



Optimalizace systému pro výrobu převodovek

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T049 – Výrobní systémy a procesy

Autor práce: **Bc. Adam Třešňák**

Vedoucí práce: Ing. Jan Vavruška, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam Třešňák**
Osobní číslo: **S17000398**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní systémy a procesy**
Název tématu: **Optimalizace systému pro výrobu převodovek**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je optimalizace stávajících procesů na výrobní lince převodových skříní ve firmě Škoda Auto a.s. závod Vrchlabí. Práce se soustředí na posouzení možnosti aplikace automatizace a moderních technologií.

Zásady pro vypracování:

1. Seznámit se s prostorem, komponentami, samotným procesem a technicko organizačními omezeními.
2. Analyzovat současné procesy pomocí nástrojů PI.
3. Shrnout jednotlivé potenciály pro zlepšení.
4. Navrhnout inovativní řešení bez přihlídnutí k některým omezením.
5. Navrhnout další varianty ve vazbě na realizovatelnost dílčích inovací.
6. Zhodnotit varianty a zvolit vhodnou variantu pro implementaci.
7. Verifikovat vybrané varianty a porovnat s výchozím stavem.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50-60

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] MANLIG, F., F. KOBLASA a P. KELLER. Production systems. Edition 1st. Liberec: Technical University of Liberec, 2016. ISBN 978-80-7494-318-8.
- [2] MANLIG, F. Využití počítačové simulace výrobních systémů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. Knihovna Katedry výrobních systémů TU v Liberci. ISBN 978-80-7494-162-7.
- [3] CHUNDELA, L. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [4] ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [5] GROS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. ISBN 978-80-247-0421-8.
- [6] LIKER, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [7] HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů (Technologické projekty I). 3. vyd. Brno: VUT, 2000. 201 s. 55-583-87.
- [8] API, 2014. Mapování procesů / Procesní analýza. API - Akademie produktivity a inovací s.r.o. Želevčice, [online], [cit. 24.4.2018] <http://e-api.cz/page/68260.mapovani-procesu-procesni-analyza/>.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Vavruška, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání diplomové práce: 15. listopadu 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 15. května 2020

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom-to případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

26. 4. 2019

Bc. Adam Třešňák



Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Vavruškovi Ph.D., za jeho ochotu a cenné rady, které mi věnoval při zpracování této práce. Dále děkuji pánovi Bc. Jiřímu Svatému z firmy Škoda Auto a.s., za ochotu a čas, který mi věnoval a za poskytnutí informací a podkladů důležitých pro vypracování této diplomové práce.

Velké díky patří celé mé rodině za podporu během studia.

TÉMA: Optimalizace systému pro výrobu převodovek

Abstrakt

Tématem této diplomové práce je optimalizace systému pro výrobu automatických převodovek DQ200 v závodě Vrchlabí Škoda Auto a.s. Práce se soustředí na posouzení možnosti aplikace automatizace a moderních technologií. Cílem práce je návrh konkrétního pracoviště, kde dojde ke snížení provozních nákladů, ergonomické náročnosti a eliminaci lidské chyby. Součástí diplomové práce je teoretická část, kde jsou popsány metody průmyslového inženýrství, které jsou použity k detailní analýze současného stavu a v návrhu nové upravené variantě. Jednotlivé potenciály ke zlepšení jsou vybrány k realizaci úpravy pracoviště v navržených variantách, z kterých je vybrána jedna varianta vhodná k implementaci. V závěru je provedeno porovnání současného a navrženého stavu.

KLÍČOVÁ SLOVA: (Převodovka, DQ200, optimalizace, špagetový diagram, EAWS, MTM)

Optimization system for manufacturing gearbox.

Abstract

The subject of this graduation thesis is optimization system for manufacturing automatic gearbox DQ200 in Škoda Auto a.s. Vrchlabí. Thesis consider on using automatization and modern technology on assembly line. Thesis also include theoretical section, explaining the methods of industrial engineering, which are use for analyse current condition and improvement proposal in practical section. The solution cointains choice new option, which decrease operating costs, ergonomic demands and eliminate mistakes. In the end is comparision between new option and current condition.

Keywords: (Gearbox, DQ 200, optimization, spaghetti, EAWS, MTM)

Obsah

1. Úvod	10
2. Teoretická část	11
2.1. DMAIC	11
2.2. MTM	12
2.3. Snímek pracovního dne	13
2.4. Špagetový diagram	14
2.5. Poka – Yoke	15
2.6. Ergonomie pracovišť	15
2.6.1. Hygienické limity	15
2.6.2. Ergonomické metody:	16
3. EAWS	17
4. Praktická část	19
4.1. Představení závodu Škoda Auto a.s. Vrchlabí	19
4.2. Automatická převodovka DQ200	21
4.3. Popis procesu výroby	22
4.4. Prostor montážní linky	23
4.5. Pracoviště vkládání skříní a lisování spojkového závěsu	25
4.5.1. Hlavní činnosti	25
4.5.2. Nepravidelné činnosti	27
4.6. Zavážení pracoviště vkládání skříní	28
4.7. Komponenty	31
4.8. Technicko – organizační omezení	34
5. Analýza současného stavu	34
5.1. Časový snímek pracovníka	34
5.1.1. Pracovník vkládání převodové skříně	36
5.1.2. Pracovník lisování a vkládání spojkové skříně	37

5.1.3.	Ověření úseků časového snímku s MTM analýzou.....	38
5.2.	Špagetový diagram.....	39
5.3.	Analýza kroků	40
5.4.	Analýza EAWS	43
5.5.	Výsledky analýzy, identifikace problémů.....	47
6.	Shrnutí jednotlivých potenciálů ke zlepšení.....	47
6.1.	Fyzická náročnost manipulace s břemeny.....	47
6.1.2.	Přidat balanční zařízení na manipulaci s proklady.....	48
6.1.3.	Odkládat proklady na hydraulickou plošinu.....	48
6.1.4.	Překládání skříní pomocí průmyslového robota.....	48
6.2.	Snížit počet skladových zásob na pracovišti	49
6.3.	Obalové materiály na pracovišti.....	50
6.4.	Rozpracované skříně na pracovišti.....	52
6.5.	Dlouhé manipulační vzdálenosti	53
6.6.	Znečištěné trny	53
6.7.	Rozdílné odpojování tahačů.....	54
6.8.	Rozdílné proklady spojkových skříní.....	54
6.9.	Poškození skříně lisováním spojkového závěsu	55
7.	Návrh inovativního řešení bez limitu na investice	59
8.	Návrh variant ve vazbě na realizovatelnost.....	62
8.1.	Varianta A	62
8.2.	Varianta B	64
8.3.	Varianta C	66
9.	Hodnocení variant a volba vhodné varianty pro implementaci.....	68
10.	Verifikace vybrané varianty a porovnání s výchozím stavem.....	70
11.	Závěr.....	74
	Seznam použité literatury	75

Použité zkratky a symboly:

Označení	Legenda
FIFO	First In First Out (první dovnitř první ven)
FTS	Autonomní logistický tahač
VZV	Vysoko-zdvižný vozík
EAWS	Ergonomická analýza
TMU	Časová jednotka TMU
QFD	Kvalita, funkce a rozpracování.
DMAIC	Definovat, měřit, analyzovat, zlepšovat a kontrolovat
JIT	(Just in time) Právě včas
Layout	Půdorysné rozvržení pozic v prostoru
Kanban	Tahový systém řízení výroby
MTM	Časová analýza
DQ 200	Automatická dvouspojková převodovka
Balancér	Zařízení na zavěšení břemene
Greifer	Nástroj robota

1. Úvod

Diplomová práce vznikla na základě mé stáže ve firmě Škoda Auto a.s. v závodě Vrchlabí na výrobu automatických převodovek DQ 200. Působím na oddělení, které se zabývá sériovým plánováním montáže. Mým úkolem bylo seznámit se s procesem, tokem materiálu, jednotlivými odděleními závodu a spolupracovat na řešení problémů, které spadají pod oddělení.

Vrchlabský závod prošel za svoji existenci velkou proměnou. Od montáže vozů se výrobní program proměnil na výrobu automatických převodovek DQ 200. Během 18 měsíců se postavila nová hala, stávající haly se modernizovaly a vybavily se novými technologiemi. Každý rok se zvyšuje počet vyrobených převodovek. Denní produkce se od zahájení výroby zvýšila o 120 %. To souvisí s pokročilou automatizací závodu.

V dnešní době, kdy je na trhu práce nedostatek pracovních sil je kladen velký důraz na optimalizace výroby, která přinese zvýšení výkonu a kvality výroby, snížení počtu operací a pracovišť, eliminuje vznik lidské chyby, zkrátí manipulační vzdálenosti na minimum a sníží ergonomické zatížení organismu pracovníků. [1]

Nástroje průmyslového inženýrství, které jsou použity k analýze současného stavu a implementovaného stavu k optimalizaci jsou popsány v teoretické části. Na úvod praktické části je představen závod ve Vrchlabí a v krátkosti popsána automatická převodovka DQ 200. Následuje seznámení s výrobním prostorem, samotným procesem a komponentami optimalizovaného pracoviště. Po provedení analýzy současného stavu jsou představeny potenciály ke zlepšení. Na základě souhrnu jednotlivých zlepšení jsou představeny varianty úpravy pracoviště, z kterých je navržena jedna vhodná k implementaci.

Diplomová práce se zabývá optimalizací pracoviště vkládání spojkových a převodových skříní. Hlavním cílem diplomové práce je návrh nového pracoviště, které sníží provozní náklady vynaložené na mzdy pracovníků, sníží fyzickou zátěž pracovníka a eliminuje vznik lidské chyby. Nový návrh se soustředí na posouzení možnosti aplikace automatizace, moderních technologií při zachování taktu linky a splnění zadaných technicko-organizačních omezení.

2. Teoretická část

Metody průmyslového inženýrství, které byly použity pro analýzu současného stavu a návrh optimalizovaného pracoviště jsou popsány v následující kapitole.

2.1. DMAIC

V diplomové práci postupuji podle metody DMAIC, která se používá pro řízení projektů a zlepšování procesů. Jednotlivé kroky metody představují zkratku z pěti anglických slov (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) v překladu (Definuj, Měř, Analyzuj, Zlepšuj a Kontroluj). [2]



Obrázek 1 Jednotlivé kroky DMAIC [2]

Hlavní kroky metody DMAIC jsou [2]:

- Definovat oblast zlepšení a stanovit cíle a prostředky, jak zlepšení dosáhnout.
- Určit měřicí zařízení, stanovit co a kolikrát měřit, aby bylo získáno co nejvíce informací o procesu, který má být zlepšen.
- Analyzovat příčiny problému a ověřit, které jsou problematické a které nikoliv.
- Zlepšovat a podat návrh na úpravu procesu, následně ho ověřit a vyhodnotit.
- Kontrolovat, zda je dodržovaný zavedený nový standard a nedochází k návratu ke stavu před zlepšením.

2.2. MTM

Methods-Time Measurement, zkratka MTM, je metoda měření času pomocí předem stanovených časů. Vyvinuta byla v USA ve 40. letech. Používá se k tvorbě pracovních metod, určování časů při návrhu nových stanic a jako pomůcka při zaškolování nových pracovníků. Vytvořit pracovní systém od začátku s co největší možnou produktivitou a minimálními náklady je jeden z cílů MTM.

Podle typu procesů se dělí metoda na: MTM - 1, MTM - 2, MTM UAS, MTM MEK. Pro velkosériovou výrobu je vhodná metoda MTM – 1, která bude použita v praktické části.

Manuální postupy se skládají z 80-85 % ze základních pohybů: sáhnout, uchopit, přemístit, umístit a pustit. Základní pohyby mají normovanou časovou hodnotu v závislosti na ovlivňujících veličinách. Pomocí obsahově a časově definovaných procesních prvků popisuje a plánuje manuální pracovní postup, který je člověkem ovlivnitelný. [3]

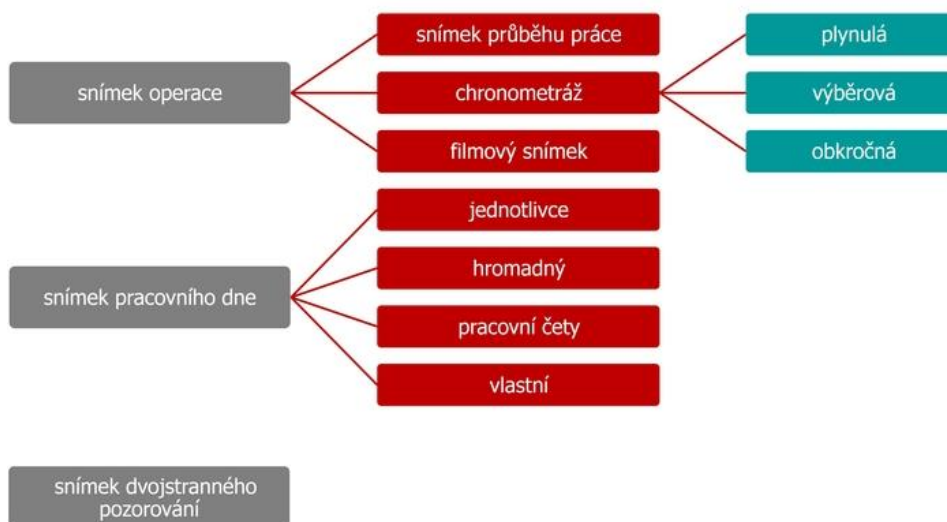
Časové hodnoty pohybů jsou v postupech MTM uvedeny v časových jednotkách TMU v datové kartě, která je přiložena v přílohách. Přepočtené časové hodnoty uvádí tab.1.

Tabulka 1 Přepočtené časové hodnoty [3]

Přepočtené časové hodnoty			
TMU	Sek.	Min.	Hod.
1	0,036	0,0006	0,00001
27,8	1	-	-
1666,7	-	1	-
100000	-	-	1

2.3. Snímek pracovního dne

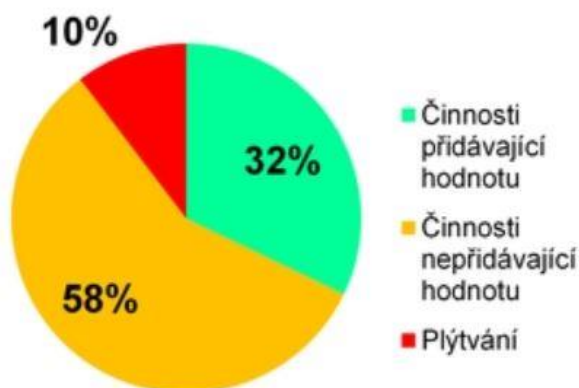
Pracovní snímek dává přehled o délce trvání časového úseku a rozděluje ho na jednotlivé činnosti – čekání, manipulace, předávání informací a pracovní činnost. Získá se pozorováním daného pracovníka v průběhu směny, při kterém se zaznamenává, jak dlouho a co pracovník dělá. Vytváří se pro jednotlivce nebo pro více osob najednou. [2] Rozdělení metod zobrazuje obrázek 2.



Obrázek 2 Rozdělení metod spotřeby času [2]

Do formuláře časového snímku pracovníka se zapisuje začátek a konec jednotlivých činností. Pro měření času se používá videotechnika, zapisovací přístroje a různé typy stopek.

Výsledky pracovního snímku dne se zpracovávají do koláčového grafu (obr.3.), který rozděluje činnosti na plýtvání, přidávající hodnotu a nepřidávající hodnotu. [2]



Obrázek 3 Graf přidaná / nepřidaná hodnota [2]

Přidávající hodnotu jsou takové činnosti, za které zákazník platí a přidávají výrobku hodnotu – výrobní činnost.

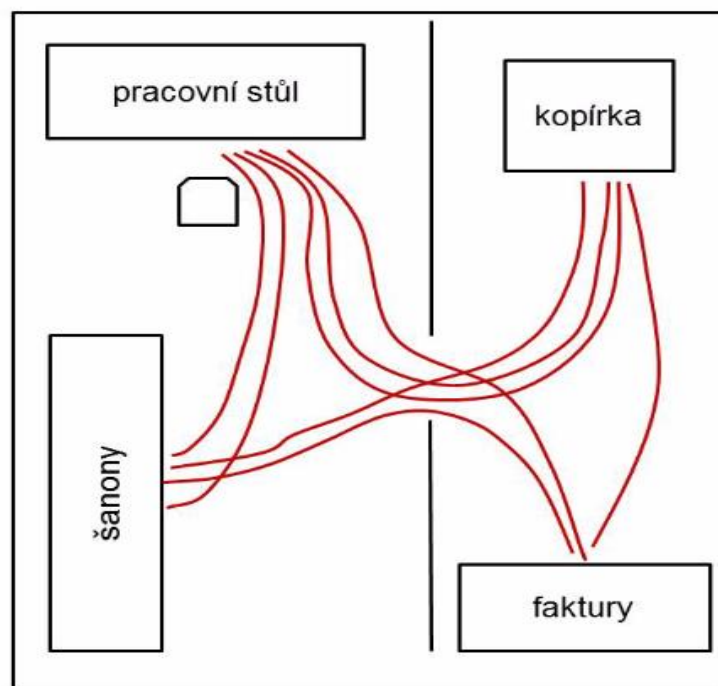
Nepřidávající hodnotu jsou ty činnosti, za které zákazník neplatí a nepřidávají výrobku hodnotu – manipulace.

