus

Zdroj: [4].

1.3 Výrobní technologie

Při výrobě karoserií se používá velké množství nejrůznějších materiálů. Nejčastějším materiálem je ocel, ale velmi rozšířeným je i hliník a jeho slitiny, plasty a kompozity. Jednotlivé díly jsou ve formě předpřipravených profilů a plechů.

Spoj může být rozebíratelný (např. šroubový spoj) nebo nerozebíratelný (např. svár). Kovové materiály jsou nejčastěji svařeny nebo lemovány nerozebíratelně, anebo šroubované

rozebíratelně. Nejčastější způsob spojování kovových materiálů je svařování. Dalšími způsoby, které se využívají, jsou lepení, pájení a v neposlední řadě montáž. [3]

Svařování

Svařováním vznikají působením tepla, respektive tlaku a za případného použití přídavného materiálu obdobného složení jako má základní materiál nerozebíratelná spojení strojních částí i celých konstrukcí ze součástí jednoduchých tvarů, které jsou většinou z tvářených hutních polotovarů (tyče, pásy, plechy, trubky a jiné profily), někdy i z výkovků nebo z odlitků. Takto vzniklým polotovarům se říká svařence. [5]

Mezi základní druhy svařování patří svařování elektrickým obloukem. Působením vysoké teploty oblouku dojde k roztavení spojovaných materiálů a tím vzniku svarové lázně. Tato lázeň po ztuhnutí vytvoří svar v podobě svarové housenky. Další velmi rozšířeným druhem svařování (zejména v automobilovém průmyslu) je tlakové resp. bodové svařování. Proces bodového svařování je často automatizovaný. Robot je vybaven svařovacími kleštěmi s měděnými elektrodami. Kleště sevřou přeplátované plechy v místě, kde se má vytvořit svar. Do elektrod se přivede elektrický proud. Pod elektrodami se vlivem teploty a tlaku vytvoří svar, který je přibližně o velikosti styčných ploch elektrod. [3]

Pájení

Při pájení dochází k pronikání pájky do základního materiálu a k vzájemné difuzi těchto materiálů. Teplota tavení základního materiálu musí být vždy vyšší než teplota tavené pájky. To zaručí, že se základní materiál nezačne tavit. Pevnost pájeného spoje určuje mezivrstva vytvořená pájkou mezi pájenými materiály. S rostoucí tloušťkou této mezivrstvy klesá pevnost pájeného spoje. [3]

Lepení

Lepení je vytváření nerozebíratelných spojů pomocí lepidel. Schopnost lepidla vytvořit spoj je dána adhezí (přilnavostí) k lepeným povrchům a kohezí (soudržností látky). Adheze

a koheze určují výslednou pevnost lepeného spoje. Lepením nedochází k ovlivňování vlastností lepených materiálů v blízkosti spoje, jako tomu je u svařování a pájení. Pomocí lepidla je možné spojovat různé materiály o různých velikostech a tloušťkách. [3]

Montáž

Charakteristickým znakem montážních procesů je spojování dvou či více součástí do montážních celků. Pro spojování jsou obvykle využívány takové technologie, které zabezpečují přímé spojení bez přídavných součástí nebo materiálů. Montáží se nazývá soubor činností lidí, strojů a zařízení, jejichž vykonáváním ve stanoveném pořadí a čase vznikne z jednotlivých součástí a montážních celků hotový výrobek. Montáž je obvykle závěrečnou fází výrobního procesu ve strojírenské výrobě. [6]

1.4 Výrobní procesy

Výroba je uskutečňována v prostředí výrobních procesů tvořených souborem technologických a logistických operací, jejichž realizace je nezbytný pro výrobu výrobku v požadovaném množství, kvalitě, stanoveném termínu a požadovaných nákladech

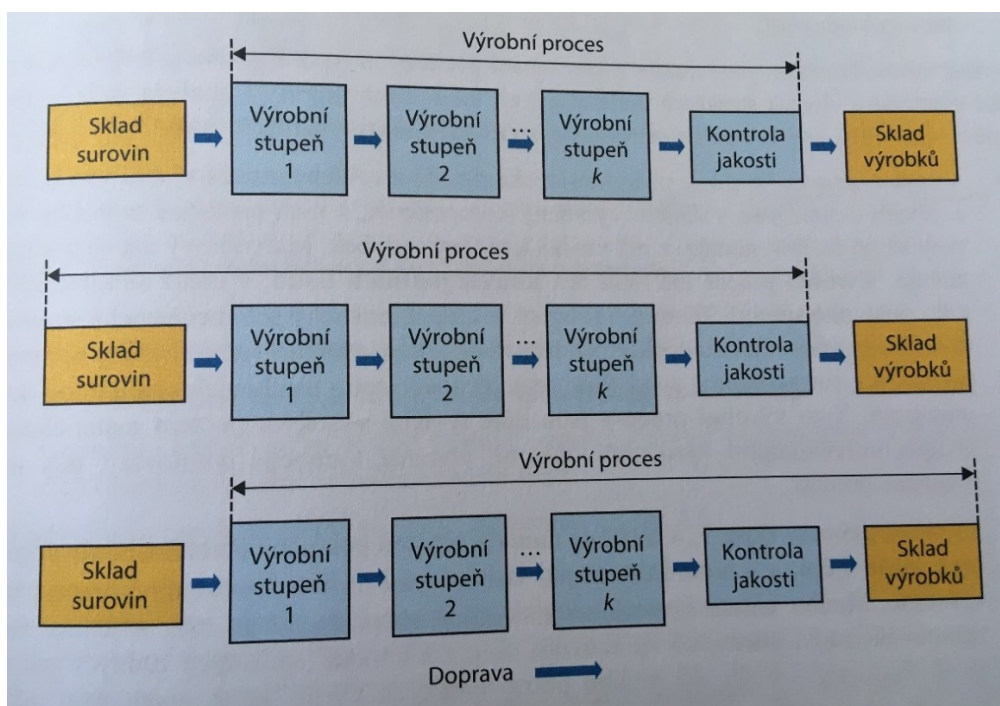
Hojně je využíván i pojem technologický proces, jehož prvky jsou jen technologické operace, k nimž patří např. filtrace, soustružení, lisování, obrábění, pasterace nápojů, sušení, mletí aj., vedle nichž je třeba uskutečnit řadu logistických operací, k nimž lze ve výrobě zařadit dopravu mezi operacemi, výrobními úseky, dílnami, skladování polotovarů mezi operacemi apod.

Výrobní procesy jsou realizovány prostřednictvím strojů, aparátů sestavených do výrobních linek, tvořící strukturu výrobního systému, jejich významnou součástí jsou lidé, zpracovávané suroviny, materiály, polotovary, K základním prvkům výrobního systému proto patří stroje, zpracovávané materiály a lidé.

Pro potřeby řízení je nezbytná účelová dekompozice výrobních systémů na dílčí části. U řady výrob lze odlišit výrobní stupně, úseky, kterými je vymezena část výrobního procesu charakteristická uceleným počtem operací, realizovanými skupinou pracovníků na jednom nebo několika pracovištích umístěných ve vymezeném prostoru (dílně, provozu).

Na pracovištích, výrobních stupních jsou pak realizovány výrobní operace, které jsou dále děleny až na dílčí úkony, případně pohyby při hledání efektivních pracovních postupů při implementaci metod odstraňování plýtvání apod.

Výrobní proces je třeba vymežit věcně i časově. Z hlediska realizace potřebných operací výrobní proces začíná v okamžiku, kdy materiál, polotovar, vstoupí do první operace a končí předáním hotového výrobku po schválení výstupní kontrolou na sklad hotových výrobků. [7]



Obr. 1.11 Vymezení výrobního procesu

Zdroj: [7].

1.4.1 Klasifikace výrobních procesů

Struktura materiálových toků a metody jejich řízení ovlivňují různé typy výrobních procesů. Lze je klasifikovat podle mnoha kritérií (podle některých autorů až 18 kvalifikačních hledisek). Z velkého množství kritérií, podle kterých lze výrobní procesy dělit, vybereme jen ty, které významným způsobem ovlivňují vybavení výrobních procesů strojním zařízením, umístění strojů ve výrobnách, charakter obsluhy výrobních linek, a metody jejich řízení. Jedním z nich je jejich rozdělení podle převažujícího charakteru technologických procesů ve výrobě využívaných, mezi něž patří:

- **Mechanicko-technologické procesy**, v nichž jsou pro výrobu využívány mechanické, fyzikální operace, jejichž výsledkem je změna tvaru zpracovávaných materiálů, např. lisování, obrábění, montáž apod. Změna tvaru je v některých případech doprovázena získáním zcela nových vlastností (nanomateriály, nanovlákná aj.).
- **Chemicko-technologické procesy**, typické využíváním chemických reakcí ke změně složení zpracovávaných surovin a výrobě zcela nových materiálů, s novým složením a vlastnostmi.
- **Biochemické procesy**, u nichž je možno dosáhnout obdobných výsledků jako u procesů chemicko-technologických, ale působením mikroorganismů.
- **Energetické procesy**, orientované na výrobu energií, typické převodem různých energetických zdrojů na elektřinu a nosiče tepla apod. Do rámce energetických technologií lze zařadit taktéž technologické procesy jaderné vzhledem k jejich hlavnímu zaměření na výrobu energií.

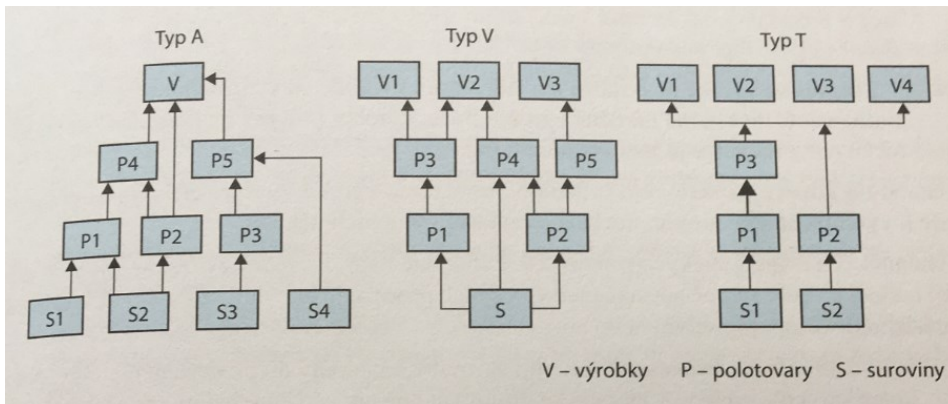
Reálné výrobní procesy jsou mnohdy kombinací uvedených typů. Používaná technologie má také významný vliv na strukturu materiálových toků. Takzvaná AVT analýza vede ke třem typům výrobních procesů podle převažující struktury materiálových toků:

- **Výrobní procesy typu A**, charakteristické tím, že z velkého množství dílů vyrobených v prvním stupni jsou v dalším vyráběny komponenty z nich postupně

montáží skupiny až po finální montáž, v níž vzniká konečný výrobek. Materiálový tok se postupně zužuje. Výrobní proces má řadu tzv. konvergentních bodů, v nichž se materiálové toky postupně spojují. Tento typ procesů je charakteristický pro mechanické strojírenské výroby, např. výrobu dopravních prostředků. Tyto výrobní procesy jsou typické vysokým počtem materiálových vstupů, univerzálními výrobními linkami, přičemž vyrobené polotovary, díly mají omezené použití.

- **Výrobní procesy typu V**, v nichž se materiálový tok přes mnoho divergentních bodů štěpí, a v posledním stupni získáme z výchozí suroviny širokou paletu výrobků. Mnoho chemicko-technologických procesů vykazuje tuto strukturu toků: zpracování ropy, chemické zpracování uhlí, zpracování směsných rudných surovin apod. Podobný průběh má mnoho potravinářských výrob, např. zpracování mléka, masa aj. Mají nízký počet materiálových vstupů a vysoký počet výstupů, využívají se specializované výrobní linky, pro výrobu výrobků se využívají obdobné velmi investičně nákladné technologie.
- **Výrobní procesy typu T**, typické velmi jednoduchou, téměř lineární strukturou většiny materiálového toku a tím, že v posledním stupni získáme velké množství variant z obvykle stejného základu. Materiálový tok má minimum konvergentních a divergentních bodů, umožňuje operativní přizpůsobení výrobků individuálním potřebám konečných zákazníků v posledním stupni. Příkladem jsou např. výroby kancelářského nábytku, v nichž jsou na jednoduchých linkách vyráběny základní moduly a ty umožňují v posledním stupni rychlé splnění individuálních požadavků jejich kombinací.

Na obrázku 9 jsou schematicky všechny typy zobrazeny. V praxi se v takovém ideálním tvaru vyskytují výrobní procesy ojediněle, většinou jde o jejich kombinaci.



Obr. 1.12 Typy materiálových toků ve výrobních procesech

Zdroj: [7].

V mechanických výrobách jde o to, v jakých množstvích procházejí zpracovávané materiály, díly jednotlivými výrobními stupni nebo operacemi a jak často se mění sortiment vyráběných výrobků:

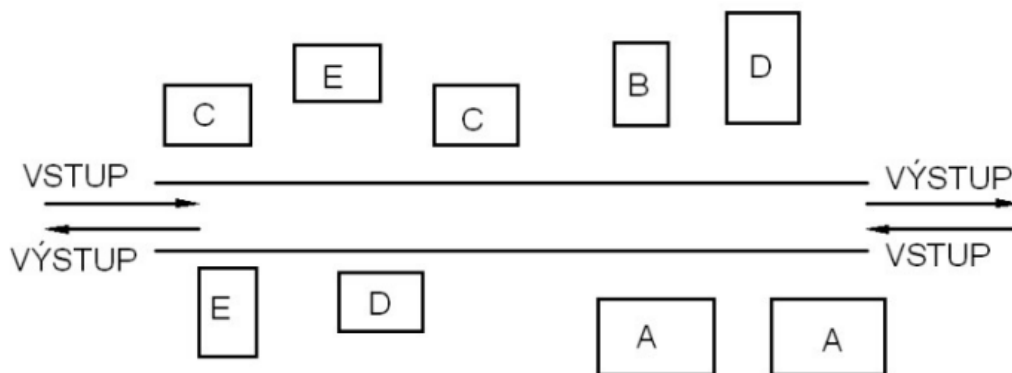
- Při **kusové výrobě**, typické častými změnami výrobního programu, jsou výrobky vyráběny v malých množstvích, někdy až po kusech. Významná je skutečnost, že se technologický proces mění z výrobku na výrobek, výrobní operace mají jiné pořadí, vyrábí se obvykle na zakázku objednavatele.
- U **sériové výroby** jsou jednotlivé výrobky vyráběny ve větším množství, tzv. výrobních sériích. Podle jejich velikosti jde o výrobu malosériovou nebo velkosériovou. Výrobní zařízení je univerzální pro výrobu skupin výrobků, výrobky jsou vyráběny opakovaně podle poptávky zákazníků.
- V **hromadné výrobě** je vyráběn jen jeden druh výrobku ve velkých množstvích na specializované investičně náročné výrobní lince, výrobní procesy mají ustálené technologické podmínky, lze je snadno automatizovat. [7]

1.4.2 Typologie výrobních procesů z hlediska prostorové struktury

Prostorová struktura je velmi úzce spojena s časovou strukturou. Jedná se o organizační formy, které naopak umožňují časové charakteristiky nebo naopak jsou jim podřízeny. [1]

Volné uspořádání

Při tomto volném uspořádání jsou stroje na pracovišti umístěny náhodně. Toto uspořádání lze nalézt v prototypových a údržbářských dílnách s kusovou výrobou. Např. při nákupu nového stroje se tento umístí na volné místo. I když se jedná o volné uspořádání, tak i tady se musí dodržovat určitá pravidla – nelze např. umístit buchar vedle dokončovací frézky, protože by došlo k nežádoucímu ovlivnění přesnosti stroje. Tento způsob uspořádání je považován za zcela nevyhovující a prakticky se už téměř nepoužívá. [1]



Obr. 1.13 Volné uspořádání strojů

Zdroj: [1].