Plýtvání – z výrobního procesu odstranit. Jsou to činnosti jako čekání, zbytečný pohyb, chyby a opravy.

Se snímkem pracovního dne se vypracovává i špagetový diagram. [2]

2.4. Špagetový diagram

Špagetový diagram je nástroj pro optické znázornění a zachycení toku materiálu, informací a pohybu pracovníka v jistém časovém období. Do překresleného layoutu se zakresluje pomocí čar pohyb a jeho vzdálenost. Vytvořený diagram (obr.4.) lépe znázorňuje potenciály ke zlepšení procesu, poukazuje hlavně na nadměrný pohyb, křížení cest a slouží jako podklad pro nový layout. [2]



Obrázek 4 Špagetový diagram [2]

2.5. Poka – Yoke

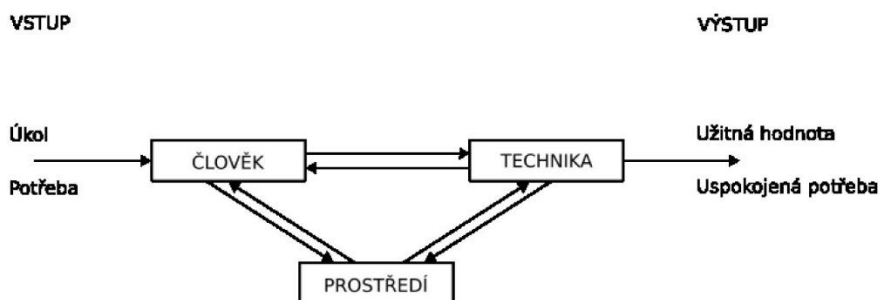
Nástroj kvality Poka – Yoke pochází z Japonska, jeho zakladatelem je pan Shigeo Shingo. Hlavním problémem ve stabilním procesu výroby jsou chyby z nepozornosti, které lidé nedělají schválně. Pan Shingo se svými spolupracovníky se začal zabývat takovými opatřeními, které upozorní pracovníka na to, když namontoval díl obráceně, vynechal nějakou z operací nebo namontoval díl jiný. Cílem Poka – Yoke je navrhnout opatření takové, které znemožní chybu z nepozornosti pracovníkovi udělat. [4]

2.6. Ergonomie pracovišť

Oficiální definice ergonomie, přijatá Mezinárodní Ergonomickou Asociací (IEA) na 14. kongresu v San Diegu USA v roce 2001 zní (5):

„Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému“.

Věda se zabývá vztahem mezi člověkem, technikou a prostředím. Technický rozvoj a hromadná výroba, nerespektovala omezení – limity člověka. Ergonomie prosazuje postup, kde technika musí respektovat člověka, zvýší jeho efektivitu a sníží úrazovost a jeho zátěž. [5]



Obrázek 5 Systém člověk – technika – prostředí [5]

2.6.1. Hygienické limity

Hygienický limit v osmihodinové pracovní směně pro kumulovanou hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného ženou je 6 500 kg a 10 000 kg pro muže. Hygienický limit udává norma České republiky ČSN. Ručně manipulovaným břemenem se rozumí přemístění, nošení, držení, tažení a tlačení nákladů od 3 kg.

Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného mužem při občasném zvedání a přenášení je 50 kg, pro ženy 20 kg. Při častém zvedání a přenášení je limit 30 kg pro muže a pro ženy 15 kg. Limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku je pro muže tlačná síla 310 N a tažná síla 280 N, pro ženy tlačná síla 250 N a tažná síla 220 N.

Občasným zvedáním a přenášením břemene v průměrné osmihodinové směně se rozumí přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut, častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v rámci celé směny. [6]

2.6.2. Ergonomické metody:

Ergonomické metody na provedení analýz se rozdělují podle rizik určité pracovní oblasti na dvě úrovně:

- Ergonomické nástroje 1. úrovně (First-Level-Tools) slouží k provedení rychlého zmapování rizikových oblastí – a jsou pro více oblastí.
- Nástroje druhé úrovně (Second-Level-Tools) se používají k detailnější analýze. Používají se v případě, že je rozpoznáno možné riziko nástrojem první úrovně. [7]

Vhodnost metod znázorňuje následující tabulka 2.

Tabulka 2 Kompatibilita norem a vybraných nástrojů pro analýzu [7]

Rizikové oblasti	Normy		Nástroje	
	CEN	ISO	Second-Level	First-Level
Držení těla s malou potřebou vnější síly	1005-4	11226	OWAS	AAWS EAWS
Akční síly	1005-3	11228-2	RULA	
Ruční manipulace s břemenem	1005-2	11228-1	NIOSH	
Horní končetiny – vysoká četnost opakování / nízké zatížení	1005-5	11228-3	OCRA, Strainindex, HAL-TV	

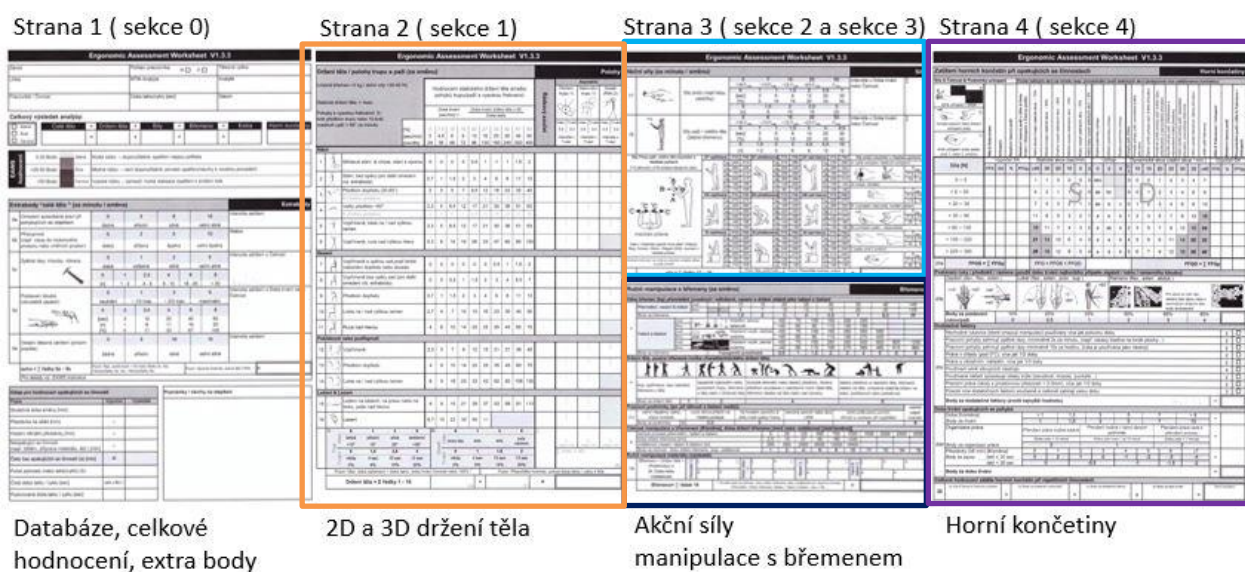
Metoda EAWS je vhodná pro posouzení všech rizikových oblastí. Analýza současného stavu bude provedena pomocí této metody. [7]

3.EAWS

EAWS je zkratka z anglických slov „Ergonomic Assessment Worksheet“ v překladu ergonomický vyhodnocovací pracovní list. Bodově se hodnotí příznivé a nepříznivé pracovní polohy. Cílem metody je provedení ergonomické analýzy zatížení pracovníků. Slouží i k provedení návrhu budoucího zatížení pracovníků v novém výrobním systému.

Princip metody spočívá v hodnocení rizik pozorovaného zaměstnance, který provádí danou činnost. Hodnocení se zapisuje do checklistu, který má 4 strany. Na každé straně je tabulka pro hodnocení [7]:

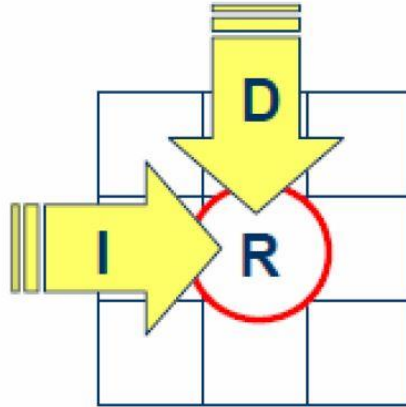
- Polohy těla.
- Působení sil.
- Ruční manipulaci s břemeny.
- Zatížení horních končetin při opakovaných činnostech.



Obrázek 6 Listy analýzy EAWS [7]

Bodové hodnocení:

V připraveném checklistu se hodnotí dvě veličiny – velikost zátěže (intenzita I) a délka trvání zátěže (D). Intenzita trvání se zapisuje do řádků, vybírá se ze seznamu poloh pro jednotlivé části těla a doba trvání se zapisuje do sloupců. Součinem velikosti těchto hodnot se získá výsledný rizikový index R. [7]



Obrázek 7 Složení R (indexu zátěže) [7]

EAWS je normované na dobu taktu 60 s. V případě, že je takt odlišný, je nutné udělat přepočítání na 60 s cyklus v každé řádce ve všech sekcích, nebo vyjádřit % četnost. Toto se netýká sekce 3. Přepočítání se provádí vzorcem (3.1)

$$T_{60} = (D [s] \times 60 [s]) / (T_z [s]) \quad n_{60} = (n \times 60 [s]) / (T_z [s]) \quad (3.1)$$

T_{60} – trvání vztažené na 60 s

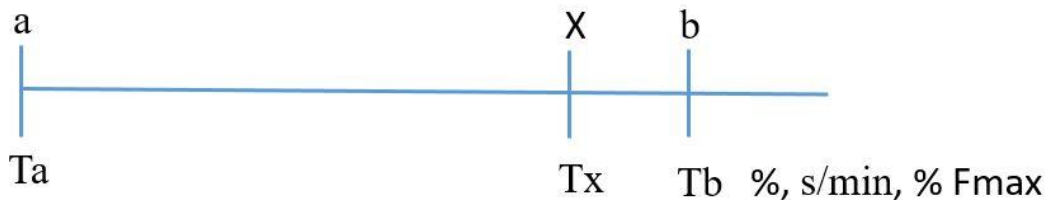
n_{60} = četnost vztažená na 60 s

D – doba trvání [s]

n – daná četnost

T_z – doba taktu / doba cyklu

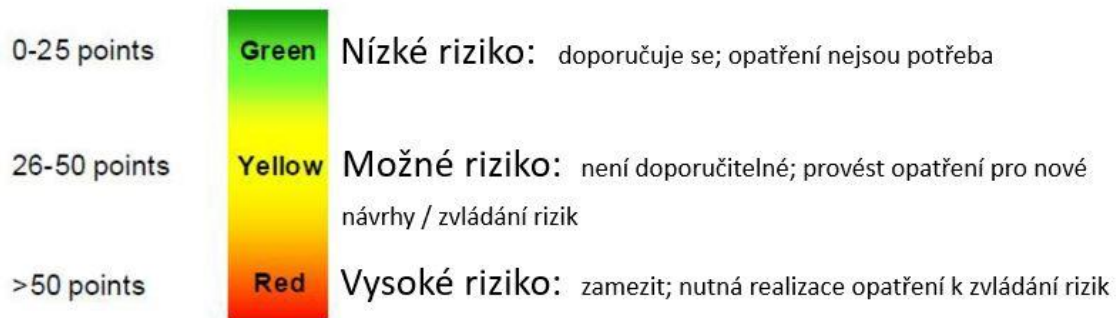
Lineární interpolaci je možno použít, pokud jsou řádky, resp. sloupce oddělené čárkovanou přímkou. Hodnoty (síla, čas, frekvence) neodpovídající krajním nebo středním hodnotám intervalu, se přepočítávají podle vzorce (3.2) na obr.8.



$$X = a + \frac{b-a}{Tb - Ta} \times (Tx - Ta) \quad (3.2)$$

Obrázek 8 Interpolace [7]

Statická je zátěž od doby trvání 4 s. Četnost zátěže stejného druhu se sčítá. Vzájemně se vylučují sekce 1, 2 a 3, výjimku tvoří síla prstů (řádek 17) tam se vyhodnocuje navíc doba trvání zátěže v sekci 1. V každé sekci se výsledná bodová hodnota zaokrouhluje na další půl bod (38,2 → 38,5), mezivýsledky se uvádějí se zaokrouhlením na jedno desetinné místo. Výsledné bodové hodnoty každé sekce se zařazuje do intervalů, které uvádí semaforové schéma na obrázek 9. [7]



Obrázek 9 Semaforové schéma analýzy EAWS [7]

V intervalu od 0-25 bodů nehrozí na pracovišti žádné riziko, od 26-50 bodů je možný vznik rizik a doporučuje se provést opatření. Nad 50 bodů zamezit realizaci takových návrhů. [7]

4. Praktická část

Na úvod praktické části je představen výrobní závod ve Vrchlabí a v krátkosti popsána automatická převodovka DQ 200. Následující podkapitoly seznamují s výrobním prostorem, samotným procesem optimalizovaného pracoviště včetně komponentů a technicko – organizačními omezeními, které se musí zohlednit v novém návrhu.

4.1. Představení závodu Škoda Auto a.s. Vrchlabí

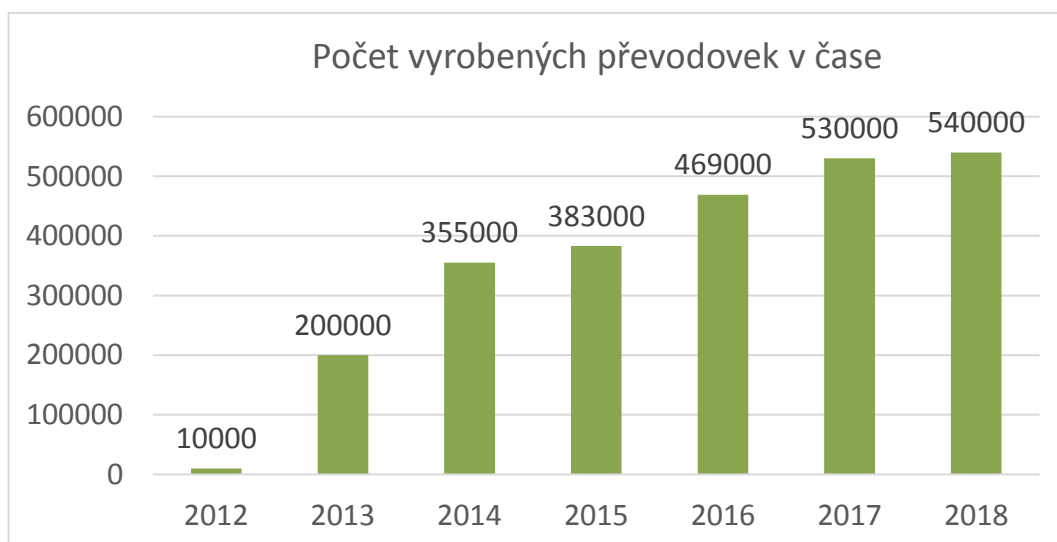
Počátky závodu se píšou od roku 1864, kdy firma Petera a synové zakládají továrnu na kočáry a anglické sedlářství. Nejdéle vyráběným vozem byla Škoda 1203, která se zde vyráběla od roku 1968 do roku 1981. Koncern Volkswagen v roce 1991 kupuje společnost Škoda Auto a.s. Ve Vrchlabí pokračovala výroba vozů, poslední automobil, který se zde vyráběl, byl Roomster.

Vedení společnosti se v roce 2010 rozhodlo o restrukturalizaci závodu na výrobu automatických sedmistupňových převodovek DQ 200 a za necelé dva roky zahajuje její výrobu. [8] Letecký snímek závodu zobrazuje obr. 10.



Obrázek 10 Letecký snímek závodu ve Vrchlabí firmy Škoda Auto a.s. [9]

V současnosti přetrvává výroba automatických převodovek DQ 200, závod získal prestižní evropské ocenění továrna roku za transformaci závodu z výroby aut. Do sériové výroby jako první v České republice nasadil kooperujícího robota. Roku 2018 byla v závodě vyrobena jubilejní dvoumiliontá převodovka a k přepravě obrobků je nasazen plně autonomní přepravní robot, který je schopen se sám učit. Počet vyrobených automatických převodovek v čase znázorňuje následující graf.



Graf 1 Počet vyrobených převodovek DQ 200 závodem ve Vrchlabí v čase [9]

Ve Vrchlabí se vyrábějí převodovky ve 32 různých variantách, počet variant se mění dle aktuální modelové péče. Jednotlivé varianty se liší geometrií ozubení a změnou převodových poměrů jednotlivých kol. Převodovka se skládá celkově z 352 součástí a je montována do řady různých modelů vozidel koncernu Volkswagen.

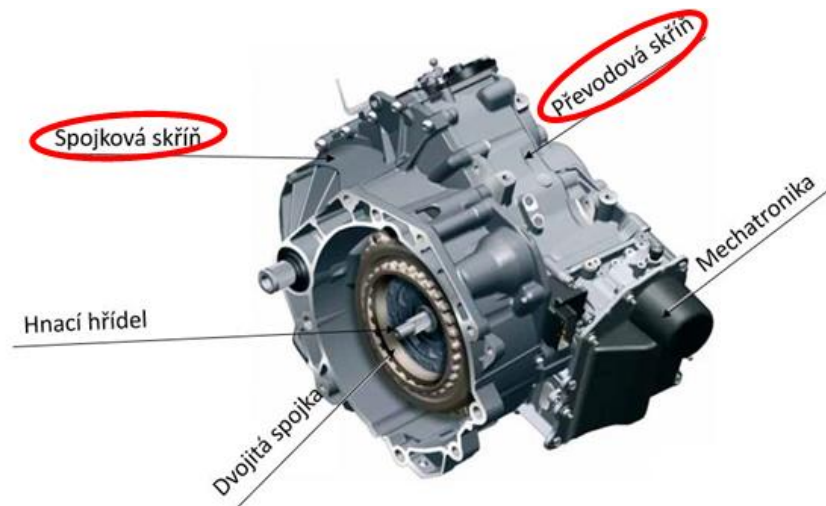
4.2. Automatická převodovka DQ200

Sedmistupňová přímo řazená automatická převodovka DQ 200, je první sedmistupňová automatická převodovka se suchou dvojitou spojkou, která je v motorovém prostoru uložena napříč. Umožňuje přeřazení rychlostních stupňů bez přerušování hnací síly, má nižší spotřebu paliva než převodovka s ručním řazením a tím přispívá ke snížení emisí vyprodukovaných spalovacími motory automobilů. Převodovka se používá ve spojení jak se vznětovými, tak se zážehovými motory různého výkonu. Technické parametry automatické převodovky DQ 200 jsou shrnuty v následující tabulce. [8]

Tabulka 3 Technické parametry DQ 200 [9]

Hmotnost	70 kg včetně spojky
Maximální točivý moment	250 Nm
Převodové stupně	7 převodových stupňů vpřed, 1 zpětný vchod
Provozní režimy	Automatický režim a režim Tiptronic
Množství oleje v mechatronice	1,7 l
Množství oleje v převodovce	1 l

Hlavní části automatické převodovky (obr.11.) tvoří mechatronika, převodová a spojková skříň, dvojitá spojka, šikmá ozubená kola, diferenciál, hnací a hnané hřídele. Převodová a spojková skříň jsou označeny z důvodu zaměření praktické části diplomové práce.



Obrázek 11 Popis DQ 200 [9]

Převodová skříň je jednoho typu a má nezávislý olejový okruh. Spojkových skříní je více typů. Obě jsou z hliníkové slitiny. K převodové skříní je připevněna mechatronika, která slouží jako centrální řídicí jednotka celé převodovky a obsahuje elektronickou a elektrohydraulickou řídicí jednotku. [8]

4.3. Popis procesu výroby

Nakoupené výkovky hřídelí a ozubených kol se zde obrábějí. Obrábění se rozděluje na to, zda je ještě před tepelným zpracováním – měkké obrábění nebo po tepelném zpracování – tvrdé obrábění. Měkké obrábění zahrnuje operace technologie soustružení, frézování a vrtání. Následuje tepelné zpracování, kde dochází k vakuové cementaci dílů a jejich zakalení v přetlaku helia.

Tepelně zpracované díly se po zakalení brousí, honují a pevnostně tryskají. Před montáží se díly pasivují a odstraní se nečistoty ve speciálních pračkách. Z pračky jsou díly transportovány do skladovacích prostor u montážní linky.

Na předmontáži hřídelí dochází ke kompletaci ozubených kol, hřídelí a diferenciálu. Předmontáž hřídelí je s montážní linkou propojena. Pro daný typ hřídelí musí být zvolena odpovídající spojková skříň. Na konci linky předmontáže hřídelí dojde k vyměření hřídelí. Data z měření hřídelí jsou důležitá pro osazení skříní vymezovacími podložkami, aby bylo odpovídající předpětí na ložiskách. Kuželíková ložiska se na hřídele lisují bez vnějších kroužků. Vnější kroužky ložisek jsou přeloženy z palety předmontáže hřídelí a zalisovány do skříní před přeložením hřídelí. Předmontáž hřídelí končí, „svatbou“ - vložením hřídelí do skříní.

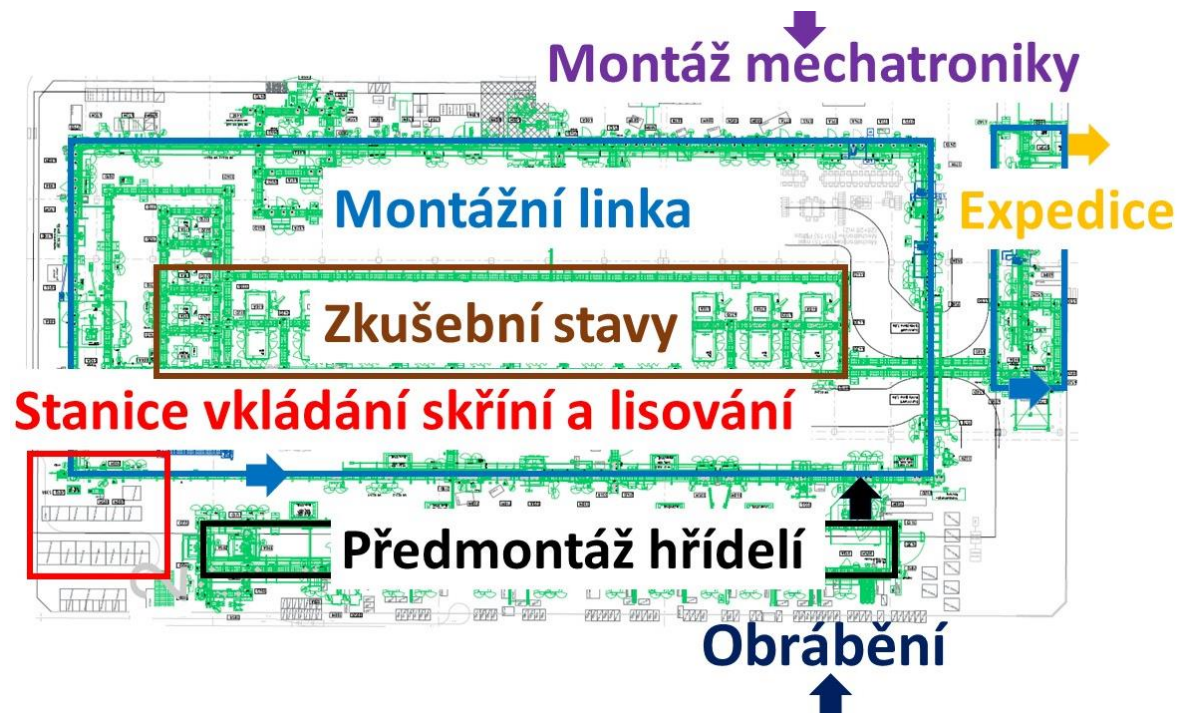
Na montážní lince mechatroniky se sestavuje mechatronika z nakoupených dílů, před namontováním do převodovky projde každá zkušebním stavem, kde se otestuje její těsnost a funkčnost.

Postupně se osazují převodové a spojkové skříně díly. Zalisují se hřídele s ozubenými koly do skříně převodovky a sestava se zaklopí spojkovou skříní. Namontuje se mechatronika, spojka a převodovka se naplní olejem. Na konci montážní linky jde převodovka do zkušebních stavů, kde se převodovka roztočí a přezkouší se její funkčnost při všech rychlostních stupních. Kromě její funkce se během testování vyhodnocuje i její hlučnost. Pokud převodovka splní zátěžový test, tak je připravená na montáž do vozidla a putuje do expedice.

Denní produkce je 2200 převodovek. Pracuje se 5 pracovních dnů v třisměnném provozu. Diplomová práce se soustředí na optimalizaci pracoviště montážní linky vkládání spojkových a převodových skříní.

4.4. Prostor montážní linky

Montážní linku DQ 200 tvoří celkem 52 stanic z toho 26 je stanic automatických. Automatické stanice slouží převážně k vyměřování, lisování, utahování šroubových spojů a manipulaci s převodovkou. Na obrázku 12. je schéma rozložení montážní linky.



Obrázek 12 Montážní linka DQ 200 [9]

K optimalizaci konkrétního pracoviště byla vybrána stanice lisování spojkového závěsu a vkládání spojkových a převodových skříní, která je první stanicí montážní linky. Paleta montážní linky odtud nese údaje o převodovce a každou stanicí přibývá údajů o dané převodovce.

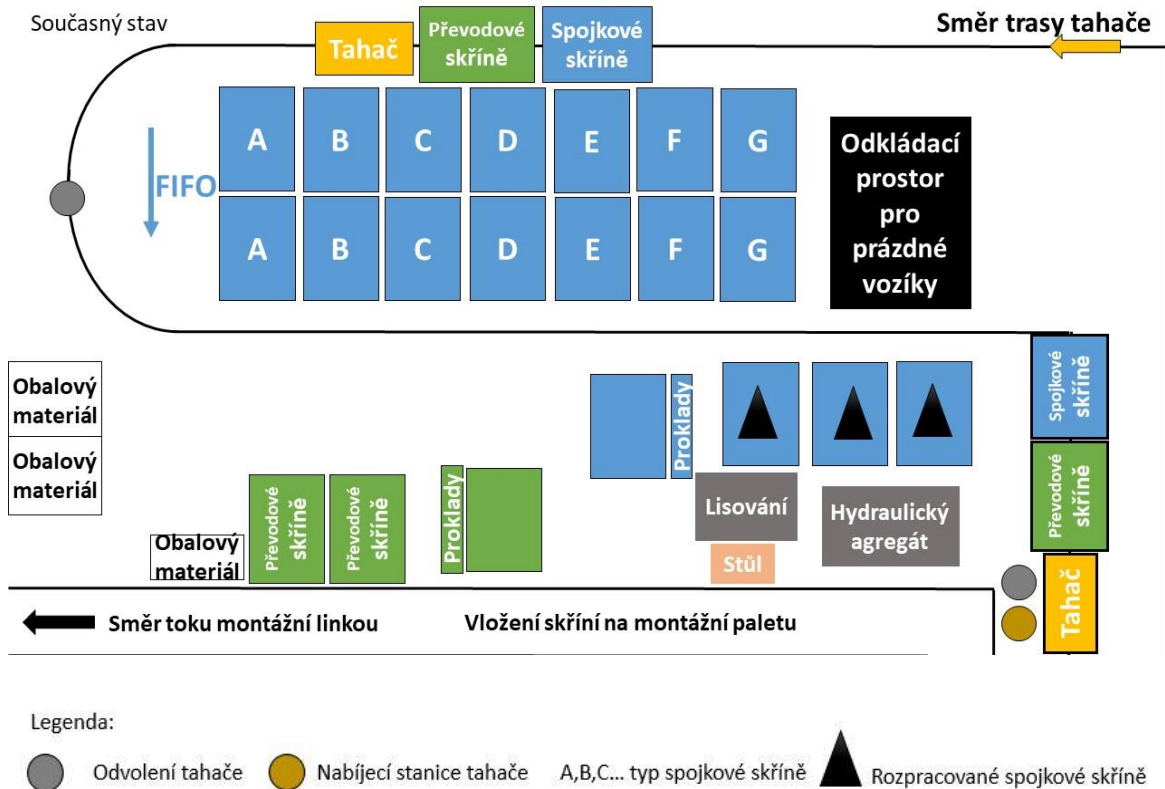
Jedná se o pracoviště, kde se manipuluje s nejtěžší součástí na montážní lince. Pracovníci, kteří obsluhují pracoviště vkládání skříní si stěžují na náročnou práci oproti jiným úsekům montážní linky. Stávající stav pracoviště zobrazuje obrázek 13.



Obrázek 13 Současný stav pracoviště

4.5. Pracoviště vkládání skříní a lisování spojkového závěsu

Stanice vkládání skříní a lisování spojkového závěsu obsluhují dva pracovníci. V současném stavu mají k dispozici layout viz obr. 14.



Obrázek 14 Současný stav – stanice vkládání skříní a lisování závěsu

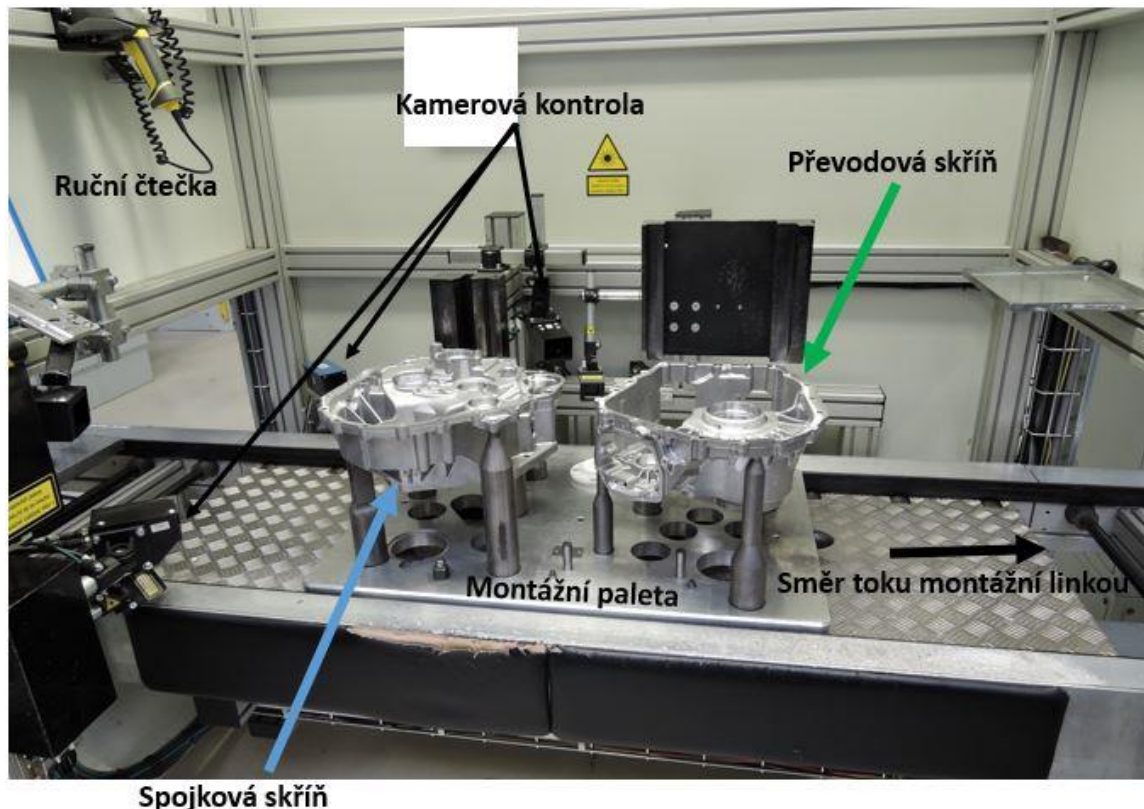
V polovině směny po 4 odpracovaných hodinách se oba pracovníci vymění s jinými pracovníky v týmu, z důvodu nepřekročení hmotnostních limitů manipulace s břemeny. Pracovníci se střídají v týmu 9 lidí, ženy toto pracoviště neobsluhují z důvodu vysoké fyzické zátěže. Proces se rozděluje na:

- Hlavní činnosti
- Nepravidelné činnosti.

4.5.1. Hlavní činnosti

Pracovníci mají činnosti mezi sebou rozdělené. Pracovník vkládání spojkových skříní vezme skřín a založí ji na ustavovací podpěry stanice lisování. Díl závěs spojky založí do lisovací hlavy. Z hlediska bezpečnosti musí po celou dobu lisování obě ruce držet na tlačítkách.