Technologické uspořádání

V technologickém uspořádání jsou stroje umístěny podle technologické příbuznosti prováděných operací. Do výrobních úseků jsou zařazována pracoviště se stejným nebo blízkým technologickým charakterem.

Jako příklad lze uvést např. obráběcí dílnu, ve které jsou rozmístěny v jedné skupině brusky, hoblovky, soustruhy, frézky atd. Dá se říci, že se tvoří skupiny stejných druhů strojů. Vyráběný sortiment je zcela rozdílný, tudíž zde není možno určit směr materiálového toku.

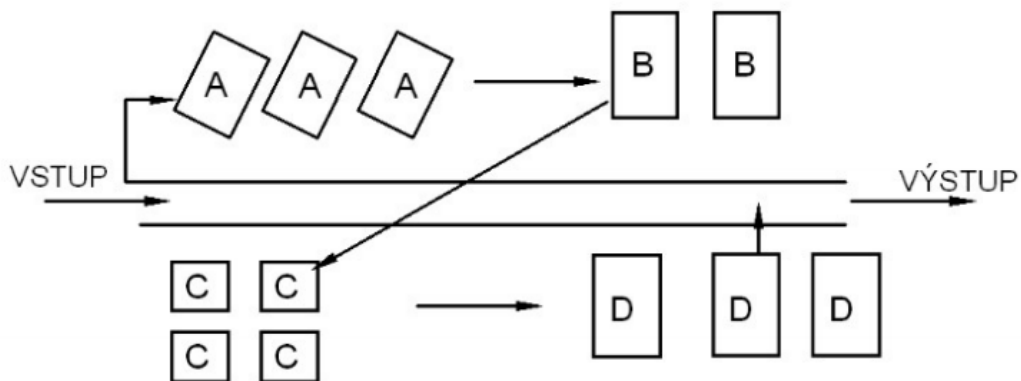
Výhody:

- pokud se změní výrobní program, změna se dotkne hlavně mezioperační manipulace,
- malá citlivost na poruchy strojů,
- dobrá možnost využití volné kapacity pracoviště,
- příznivé podmínky pro údržbu a opravy.

Nevýhody:

- větší vzdálenosti mezi pracovišti,
- náročnější příprava a řízení výroby,
- značný objem rozpracované výroby,
- dlouhá průběžná doba výroby,
- velká náročnost na výrobní plochy a na kapacity meziskladů.

Použití: kusová a malosériová výroba. Je vhodné pro malé objemy výroby s velkou tvarovou a technologickou pestrostí. Typickou vlastností je komplikovaný materiálový tok. [1]

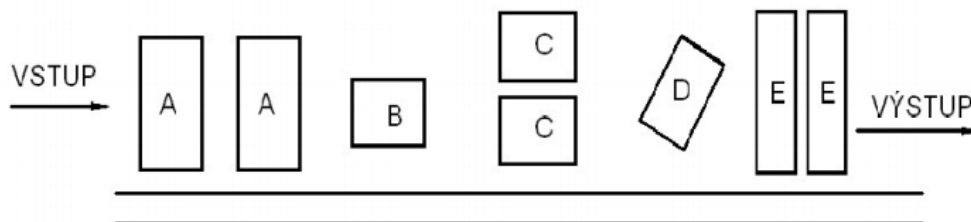


Obr. 1.14 Technologické uspořádání strojů
Zdroj: [1].

Předmětné uspořádání

Do výrobních úseků jsou zařazována všechna pracoviště technologicky nutná k výrobě určité části výrobku, vznikají prostorově soustředěná pracoviště. Předmětný typ uspořádání je podřízen jedinému záměru, maximálnímu usměrnění materiálového toku. Stroje jsou rozestavěny podle posloupnosti jednotlivých operací výrobního postupu. Využití nachází především při hromadné výrobě.

Typickým znakem je seřazení strojů nebo pracovišť podle operací uvedených v technologickém postupu. Pohyb součástí má pouze jeden stejný směr – tak vzniká výrobní linka.



Obr. 1.15 Předmětné uspořádání strojů
Zdroj: [1].

Výhody:

- minimalizace a zpřehlednění mezioperační manipulace,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- menší objem rozpracované výroby,
- menší nároky na výrobní plochy a kapacity meziskladů,
- jednodušší příprava a řízení výroby.

Nevýhody:

- při změně výrobního programu je třeba změnit i uspořádání pracovišť,
- obtížné využití volné výrobní kapacity (jednouúčelové stroje),
- náročná údržba a opravy strojů.

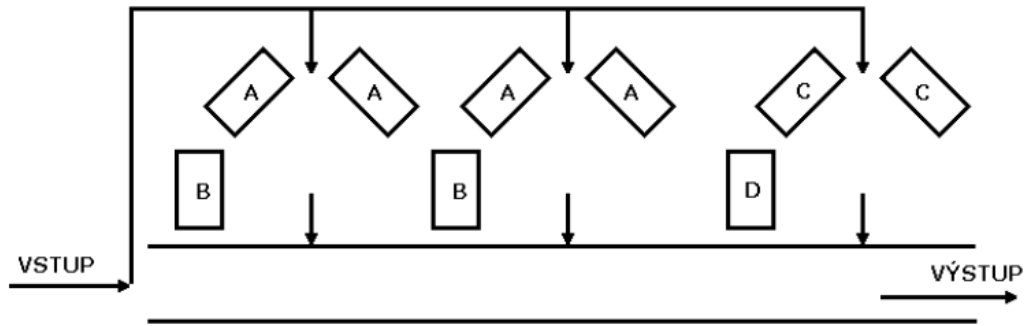
Použití: hromadná a velkosériová výroba. [1]

Modulární uspořádání

Modulární uspořádání je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Celý provoz se tak skládá ze stejných nebo podobných skupin pracovišť – modulů.

Typickým příkladem je skupinové nasazení NC strojů v klasicky řízené dílně nebo soustředění obráběcích center.

Skupinové uspořádání strojů umožňuje využít automatizovanou obsluhu – robotizované pracoviště.



Obr. 1.16 Modulární uspořádání strojů

Zdroj: [1].

Výhody:

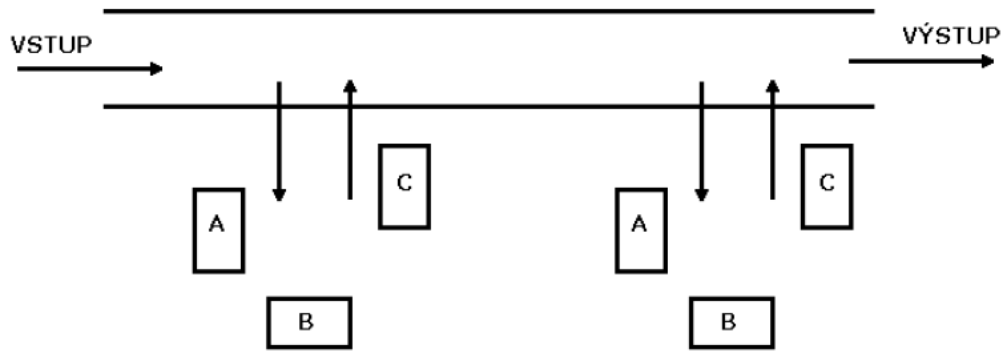
- vysoká produktivita práce,
- zkrácení operačních časů,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- zkrácení manipulačních časů,
- zlepšení organizace práce a řízení výroby.

Nevýhody:

- vyšší nároky na technickou přípravu výroby,
- vysoká cena strojů a zařízení. [1]

Buňkové uspořádání

Jedná se o modifikaci modulárního uspořádání. Buňku obvykle tvoří vysoce produktivní stroj s mechanizovaným nebo automatickým, resp. robotizovaným okolím. Souhrnným názvem je takové pracoviště označováno jako AVS – automatizovaný výrobní systém.



Obr. 1.17 Buňkové uspořádání strojů

Zdroj: [1].

Výhody:

- vysoká produktivita práce,
- minimalizovaná manipulace s materiálem,
- dodržování technologické kázně (kvalita výroby).

Nevýhody:

- vyšší nároky na technickou přípravu výroby,
- vysoká cena strojů a zařízení. [1]

Kombinované uspořádání [1]

Při projektování větších výrobních celků je často projektant nucen použít více než jedno uspořádání pracovišť. Nejčastější kombinace v praxi bývá technologické a předmětné uspořádání. Kombinované uspořádání se snaží hlavně o využití výhod obou typů a o eliminaci jejich nevýhod. [1]

1.5 Metody pro plánování a řízení výroby

Řízením výroby se snažíme dosáhnout cílů, které odpovídají strategii společnosti. K tomu byly vyvinuty nástroje, které umožňují hledání úzkých míst.

1.5.1 Grafické metody

Spaghetti diagram

Jedná se o diagram, který zachycuje přesný pohyb pracovníka v určitém časovém úseku. Podle typu cesty je trasa barevně označena. Například pokud pracovník absolvuje zbytečnou cestu, je zaznačena červeně. Pokud absolvuje cestu s materiálem, ale není plně vytížen, je cesta vyznačena žlutě a pokud je plně vytížen, tak zelenou. Podle spaghetti diagramu je možno analyzovat, které cesty jsou v rámci interní logistiky nutné a které nejsou. Spaghetti diagram se používá při mapování a navrhování interního transportu. Používá se také při návrhu layoutu pracoviště a nejvhodnější transportní cesty. [8]

Sankey diagram

Druhou grafickou metodou je Sankey diagram je metoda umožňující znázornit toky materiálu z jednoho pracoviště na druhé. Směr toku je naznačen pomocí šipek a tloušťka této šipky znázorňuje objem materiálu, který putuje mezi pracovišti. Sankey diagram řeší úbytek materiálu z polotovaru při jednotlivých operacích, které jsou pro výrobu dané součásti potřebné. Tento diagram se lze implementovat všude, kde jsou nějaké toky materiálu, nejvíce používán ve výrobních podnicích. Většinou je aplikován tam, kde je potřeba znázornit toky materiálu a následně optimalizovat využitelnost výrobních strojů nebo uspořít materiál. Přínosy této metody jsou přehledné zobrazení toku materiálu, racionalizace materiálových toků a vizualizace objemu toku materiálu. [8]

1.5.2 Analýza sítí

Síťová analýza je soubor modelů a metod, které vycházejí z grafického vyjádření složitých projektů a provádějí analýzu těchto projektů z hlediska času, nákladů nebo zdrojů nutných k jejich realizaci. Síťová analýza patří mezi nejčastěji aplikované postupy manažerské vědy.

Počátky využívání teorie grafů pro řízení projektů souvisí s potřebami praxe. Snad v žádné jiné disciplíně manažerské vědy není možné dokumentovat, že základní metody pro řešení jisté třídy úloh byly navrženy v rámci řešení konkrétních praktických problémů. Prvními a dodnes používanými metodami pro analýzu projektu jsou metody CPM (kritické cesty) a PERT. [9]

Metoda kritické cesty (CPM)

Tato metoda byla navržena v roce 1957 Kellym a Walkerem jako společný projekt dvou společností: DuPont Corporation a Remington Rand Corporation. Cílem bylo nalézt účinný nástroj řízení složitých akcí ve výstavbě výrobních zařízení, v oblasti údržby a rekonstrukce výrobních zařízení, a při vývoji nových chemických výrobků.

V současné době se všeobecně používá pro libovolné typy projektů, vč. výstaveb, softwarového vývoje, výzkumných projektů, vývoje výrobků a mnoha inženýrských aplikací.

Patří mezi základní deterministické metody síťové analýzy. Jejím cílem je stanovení doby trvání projektu na základě délky tzv. kritické cesty. CPM umožňuje usnadnit efektivní časovou koordinaci dílčích, vzájemně na sebe navazujících činností v rámci projektu.

Tato metoda slouží jako nástroj pro odhad nákladů. Používá se u přímočarých projektů, kde lze doby trvání odhadnout s vysokým stupněm přesnosti, např. stavební průmysl. U této metody se předpokládá, že doby trvání jednotlivých činností jsou stanoveny pevně. Tento předpoklad není v praxi velmi často splněn.

Tato metoda odvozuje pro každou činnost projektu čtyři následující časové charakteristiky:

1. Nejdříve možný začátek provádění činnosti – je to časová charakteristika, která vychází z toho, že činnost nemůže začít, dokud neskončí všechny činnosti, které jí předcházejí.

2. Nejdříve možný konec provádění činnosti – je to součet nejdříve možného začátku a doby trvání činnosti.
3. Nejpozději přípustný konec – tím se myslí charakteristika, která udává okamžik, kdy musí činnost nejpozději skončit, aby nedošlo ke zpoždění v provádění následující činnosti.
4. Nejpozději přípustný začátek provádění činnosti – se bere jako rozdíl nejpozději přípustného konce a doby trvání této činnosti.

Kritická cesta je definována jako (časově) nejdelší možná cesta z počátečního bodu grafu do koncového bodu grafu. Je charakteristická tím, že je tvořena činnostmi s nulovými celkovými rezervami.

Každý projekt má minimálně jednu kritickou cestu. Každá kritická cesta se skládá, ze seznamu činností, na které by se měl manažer projektu nejvíce zaměřit, pokud chce zabezpečit včasné dokončení projektu. Datum dokončení posledního úkolu na kritické cestě je zároveň datem dokončení projektu.

Kritická cesta se promítá do časového plánování a řízení projektu prakticky ve všech fázích životního cyklu projektu. [9]

Metoda PERT

Je zobecněním metody kritické cesty (CPM). Vznikla o rok později, v roce 1959, jako nástroj pro plánování a řízení projektu Polaris amerického námořnictva při závodech ve zbrojení za studené války se SSSR. Tato metoda se používá k řízení složitých akcí, majících stochastickou povahu. V metodě PERT se předpokládá, že doba každé činnosti je náhodná veličina, která je definována v intervalu $\langle a, b \rangle$.

Skutečná délka trvání činnosti se nachází uvnitř uvedeného intervalu s tím, že metoda PERT dále předpokládá, že lze pro činnosti stanovit jejich nejpravděpodobnější dobu trvání. Střední doba trvání činnosti se vypočítá jako:

$$t_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (1.1)$$

kde:

t_{ij} ... střední doba trvání činnosti,

a_{ij} ... nejkratší předpokládaná doba i-té činnosti – optimistický,

m_{ij} ... nejpravděpodobnější doba realizace i-té činnosti – modální odhad,

b_{ij} ... nejdelší uvažovaná doba i-té činnosti – pesimistický odhad. [9]

1.5.3 Výpočet ploch

Při návrhu projektu je potřeba určit odhad pracovní plochy pro jednotlivá pracoviště. Celkovou výrobní plochu určíme jako: [10]

$$F_V = F_R + F_S \quad (1.2)$$

kde:

F_R ... výrobní plocha ručního pracoviště [m^2],

F_S ... výrobní plocha strojního pracoviště [m^2],

F_V ... celková výrobní plocha [m^2].