Po zalisování odloží spojkovou skříň na odkládací stůl a čeká na příjezd palety. Po příjezdu palety vezme čistící kartáč a očistí trny na paletě. Vezme spojkovou skříň z odkládacího stolu, otočí ji a založí na trny montážní palety. Na ovládacím panelu se zobrazuje typ spojkové skříně a množství, kolik zbývá udělat do změny typu. Správnost vloženého typu spojkové skříně kontroluje kamera, která načítá označení skříně po vložení na montážní paletu. Popis stanice zobrazuje obrázek 15.



Obrázek 15 Popis stanice vkládání převodových a spojkových skříní

Pokud je předešlá činnost hotová, pracovník vkládání převodových skříní pak může vložit převodovou skříň. Pokud jsou obě skříně na paletě a shoduje se požadovaný typ skříně s typem, kterou načetla kamera, obsluha může odvolit montážní paletu. Montážní paleta odjíždí do další stanice a pracovníkům se opakuje hlavní cyklus, dokud nedojde ke změně typu spojkové skříně nebo zpracování všech skříní na paletě.

K tomu, aby mohl vykonat hlavní činnost si musí pracovníci připravit pracoviště. To má mnoho prvků nepravidelné činnosti.

4.5.2. Nepravidelné činnosti

Obsluha stanice vkládání převodových skříní musí rozbalit vozík se skříněmi na montážní lince. Nejdříve musí sundat průvodní list z obalu skříní a umístit jej na sponu vozíku. Pak může odstranit pásky, kterými jsou palety svázané. Po rozříznutí pásek je musí odnést do obalového koše, který je přímo určený pro pásky. Když jsou odstraněny pásky, může odstranit obalovou folii, do které jsou skříně zabaleny. Na obalovou folii je také určený obalový koš. Obalový koš je ale vzdálený od místa rozbalení skříní 10 m.

Aby mohl vozík s právě rozbalenými skříněmi umístit do zásobníku na montážní lince, tak musí nejdříve posunout vozík s daným typem skříně a pak teprve může umístit právě rozbalované skříně, protože platí systém odebírání FIFO. Pokud se změní typ spojkových skříní na typ, který se nachází mezi rozpracovanými vozíky, tak ho musí přednostně zpracovat.

Z vozíku obsluha lisování a vkládání spojkových skříní odebírá vrchní víko do stojanu, do kterého zakládá i proklady. Obsluha překládání převodových skříní zakládá vrchní víko a proklady do stojanu stejně jako obsluha lisování.

Odkládací prostor slouží pro prázdné vozíky v případě, pokud je zpracován vozík s rozpracovanými spojkovými skříněmi dříve, než jsou zpracované převodové skříně. Převodové skříně musí být za tahačem připojeny jako první.

4.6. Zavážení pracoviště vkládání skříní

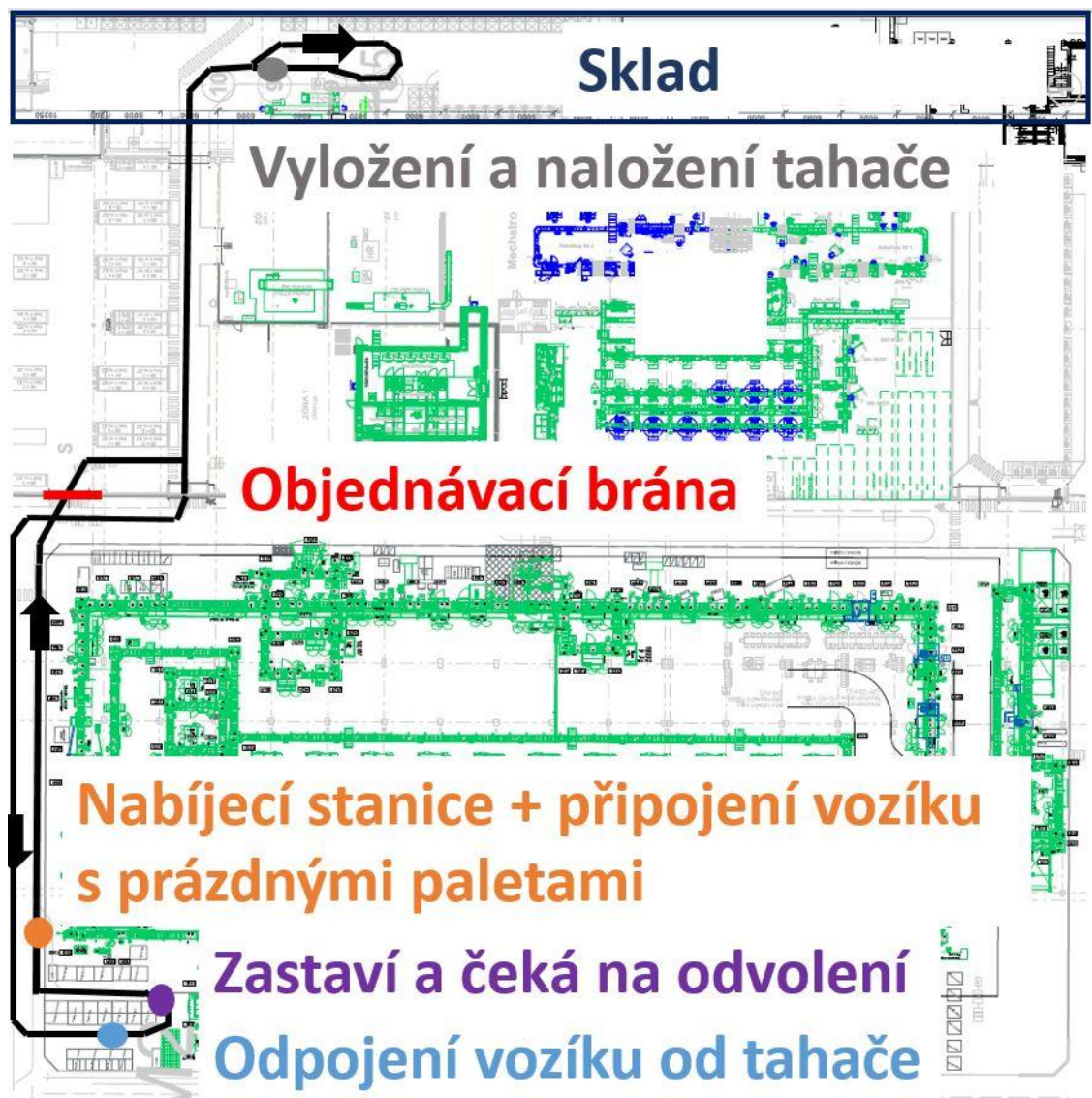
Dva autonomní logistické tahače FTS přiváží na vozících palety se skříněmi. Na bližším vozíku k tahači jsou vždy převodové skříně, za ním jsou zapřažené spojkové skříně, jako zobrazuje obrázek 16. Tahač uveze maximálně 3 vozíky v soupravě.



Obrázek 16 Autonomní tahač FTS s paletami skříní [10]

Tahač má tažné zařízení, do kterého se připojí oj z vozíku. Jeden z tahačů je vybaven automatickým odpojením vozíku, druhý tahač nemá automatické odpojení a vozík musí ručně odpojit obsluha. Po odpojení vozíku se skříněmi dojde do pozice, kde čeká na odvolení. Tahače nemají řídicí systém, který by sledoval jejich vzájemnou polohu. Obsluha musí odvolit vozík z pozice, kde čeká na odvolení, pokud se v nabíjecí stanici nenachází druhý vozík. Připojování prázdných vozíků probíhá ručně ve stanici, kde se nabíjí tahač. Obsluha stanice vkládání skříní na montážní lince odebere poslední skřín z palety. Vezme vozík a dojde s ním k tahači. Sklopí oj u vozíku a zapojí ho za tažné zařízení tahače.

Trasa tahače měří celkem 313 m. Tvoří ji magnetická páska vložená do vyfrézované drážky v podlaze. Doba jízdy s nabíjením včetně nakládky a vykládky je 24 minut. Tahače se nabíjí průměrně 12,5 minut. Nabíjecí stanoviště je pouze u montážní linky. Čistý čas jízdy bez manipulace je 2,8 min. Tahač přiveze dva vozíky s paletami skříní – 24 kusů převodových a 24 kusů spojkových skříní. Skříně jsou zabalené do obalové fólie a upevněny po obvodu pomocí dvou pásek. Trasa od skladu logistiky po stanici vkládání skříní je zobrazena na obrázku 17.



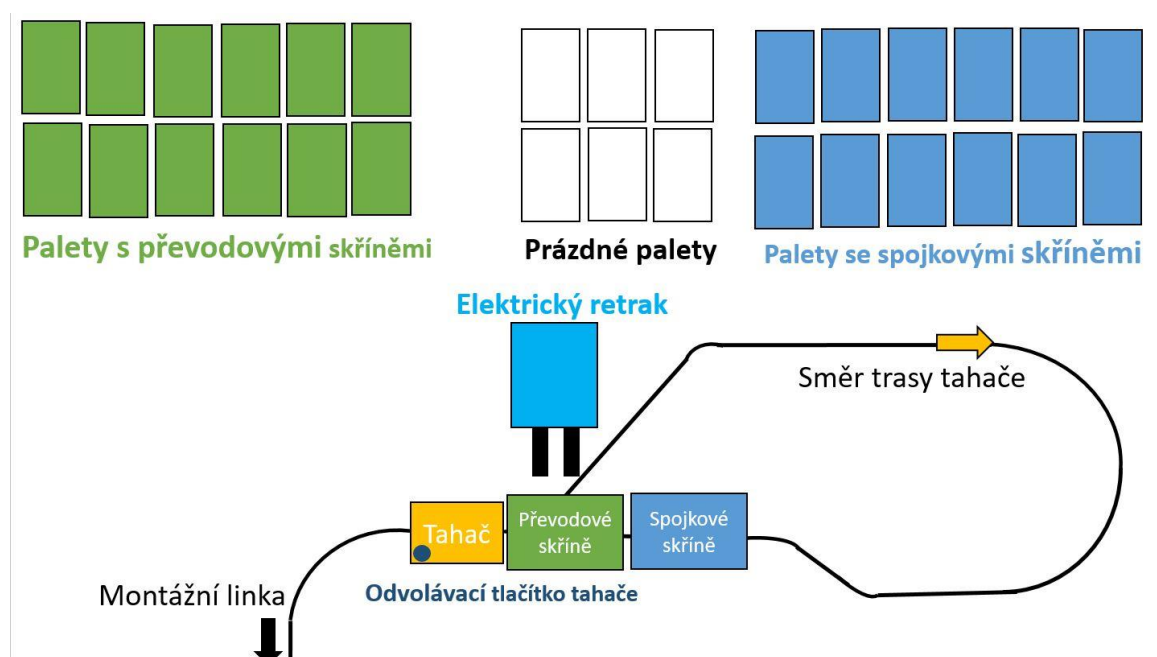
Obrázek 17 Trasa FTS vozíku

Tahač projede s vozíky přes objednávací bránu. Každý typ skříně má určený vozík. Brána pomocí RFID čtečky přečte RFID kód na vozíku a objedná typ skříně, tím je i zajištěná synchronizace navázení s taktem linky.

Ve skladu se drží průměrná zásoba skříní na 2 pracovní dny. Systém odebírání skříní je metodou FIFO. Pokud se ve skladu nacházejí skříně z demontáže, tak mají prioritu a musejí odjet ze skladu dříve než skříně zabalené. Skříně z demontáže jsou už bez obalového materiálu. Ve skladu jezdí každou směnu 3 řidiči retraků. Mají rozdělené okruhy, které vyskladňují a zavážejí. Skříně celou směnu vykládá a zakládá jeden řidič. Na skříně je priorita a po objednání systémem se mu na RFID čtečce ukazuje požadavek na jejich naložení přednostně.

Řidič retraku, který přijmul požadavek na skříně, přijede na místo zastavení tahače a vyloží palety z vozíku. Odebere prázdnou paletu s proklady a vrchním víkem z vozíku, umístí ji do vymezeného prostoru s prázdnými paletami, který slouží jako mezisklad. Umístí se 4 palety nad sebe. Z meziskladu se převáží palety do venkovního skladu, odkud se nakládají dodavatelům.

Přečte si kód skříně na RFID čtečce, naloží správný typ skříně, načte RFID kód z průvodky umístěné na obalu, pokud se shoduje s požadovaným kódem systému, může paletu naložit na vozík zapřažený za tahačem. Layout nakládání skříní ve skladu znázorňuje obrázek 18.



Obrázek 18 Nakládání skříní ve skladu

Když jsou skříně naložené, musí řidič vystoupit z retraku, dojít k tahači a potvrdit odjetí tahače s vozíky stiskem odvolávacího tlačítka.

V případě poruchy jednoho z tahačů, se připojují za druhý tahač tři vozíky a pracoviště zaváží ještě řidič retraku ze skladu logistiky. Při výpadku systému je pracoviště řízeno pomocí kanbanových karet a je zaváženo pouze řidičem retraku.

Zavážení stanice lisování dílem závěsu spojky je pomocí tahače, který veze ze skladu nakupovaných dílů společně v soupravě KLT a GLT palety. Závěs je uložen v KLT ve spádovém regálu s automatickým odvoláním.

4.7. Komponenty

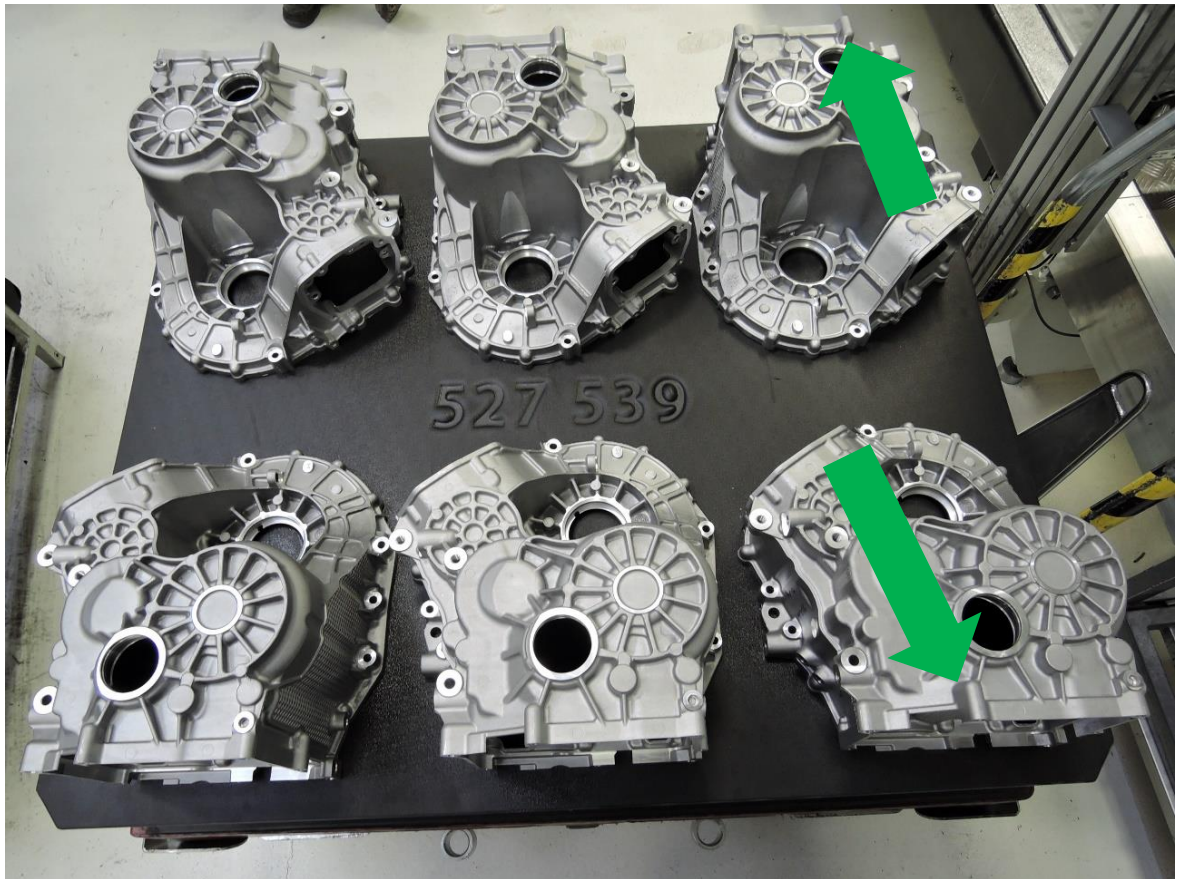
Celkově je 7 typů spojkových skříní a jeden typ převodových skříní. Skříně jsou na vozíku s paletou v počtu 24ks. Jsou 4 patra skříní, každé patro po 6 kusech. Skříně jsou řazeny proti sobě jako je zobrazeno šipkami na obr. 19.



Obrázek 19 Spojkové skříně na paletě

Spojkové skříně včetně palety váží 250 kg, samotná skřín 7,75 kg, proklad 3 kg a vrchní víko 3 kg. Jsou dva dodavatelé skříní, které se liší typem prokladu. Černý a fialový typ.

Převodové skříně (obr.20.), včetně palety váží 200 kg, samotná skřín 5,6 kg. Jeden proklad převodových skříní váží 4 kg a vrchní víko 3 kg. Jsou také řazeny proti sobě, jak znázorňují šipky.



Obrázek 20 Převodové skříně na paletě

Na (obr. 21.) jsou na levé straně založené do přípravku proklady a vrchní víko ze spojkových skříní, na pravé straně proklady a vrchní víko z převodových skříní. Pracovník předává ručně nejdřív horní víko, pak proklady z palety do přípravku, který je umístěn vedle palety.



Obrázek 21 Přípravek na zakládání prokladů

Skříně se při vkládání na montážní paletu musí přetočit vzhůru nohama a otočit o 90°. Otočením vozíku se situace nezlepší. Jedna řada skříní by se nemusela otočit, druhá musela o 180°. Jejich polohu při transportu ale není možné změnit. Na prokladu je skříně položena obrobenou funkční plochou. Plocha je rovná a skříně tak jediné může držet na prokladu.

Změnit vrchní víko není možné, z důvodu zabalení. Aby folie přilnula a neroztrhla se, musí mít víko hranu. Typ prokladu se liší u spojkových skříní. Do Vrchlabí dodávají dva dodavatelé spojkových skříní. Jeden dodavatel dodává dva typy spojkových skříní a má modro-fialové horní víko i proklady s hranou. Zbýlých pět typů od druhého dodavatele má proklad rovný a vrchní víko černé. Rozdílné typy prokladů znázorňuje obrázek 22.



Obrázek 22 Balící předpisy – vlevo dva typy prokladů spojkových skříní a vpravo převodové skříně s jedním typem prokladu

Plastová paleta má rozměry 1200 mm x 1000 mm x 350 mm. Prázdný vozík včetně palety se srovnanými proklady a vrchním víkem na odkládacím místě pro prázdné vozíky je zobrazen na obrázku 23.



Obrázek 23 Vozík s prázdnou paletou

4.8. Technicko – organizační omezení

Realizovatelný návrh musí splňovat následující omezení:

- Pro případné optimalizace se počítá s taktem 28 s.
- Dodržení hmotnostního limitu zvedání břemen.
- Kontrola vloženého typu spojkové skříně.
- Stávající prostor zabírá plochu 130 m², do kterých se musí návrh vejít.
- V případě nasazení automatického překládání skříní zajistit i náhradní technologie vložení skříní.
- Průměrné roční náklady na pracovníka v oboru se pohybují okolo 700 000 Kč. S touto částkou bude v diplomové práci počítáno.
- Zachovat aplikaci čištění trnů montážní palety.
- Na ovládacím panelu možnost odvolení typu skříně z demontáže. Nasazují se tři typy skříní:
 - Převodová skřín s pouzdrem řadící vidličky bez kolíku parkovací brzdy
 - Převodová skřín s kolíkem parkovací brzdy
 - Spojková skřín s pouzdrem řadící vidličky

5. Analýza současného stavu

K analýze současného stavu byly použity nástroje, které jsou popsány v kapitole 2., časový snímek pracovníka, špagetový diagram, analýza kroků a ergonomická metoda EAWS.

5.1. Časový snímek pracovníka

Časový snímek obsluhy stanice vkládání skříní a lisování spojkového závěsu ukazuje, co mají dva pracovníci na starosti a co musí v rámci své práce vykonávat. Vykonal ho autor diplomové práce. Pochází ze dne: 1. 3. 2019 z ranní směny v časovém úseku od 8:00 – 9:00 a od 9:00-10:00 pro druhého pracovníka. Snímek ukazuje průměrný den ve výrobě, není ovlivněný nezpracovanými pracovníky a byly nasazeny pouze sériové díly.

K zápisu činnosti byl použit formulář časového snímku pracovníka. Výřez z formuláře časového snímku pracovníka vkládání spojkových skříní a lisování závěsu je na (obr. 24.)

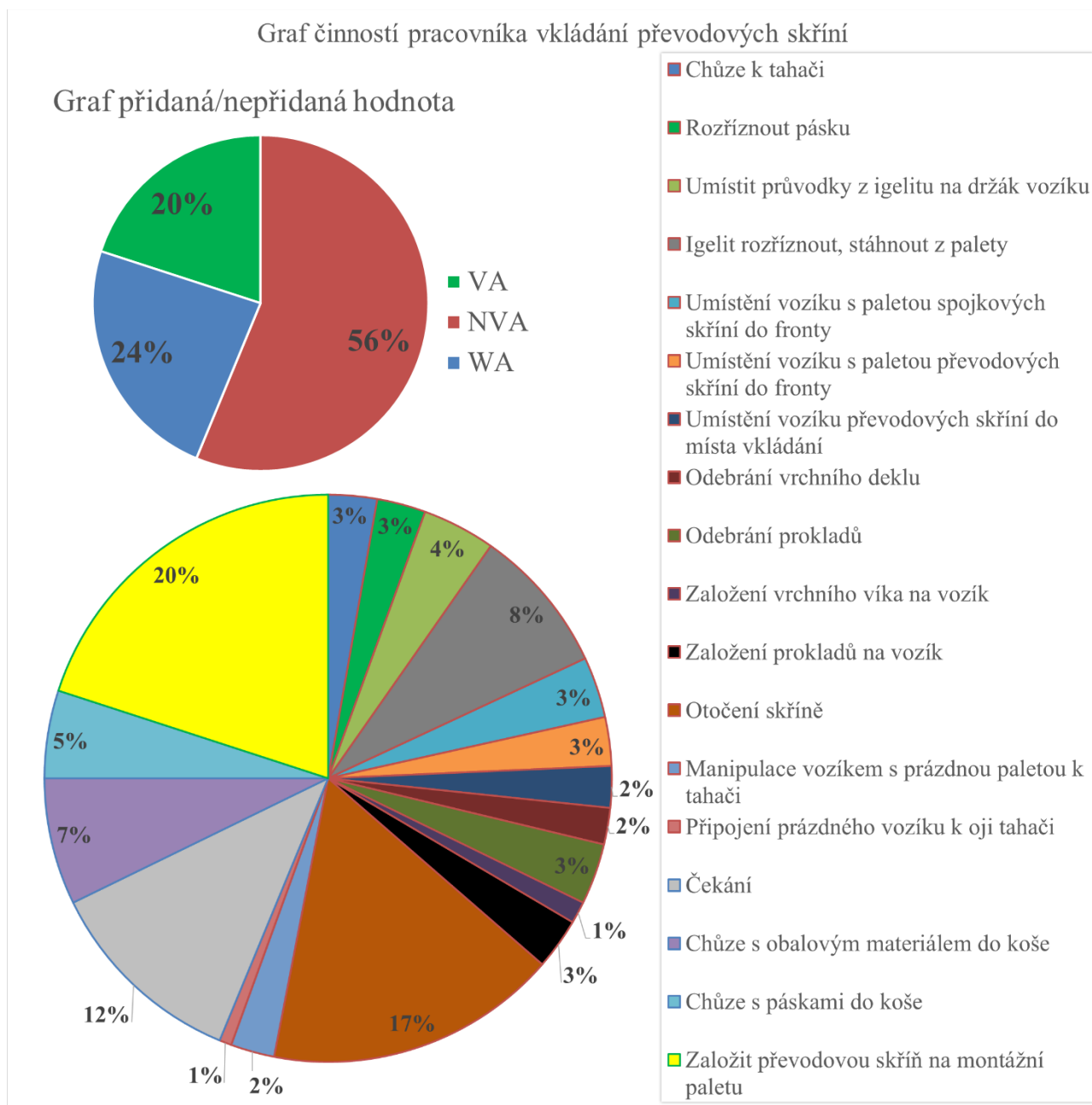
Obrázek 24 Výřez z formuláře časového snímku pracovníka

Časový snímek pracovníka vkládání spojkových skříní a lisování závěsu				
Pracoviště:	Lisování	Realizátor:	Třešňák	
Obsluha:		Datum provedení:	01.03.2019	
Projekt:	Diplomová práce	Směna:	Ranní	
Lokalita:	Vrchlabí	Časový úsek provedení:	8:00 - 9:00	
Název operace	Čas dle stopek:			Poznámka
	Od	Do	Rozdíl	
Chůze k vozíkům	0:00:00	0:10:00	0:10:00	
Umístění vozíku s paletou skříní ke stanici lisování	0:10:00	0:22:00	0:12:00	
Odebrání vrchního víka	0:22:00	0:27:00	0:05:00	Černý typ
Odebrání prokladu	0:27:00	0:30:00	0:03:00	
Otočení skříně	0:30:00	0:33:00	0:03:00	
Založení spojkové skříně na lisovací podpěry	0:33:00	0:38:00	0:05:00	
Umístění závěsu do lisovací hlavy	0:38:00	0:41:00	0:03:00	
Lisování	0:41:00	0:48:00	0:07:00	Strojní čas
Odebrání spojkové skříně na odkládací stůl	0:48:00	0:52:00	0:04:00	
Čištění trnů palety	0:52:00	0:56:00	0:04:00	Paleta nebyla znečištěná
Vložení spojkové skříně na montážní paletu	0:56:00	1:01:00	0:05:00	

Pracovní snímek je pro lepší přehlednost vyhodnocen podle souhrnu operačních úseků do činností přidávající a nepřidávající hodnotu a plýtvání. Pro každého pracovníka byl vytvořen zvlášť.

5.1.1. Pracovník vkládání převodové skříně

Pracovní snímek k pracovníka vkládání převodových skříní zobrazuje graf 2.

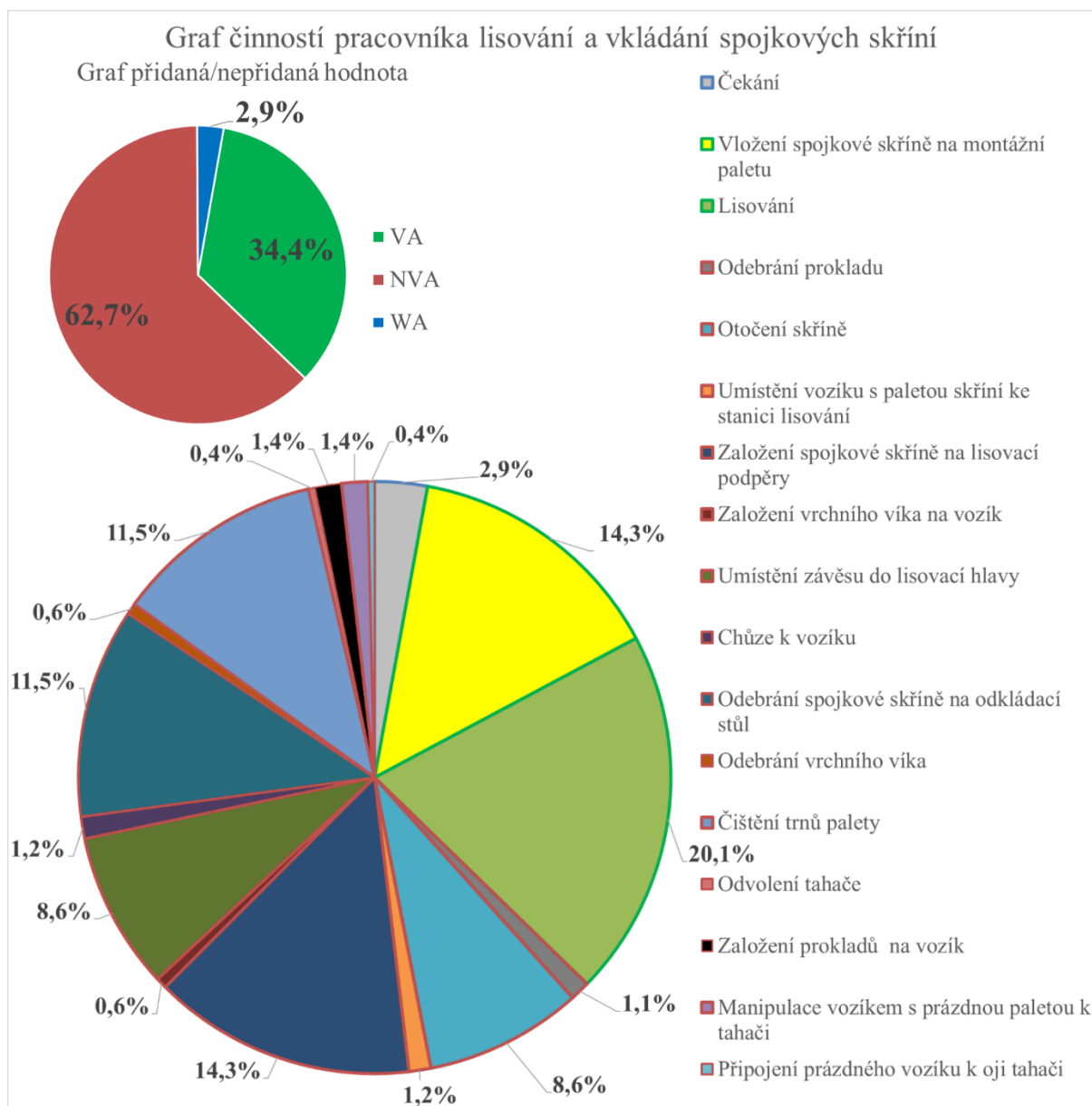


Graf 2 Činností pracovníka vkládání převodových skříní

Do grafu přidávajících hodnot je přiřazeno založení převodové skříně na montážní paletu. Nepřidávajících hodnot manipulace s proklady, rozbalení skříní a manipulace s vozíkem. Plýtvání čekání a chůze s obalovým materiálem. Časy nepřidávající hodnotu tvoří největší část. Pracovník vkládání převodových skříní má kvůli chůzi s obalovým materiálem a čekání i čas plýtvání. Potenciál ke zlepšení vidím ve zkrácení manipulace a chůze.

5.1.2. Pracovník lisování a vkládání spojkové skříně

Pracovník lisování a vložení spojkové skříně stráví největší část samotným lisováním a manipulací se skříní. Činnosti pracovníka jsou zobrazeny na grafu 3.



Graf 3 Činnosti pracovníka lisování spojkových skříní

Do grafu přidávajících hodnot je přiřazeno lisování a založení spojkové skříně na montážní paletu. Do nepřidávajících hodnot manipulace s proklady, manipulace s vozíkem. Plytvání čekání na příjezd montážní palety. Pracovník vkládání spojkových skříní má největší podíl času nepřidávající hodnotu, kterou tvoří otáčení se skříní, manipulaci s vozíkem a proklady. Potenciál ke zlepšení vyplývá hlavně ve zkrácení manipulace.

Vyhodnocením časového snímku byly získány informace o činnostech, které pracovníci vykonávají. Z měření vyplynulo, že pracovníkům zabere nejvíce času manipulace se skříněmi a proklady. Současně s časovým snímkem dne byl zachycen pohyb pracovníků do špagetového diagramu.

5.1.3. Ověření úseků časového snímku s MTM analýzou

K ověření časové shodnosti časového snímku s MTM analýzou byl vybrán operační úsek založení vrchního víka do přípravku. Rozbor operačního úseku přeložení vrchního víka palet spojkových skříní do přípravku znázorňuje tab.4.