Pro jedno ruční pracoviště je potřeba asi $f_R = 5 \text{ m}^2$ podlahové plochy. Pro strojní pracoviště od $f_S = 6 \text{ m}^2$ (malé stroje) až $f_S = 25 \text{ m}^2$ i více (velké stroje), dle vztahů: [10]

$$F_S = \sum_{i=1}^n f_{Si} \cdot P_{ski} \quad (1.3)$$

a

$$F_R = \sum_{i=1}^n f_{Ri} \cdot P_{rski} \quad (1.4)$$

kde:

P_{ski} ... skutečný počet strojů [ks],

P_{rski} ... skutečný počet ručních pracovišť [ks],

f_{Si} ... plocha strojního pracoviště [m²],

f_{Ri} ... plocha ručního pracoviště [m²].

Pro výpočet celkové pracovní plochy platí vztah: [10]

$$F_{hc} = F_R + F_S + F_D \quad (1.5)$$

kde:

F_D ... plocha dalšího strojního pracoviště [m²],

F_{hc} ... celková pracovní plocha [m²].

Dalším důležitým ukazatelem jsou pomocné pracovní plochy. Ty jsou definovány jako: [10]

$$F_P = 0,5 \cdot F_{hc} \quad (1.6)$$

kde:

F_P ... Pomocná podlahová plocha [m²].

Z celkové pomocné pracovní plochy lze pak přibližně určit její jednotlivé složky: [10]

$$\text{Plocha pro hospodaření s náradím:} \quad F_{Phn} = 0,15 \cdot F_P \quad (1.7)$$

$$\text{Plocha údržby:} \quad F_{Pú} = 0,15 \cdot F_P \quad (1.8)$$

$$\text{Plocha skladů:} \quad F_{Pskl} = 0,29 \cdot F_P \quad (1.9)$$

$$\text{Plocha dopravních cest:} \quad F_{Pdc} = 0,33 \cdot F_P \quad (1.10)$$

$$\text{Kontrolní plocha:} \quad F_{Pk} = 0,08 \cdot F_P \quad (1.11)$$

a platí:

$$F_P = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} \quad (1.12)$$

1.5.4 Metody řízení materiálu ve výrobě

Metoda řízení zásob je určitý proces, během něhož se manipuluje se zbožím. Začíná při příjmu zboží do firmy a končí expedicí zboží. Existuje pět metod řízení manipulace s výrobky. První je metoda FIFO, druhá je FEFO, třetí metodou je LIFO, čtvrtou HIFO a poslední se nazývá LOFO. Dále budou rozebrány jednotlivé metody.

Zkratka FIFO znamená v originální verzi First In, First Out. Český překlad zní První dovnitř, první ven. Jde o běžnou metodu řízení neboli také o základní manipulaci se zbožím. Metoda FIFO se právě v logistice a dopravě využívá nejvíce. Většina podniků, které převážejí potraviny, užívají právě tento postup, jelikož jako první vydávají potraviny, které přišly do firmy nejdříve, čili jsou nejstaršího data. V této metodě je proto nezbytné si registrovat pořadí dodávek.

Metoda FEFO znamená First Expired, First Out neboli v českém znění První expiruje, první ven. FEFO funguje prakticky na stejném způsobu jako metoda FIFO. Opět jde ven první zboží, které má starší datum spotřeby. Stejně jako předchozí metoda, se i tato využívá hlavně

v logistice a dopravě. Zejména v oblasti potravin, neboť potraviny podléhají svojí trvanlivosti.

Metoda LIFO je opakem první již zmíněné metody. Jde o Last In, First Out čili Poslední dovnitř, první ven. Postup může být prospěšný v tom, že kdyby se zvyšovala cena nakupovaného zboží, tak se do spotřeby zařazuje vyšší obnos, avšak ve skladě zůstává zboží, které je nejstarší a za nejnižší cenu. Nicméně tato metoda v České republice není povolena.

Metoda HIFO se už poměrně liší od předchozích. Zde se jedná o Nejdražší dovnitř, první ven. V anglickém originále Highest In, First Out. Postup se využívá opět v logistice a dopravě, ale na rozdíl od metod FIFO a FEFO, nepůsobí v potravinářství. HIFO určuje, že nejdražší zboží se vydává jako první.

U metody LOFO je postup opačný, jako u metody HIFO. Znamená Lowest in, First Out. V překladu Nejnižší dovnitř, první ven. Zásadou je, že první se vyskladňuje zboží s nejnižší cenou a ty nejdražší výrobky zatím zůstávají ve skladě. Stejně jako předchozí metoda i tato se vyskytuje v logistice a dopravě, ale zároveň se s ní nesetkáme v oblasti potravin. [11]

2 Analýza procesů při výrobě autobusů

Hala 20 v holýšovském závodě je vybavena výrobní linkou pro montáž a lepení dílů na svařované ocelové karoserie nalakovanou základní černou barvou technologií KTL (Obr. 2.1). Této části výroby se říká "AF" z německého "Außenhaut und Funktionbeschichtung", což by se do češtiny dalo přeložit jako "vnější opláštění a funkční nástřik".



Obr. 2.1 Karoserie po KTL lakování

Zdroj: [12].

Všechny linky v závodě jsou dimenzovány na 7 vozů za směnu (1 směna = 7,5 hod) a dvousměnný provoz. Důvodem, proč se nepočítá s 3. směnou je, že při plném taktu je nutné každý den čistit kabinu pro nanášení funkčního nástřiku.

Karoserie je po nalakování a vysušení spuštěna speciálním poloautomatickým manipulátorem na "Přípravnou stanici", která je o 6 m níže, kde je autobus ustaven na transportní vozíky. Ty v sobě mají výklopný vodící čep, protože výrobní linka je vybavena

vodícím kanálem pro podélné vedení karoserie na výrobní lince. Navíc je plocha pod kolečky vyztužena ocelovými lištami, aby se nevydíral beton v podlaze viz. Obr. 2.2. Pro příčné pohyby na lince je v podlaze zabetonovaná ocelová dlažba.



Obr. 2.2 Podlaha u stanic AF7 a AF8

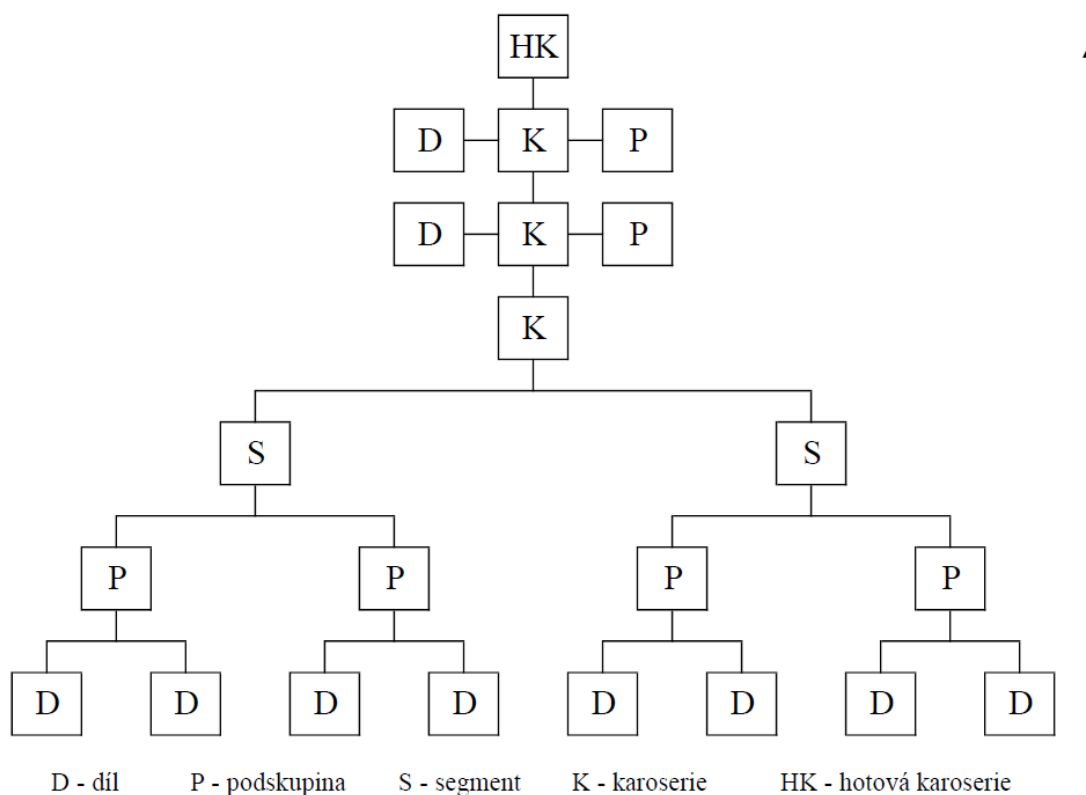
Zdroj: [12].

Výroba na hale 20 spadá mezi mechanicko-technologické procesy. Zejména se jedná o šroubová spojení mezi karoserií a další díly jako je GFK⁸ opláštění zadní stěny nebo víka kufrů autobusu (v dalším textu budu používat pouze víka). Dalším klíčovým procesem je lepení a tmelení. Lepení umožňuje vyrovnání rozměrových odchylek svařované konstrukce.

⁸ GFK - Glasfaserverstärker Kunststoff = Sklolaminát

Na druhou stranu je tento proces velmi náchylný na dodržování procesů v průběhu lepení, jako je doba odvětrání, tedy čas pro odpaření čisticidla apod.

Pokud budu chtít zařadit výrobu autobusu pomocí AVT analýzy, jedná se do určité části jednoznačně o proces typu A. Po sestavení rámu autobusu se další díly v průběhu výroby na lince "nabalují", jak je znázorněno na Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Schéma výrobního procesu autobusu

Zdroj: [12].

Co se týče zařazení výroby podle množství výrobků, jedná se do určité části podskupin o sériovou výrobu řízenou pomocí metody Kanban⁹. Dále se pak již vyrábí díly podle taktu pro konkrétní autobus. Tento systém je postaven na výhodách sériové výroby zejména

⁹ Kanban - systém řízení materiálu/ výroby

menších podskupin a následně na minimalizaci skladovacích prostor velkých segmentů. Navíc se autobusy nevyrabí na sklad, ale každý vyráběný autobus má již svého zákazníka.

Výroba AF na hale 20 je klasickým příkladem předmětného uspořádání, jedná se tedy o výrobní linku. Je navržena pro maximální efektivitu při výrobě a 60 minutový takt. Jedinou výjimkou je předmontáž, což je buňkové pracoviště.

Pro ověření správnosti nastavení materiálových toků jsem si připravil Spaghetti diagram (příloha 3) a Sankey diagram. (příloha 4). U Spaghetti diagramu jsem znázornil logistické pohyby týkající se JIT¹⁰ dílů během jedné hodiny (čas taktu). Nejfrekventovanější pohyb se odehrává mezi skladem a pracovištěm předmontáže. Jedná se o úsek cca 50 m, který je nutné absolvovat celkem 6x. To však i se započtením manipulace a administrativy nezabere více než 30 minut. Tato zvýšená frekvence pohybu v této oblasti se nekříží s jinými cestami, proto hodnotím tyto trasy jako vyhovující. Sankey diagram zobrazuje již zmíněné "nabalování" materiálu a dílů na karoserii. Ani z tohoto diagramu tedy nevyplývá žádný problém.

2.1 Průběh výroby

Výrobní linie AF se skládá z 22 pracovních stanic, pracoviště předmontáže a 2 stanic určených pro opravy. Výrobní proces by se dal rozdělit do 2 částí a to utěsnění karoserie a montáž. Do montáže navíc ještě vstupuje nastříkání podvozku funkčním nástřikem.

Na stanicích AF1 až AF6 se provádí kompletní "utěsnění" vozu včetně vložení podlážek uvnitř autobusu, základního maskování funkčních ploch, jako jsou např. závity a další dosedací plochy. Tmel je rozveden na těchto stanicích pomocí jednoho zařízení do rozvodů ve výšce asi 4 m a na každé stanici jsou 4 svody zakončené aplikační pistolí. Neposlední činností na těchto 5 stanicích je vyrovnání a zalepení bočních plechů autobusu, které probíhají po celé délce vozu. Stanice AF5 je vybavena zvedáky, aby bylo možné dotmelit vůz zespod, a protože se zde montují plechy pod rezervu. Tyto zvedáky jsou

¹⁰ JIT - Just in Time

umístěny na vodících ližinách a pohybují se pouze v podélné ose podle typu (délky) autobusu (Obr. 2.4). Na stanici AF6 se provádí vyplnění mezer kolem rámu vík. Na to se používá speciální lepidlo s vysokou tvrdostí a elasticitou.



Obr. 2.4 Autobus na zvedáku

Zdroj: [12].

Na stanicích AF7 a AF8 je lepí a montují GFK díly na zadní stěnu. Vzhledem k tomu, že je zde nutné pracovat v celé výšce autobusu, jsou obě stanice vybaveny zvedacími podestami. Na těch je umístěno kompletní vybavení, které pracovníci potřebují včetně pracovního stolu a regálu se šablonami tak, aby nemuseli v průběhu práce sjíždět na zem. Na stanici AF7 probíhá ustavení a spasování GFK dílů. Na stanici AF8 je díly vyčistí, nalepí a přišroubují na karoserii.

Stanice AF9 a AF10 jsou určeny pro maskování vozu před funkčním nástřikem podvozku. Stanice AF9 je navíc vybavena zvedáky, aby bylo možné ochránit funkční plochy.

Stanice AF11 je tzv. Gate. Zde probíhá kontrola všech doposud provedených činností, vzhledem k tomu, že po nanesení nástřiku již nebude možné vady odhalit.

Funkční nástřik se provádí na stanici AF12, což je uzavřená buňka, kde se provádí nástřik polyuretanovou dvousložkovou barvou o tloušťce 1 až 2 mm. Tento nástřik hlavním pilířem antikorozivní ochrany spodní části vozu (po montáži v závodu v Novém Ulmu se ještě vystříkávají dutiny horkým voskem).

Po zaschnutí barvy se na stanici AF13 autobus odmaskuje. Následně se zde ještě nalepí GFK díly na sloupky přední stěny.

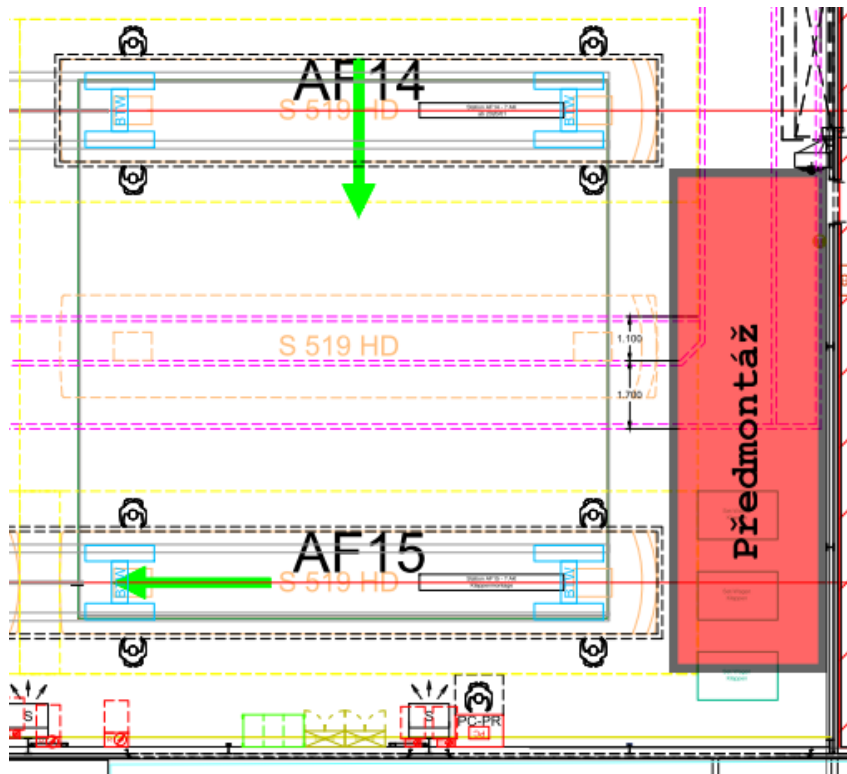
Na stanicích AF14 až AF16 se montují víka. Tato montáž je rozdělena na 3 pracoviště zejména kvůli dodržení taktu. Na pracovišti AF14 se namontují na karoserii držáky, plynové pružiny a táhla. Na stanici AF15 se pak namontují vlastní víka ze speciálního vozíku, který minimalizuje možnost pádu dílu a jeho poškození a tím i pomáhá ergonomice této montáže (Obr. 2.5). Stanice AF16 pak slouží k vyrovnání a seštelování vík.