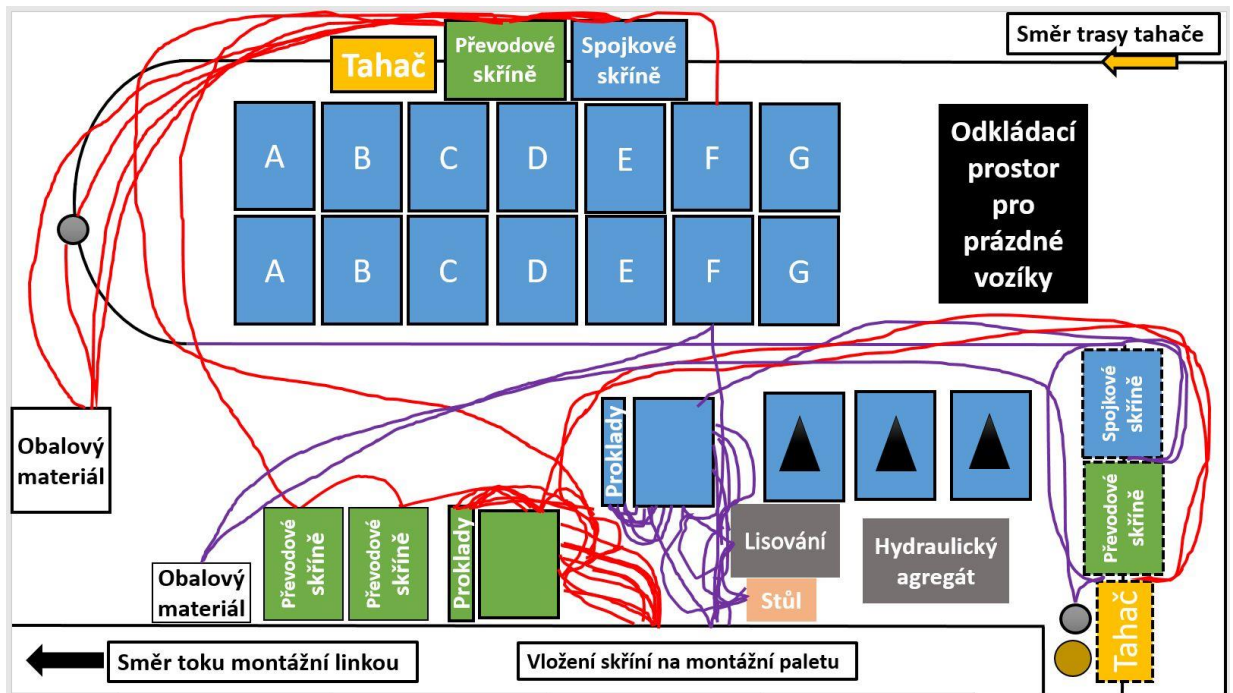
Tabulka 4 Ověření úseku časového snímku s MTM analýzou

Ev. č. 0003	Analýza operačního úseku						
List/listů	Pozorovací analýza						
Verze/datum	1.3.2019						
Název operace	Přeložení vrchního víka z palety spojkových skříní do přípravku.						
Začátek	Pracovník umístil paletu se skříněmi na místo překládání spojkové skříně.						
Obsah	Přeložení vrchního víka z dodavatelské palety do přípravku.						
Konec	Víko založené v přípravku, pracovník může uchopit skřín.						
Ohraničení	Vozík se spojkovými skříněmi, proklady, přípravek na zakládání prokladů a horního víka.						
č.	Popis						
		PxČ	Kód	MTU	Kód	PxČ	Popis
1.	Sáhnout pro horní víko.	1	R28A	9,2	R28A	1	Sáhnout pro horní víko.
2.	Uchopit horní víko.	1	G1B	3,5			
3.				3,5	G1B	1	Uchopit horní víko.
4.	Přemístit horní víko k přípravku.	1	M35B	14,5			
5.				14,5	M35B	1	Přemístit horní víko k přípravku.
6.	Umístit horní víko do přípravku.	1	P2SE	16,2			
7.				16,2	P2SE	1	Umístit horní víko do přípravku.
8.	Pustit víko.	1	RL1	2	RL1		Pustit víko.
9.	Chůze k místu překládání.	2	W4P	15			
				116,5	TMU		
				0,07	min		
				4,194	sec		

Operační úsek navržený pomocí MTM metody a časového snímku se liší o 0,2s. MTM značí standardní výkon, časový snímek pracovníka je nástroj nižší přesnosti, rozdíl je zanedbatelný.

5.2. Špagetový diagram

Chůze pracovníků byla zakreslena do špagetového diagramu, který znázorňuje obrázek 25. Diagram popisuje veškerou chůzi, kterou pracovníci urazí během zpracování celé palety skříní 24 ks.



Legenda:

- Pracovník 1
- Pracovník 2
- Odvolení tahače
- Nabíjecí stanice tahače
- ▲ Rozpracované spojkové skříně
- A,B,C... typ spojkové skříně

Obrázek 25 Špagetový diagram dvou pracovníků lisování a vkládání skříní při zpracování 24 kusů.

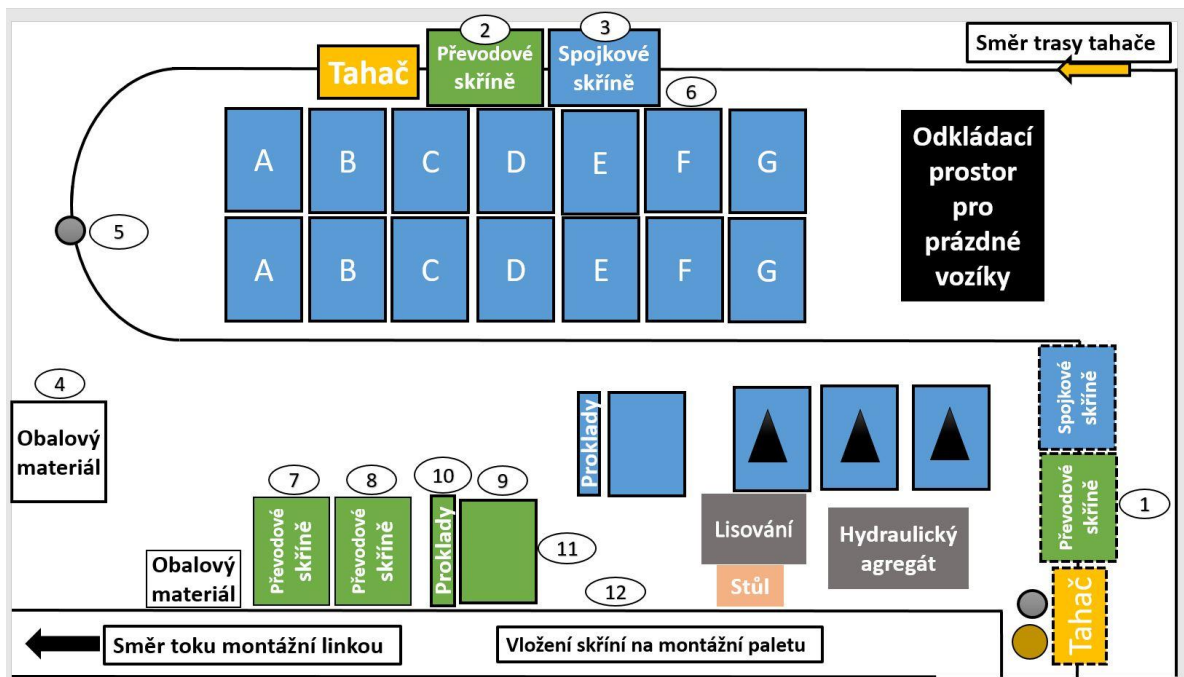
Ze špagetového diagramu vyplývá, že pracovníci mají nevhodně umístěné koše na obalové materiály. Urazí velkou vzdálenost s obalovým materiálem. Trasa chůze s obalovým materiálem je 31 m. Pracovník vkládání spojkových skříní se skříní často manipuluje mezi operacemi.

5.3. Analýza kroků

Po zpracování špagetového diagramu byly označeny pozice do layoutu, kterými pracovníci prochází. Pro lepší přehlednost budou layouty zpracovány pro každého pracovníka zvlášť.

5.3.1. Pracovník vkládání převodových skříní

Zakreslené pozice do layoutu, kterými pracovník vkládání převodových skříní prochází zobrazuje obr. 26.



Obrázek 26 Layout označený pozicemi, kterými pracovník vkládání převodových skříní prochází. Ze špagetového diagramu a layoutu byly zpracovány vzdálenosti mezi jednotlivými pozicemi a jejich četnost do tab. 5.

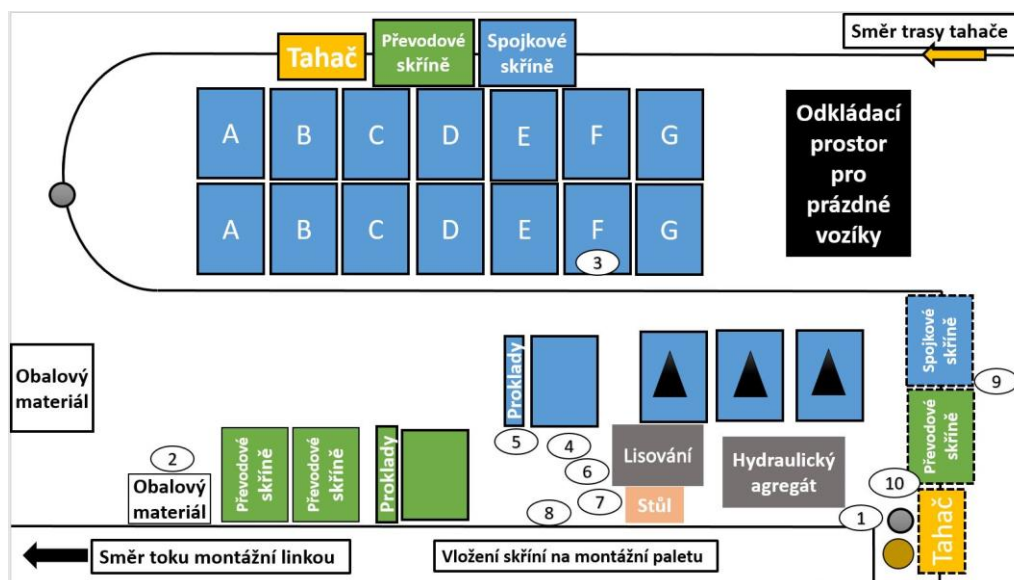
Tabulka 5 Trasa při zpracování 24 kusů převodových skříní

Pracovník vkládání převodových skříní				
Trasa	Vzdálenost [m]	Četnost	Celková vzdálenost [m]	Popis
1 – 2	23,4	1	23,4	
2 – 3	2	2	4	
3 – 2	2	2	4	
3 – 4	10,2	2	20,4	Potenciál ke zlepšení
4 – 5	4	1	4	Potenciál ke zlepšení
5 – 3	6,9	1	6,9	
3 – 2	2	1	2	
2 – 4	8,2	1	8,2	
4 – 3	10,2	1	10,2	
3 – 6	3	2	6	
6 – 2	5	1	5	
2 – 7	11,7	1	11,7	
7 – 8	1,8	3	5,4	Potenciál ke zlepšení
8 – 9	3	1	3	
9 – 10	1	3	3	
10 – 9	1	3	3	
9 – 11	2	3	6	
11 – 12	1,5	24	36	
12 – 11	1,5	24	36	
12 – 9	3	1	3	
9 – 1	12,6	1	12,6	
			213,8	

Celková vzdálenost, kterou pracovník při zpracování dávky 24 ks urazí je 213,8 m.
 Přepočet na kroky je 285 kroků. Na jeden krok se bere vzdálenost 0,75 m.

5.3.2. Pracovník vkládání spojkových skříní

Stejně jako pro pracovníka vkládání převodových skříní byly pozice zakresleny do layoutu i pro pracovníka vkládání spojkových skříní a lisování obr.27.



Obrázek 27 Layout označený pozicemi, kterými pracovník vkládání spojkových skříní a lisování prochází. Vzdálenost jednotlivých pozic a četnost chůze byla zpracována do tab. 6.

Tabulka 6 Trasa při zpracování 24 kusů spojkových skříní

Pracovník vkládání spojkové skříně a lisování závěsu spojky				
Trasa	Vzdálenost [m]	Četnost	Celková vzdálenost [m]	Popis
1 – 2	14,7	1	14,7	Potenciál ke zlepšení
2 – 3	8,4	1	8,4	
3 – 4	4,3	1	4,3	
4 – 5	1	6	6	
4 – 6	1,2	24	28,8	Potenciál ke zlepšení
6 – 7	0,7	24	16,8	Potenciál ke zlepšení
7 – 8	1	24	24	Potenciál ke zlepšení
8 – 4	2,2	24	52,8	Potenciál ke zlepšení
4 – 9	10,4	1	10,4	
9 – 10	8,2	1	8,2	
10 – 1	1	1	1	
			175,4	

Celková vzdálenost, kterou pracovník při zpracování dávky 24 kusů spojkových skříní nachodí je 175,4m. Celkově to vychází na 234 kroků.

5.4. Analýza EAWS

Pro správné vyplnění a zpracování bylo nutné provést pozorování, které bylo provedeno v rámci zpracování časového snímku pracovníka, kde došlo k detailnímu seznámení s činnostmi pracovníka.

Po důkladném seznámení s metodou a pravidly jejího zpracování se přešlo k tréninku na jednodušších operacích. Po zatrénování a zkušebním vyhodnocení se následně přešlo na vypracování samostatného checklistu pro každého pracovníka, ve kterém byly zhodnoceny veškeré činnosti pracovníka.

Operační úseky pracovníka vkládání převodových skříní byly rozděleny podle sekcí checklistu a byly zapsány do tab. 7. včetně času trvání operace na základě pracovního snímku dne.

Tabulka 7 Rozdělení operačních úseků pracovníka vkládání převodových skříní

Popis činnosti	Čas [s]	Sekce EAWS	Podíl %
Chůze k tahači	20	1	2,8
Rozříznout pásku	20	1	2,8
Chůze s páskami do koše	36	1	5,0
Umístit průvodky z igelitu na držák vozíku	30	1	4,2
Igelit rozříznout, stáhnout z palety	60	1	8,3
Chůze s obalovým materiálem do koše	52	1	7,2
Umístění vozíku s paletou spojkových skříní do fronty	25	3	3,5
Umístění vozíku s paletou převodových skříní do fronty	20	3	2,8
Umístění vozíku převodových skříní do místa vkládání	17	3	2,4
Odebrání vrchního deklu	15	3	2,1
Odebrání prokladů	25	3	3,5
Založení vrchního víka na vozík	9	3	1,3
Založení prokladů na vozík	21	3	2,9
Otočení skříně	120	3	16,5
Manipulace vozíkem s prázdnou paletou k tahači	18	3	2,5
Připojení prázdného vozíku k oji tahači	5	3	0,7
Čekání	83	1	11,5
Založit převodovou skříň na montážní paletu	144	1	20,0

Pro vkládání převodových skříní byla na základě jeho operačních činností provedena EAWS analýza. Zápis byl proveden do checklistů, které se nacházejí v přílohách. Výsledky zobrazuje tabulka 8.

Tabulka 8 Výsledky EAWS analýzy pracovníka vkládání převodových skříní

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Současný stav	41,5	9,5	1,5	30,5	0	0

Detailněji byla rozebrána kritická část checklistu manipulace s břemeny (obr. 28). Modrou barvou je označeno přemístování. Přemístění znamená odložení a uchopení břemena v rámci pracoviště do vzdálenosti 5/20 m. Hnědou barvou manipulace s vozíkem.

Ruční manipulace s břemeny (za směnu)										Břemeno		
Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení												
Přemístění, nesení & držení		muži	3	10	15	20	25	30	35	40	>40	
		ženy	2	5	7	10	12	15	20	25	>25	
Body za břemeno			1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25	
+	Tažení a tlačení	muži	Kolečko, lanový balancér		<50	75	100	150	200	250		
		ženy			<40	60	80	115	155	195		
		muži	Dopravní vozík, otočná kolečka		<50	75	100	150	250	350	550	
		ženy			<40	60	80	115	195	270	425	
muži	Dopravní vozík, pevná kolečka		<50	75	150	250	350	500	600	800	1250	
ženy			<40	60	115	195	270	385	460	615	960	
Body za břemeno			0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8	
Držení těla, pozice břemene (volba charakteristického držení těla)												
+		trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla	nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla			hluboké sklonění nebo předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny			daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí			
Body za držení těla			1	2	4	8						
Pracovní podmínky (jen při táhnutí a tlačení vozíku)												
(+)		velmi nepatrný valivý odpor koleček	vozík táhnout/tlačit na hladké podlaze	na hrubém povrchu a přes malé spáry/hrany	nerovný povrch nebo do/z LKW	silně poškozený povrch, trhnutí s vozíkem při rozjíždění			vysoký odpor koleček			
Body za podmínky		0	0-2	3	5	6	8					
Četnost manipulace s břemenem [#/směna], doba držení břemene [min] nebo vzdálenost [metr/směna]												
x		četnost procesů přemístění / tažení a tlačení	5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000
		doba držení břemene [min]	2,5	10	37	90	180	>240				
		vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]	300	650	2500	6500	12000	16000				
Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost			1	2	4	6	8	10	11	13	14	15
Ruční manipulace materiálu (výsledek)												
19	(Břemeno + Držení těla + (Podmínky) x (# Doba nebo Vzdálenost)	Přemístění (1)	(1,2 + 2)	x	6,7	=	21,4	Držení břem. (1)	()	x	=	()
								Nesení (1)	()	x	=	()
								Tažení & tlačení (1)	(1,7 + 1 + 0)	x	=	3,2
Břemeno = ∑ řádek 19												30,5

Obrázek 28 Kritická část manipulace s břemeny rozebraná v checklistu

Ukázka výpočtu kritické zátěže, způsobené přemístováním:

Převodová skříň váží 5,6 kg. Hodnota se nachází v intervalu. Podle obr. 29. byl vybrán interval.