Obr. 2.5 Vozík pro montáž vík

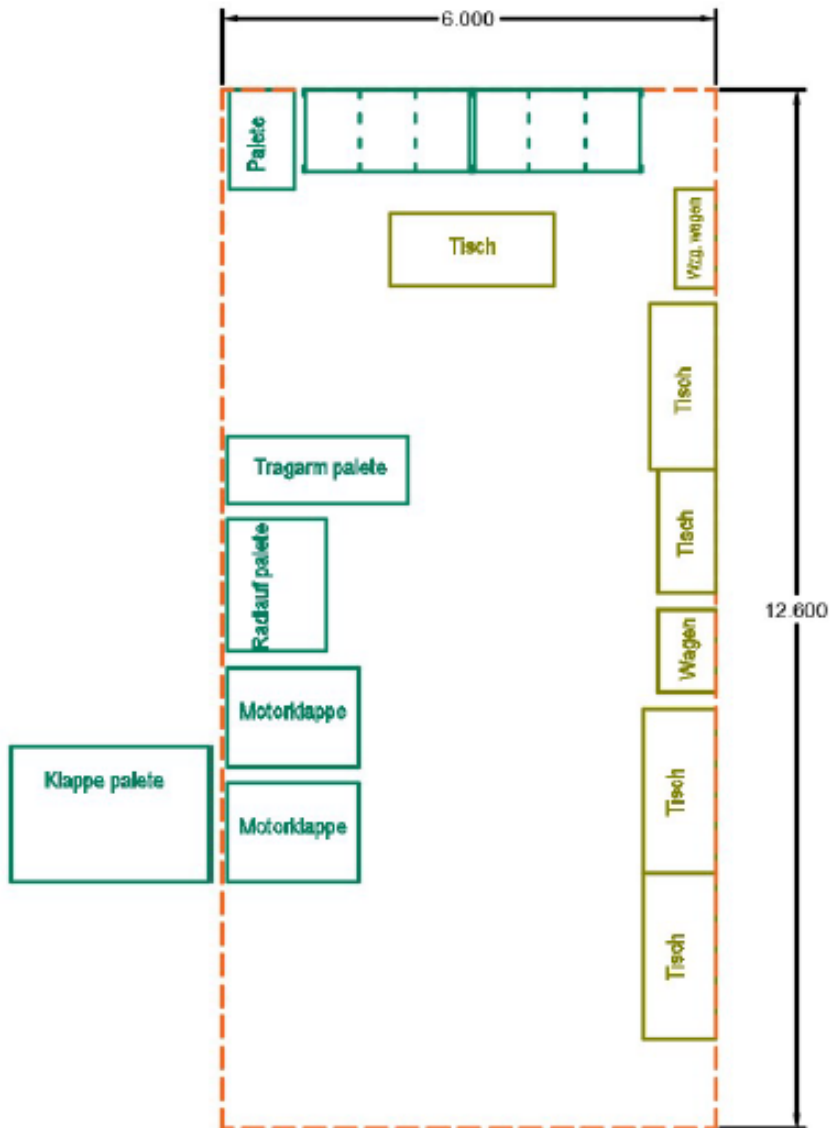
Zdroj: [12].

Ačkoliv se pracoviště předmontáže podle layoutu nachází v prostotu nad stanicí AF1 je v současné době umístěno přímo u stanic AF14 a AF15 (Obr. 2.6, 2.7).



Obr. 2.6 Současné umístění pracoviště předmонтаže

Zdroj: [12].

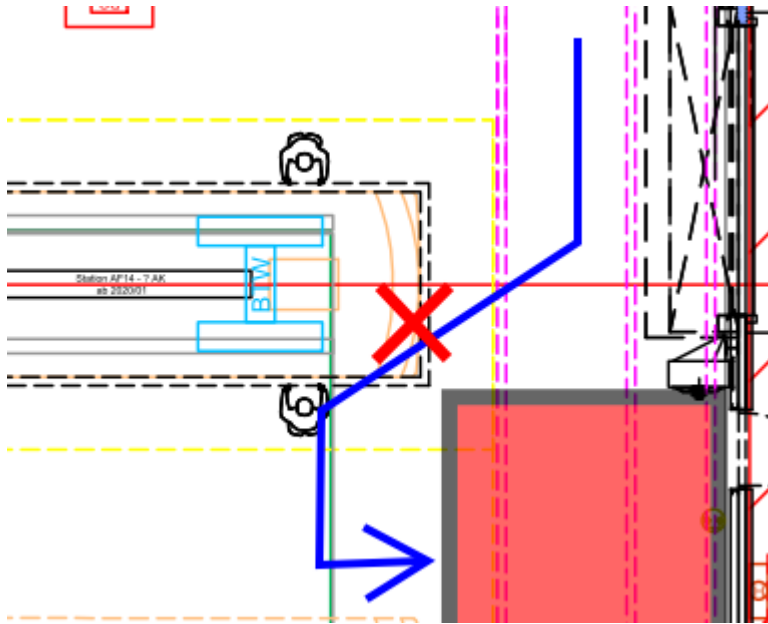


Obr. 2.7 Současné pracoviště předmontáže

Zdroj: [12].

Tato situace nastala při SOP¹¹ výroby na AF. V té době bylo v provozu pouze 8 stanic a pro výrobu bylo výhodné, že se nemusely díly po předmontáži transportovat. Jak je ale vidět v detailu layoutu na Obr. 2.8, při vyšší produkci není možné toto pracoviště zásobovat materiálem (trasa zásobování je označena modrou šipkou) kvůli kolizi s vozem na stanici 14 (označené červeným křížkem). Navíc zasahuje do chodníku pro pohyb osob po hale.

¹¹ SOP - Start Of Production = Začátek výroby



Obr. 2.8 Schéma zásobování současného pracoviště předmontáže

Zdroj: [12].

Na stanicích AF17 až AF19 se montuje GFK střecha autobusu. Kvůli přístupu ke střeše vozu jsou všechny tyto pracovní stanice vybaveny plošinami. Stanice AF18 má navíc oproti ostatním i příčné lávky, aby byl umožněn pohyb pracovníků i v oblasti přední a zadní stěny. Střecha se musí nejenom nalepit, ale i řádně utěsnit. Vzhledem k množství práce a manipulace jsou tyto činnosti rozděleny na 3 pracoviště tak, aby bylo možné se vejít do 60 minutového taktu.

Na pracovišti AF20 pak probíhá závěrečná výstupní kontrola každého autobusu. Pracoviště je vybaveno mobilními zvedáky, pro případ nutnosti zkontrolovat autobus zespod.

Na stanicích AF21 a AF22 se vůz připravuje na transport. Zajišťují se zde víka proti otevření při cestě do závodu v Novém Ulmu.

Pro případ, že při výstupní kontrole bude nalezena jakákoli vada, autobus se přesune na pracoviště NAAF1 resp. NAAF2 (Nacharbeitsplatz¹²), kde proběhne oprava. Na pracovišti jsou mobilní zvedáky a do budoucna se počítá i s plošinou pro opravu střechy nebo zadní stěny.

¹² Nacharbeitsplatz = pracoviště oprav

Součástí výrobní haly je i sklad, ve kterém jsou jak montážní díly, spojovací materiál tak chemie jako lepidla, čističe, primery apod. Poslední zmíněné materiály mají omezenou dobu spotřeby (expiraci), což je z pohledu řízení těchto zásob novinkou a je nutné tomu přizpůsobit informační systém a způsob zavážení a vydávání těchto materiálů.

2.2 MUDA (8 druhů plýtvání)

Pojem plýtvání se v podnikovém managementu používá především v souvislosti s metodami řízení kvality, jako jsou Lean či KAIZEN či konceptu 3E. V konceptech Lean a KAIZEN pojem plýtvání pochází z japonského slova muda a označuje všechny druhy plýtvání a ztrát, které způsobují snižování efektivnosti či hospodárnosti organizace. Za plýtvání či ztráty se považuje vše, co nepřidává hodnotu. Muda v pojetí Lean production, tedy zaměřená především na podniky výrobního sektoru rozlišuje 8 druhů plýtvání: [13]

1. Čekání – Dlouhé časové odezvy u schvalovacích procedur, čekání na informaci potřebnou k výkonu rozhodnutí, čekání na zahájení jednání z důvodu pozdních příchodů účastníků;
2. Nadvýroba – Výkazy a kopie nepoužívané v žádné z následujících operacích, nadměrné rozesílané e-mailové zprávy, výkony prací a úkolů, jež nejsou nikým požadovány;
3. Přepracovávání – Chybné údaje, chybějící informace, chybně zpracované dokumenty nebo formuláře, matoucí návody k použití, překlepy;
4. Pohyb – Pochůzky ke vzdáleným tiskárnám a kopírovacím strojům, pochůzky při opakovaném hledání složek nebo sdílených pracovních pomůcek, cesty na pracovní jednání tam, kde je možné věc vyřídit po telefonu;
5. Přemísťování – Směrování písemností a výkazů, přepravování dokumentů a podkladů, skladování dokumentace;

6. Zpracovávání – Nepotřebné kroky procesu, nadměrně mnoho schvalovacích úrovní, nejasné popisy pracovních procedur;
7. Skladování – Fronta položek ke zpracování (povolení, schvalovací úkony), nadbytečné údaje a informace, nepotřebné údaje v databázích, uchovávané složky a pořadače s nepotřebným obsahem;
8. Intelekt – Práce musí být vykonávána osobou s vyšší kvalifikací, protože neexistuje vyhovující dokumentace procesu a nástroje podporující výkon jednoduchých kroků zpracování. [14]

Určení slabých míst, rezerv a plýtvání je úkol pro oddělení přípravy výroby a plánování výrovy, které v holýšovském závodě zastává oddělení FA¹³. Zejména u zcela nové výroby a nových technologií je nutné se na možnosti plýtvání plně soustředit.

Čekání

Jako kritická místa v čekání v oblasti montáže se ukázaly dodání vík autobusů a zdržení celé karoserie na svařovně. Německý dodavatel velmi často nedodá jednu nebo více vík autobusů. Zejména pokud má autobus speciální požadavek ze strany zákazníka, skoro v 50% případů dodavatel nedokáže splnit požadovaný termín. Dodavatele Holýšovská pobočka převzala od německých kolegů. Jakmile se výroba plně rozjede, je nasnadě oslovit další výrobce a prověřit možnosti jiných (i českých) dodavatelů.

Co se týče dodávání hotových karoserií ze svařovny, je nejčastěji důvodem nefunkční zařízení, bez kterého není možné autobus včas dokončit. Problém zatím není na straně údržby a TPM, ale na straně výrobců, resp. dodavatelů, protože zařízení jsou stále v záruční lhůtě. Je tedy zejména na managementu, aby aktivně tyto situace s dodavateli řešil.

¹³ FA - Arbeitsvorbereitung und Fertigungsplanung = Technické přípravy výroby a plánování výroby

Nadvýroba

V rámci přípravy výroby a zajišťování materiálu se nakoupily veškeré potřebné díly, chemie a nevýrobní materiály s několika měsíčním předstihem. To se u lepidel, primerů, čističů a tmelu ukázalo jako chyba. Tato skupina materiálů má totiž omezenou expiraci a brzy po začátku výroby se na linku dostala prošlá lepidla. Vycházelo se totiž ze zkušeností ze svařovny, kde je 99% materiálů ocelových a díly se „nekazí“. Pro řízení skladu se na svařovně používá metoda FIFO. Pro chemii na montáži bylo nutné zavést do informačního systému SAP metodu FEFO a vhodně ji aplikovat ve výrobě.

Přepřacování

Pro včasné zachycování vad a chyb jsou na lince tzv. Gate¹⁴ tak, aby opravy zásadně neovlivňovaly následující procesy. To je velmi důležité zejména u lepení a tmelení, protože tyto operace potřebují technologický pauzu (čas větrání a tvrdnutí). Pokud se tyto vady nezachytí na Gate, je pak na konci linky tzv. „Nacharbeitsplatz“ (pracoviště dokončení), kde se vozy opravují. To ale může znamenat opoždění dodávky autobusu do Německa.

Pohyb

Pro zajištění správného a smysluplného pracovního postupu je linka koncipována předmětně. To umožňuje minimalizovat manipulace s materiálem přímo na pracovištích.

Co se týče logistických procesů, jejich struktury a opakování v průběhu směny a pracovního dne je nutná důkladná analýza například pomocí Spaghetti diagramu. Ten nám pomůže identifikovat nadbytečné pohyby pracovníků logistiky.

¹⁴ Gate = kontrolní brána

Přemist'ování

Pro minimalizaci přemist'ování montážních dílů je mimo linku umístěné pracoviště předmontáže. Tam se kompletují a připravují sady dílů pro jednotlivé autobusy. To také napomáhá správnému taktování výroby, které je na této lince 60 minut.

Zpracovávání

Opakování činností v průběhu výrobního procesu se snažíme již v při plánování výroby eliminovat. Pomáhají nám v tom zkušenosti německých kolegů. Například maskované plochy, které je nutné maskovat jak pro nástřik „podvozku“ tak při vlastním lakování, které se provádí až v německém závodě v Ulmu, se v Holýšově neodmaskovávají.

Skladování

Problém se skladováním nadbytečného množství materiálu se ukazuje zejména ve spojení s díly dodávanými tureckými dodavateli (v Turecku se nachází další sesterský závod). Komunikace s těmito dodavateli je složitá ne kvůli jazykové bariéře, ale hlavně kvůli geograficko-politickým rozdílům.

Kvůli těmto důvodům se musí v závodě držet zbytečně vysoké zásoby tak, aby pokryly více jak měsíční spotřebu. To má vliv na skladovací plochy a také na výši vázaných financí v tomto materiálu.

Intelekt

Výrobní část montáže v holýšovském závodě se skládá z 21 stanic. V rámci zastupitelnosti se pracuje na matici dovedností, aby celá část výroby nestála na jednom zaměstnanci. Aby však nemuseli zaměstnanci umět práci na všech 21 stanicích, je výroba rozdělena na dvě části: stanice 1-8 a 9-21 (v této části jsou dvě kontrolní stanice, proto není rozdělení rovnoměrné 10 ku 11). První část je soustředěna na tmelení a následné maskování před nástřikem „podvozku“ a tvoří ucelený pracovní řetězec. Druhá část pak začíná již zmíněným nástřikem, přes montáž vík a končí až předáním autobusu na expedici.

2.3 Kapacity výrobní linky

Jak jsem již zmiňoval výše, tak linky na hale 20 je 60 minut. Je tedy nutné kontrolovat plánované výrobní časy na jednotlivé stanice.