Ruční manipulace s břemeny (za směnu)										Břemeno	
Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení											
Přemístění, nesení & držení		muži	3	10	15	20	25	30	35	40	>40
		ženy	2	5	7	10	12	15	20	25	>25
Body za břemeno			1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25

Obrázek 29 Manipulace se převodovou skříní volba bodové hodnoty

Na základě intervalu byly vybrány bodové hodnoty a byl proveden výpočet lineární interpolací.

$$1 + \frac{1,5 - 1}{10 - 3} (5,6 - 3) = 1,19 \doteq 1,2 \quad (3.2)$$

Proklad váží 4 kg, pro zjištění přesné bodové hodnoty byla provedena interpolace.

Ruční manipulace s břemeny (za směnu)							Břemeno			
Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení										
Přemístění, nesení & držení	muži	3	10	15	20	25	30	35	40	>40
	ženy	2	5	7	10	12	15	20	25	>25
Body za břemeno		1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25

Obrázek 30 Manipulace s prokladem převodové skříně volba bodové hodnoty

Interpolace bodové hodnoty přemísťování prokladu.

$$1 + \frac{1,5-1}{10-3} (4 - 3) = 1,07 \doteq 1,1 \quad (3.2)$$

Víko 3 kg, pro které odpovídá přesně 1 bod, není nutné provést výpočet interpolace.

Celková bodová váha pro manipulaci se skříněmi, proklady a víkem je ovlivněna četností jednotlivých operací. Převodovou skřín pracovnik vloží 367krát, proklad 96krát a horní víko 32krát.

$$\frac{(1,2 \times 367) + (1,1 \times 96) + 1 \times 32}{495} = 1,17 \doteq 1,2$$

Celková četnost úkonů je 495.

Četnost manipulace s břemenem [#/směna], doba držení břemene [min] nebo vzdálenost [metr/směna]											
x	četnost procesů přemístění / tažení a tlačení	5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000
	doba držení břemene [min]	2,5	10	37	90	180	>240				
	vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]	300	650	2500	6500	12000	16000				
	Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost	1	2	4	6	8	10	11	13	14	15

Obrázek 31 Četnost

Bodová hodnota odpovídající četnosti je 6,7.

$$6 + \frac{8-6}{750-350} (495 - 350) = 6,73 \doteq 6,7 \quad (3.2)$$

Operační úseky pracovníka vkládání spojkových skříní byly rozděleny podle sekcí checklistu a byly zapsány do tab. 9. včetně času trvání na základě časového snímku pracovníka.

Tabulka 9 Rozdělení operačních úseků pracovníka vkládání spojkových skříní do sekcí EAWS

Popis činnosti	Čas [s]	Sekce EAWS	Podíl [%]
Čekání	24	1	7,1
Vložení spojkové skříně na montážní paletu	120	3	13,3
Lisování	168	3	10,2
Umístění vozíku s paletou skříní ke stanici lisování	5	3	7,1
Odebrání vrchního víka	4	3	3,1
Odebrání prokladu	9	3	4,1
Otočení skříně	72	1	2,0
Založení spojkové skříně na lisovací podpěry	72	3	6,1
Umístění závěsu do lisovací hlavy	48	1	4,1
Chůze k vozíku	5	3	3,1
Odebrání spojkové skříně na odkládací stůl	96	3	4,1
Čištění trnů palety	72	3	7,1
Založení prokladů na vozík	12	3	5,1
Založení vrchního víka na vozík	3	3	15,3
Manipulace vozíkem s prázdnou paletou k tahači	7	3	5,1
Připojení prázdného vozíku k oji tahači	3	3	2,0
Odvolení tahače	2	1	1,0

Podle operačních činností byla provedena analýza EAWS. Výsledky jsou zobrazeny do tabulky 10.

Tabulka 10 Výsledky EAWS pracovníka spojkových skříní

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Současný stav	47,5	11,5	1	35	0	0

Oproti pracovníkovi vkládání převodových skříní má pracovník vkládání spojkových skříní vyšší celkovou hodnotu o 6,5 EAWS bodů. Hlavní oblast zlepšení vyplývající z analýzy je snížení fyzického zatížení způsobené manipulací s břemeny u obou pracovníků.

5.5. Výsledky analýzy, identifikace problémů

Na základě provedení analýzy současného stavu pracoviště vyplývají z analýzy jednotlivé nedostatky:

- Pracovníci mají zvýšenou fyzickou náročnost
- Velký počet skladových zásob skříní na pracovišti.
- Obalové materiály z rozbalení vozíků se spojkovými a převodovými skříněmi jsou na pracovišti.
- Na pracovišti je velké množství rozpracovaných spojkových skříní.
- Dlouhé manipulační vzdálenosti.
- Znečištěné trny montážní palety.
- Rozdílné odpojování tahačů.
- Rozdílné proklady spojkových skříní.
- Při nedosednutí na ustavovací trny může dojít k poškození skříně lisováním spojkového závěsu.

6. Shrnutí jednotlivých potenciálů ke zlepšení

K jednotlivým nedostatkům zjištěným z analýzy současného stavu jsou představeny nápravné opatření a inovace.

6.1. Fyzická náročnost manipulace s břemeny

Na snížení fyzické náročnosti manipulace s břemeny jsou představena 4 opatření.

6.1.1. Častější rotace pracovníků v týmu

Rotace pracovníků podobně jako na předmontáži hřídelí. Pracovníci by se z dosavadních dvou střídání na pracovištích vystřídali v týmu třikrát. V týmu nemají další stanice, kde by docházelo k manipulaci s břemenem.

Výhody:

- Odstranění stereotypu
- Snížení ergonomické náročnosti

6.1.2. Přidat balanční zařízení na manipulaci s proklady

Umístit balanční zařízení, pomocí kterého by obsluha mohla přemístit z přípravku urovnané proklady včetně vrchního víka na prázdný vozík. Toto opatření sníží náročnost o 2 EAWS body.

Přemísťovat skříně na paletu také pomocí balanceru ušetří 7 EAWS bodů, ale prodlouží čas vložení, který se nevejde do taktu 28 s.

Výhody:

- Srovnané proklady na paletě, logistika nemusí proklady rovnat.
- Snížení ergonomické zátěže pracovníků o 2 body dle metodiky EAWS.
- Snížení času manipulace s proklady o 5 s.

6.1.3. Odkládat proklady na hydraulickou plošinu

Proklady odkládat na hydraulickou plošinu. Na plošině je paleta, na kterou se překládají proklady a víko. Obsluha může měnit výšku plošiny. Plošina je v blízkosti vozíku, ze kterého pracovník překládá skříně.

Výhoda:

- Proklady a víko jsou založené vodorovně

6.1.4. Překládání skříní pomocí průmyslového robota

Každý pracovník jinou silou a jiným způsobem umísťuje skříně na trny. Umístění musí být přesné, skříně musí dosednout na čelní plochu trnu. Pomocí metody rozpoznávání obrazu by uchopil skříně. Vozík by se umísťoval mezi zářky, čím by se zajistila jeho stejná pozice umístění. Překládání převodových skříní je snazší pro nasazení automatizace oproti spojovým skříním. Převodová skříně je pouze jednoho typu a má stejné proklady. Dosahová vzdálenost robota by neumožnila překládat i proklady. Na proklady umístit manipulátor, který by přemístil proklady na vozík.

Výhody:

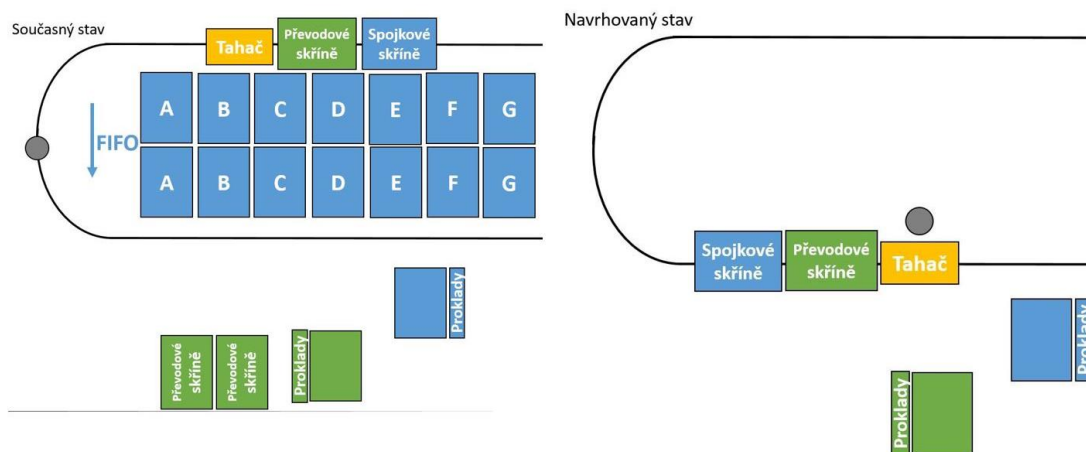
- Snížení fyzické zátěže pracovníků o 25 EAWS bodů v případě založení skříně robotem.
- Přesné ustavení na ustavovací trny.

6.2. Snížit počet skladových zásob na pracovišti

Na snížení skladových zásob na pracovišti jsou představena 2 opatření.

6.2.1. Zavážit stanici systémem JIT bez skladové zásoby na montážní lince.

Systém zavážení stanice by byl řízen podle plánu výroby. Na montážní lince by nebyla zásoba. Navrhovaný stav popisuje obrázek 32.



Legenda:

● Odvolení tahače A,B,C... typ spojkové skříně

Obrázek 32 Zavážení pracoviště systémem just in time.

Výhody:

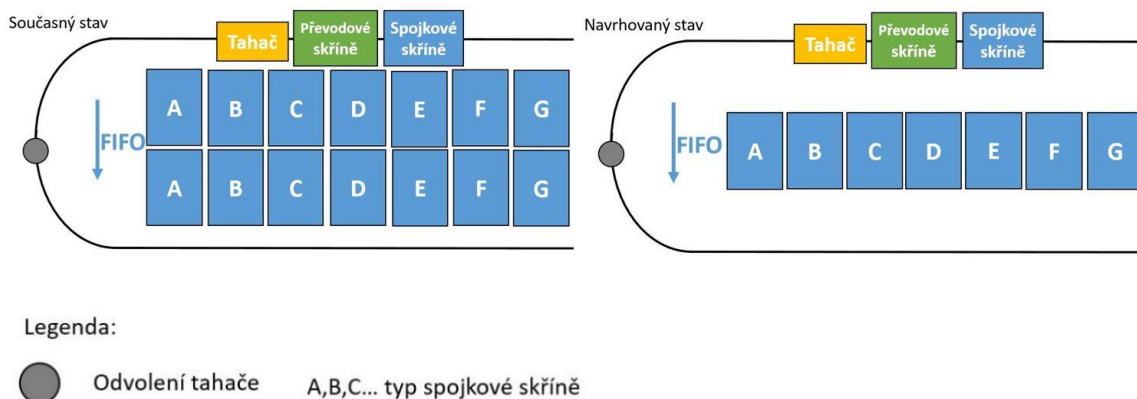
- Plynulý tok materiálu
- Dodrženo FIFO
- Minimalizace zásob na pracovišti
- Snížená četnost manipulace s vozíkem

Nevýhody

- Větší riziko prostoje z nedostatku materiálu na pracovišti

6.2.2. Zásoba 24 ks všech typů skříní na pracovišti

Pouze jeden vozík s převodovými skříněmi a spojkovými. Layout spojkových skříní zobrazuje obrázek 33.



Obrázek 33 Zásoba na pracovišti 24 ks

Výhody

- Lepší přehlednost o zásobovaném materiálu
- Snížení četnosti manipulace s vozíkem
- Plynulý tok materiálu

Nevýhody

- Riziko prostoje z nedostatku materiálu na pracovišti

Logistika návrh na snížení skladových zásob zamítla, z důvodu rizika nedostatku skříní.

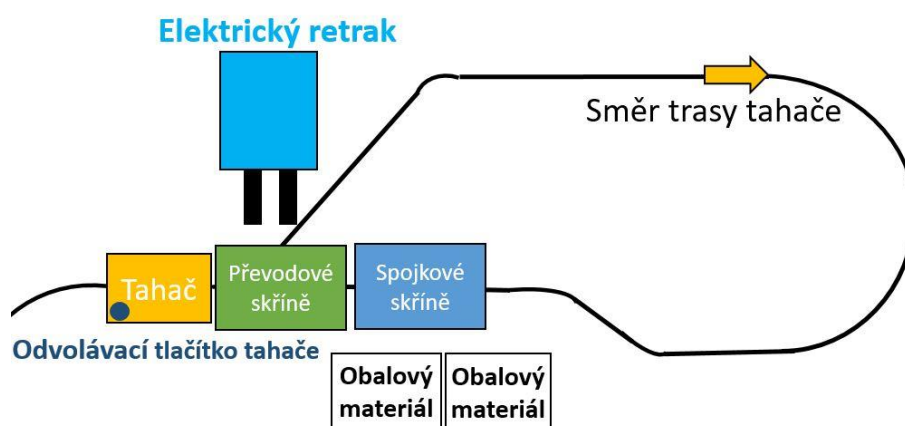
6.3. Obalové materiály na pracovišti

Vozíky se skříněmi přivážet na montážní linku už rozbalené bez obalových materiálů. Z pracoviště by tak byly odstraněny obalové materiály. Obrázek 34 zobrazuje obalový koš na pásky a vozík na obalové folie.



Obrázek 34 Obalové materiály

Rozbalení skříní v logistice. Tlačítko odvolení tahače se nachází na levé straně. Řidič retraku při naložení vozíku skříněmi, musí opustit retrak a odvolit tlačítkem tahač. Skříně z demontáže, se na pracoviště naváží bez obalového materiálu, nejsou nijak svázány a nedošlo k jejich poškození při převozu. Umístění košů na obalový materiál z montážní linky do logistiky, poblíž nakládání skříní a rozbalení skříní např. řidičem retraku jako znázorňuje obrázek 35.



Obrázek 35 Rozbalení obalových materiálů v logistice

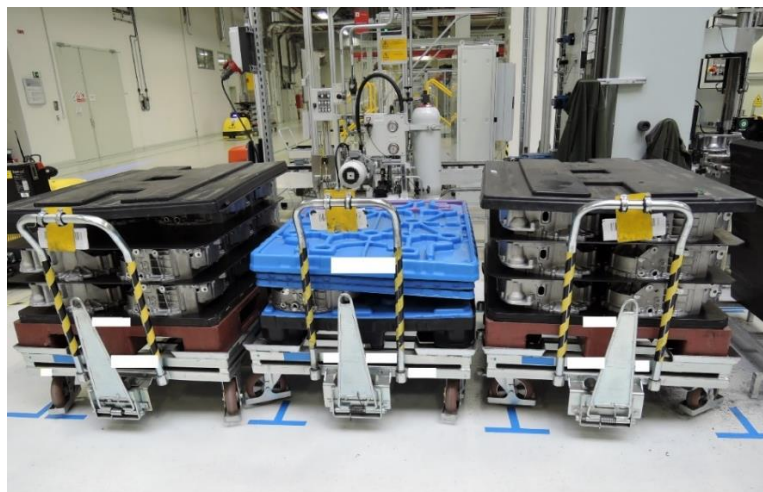
Výhody:

- Odstranění obalového materiálu z výrobní linky.
- Snížení nákladů na svážení obalového materiálu z výrobní linky.
- Zkrácení chůze s obalovým materiálem k nádobě na obalový materiál o 41 kroků. Pracovník na montážní lince s obalovým materiálem má trasu dlouhou 31 m.

Tato změna byla projednána a počítá se s rozbalením obalového materiálu už v logistice.

6.4. Rozpracované skříně na pracovišti

Na pracovišti se nachází rozpracované vozíky s rozdílnými typy spojkových skříní. Spojkových skříní je na jednotlivých vozících rozdílný počet jako je možné vidět na obr. 36. Momentálně je nastavena minimální výrobní dávka na 12 ks a její násobek. Dochází tak k časté změně spojkových skříní.



Obrázek 36 Rozpracované spojkové skříně

Obsluha navíc musí odebrané proklady vložit na rozdělanou paletu a vozík umístit mezi rozpracované skříně. Pokud není zpracováno 6 ks v patře, je obtížné umístit proklady na paletu. Změna výrobní dávky na 24 kusů a její násobky by snížila množství rozpracovaných dílů na pracovišti. Odstranilo by se také plýtvání způsobené přerovnáváním prokladů, snížila by se manipulace s vozíky a přispělo by to k plynulejšímu chodu montážní linky.

Pokud na předmontáži hřidelů dojde k výpadku kusu a nevyrobí se plánované množství tak v expedici nevyrobené kusy doplní hotovou převodovkou ze skladu a nezpracované skříně se umístí mezi rozpracované vozíky na pracovišti.