Za tímto účelem jsem vytypoval 3 vozy stejného typu a porovnal jsem plánované časy s počtem pracovníků na jednotlivých stanicích resp. pracovištích. Stanice AF 11 a 20 jsou pouze kontrolní a čas 6 resp. 8 min je zde pouze pro manipulaci a podobně pak na Stanici AF 19 kde se u tohoto typu autobusu nic neaplikuje a jsou zaplánovány pouze 4 minuty na posunutí vozu na další stanici.

Pomocí podmíněného formátování jsem definoval stanice, kde je takt vyšší než 60 minut a označil je červeně. Z toho vyplývá, že se musím věnovat 6 stanicím a nastavit opatření pro dodržení požadovaného taktu.

Každý autobus má jiné složení podle požadavků konkrétního zákazníka a tím se liší i celkový výrobní čas. Tato variantnost se nejvíce projevuje na předmontáži a Stanici AF 14, kde záleží na tom, jaký druh vík si zákazník vybere.

Tab. 2.1 Výrobní časy

Výrobní časy		Vůz 1		Vůz 2		Vůz 3	
Pracoviště	Počet prac. na stanici [-]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]
Předmontáž AF	1	33,84	33,84	59,49	59,49	59,49	59,49
Příprava AF	2	101,51	50,76	101,51	50,76	101,51	50,76
Stanice AF 01	6	368,02	61,34	368,02	61,34	368,02	61,34
Stanice AF 02	4	260,48	65,12	260,48	65,12	260,48	65,12
Stanice AF 03	4	148,00	37,00	148,00	37,00	148,00	37,00
Stanice AF 04	4	212,70	53,18	212,70	53,18	212,70	53,18
Stanice AF 05	6	280,26	46,71	280,26	46,71	280,26	46,71
Stanice AF 06	2	78,12	39,06	78,12	39,06	78,12	39,06
Stanice AF 07	2	197,24	98,62	197,24	98,62	197,24	98,62
Stanice AF 08	2	170,63	85,32	170,63	85,32	170,63	85,32
Stanice AF 09	4	163,01	40,75	163,01	40,75	163,01	40,75
Stanice AF 10	4	182,00	45,50	182,00	45,50	182,00	45,50
Stanice AF 11 / Gate		6,00		6,00		6,00	
Stanice AF 12	2	139,52	69,76	139,52	69,76	139,52	69,76
Stanice AF 13	2	128,74	64,37	128,74	64,37	128,74	64,37
Stanice AF 14	4	77,04	19,26	160,15	40,04	160,15	40,04
Stanice AF 15	2	69,11	34,55	74,42	37,21	74,42	37,21
Stanice AF 16	4	24,00	6,00	135,40	33,85	135,40	33,85
Stanice AF 17	1	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Stanice AF 18	2	120,00	60,00	120,00	60,00	120,00	60,00
Stanice AF 19		4,00		4,00		4,00	
Stanice AF 20		8,00		8,00		8,00	
Stanice AF 21	1	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00

Zdroj: vlastní zpracování.

3 Návrh optimalizace procesů při výrobě autobusů

Při analýze současného stavu na hale 20 jsem s garantem této práce definoval následující 3 nedostatky, které se budu snažit napravit/ vyřešit:

1. Kvůli zavedení nové výroby a nových materiálů jako jsou např. lepidla, vyvstala potřeba změny systémů řízení těchto materiálů ve skladech. K tomuto účelu se přímo nabízí zavedení systému FEFO. Zaměřím se na jeho praktickou implementaci;
2. Při ověřování výrobních kapacit výrobní linky jsem zjistil, že na 7 pracovních stanicích mám problém se vejít do taktu 60 min. Na základě této analýzy tyto pracoviště prověřím a navrhnou opatření tak, aby byl takt splnitelný;
3. Jak bylo zmíněno v kapitole 2.1., pracoviště předmontáže, není na místě, kde by mělo být. Zaměřím se tedy na to, jak pracoviště optimalizovat z pohledu procesů před přesunem na jeho oficiální místo.

3.1 Zavedení FEFO

Jak již zaznělo v úvodu, od roku 2019 vyvstala ve firmě EvoBus Česká republika potřeba řešit novou metodiku skladování a vydávání materiálu s omezenou expirací. Mezi tyto materiály patří lepidla, primery, aktivátory a čisticí. Pro tento případ se přímo nabízí systém FEFO.

3.1.1 Evidence data expirace

Prakticky je tedy nutné v systému evidovat datum expirace. Aby na vyplnění tohoto údaje do systému pracovníci při příjmu zboží nezapomínali, je tento údaj zařazen do povinných polí a bez jeho vyplnění nelze materiál v systému přijmout.

Záludností této situace je, že dodávka se starším datem příjmu může obsahovat materiál a látky s dřívějším datem expirace nebo se může stát, že v rámci jedné dodávky může přijít materiál s několika daty expirace. To znemožňuje materiál skladovat za sebou a postupně ho odebírat, a přitom si být jistí tím, že následující kus (popř. jiná skladovaná jednotka) není již prošlá.

Přehled materiálů a látek s omezenou expirací lze zobrazit v transakci LX27 (Obr. 3.1). Zde po vyplnění skladu závodu v Holýšově (0230), čísla materiálu (popř. pro jakýkoli materiál např. balení), počtu dní, kdy má materiál expirovat, systém zobrazí látky a jejich množství, kterým v požadovaném období končí datum spotřeby.

Übersicht Artikel mit kritischem MHD												
Übersicht Artikel mit kritischem MHD												
Material	Werk		Materialkurztext		LNr							
Ausnahme	RestL.	ges.	MHD	ges.	RestL.	WM	MHD	WM	LÖrt	Typ	Lagertypbezeichnung	Gesamtbestand
												BME Lagerplatz B S
A.410.610.25.87					0230	ZB	ABDECKUNG				230	
OO	27		25.11.2019		27	25.11.2019	8053	201	Gefahrgutlager			15 ST N2-01-B
OO	27		25.11.2019		27	25.11.2019	8053	94W	WE-Zone Fremdzugänge 840W			15- ST 4540000989
A.410.610.25.87					0230	ZB	ABDECKUNG				230	
OO	27		25.11.2019		27	25.11.2019	840W	94W	WE-Zone Fremdzugänge 840W			15 ST 4540000989
* A.410.610.25.87												15 ST
A.620.618.66.82					0230	ABDECKUNG					230	
OO	58		01.09.2019		58	01.09.2019	8053	201	Gefahrgutlager			12 ST 1
OO	28		01.10.2019		28	01.10.2019	8053	201	Gefahrgutlager			2 ST 3
OO	28		01.10.2019		28	01.10.2019	8053	201	Gefahrgutlager			1 ST 4
OO	28		01.10.2019		28	01.10.2019	8053	98G	KANBAN Schüttgut			6 ST 40RHA145
* A.620.618.66.82												21 ST
U.000000.009482.0000					0230	BAND	EN 10143-0,6X1010 OS 610X920X2960KG				230	
OO	63		31.12.2019		63	31.12.2019	8090	90E	WE-Zone Fremdzugänge 8090			100,000 KG 5500967249
OO	189		05.05.2020		189	05.05.2020	8090	E01	ICOM ext. Rohmat.Lager			2.811,000 KG TEST13
OO	189		05.05.2020		189	05.05.2020	8090	E01	ICOM ext. Rohmat.Lager			2.720,000 KG TEST22
OO	189		05.05.2020		189	05.05.2020	8090	E01	ICOM ext. Rohmat.Lager			3.110,000 KG TEST4
OO	189		05.05.2020		189	05.05.2020	8090	E01	ICOM ext. Rohmat.Lager			2.889,000 KG TEST8
* U.000000.009482.0000												11.630,000 KG
** Summe												*

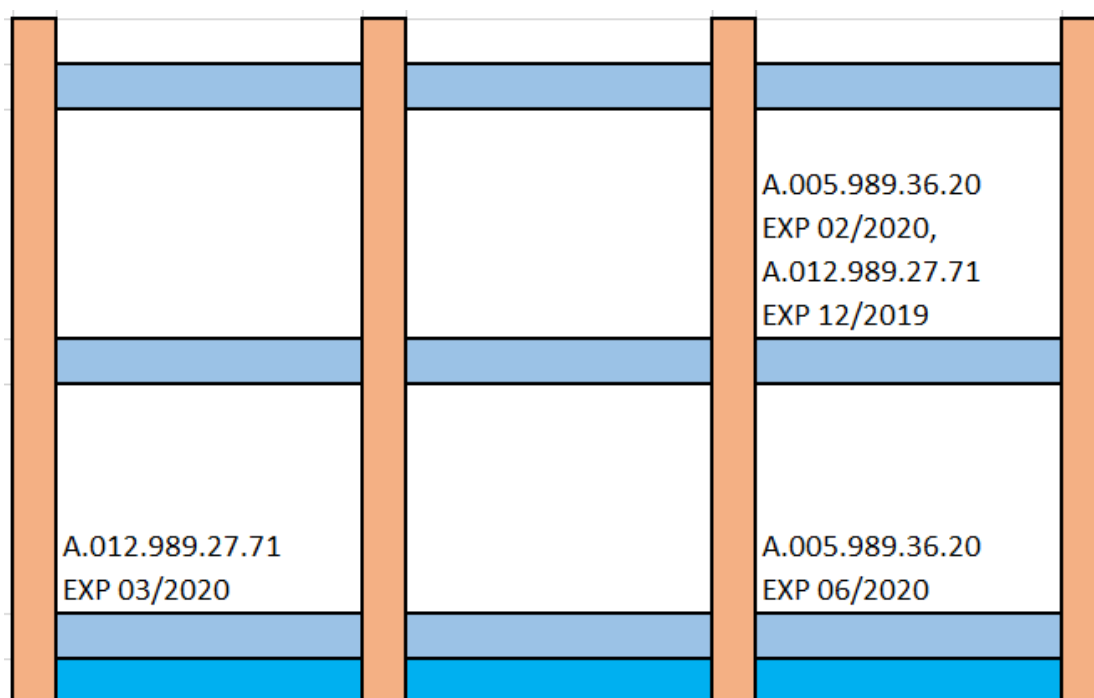
Obr. 3.1 Výstup transakce LX27

Zdroj: [12].

3.1.2 Naskladňování a vyskladňování

Po přijmutí zboží následuje fyzické naskladnění materiálu. Systém při naskladňování náhodně vybere prázdné skladovací místo v regálu, kam je následně uložena skupina jednoho materiálu s jedním datem expirace. Na jednom skladovacím místě může být uloženo více materiálů tak, aby byl sklad efektivně využit.

Tímto způsobem je následně zajištěno, že při vznesení požadavku na vyskladnění materiálu ze skladu do výroby, systém jednoznačně určí skladovou pozici, odkud má operátor skladu materiál odebrat.



Obr. 3.2 Schéma skladu

Zdroj: [12].

3.2 Kapacity výrobní linky

Na základě analýzy v kapitole 2.2. je nutné připravit opatření pro Stanice AF 1, 2, 7, 8, 12, 13 a 20. Budu se snažit zvážit možnosti přesunutí jednotlivých úkonů na jiné pracoviště popřípadě zvýšení počtu pracovníků. V případě, že ani jedna možnost nebude možná, ověřím výrobní časy přímo ve výrobě.

Stanice AF 1 a 2

Tyto stanice jsou zaměřeny zejména na tmelení vozu. Činnosti z těchto stanic je možné přesunout na Stanice AF 3 a 4, kde není takt plně využitý.

Po prověření výrobních činností se vytypovalo 18,77 min ze Stanice AF 1 a ze Stanice AF 2 30,05 min na přesun mezi Stanice AF 3 a 4. Tabulka s taktů pak vypadá následovně:

Tab. 3.1 Výrobní časy na Stanicích 1-4 po aplikaci opatření

Výrobní časy		Vůz 1		Vůz 2		Vůz 3	
Pracoviště	Počet prac. na stanici [-]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]
Stanice AF 01	6	349,25	58,21	349,25	58,21	349,25	58,21
Stanice AF 02	4	230,43	57,61	230,43	57,61	230,43	57,61
Stanice AF 03	4	187,82	46,96	187,82	46,96	187,82	46,96
Stanice AF 04	4	221,70	55,43	221,70	55,43	221,70	55,43

Zdroj: vlastní zpracování.

Stanice AF 7 a 8

Stanice AF 7 a 8 jsou vybaveny zdvihacími plošinami pro montáž a lepení sklolaminátových dílů v oblasti zadní stěny. Na každou tuto stanici se podle německého vzoru plánují 2 pracovníci. Na plošině se mohou pohybovat maximálně další 2 osoby (např. pracovník kvality, technologie atd.). Kvůli tomu, že žádné další takové plošiny se na lince nevyskytují,

bylo nutné ověřit výrobní časy v systému s reálnými časy, které jsou nutné pro činnosti probíhající na těchto stanicích.

Pro tyto účel se v holýšovském závodě využívá metodiky REFA. REFA nabízí metodiky praxí osvědčený a pro praxi vytvořený nástroj ke zvyšování produktivity práce, s principem trvalé orientace na minimální náklady a maximální zisk. REFA užívá svoje celé know-how o provozních organizacích po celém světě a rozšiřuje je pomocí školení a poradenské činnosti v jiných zemích. Těžištěm při všech rekvalifikačních opatřeních je převedení teoretických znalostí do praxe v provozních organizacích. [15]

Dle požadavků REFA byly změřeny 3 vozy na Stanicích AF 7 a 8. Měření se nedoporučuje v pondělí a v pátek, takže jsem zvolil středu a čtvrtek (16. a 17.09.2020). Měření neprobíhá tajně, ale naopak o něm musí být všichni zainteresovaní informováni. Na místě se pak zapisují časy jednotlivých úkonů s krátkou poznámkou. V našem případě jsem sledoval 2 pracovníky a je tedy nutné zohlednit, zda danou činnost vykonávali oba nebo jenom jeden, protože v druhém případě to znamená, že čas druhého pracovníka je ztrátový. Může nastat případ, kdy je čas obou pracovníků ztrátový a to v případě, že daná činnost přímo nesouvisí s prací, kterou mají pracovníci vykonávat. Příklad takového náměrového listu naleznete v Příloze 5.

Stanice AF 12 a 13

Provádí se zde související činnosti, a to aplikace funkčního nástřiku na Stanici AF 12 a následně na Stanici AF 13 se karoserie odmaskuje a na přední stěnu autobusu se montují resp. lepí sklolaminátové díly. Ani u jedné této stanice není možné část činností přesunout na jiné pracoviště. Nicméně je zde možné na určitý čas v rámci jednoho taktu zvýšit počet pracovníků. Pokud tedy bude pracovník prvních 30 min taktu pracovat na Stanici AF 12 a následně se přesune na Stanici AF 13, využiji efektivně jeho časový fond a současně splním požadovaný takt 60 min. Přehled taktů pro tyto dvě stanice pak bude vypadat následovně:

Tab. 3.2 Výrobní časy na Stanicích 12 a 13 po aplikaci opatření

Výrobní časy		Vůz 1		Vůz 2		Vůz 3	
Pracoviště	Počet prac. na stanici [-]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]	Čas na stani. [min]	Takt [min]
Stanice AF 12	2,5	139,52	55,81	139,52	55,81	139,52	55,81
Stanice AF 13	2,5	128,74	51,49	128,74	51,49	128,74	51,49

Zdroj: vlastní zpracování.

3.3 Pracoviště předmontáže

Jak jsem při analýze zjistil, pracoviště předmontáže není v současné době umístěno v oblasti, kde se původně plánovalo v rámci projektu. To bylo zapříčiněno pozvolným rozběhem výroby, kdy při výrobě 2 vozů denně, tato pozice tohoto pracoviště výrobě vyhovovala.

Při bližším pohledu na layout (příloha 2), který znázorňuje stav při plném obsazení pracovních stanic, je vidět, že pokud by pracoviště předmontáže bylo opravdu v pravém dolním rohu haly, nebylo by možné ho zásobovat, protože pracoviště stojí v transportní uličce. Navíc palety s materiálem zasahují na plochu s ocelovými dlaždicemi pro příčný posun karoserie, což způsobuje, že zadní transportní vozíky jsou mimo tuto plochu a dochází k ničení betonové podlahy.

Na pracovišti předmontáže se kompletují víka, stříhají gumové profily a kompletují se zde držáky se spojovacím materiálem. Gumové profily a držáky se připravují v dávkách. Kompletace vík však podléhá taktu a každou hodinu (při maximální produkci), musí připravit kompletní sadu pro jeden autobus.

Layout současného pracoviště předmontáže je vykreslen v příloze 3. Při kontrole na pracovišti byly zjištěny následující skutečnosti, které budou mít vliv na přípravu layoutu v místě deklarovaném v layoutu haly 20:

- jeden z regálů je materiál přímo pro linku a to konkrétně pro stanici AF14;

- Díly z palety vedle regálů jsou částečně zaskladněny v regálu a paleta by měla být ve skladu;
- Platy s víky motorového prostoru jsou na pracovišti pouze 2, ale po náběhu všech typů autobusů by jich na pracovišti muselo být 6 (nejedná se o JIT díly).

Na pracovišti bychom navíc chtěli zavést systém podobný tomu v německém závodě, a to že pracovníci víka po dokončení všech úkonů rozdělí do dvou výrobních palet pro levou a pravou stranu autobusu. To přinese možnost pracovat současně na levé i pravé straně autobusu vzájemného omezování. To navíc bude nezbytné pro dodržení 60 minutového taktu při plné produkci.

Pro jeden autobus od dodavatelů přichází systémem JIT 1x paleta s nosníkem (Obr. 3.4), 1x paleta s víky (Obr. 3.3) a 1x paleta s podběhy (Obr. 3.5), na té jsou sady dílů pro podběhy kol pro 2-3 vozy (podle toho, zda se jedná o 2-osý nebo 3-osý vůz). Dále do sady ještě patří víka motorového prostoru, ale ty nejsou dodávány jako JIT, ale jsou řízeny systémem Kanban. Těchto dílů je dohromady 6 druhů (3 pro levou stranu a 3 pro pravou stranu). To znamená mít v jednu chvíli na pracovišti (nebo před ním) 9 palet. To by zabralo 34 m².

Pokud použiji vzorce 1.2 až 1.12, dostanu odhad plochy ručních pracovišť $F_R = 25 \text{ m}^2$ (5 stolů x koeficient 5 m²). Pomocné plochy jsou pak polovinou pracovní plochy, to je $F_P = 12,5 \text{ m}^2$. V součtu pak 37,5 m². Což nám jasně ukazuje potenciál k úspoře plochy.



Obr. 3.3 Sada vík v paletě

Zdroj: [12].



Obr. 3.4 Sada nosníků v paletě

Zdroj: [12].



Obr. 3.5 Sada podběhů v paletě

Zdroj: [12].

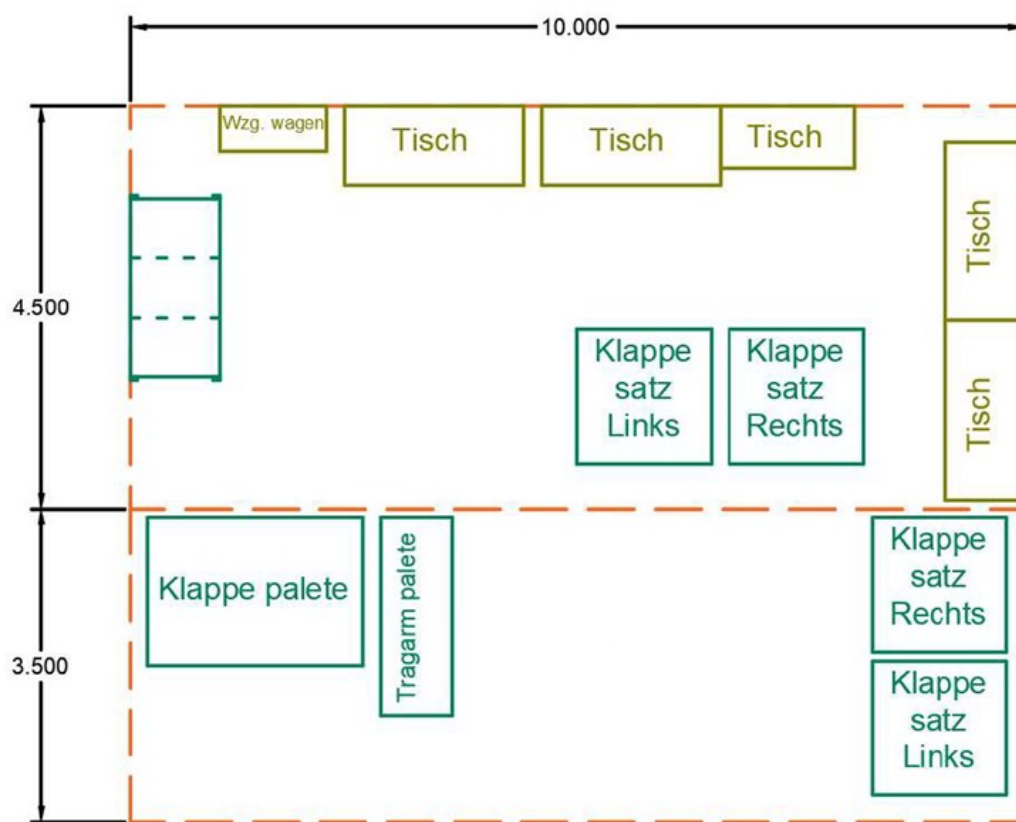


Obr. 3.6 Vika motorového prostoru v paletě

Zdroj: [12].

Pro úsporu výrobních ploch se nabízí provádět komisionalizaci všech vík a podběhy do jedné palety pro jeden vůz již ve skladu. Na pracoviště by se pak zavážely pouze 2 palety, a to ty s víky o rozměrech 2 400 x 1 650 mm a ta s nosníky o rozměrech 2 200 x 800 mm. To by ušetřilo více než 28 m² výrobní plochy. Oproti tomu se na pracoviště budou muset doplnit 2 sady palet pro levou a pravou stranu.

Na základě všech výše uvedených informací vznik návrh layoutu (Obr. 3.7), který byl umístěný v prostoru definovaném v layoutu haly 20 (nad stanicí AF1). Tento návrh byl následně konzultován s výrobou a oddělením logistiky.



Obr. 3.7 Návrh pracoviště předmontáže

Zdroj: [12].

4 Vyhodnocení

Vyhodnocení návrhů se podstoupilo k připomínkování odborným oddělením. Na základě těchto připomínek se návrhy upravily tak, aby byly zohledněny potřeby všech zainteresovaných oddělení.

4.1 Zavedení FEFO

Systém řízení FEFO je ve firmě EvoBus Česká republika s.r.o. spojen zejména s lepidly, primery a čistidly, které mají omezený čas spotřeby. Používají se v rámci utěšňování svarových spojů po KTL lakování a lepení GFK dílů na karoserii.

O správné řízení výroby a materiálů se ve firmě stará systém SAP S4 Hana. Do systému se při příjmu zboží zadává u relevantních materiálů (netýká se ocelových dílů apod.) datum expirace. Bez vyplnění tohoto pole systém neumožní dokončit příjem zboží.

Skladování je chaotické a systém náhodně vybírá volné skladovací pozici tak, aby materiály s jedním datem expirace byly na jednom místě uloženy a s jiným datem expirace na jiném místě uloženy. To umožňuje správně vydávat materiál s nejbližším datem spotřeby. Operátor skladu dostane od systému číslo pozice ve skladu, odkud má materiál vyskladnit, na základě požadavku od výroby.

Co se týče prostoru k dalšímu zlepšení, tak podle mého názoru by měl být materiál označen interním štítkem s QR kódem, který by obsahoval identifikaci dílu a datum expirace, aby se předešlo lidské chybě apod. Následně by se při vyskladnění propojila data v systému a na štítku a potvrdila by se správnost vyskladněné dávky.

Díky tomuto řešení je možné se vyvarovat šrotaci materiálů s prošlou expirací. Zavedení tohoto modulu do informačního systému SAP se provedla v rámci přechodu na verzi S4 Hana. Množství vynaložený prostředků tedy nelze jednoznačně vyjádřit.

4.2 Kapacity výrobní linky

Činnosti na Stanicích AF 1 a 2 byly podle návrhu přeplánovány na Stanice AF 3 a 4.

Návrh na přiřazení jednoho pracovníka k činnostem na Stanicích 12 a 13 byl také akceptován.

Co se týče Stanic AF 7 a 8, byl proveden náměr na 3 vozech. Ty potvrdili domněnku, že normativ na těchto stanicích neodpovídá realitě, jak z pohledu normativu, tak z pohledu časů přiřazených k jednotlivým operacím (Obr. 4.1).

Číslo dílu		Zpracoval		Datum		Počet náměrů		Směnový přírůstek					
Pracoviště				18.09.2020		3		1,08					
SAP Č. op.	Text operace	te (min)	1 16.09.2020		2 16.09.2020		3 17.09.2020		REFA		Poznámka	SAP / REFA Rozdíl te	
			tg (min)	Ztráty (min)	tg (min)	Ztráty (min)	tg (min)	Ztráty (min)	tg průměr (min)	Ztráty průměr (min)		te (min)	(min)
10	ZORAF305 Před- / nadcházející činnost	50,00	3,04	0,00	2,41	0,00	1,97	0,00	2,47	0,00	2,67	-47,33	-94,66%
20	ZORAF305 Přivést díly	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,91	-100,00%
30	ZORAF305 Přivést díly jednotlivě	2,72	7,87	7,87	8,73	8,73	5,95	5,95	7,51	7,51	8,12	5,39	197,93%
40	ZORAF305 Naměřit / ustavit	9,16	2,61	0,00	2,91	0,00	3,20	3,20	2,91	1,07	3,14	-6,02	-65,74%
50	ZORAF305 Montovat	74,00	39,33	0,00	45,56	0,00	45,92	0,00	43,60	0,00	47,09	-26,91	-36,36%
60	ZORAF305 Sešroubovat	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,10	-100,00%
70	ZORAF305 Rovnat a kontrolovat	16,00	1,32	0,00	3,55	0,00	3,14	0,00	2,67	0,00	2,88	-13,12	-81,98%
80	ZORAF305 35 x Vřtat	20,35	16,13	0,00	22,50	0,00	25,69	0,00	21,44	0,00	23,15	2,81	13,79%
90	ZORAF305 Transportovat	4,00	0,95	0,00	0,97	0,00	1,27	0,00	1,06	0,00	1,15	-2,85	-71,26%
100	ZORAF310 Před- / nadcházející činnost	40,00	3,23	13,10	2,06	0,00	2,97	1,81	2,76	4,97	2,98	-37,02	-92,56%
110	ZORAF310 Přivést díly	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
120	ZORAF310 Demontovat	16,00	8,12	0,00	9,85	0,00	9,50	0,83	9,16	0,28	9,89	-6,11	-38,19%
130	ZORAF310 Lepit	49,51	71,57	9,64	73,26	4,73	71,73	0,00	72,19	4,79	77,96	28,46	57,48%
140	ZORAF310 Sešroubovat	17,12	35,26	3,35	27,42	0,00	30,36	0,00	31,01	1,12	33,49	16,37	95,66%
150	ZORAF310 Rovnat a kontrolovat	60,00	21,03	1,56	27,42	0,00	30,36	0,00	26,27	0,52	28,37	-31,63	-52,71%
160	ZORAF310 Transportovat	4,00	3,68	0,00	2,38	0,00	3,52	0,00	3,19	0,00	3,45	-0,55	-13,79%
Suma		371,87	214,13	35,51	229,01	13,46	235,59	11,79	20,25	244,35		-127,52	-34,29%
Poznámky		A.410.000.53.64, A.410.000.54.64.L8, Q.410.540.V0.01 Měřeno na jednom pracovišti AF8											

Obr. 4.1 Vyhodnocení naměřených časů pomocí REFA

Zdroj: [12].

Po vyhodnocení všech naměřených časů byla vyčíslena diference 127 minut. Tato úspora však z pohledu pracovišť není rovnoměrná. To znamená, že do taktu se vejde pouze Stanice AF 7, ale na Stanici AF 8 je stále příliš mnoho výrobních činností pro 2 pracovníky. Bylo tedy nezbytné prověřit možnost doplnění 3. pracovníka. Testem se prokázalo, že 3. pracovník

může na plošině pohodlně pracovat, zejména na přípravných činnostech, jako čištění dílů a nanášení lepidla.

Pokud tyto opatření doplním do tabulky kapacit, na žádné stanici již nebude hodnota taktu vyšší než 60 min. Tento stav plně splňuje požadavek, každou hodinu odeslat jeden autobus do závodu v Novém Ulmu, kde probíhá kompletní dovybavení a následně přejímka zákazníky v Showroomu.

Tab. 4.1 Výrobní časy po aplikaci opatření

Výrobní časy		Vůz 1		Vůz 2		Vůz 3	
Pracoviště	Počet prac. na stanici [-]	Čas na stanici [min]	Takt [min]	Čas na stanici [min]	Takt [min]	Čas na stanici [min]	Takt [min]
Předmontáž AF	1	33,84	33,84	59,49	59,49	59,49	59,49
Příprava AF	2	101,51	50,76	101,51	50,76	101,51	50,76
Stanice AF 01	6	349,25	58,21	349,25	58,21	349,25	58,21
Stanice AF 02	4	230,43	57,61	230,43	57,61	230,43	57,61
Stanice AF 03	4	187,82	46,96	187,82	46,96	187,82	46,96
Stanice AF 04	4	221,70	55,43	221,70	55,43	221,70	55,43
Stanice AF 05	6	280,26	46,71	280,26	46,71	280,26	46,71
Stanice AF 06	2	78,12	39,06	78,12	39,06	78,12	39,06
Stanice AF 07	2	88,20	44,10	88,20	44,10	88,20	44,10
Stanice AF 08	3	156,13	52,04	156,13	52,04	156,13	52,04
Stanice AF 09	4	163,01	40,75	163,01	40,75	163,01	40,75
Stanice AF 10	4	182,00	45,50	182,00	45,50	182,00	45,50
Stanice AF 11 / Gate		6,00		6,00		6,00	
Stanice AF 12	2,5	139,52	55,81	139,52	55,81	139,52	55,81
Stanice AF 13	2,5	128,74	51,49	128,74	51,49	128,74	51,49
Stanice AF 14	4	77,04	19,26	160,15	40,04	160,15	40,04
Stanice AF 15	2	69,11	34,55	74,42	37,21	74,42	37,21
Stanice AF 16	4	24,00	6,00	135,40	33,85	135,40	33,85
Stanice AF 17	1	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Stanice AF 18	2	120,00	60,00	120,00	60,00	120,00	60,00
Stanice AF 19		4,00		4,00		4,00	
Stanice AF 20		8,00		8,00		8,00	
Stanice AF 21	1	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00

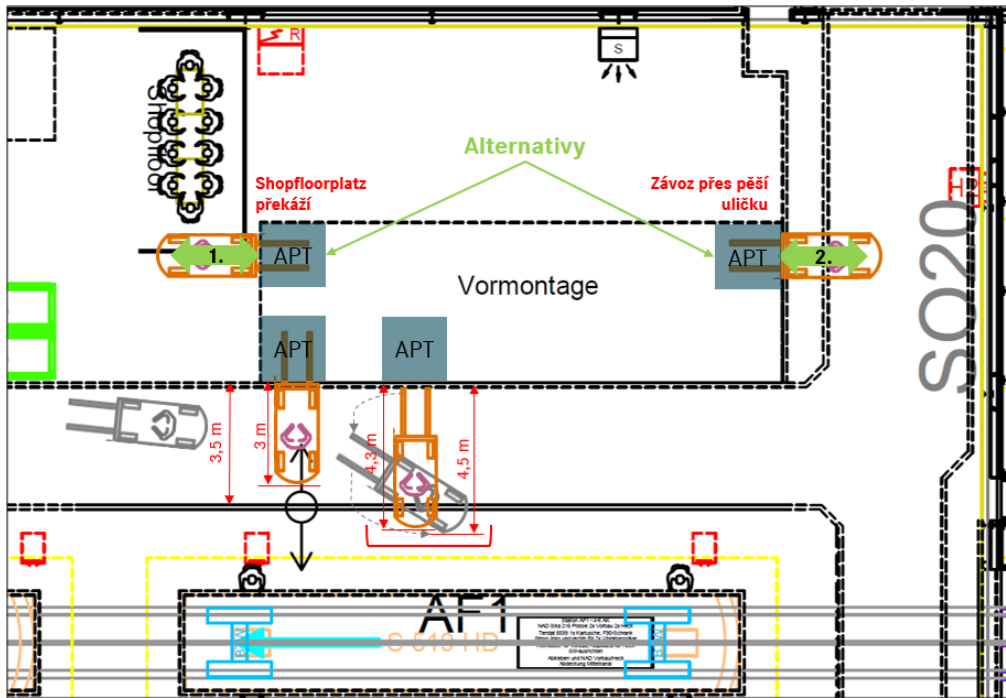
Zdroj: vlastní zpracování.

Výsledkem optimalizace kapacit výrobní linky je rozložení výrobních časů na jednotlivých stanicích tak, že je splněn takt 60 min pomocí přesunů operací na jiné stanice a úpravou rozložení personálu. Dále se podařilo ověřením výrobních časů na Stanicích AF 7 a 8 ušetřit 127 min. Tyto úpravy se zavedou do systému interní změnou, kterou zpracuje pracovník oddělení technologie cca 1 směnu.

4.3 Pracoviště předmontáže

Po předložení návrhu oddělení logistiky se ukázalo, že komisionalizace všech vík včetně podběhů není možná. Problémem je nedostatek úložných míst v paletě pro víka. Z tohoto důvodu budou podběhy z komisionalizace vyjmuty a paleta s víky bude doplněna pouze o víka motorového prostoru a je tedy nutné do layoutu zaplánovat tuto paletu.

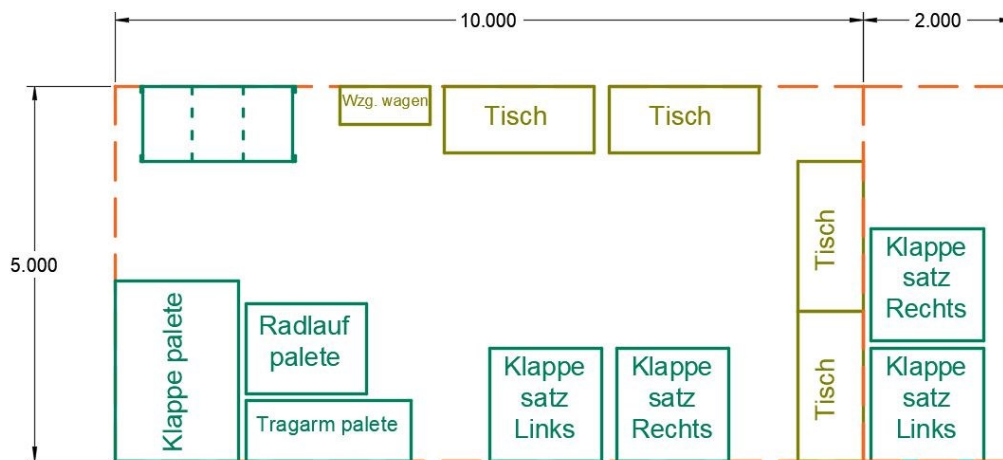
Dále bylo při testu zjištěno, že kvůli velikosti palety s víky, manipulační vozík zajíždí do pracoviště AF 1 (Obr. 4.2). To není kvůli bezpečnosti práce přijatelné a byly navrženy 2 alternativní varianty. Ta první navrhuje zavážet paletu přímo z prostoru skladu. V tomto případě nastává kolize s prostorem Shopfloor (místo pro schůze vedení společnosti). Druhou variantou je zavaření z druhé strany z uličky pro výjezd z haly. Zde ale dochází k přejezdu únikového chodníku. Vzhledem k tomu, že únikové cesty se nesmí přejíždět, je varianta 1 schůdnější i za předpokladu, že místo pro Shopfloor se bude muset přesunout na jiné místo v hale.



Obr. 4.2 Schéma možností zavážení vik

Zdroj: [12].

Výroba navíc ještě definovala jeden stůl jako nadbytečný. Na základě těchto připomínek byl layout přepracován (viz Obr. 4.3) a schválen všemi zainteresovanými odděleními.



Obr. 4.3 Layout pracoviště předmontáže - konečný návrh

Zdroj: [12].

Současné pracoviště zabírá 75,6 m² výrobních ploch a nesmím zapomenout na 6 palet s výky motorového prostoru (1 600x1 200 mm), které jsou umístěny mimo toto pracoviště. To je dohromady 87,1 m². Oproti tomu konečný návrh tohoto pracoviště zabírá 60,0 m² včetně 2 párů sadových vozíků. To je úspora 27,1 m².

Přesun pracoviště předmontáže je možné realizovat v rámci odpolední směny interními silami např. 1 pracovník výroby a 1 pracovník logistiky.

Závěr

Tato práce se zabývá analýzou výrobních a logistických procesů při výrobě autobusů na hale 20, ve výrobním závodě v Holýšově společnosti EvoBus Česká republika s.r.o. Hlavním úkolem bylo najít úzká místa procesu a navrhnout opatření k jejich odstranění nebo alespoň zmírnění.

V první kapitole týkající se teoretických východisek jsem popsal silniční vozidla jako taková se zaměřením na autobusy. Dále jsem definoval výrobní technologie a procesy společně s metodami pro plánování a řízení výroby.

V dalších částech této práce jsem detailně popsal průběh výroby na hale 20 na jednotlivých stanicích a pomocí metodiky Lean MUDA jsem identifikoval 8 hlavních druhů plýtvání. U některých bodů již byla opatření ve výrobě nastavena, u jiných bude nutné provést výběrové řízení a zhodnocení vstupních investic při změně dodavatele. Vybrali jsme tedy s panem Šindelářem (garantem mojí práce) 3 problémy, které jsem byl schopen v rámci diplomové práce řešit.

Prvním takovým nedostatkem bylo špatně umístěné pracoviště předmontáže. Navrhl jsem tedy pro toto pracoviště výhodnější umístění a dále jsem připravil optimalizaci v podobě redukce potřebné plochy na hale. Po prověření všech možností jsem dospěl k úspoře 27,1 m². Přesun pracoviště, podle odsouhlaseného návrhu, proběhl v březnu roku 2021.

Dalším bodem pak byla potřeba zavedení systému FEFO do informačního systému a do skladu. To se úspěšně podařilo díky zavedení transakce LX27 do systému SAP. Toto opatření přináší efektivní řízení zásob materiálů s omezenou dobou expirace, mezi které patří zejména lepidla, čističe a primery. Systém FEFO naběhl po testech v červenci roku 2020.

Poslední bodem k řešení bylo prověření výrobních kapacit. Z analýzy vyplynulo 7 pracovišť resp. pracovních stanic, u kterých není, podle pracovních časů v systému a plánovaného počtu pracovníků na stanici, možné dodržet výrobní takt 60 min. U většiny stanic se podařilo časy na stanicích snížit přesunem několika činností na jiné pracoviště, nebo vhodným přesunem pracovníků mezi stanicemi v rámci jednoho taktu. Výjimku tvořily Stanice AF 7 a 8, kde tyto možnosti nebylo možné aplikovat. V tomto případě jsem využil metodiky REFA

pro ověření výrobních časů přímo ve výrobě. Výsledkem tohoto ověření je potenciál úspory ve výši 127 min na autobus. Tato suma časů však není vzhledem ke stanicím rovnoměrná a bylo tak nutné posílit pracovníky na Stanici AF 8 o jednoho člověka. Uspořené časy se použijí při racionalizaci výroby v roce 2021, což je sledovaný ukazatel v holýšovském závodě.

Celkově byla tato práce hodnocená společností EvoBus velice kladně. Společnost ocenila zejména konkrétní úspory ploch a výrobních časů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČUJAN, Zdeněk a Gabriel FEDORKO. *Logistika výrobních systémů*. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s. v Přerově, 2020. ISBN 987-80-87179-56-7
- [2] BAKEŠOVÁ, Miroslava a Vladimír KŘEŠŤAN. *Základy logistiky*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2008. ISBN 978-80-87035-08-5.
- [3] DRESLER, Pavel, RICHTÁŘ, Michal a Jakub ŠMIRAUS. *Stavba silničních vozidel*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2017. ISBN 978-80248-3264-7.
- [4] Interní materiály Daimler AG
- [5] BENEŠ, Libor. *Svařování* [online]. Praha: České vysoké učení technické. Fakulta strojní. [cit. 2020-10-20] Dostupné z:
http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
- [6] BRYCHTA, Josef. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2020-11-05]. ISBN 978-80-248-1505-3. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>
- [7] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [8] MOTYČKA, Jan. *Návrh interního zásobování výroby ve společnosti Walter s.r.o.* [online] Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, 2016 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=126626
- [9] VLKOVÁ, Barbora. *Řízení projektu podnikového informačního systému s podporou kvantitativních metod manažerské vědy* [online]. Praha. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, 2010 [cit. 2020-09-05]. Dostupné z:
<http://info.sks.cz/www/zavprace/soubory/68580.pdf>

- [10] VÁVRA, Jan. *Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku* [online]. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, 2014 [cit. 2020-09-05]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83159
- [11] FLÖHSLEROVÁ, Žaneta. *Doprava potravin a podmínky pro její realizaci* [online]. Brno. Bakalářská práce. Vysoká škola obchodní a hotelová, 2015 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: https://theses.cz/id/ju95t6/Flohslerova_-_Doprava_potravin_a_podminky_pro_jeji_realizaci.pdf
- [12] Vlastní zdroj
- [13] *Plytvání (muda)*. Management Mania [online]. 13.04.2016 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>
- [14] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [15] KUBEŠ, Pavel. *REFA® v České Republice* [online]. 2005 [cit. 2020-11-14] Dostupné z: http://www.racionalizace.cz/pictures/czech/refa/refa_cr.doc

Seznam zkratek

a, b	Hranice intervalu
a_{ji}	Nejkratší předpokládaná doba i-té činnosti
AF	Außenhaut und Funktionbeschichtung = vnější opláštění a funkční nástřik
b_{ij}	Nejdelší předpokládaná doba i-té činnosti
B1/B2	rozvor kol vpředu/vzadu
CPM	Critical path method = Metoda kritické cesty
ČSN	Česká státní norma
d	délka silničního vozidla
D'	vnitřní průměr otáčení
D''	vnější průměr otáčení
Do'	průměr vnitřní obrysové stopy
Do''	průměr vnější obrysové stopy
Ds'	stopový vnitřní průměr
Ds''	stopový vnější průměr
EHK-OSN	Ekonomická hospodářská komise Organizace spojených národů
FA	Arbeitsvorbereitung und Fertigungsplanung = Technické přípravy výroby a plánování výroby
F_D	Plocha dalšího strojního pracoviště
F_{hC}	Celková pracovní plocha
F_P	Pomocná podlahová plocha
F_{Pdc}	Plocha dopravních cest
F_{Phn}	Plocha pro hospodaření s náradím
F_{Pk}	Kontrolní plocha

F_{Pskl}	Plocha skladů
$F_{Pú}$	Plocha údržby
F_R	Výrobní plocha ručního pracoviště
f_{Ri}	Plocha strojního pracoviště
F_S	Výrobní plocha strojního pracoviště
f_{Si}	Plocha strojního pracoviště
F_V	Celková výrobní plocha
FEFO	First expored, First out = První expiruje, první ven
FIFO	First in, First out = První dovnitř, první ven
GFK	Glasfaserverstärker Kunststoff = Sklolaminát
HIFO	Highest in, First out = Nejdražší dovnitř, první ven
ISO	International Organization for Standardization = Mezinárodní organizace pro normalizaci
JIT	Just In Time
kg	Kilogram
ks	kus
KTL	Kathodische Tauchlackierung = kataforézní lakování
L	rozvor silničního vozidla
LIFO	Last in, First out = Poslední dovnitř, první ven
LOFO	Lowest in, First out = Nejnižší dovnitř, první ven
m^2	Metr čtvereční
m_{ij}	Nejpravděpodobnější předpokládaná doba i-té činnosti
PERT	Program evaluation and review technique = Technika hodnocení a kontroly programu
P_{rski}	Skutečný počet ručních pracovišť

P_{ski}	Skutečný počet strojů
SOP	Start of Pruduciton = Začátek výroby
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
t_{ij}	Střeni doba trvání
v	výška silničního vozidla
$\alpha 1/\alpha 2$	nájezdový úhel vpředu/vzadu

Seznam grafických objektů

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Základní dělení vozidel	12
Obr. 1.2 Základní části a ústrojí silničních vozidel	14
Obr. 1.3 Naklonění nízkopodlažního autobusu	19
Obr. 1.4 Městský autobus	20
Obr. 1.5 2 článkový autobus	20
Obr. 1.6 Meziměstský autobus	20
Obr. 1.7 Dálkový autobus	20
Obr. 1.8 1 a půl podlažní autobus	21
Obr. 1.9 2 podlažní autobus	21
Obr. 1.10 Minibus	21
Obr. 1.11 Vymezení výrobního procesu	24
Obr. 1.12 Typy materiálových toků ve výrobních procesech	27
Obr. 1.13 Volné uspořádání strojů	28
Obr. 1.14 Technologické uspořádání strojů	30
Obr. 1.15 Předmětné uspořádání strojů	30
Obr. 1.16 Modulární uspořádání strojů	32
Obr. 1.17 Buňkové uspořádání strojů	33
Obr. 2.1 Karoserie po KTL lakování	41
Obr. 2.2 Podlaha u stanic AF7 a AF8	42
Obr. 2.3 Schéma výrobního procesu autobusu	43
Obr. 2.4 Autobus na zvedáku	45
Obr. 2.5 Vozík pro montáž vík	46
Obr. 2.6 Současné umístění pracoviště předmontáže	47
Obr. 2.7 Současné pracoviště předmontáže	48
Obr. 2.8 Schéma zásobování současného pracoviště předmontáže	49
Obr. 3.1 Výstup transakce LX27	57
Obr. 3.2 Schéma skladu	58

Obr. 3.3 Sada vík v paletě.....	63
Obr. 3.4 Sada nosníků v paletě	63
Obr. 3.5 Sada podběhů v paletě	64
Obr. 3.6 Víka motorového prostoru v paletě	64
Obr. 3.7 Návrh pracoviště předmontáže	65
Obr. 4.1 Vyhodnocení naměřených časů pomocí REFA.....	67
Obr. 4.2 Schéma možností zavážení vík.....	70
Obr. 4.3 Layout pracoviště předmontáže - konečný návrh.....	70

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Výrobní časy.....	55
Tab. 3.1: Výrobní časy na Stanicích 1-4 po aplikaci opatření.....	59
Tab. 3.2 Výrobní časy na Stanicích 12 a 13 po aplikaci opatření.....	61
Tab. 4.1 Výrobní časy po aplikaci opatření.....	68

Seznam příloh

Příloha A	Layout výrobního závodu Holýšov
Příloha B	Layout haly 20
Příloha C	Spaghetti diagram H20
Příloha D	Sankey diagram H20
Příloha E	Náměrové listy

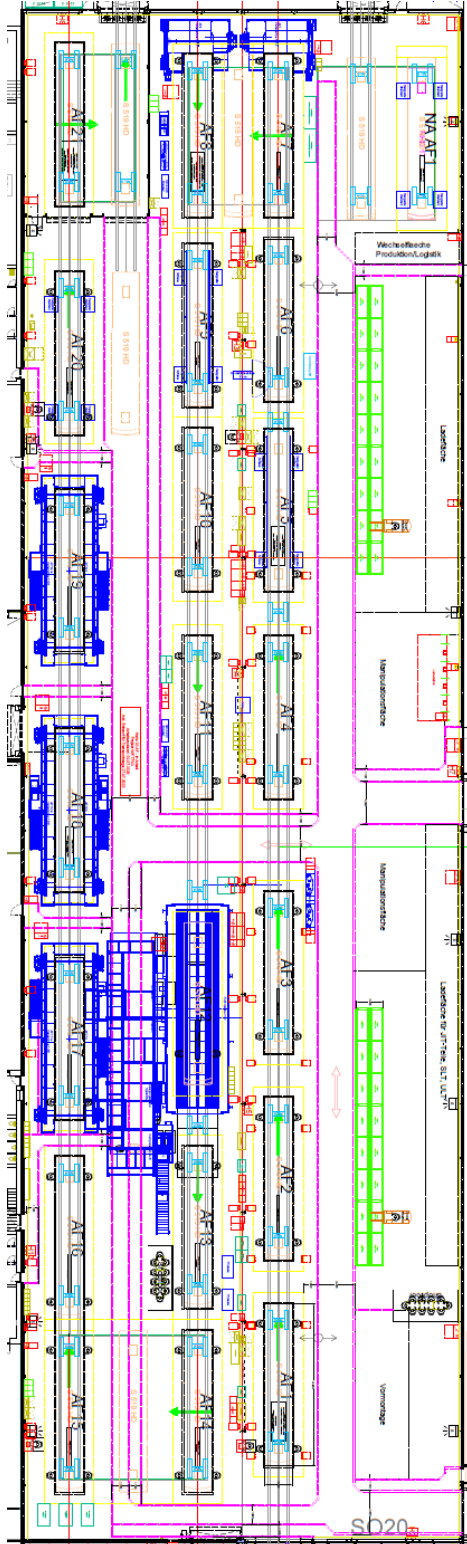
Příloha A

Layout výrobního závodu Holýšov



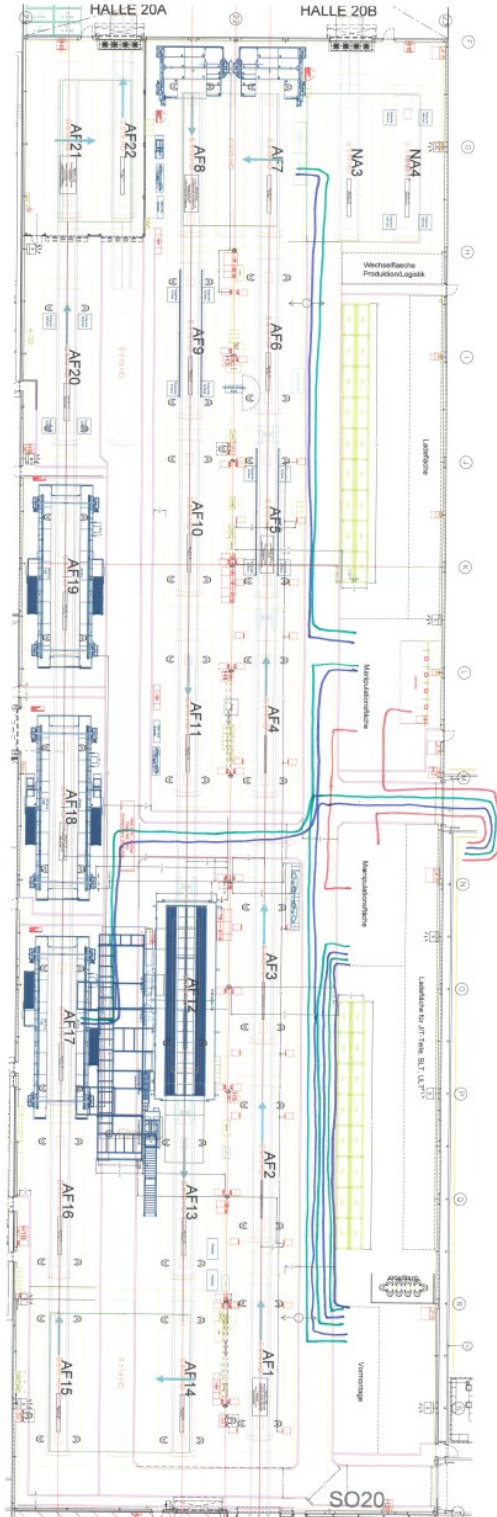
Príloha B

Layout haly 20



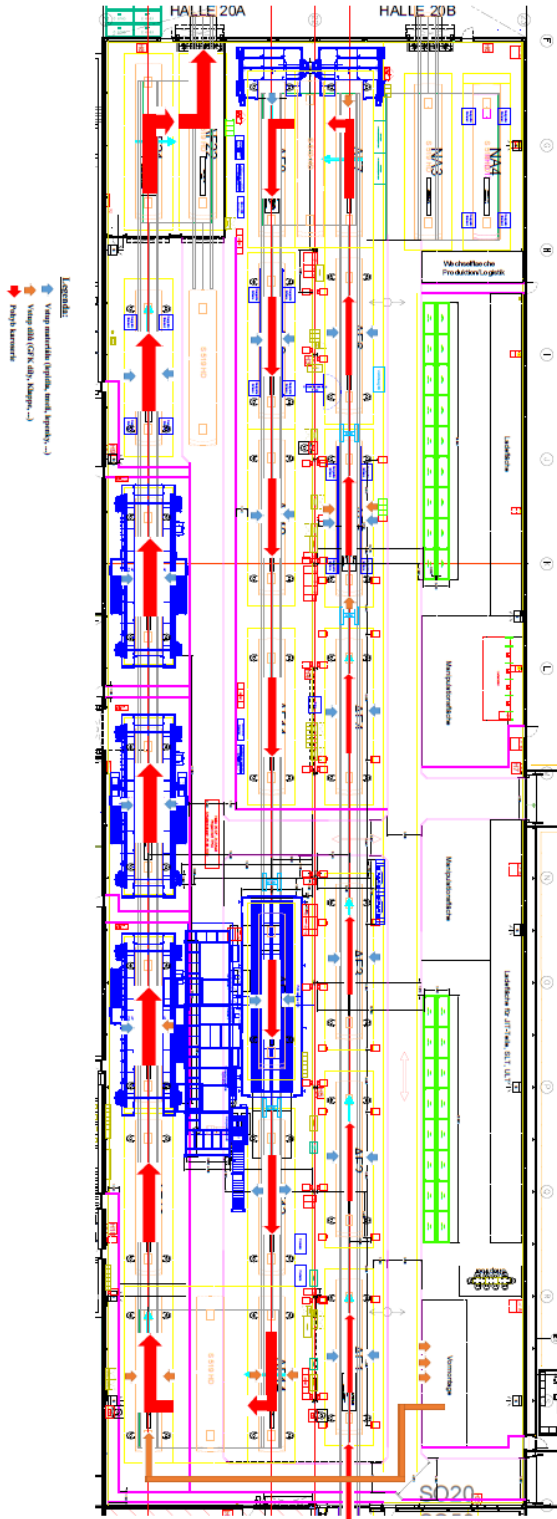
Příloha C

Spaghetti diagram H20



Příloha D

Sankey diagram H20



Příloha E

Náměrový list 1

Zjišťování časových dat						První			Druhá		
REFA						osoba		ztráta	osoba		ztráta
č.	úsek procesu a moment měření	poč. osob	vztaž. množ.	ovlivňující veličina	Zy	1	2	Z	1, 2	Z	
57	převést osu na AF &	2	1		stov. soust. tj F		29	8			
									Operace		
58	převést osy (6 k) 15 m májet řídicího				stov. soust. tj F	8	43	88			
									Operace	30	
59	převést projekci a symetriaci materiál				stov. soust. tj F	2	0	82			
									Operace	20	
60	nasadit a přikontrolovat sítku				stov. soust. tj F	9	46	88			
									Operace	50	
61	P↑				stov. soust. tj F		28	60			
									Operace	10	
62	převést májet distanční ležky				stov. soust. tj F	1	27	23			
									Operace	40	
63	ustavit a vyřadit ležky C slovní				stov. soust. tj F	7	14	99			
									Operace	50	
64	ustavit, přikontrolovat				stov. soust. tj F	3	20	69			
									Operace	80	
65	konstatovat přesah				stov. soust. tj F	6	41	16			
									Operace	40	
66	jak 64				stov. soust. tj F	2	24	60			
									Operace	80	
67	nasadit sáblonu na ustavení radniho kábla				stov. soust. tj F	1	19	89			
									Operace	70	
68	vytáhnout				stov. soust. tj F		44	27			
									Operace	80	
69	připravit radni kábel. vyřadit, ustavit, přikontrolovat				stov. soust. tj F	2	17	11			
									Operace	80	
70	P↓				stov. soust. tj F		24	79			
									Operace	10	

Náměrový list 2

Zjišťování časových dat						První			Druhá	
REFA						osoba	ztráta	osoba	ztráta	
č.	úsek procesu a moment měření	poč. osob	vztaž. množ.	ovlivňující veličina	Zy	1	2	Z	1, 2	Z
71	namířit radu! měřít	2	1		stov. soust.	5	44	91		
					tj				Operace	50
					F					
72	měřit				stov. soust.		28	97		
					tj				Operace	80
					F					
73	—				stov. soust.		43	6		
					tj				Operace	80
					F					
74	7↑				stov. soust.		18	96		
					tj				Operace	10
					F					
75	namířit šablou				stov. soust.		26	58		
					tj				Operace	70
					F					
76	vyborat krum lepem! namířit písmem				stov. soust.	6	42	9		
					tj				Operace	120
					F					
77	namířit — namířit křivky				stov. soust.	1	12	59		
					tj				Operace	120
					F					
78	namířit lepidlo				stov. soust.	3	37	61		
					tj				Operace	120
					F					
79	namířit křivku c srovnání na vůči místní soustavě				stov. soust.	5	56	51		
					tj				Operace	120
					F					
80	namířit křivku lepem! namířit křivku lepem!				stov. soust.	1	43	1		
					tj				Operace	120
					F					
81	ovížit měřicí čep smel měřit				stov. soust.	3	29	85		
					tj				Operace	80
					F					
82	měřit, srovnání kontrola utváření!				stov. soust.	1	28	72		
					tj				Operace	80
					F					
83	namířit lepidlo pomocí štrava				stov. soust.	3	41	10		
					tj				Operace	120
					F					
84	namířit pomocí štravy místní soustavě				stov. soust.	3	49	28		
					tj				Operace	120
					F					

Náměrový list 3

Zjišťování časových dat						První			Druhá	
REFA						osoba	ztráta	osoba	ztráta	
č.	úsek procesu a moment měření	poč. osob	vztaž. množ.	ovlivňující veličina	Zy	1	2	Z	1, 2	Z
85	kazitit hrany od smelny smeli uruiki				stov. soust.	2	51	64		
					tj				Operace	120
					F					
86	upravit lepici faktoru čela				stov. soust.	1	35	49		Z
					tj				Operace	120
					F					
87	mít, šroubovat kontrolovat korimont				stov. soust.	2	3	4		
					tj				Operace	80
					F					
88	kontrola faktoru				stov. soust.	1	14	28		
					tj				Operace	140
					F					
89	FV				stov. soust.		10	21		
					tj				Operace	110
					F					
90	nanest lepidlo kšilt				stov. soust.	2	21	78		
					tj				Operace	120
					F					
91	nasadit kšilt				stov. soust.	1	10	51		
					tj				Operace	120
					F					
92	přišroubovat kazitit od smelny				stov. soust.	5	55	8		
					tj				Operace	130
					F					
93	uškrt šrouby kontrolovat				stov. soust.		35	4		
					tj				Operace	110
					F					
94	FV				stov. soust.		16	58		
					tj				Operace	110
					F					
95	nanest lepidlo čela				stov. soust.	2	14	5		Z
					tj				Operace	120
					F					
96	nasadit zadek				stov. soust.	1	30	79		
					tj				Operace	120
					F					
97	přišroubovat				stov. soust.	2	2	13		
					tj				Operace	130
					F					
98	kazitit smel				stov. soust.	1	52	11		
					tj				Operace	110
					F					

Náměrový list 4

Zjišťování časových dat							První		Druhá	
REFA							osoba	ztráta	osoba	ztráta
č.	úsek procesu a moment měření	poč. osob	vztaž. množ.	ovlivňující veličina	Zy	1	2	Z	1, 2	Z
99	<i>šablona - začlek</i>	2	1		stov. soust.	1	48	56		
					tj				Operace	140
					F					
100	<i>kontrola</i>				stov. soust.	1	59	63		
					tj				Operace	140
					F					
101	<i>PV</i>				stov. soust.		41	57		
					tj				Operace	110
					F					
102	<i>rekrutace</i>				stov. soust.		47	51		2
					tj				Operace	120
					F					
103	<i>AF8 → AF9</i>				stov. soust.	1	M	42		
					tj				Operace	
					F					
104					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
105					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
106					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
107					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
108					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
109					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
110					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
111					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					
112					stov. soust.					
					tj				Operace	
					F					

Autor (vypracoval)	Bc. František Marek, DiS.
Název DP	Optimalizace procesů při výrobě autobusů
Studijní obor	LRVP
Rok obhajoby DP	2021
Počet stran	65
Počet příloh	5
Vedoucí DP	Ing. Michal Turek, Ph.D.
Anotace	Tato diplomová práce se zabývá analýzou a optimalizací konkrétní výrobní linky pro montáž autobusů ve firmě EvoBus Česká republika s.r.o., závod Holýšov. V teoretických východiscích jsou definovány silniční vozidla a jejich rozdělení, rozdělení autobusů, výrobní technologie, výrobní procesy a metody pro plánování a řízení výroby. Praktická část se skládá z analytické části procesů výroby autobusů, návrhu optimalizace těchto procesů a jejich vyhodnocení. Z této práce vyplynul potenciál k úspoře nákladů za materiál s omezenou trvanlivostí, potenciál k úspoře výrobního času a výrobní plochy.
Klíčová slova	analýza, optimalizace, výroba, proces, autobus
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	