Doporučení je dělat pravidelnou revizi nenasazených skříní a o jejich množství zvýšit další dávku, tak aby nedocházelo k růstu rozpracovaných dílů na pracovišti.

Výhody:

- Úspora plochy na pracovišti.
- Zkrácení vedlejších časů.

6.5. Dlouhé manipulační vzdálenosti

Některá opatření, která sníží manipulační vzdálenosti jsou představeny v některých návrzích výše. Další navržená opatření jsou představena v následujících podkapitolách.

6.5.1. Změna odvolení tahače

Propojit oba tahače řídicím systémem, který by sledoval jejich vzájemnou polohu. Při odvolení tahače z nabíjecí stanice by druhý tahač sám přešel do nabíjecí stanice. V současném stavu ho musí pracovník jít odvolit.

Výhody

- Zkrácení trasy chůze pracovníka o 5 m.
- Odstranění prvků nepravdělné obsluhy.

Toto opatření bylo představeno vedení logistiky, které při plánované obměně tahačů tento návrh zohlední.

6.5.2. Řetězový dopravník

Integrovat řetězový dopravník pro manipulaci vozíků se skříněmi. Dopravník by se dal integrovat do skladu spojkových skříní na pracovišti, případně do buňky na automatické překládání.

Výhody

- Snížení fyzické zátěže manipulace s břemeny.

6.6. Znečištěné trny

Před stanicí vkládání skříní umístit automatickou stanicí, která by pomocí stlačeného vzduchu a pohybujících se kartáčů očistila dosedací trny na montážní paletě. Při překládání skříní na lince vzniká otřep na dosedacím trnu palety. Do linky byly nainstalovány automatické ofuky a přidány i ruční ofuky do stanic, kde se v případě výskytu špony dá pistolí trn ofouknout. Špony se přesto občas vyskytnout. Pozorováním se zjistilo, že špona se stoprocentně odstraní jenom kartáčem a stlačený vzduch není dostačující.

Výhody:

- Každá paleta projde čištěním
- Snížení prvků nepravidelné obsluhy

Nevýhody:

- Vyšší náklady na realizaci investice.
- Náklady spojené s údržbou zařízení a výměnou kartáčů.
- Složitost konstrukce, aby byla odstraněna špona z kteréhokoliv trnu.

6.7. Rozdílné odpojování tahačů

Zabudování systému automatického odpojování vozíků i do druhého tahače. V současném stavu pouze jeden vozík sám odpojí vozíky při zavážení pracoviště skříněmi a druhý musí odpojovat pracovník.

Toto opatření bylo představeno vedení logistiky, které při plánované obměně tahačů tento návrh zohlední.

6.8. Rozdílné proklady spojkových skříní

Sjednotit stejný tvar prokladu pro spojkové skříně, odlišnost dodavatele zachovat rozdílnou barvou. Toto opatření ulehčí nasazení automatizace na překládání prokladu.

Výhody:

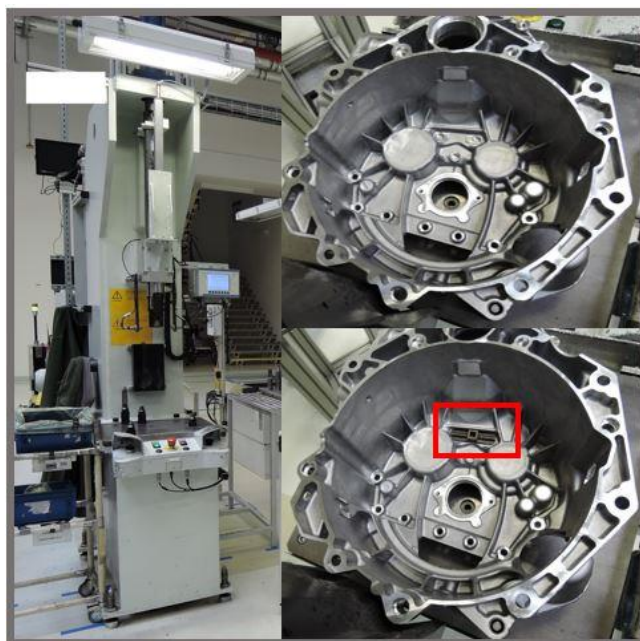
- Zjednodušení odebrání prokladů.

Nevýhody:

- Náklady vynaložené na pořízení nových prokladů.

6.9. Poškození skříně lisováním spojkového závěsu

Pracovník při založení skříně na lisovací podpěry nemusí skříň vložit přesně na podpěry a může dojít ke zničení skříně při lisování, nebo k nedolisování spojkového závěsu. Lisovací stanice a zalisovaný díl znázorňuje obrázek 37.

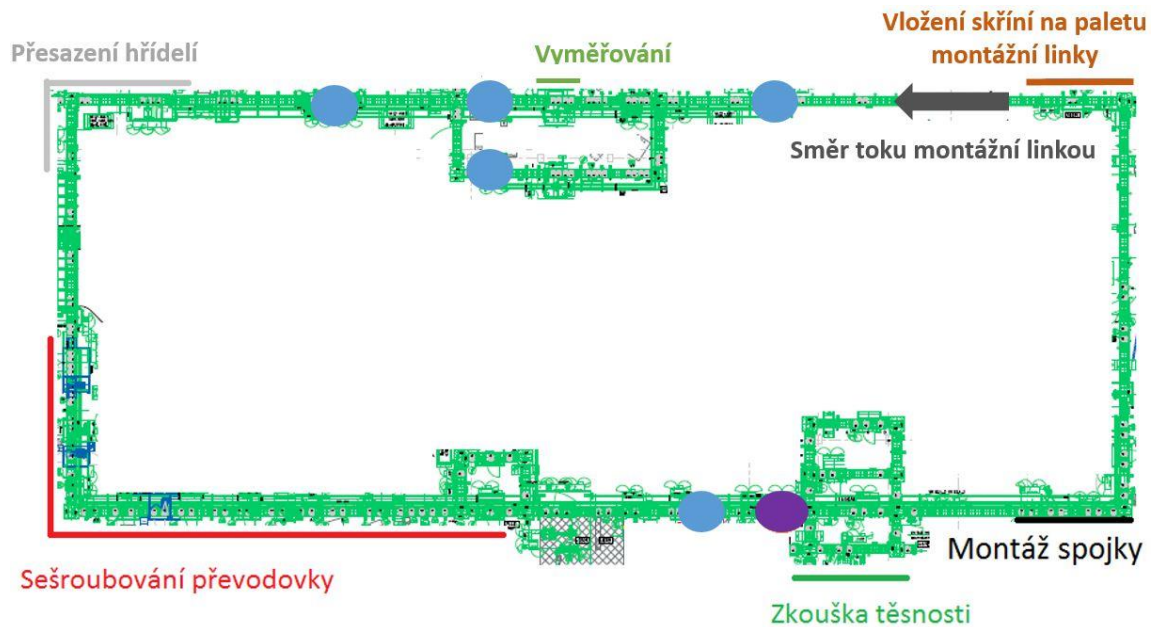


Obrázek 37 Stanice lisování spojkového závěsu do spojkové skříně se spojkovou skříň

Řešením je přidat kamerovou kontrolu, která bude kontrolovat dosednutí skříně na ustavovací trn, nebo včlenit stanici lisování do některých ze stávajících stanic montážní linky. Z důvodu uvolnění místa na pracovišti bylo zvoleno začlenění stanice lisování do montážní linky. Začlenění stanice lisování má ale jistá omezení:

- Spojková skříň musí být natočena prostorem pro umístění spojky z montážní palety nahoru.
- Závěs musí být nalisován do spojkové skříně před montáží spojky.
- Rám stanice uzpůsoben k lisování – tužší konstrukce.
- Vnitřní prostor musí být uzpůsobený tak, aby se tam vešla hydraulická pístnice pro lisování závěsu.
- V blízkosti prostoru možnost připojení na hydraulický agregát, popř. volné místo pro přemístění stávajícího agregátu.
- Do stanice musí být přístup obsluhy, nemůže být zasklená – plně automatická.
- Nutná bezpečnostní optická závora, nebo nějaký další bezpečnostní prvek tak, aby nemohlo dojít ke zranění pracovníka při lisování.

Přemístěním lisování závěsu do některých ze stanic montážní linky by navíc došlo k uvolnění prostoru stanice vkládání skříní. Síly při lisování závěsu jsou menší než při lisování vnějších kroužků ložisek do skříně. Montážní paleta nebude zatížena větší silou a nehrozí jejich prohýbání a deformace vzniklé lisováním závěsu. Stanice, kde je spojková skříň natočena k lisování jsou zobrazeny na obrázek 38.:



Obrázek 38 Stanice, kde jsou spojkové skříně natočeny k lisování

- 22201 – lisování těsnících kroužků – nedostatek místa pro další pístnici.
- 23302 – lisování podložek pod hřídele – nedostatek místa pro další pístnici.
- 23353, 23403 – lisování vnějších kroužků ložisek – nedostatek místa pro další pístnici.
- 24302 – utahování unašeče – utahovací stanice
- 24559 – lisování těsnícího kroužku hnací hřídele – místo pro další pístnici.

K přemístění byla zvolena stanice, kde dochází k lisování těsnícího kroužku hnací hřídele, která je na obr. 39. Stanice se nachází před stanicí montáže spojky a spojková skříň je na vrchu.

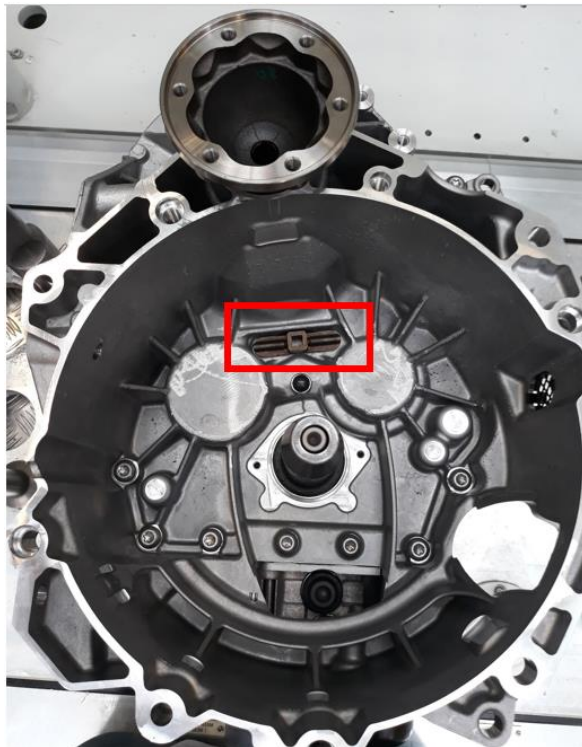


Obrázek 39 Stanice lisování těsnícího kroužku hnací hřídele

Výhody:

- Rám stanice uzpůsobený k lisování, tužší konstrukce.
- Stanice je zabezpečena bezpečnostními závorami.
- V blízkosti stanice je hydraulický agregát, na kterém je volné místo na připojení další pístnice.
- Zkrácení trasy zavážení dílu závěsu o 200 m, stanice je blíž ke skladu logistiky.
- Lepší vybalancování zátěže pracovníků linky, na stanici 24559 se lisuje pouze těsnící kroužek.
- Zkrácení četnosti manipulace se skříní
- Ušetření času lisování v případě zdvojení operací až o 7 s.
- Uvolnění plochy 4,5m² v blízkosti montážní linky, kterou by bylo možné využít k nasazení automatizace stanice.

Na obr. 40 je spojkový závěs označený červeným rámečkem s přípravkem na lisování těsnícího kroužku ve stanici.



Obrázek 40 Závěs zalisovaný ve spojkový skříní

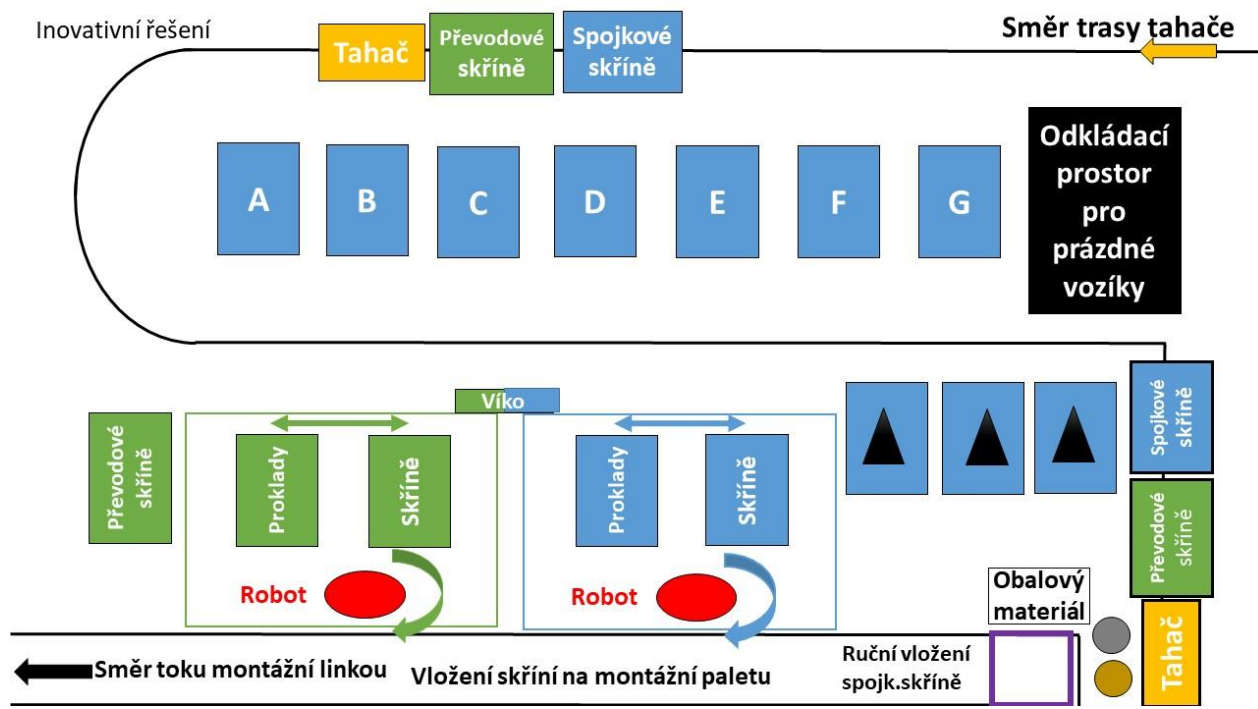
Ve spojkové skříní je i po umístění přípravku dostatek místa pro další pístiti. Na tento návrh bylo vypracováno technické zadání a vedení závodu schválilo tuto úpravu. Byl vybrán dodavatel a s realizací se počítá o celozávodní dovolené 2019.

7.Návrh inovativního řešení bez limitu na investice

Jeden pracovník obsluhuje stanici. Lisování závěsu spojky je začleněno do montážní linky. Skříně přiveze ze skladu tahač už bez obalového materiálu. Skladová zásoba je snížena pouze na 24 ks.

Stanici vkládání skříní tvoří dvě buňky, jedna pro převodové skříně, druhá pro spojkové skříně. Buňka je tvořena rámem buňky k zajištění bezpečnosti, optickými závorami, manipulátorem a průmyslovým robotem. Manipulátor přeloží proklad na vozík bez skříní. V podlaze je integrovaný řetězový dopravník, který manipuluje s vozíky. Vozík, odkud byly překládány skříně, přemístí na místo vozíku, na který překládal proklady. Vozík, na který překládal proklady dopravník posune z buňky, aby ho mohl pracovník vzít a zapřáhnout za tahač. Průmyslový robot má nástroj, kterým uchopí skříně a založí ji na montážní paletu. Robot je naváděn kamerovým systémem bin picking.

V montážní lince před buňkami na přeložení skříní je integrovaná automatická stanice na čištění palet. Tahače mají řídicí systém, který sleduje jejich polohu, tahač sám odpojí vozíky s paletami a při odvolení z nabíjecí stanice odvolí přejezd druhého tahače. Skříně by nebylo možné zavážet dosavadním způsobem. Systém zavážení by musel být řízen výrobním plánem, nikoliv průjezdem tahače s vozíkem přes objednávací bránu. Koš na průvodní listy je umístěn do oblasti nabíjecí stanice. Pracovník před odvolením tahače z nabíjecí stanice sundá průvodní listy ze spony vozíku a hodí je do koše s obalovým materiálem, který je v jeho blízkosti.



Legenda:

- Nabíjecí stanice tahače
- Automatická stanice čištění
- ▲ Rozpracované spojkové skříně

A,B,C... typ spojkové skříně

Obrázek 41 Schéma inovativního řešení

Výhody

- Odstranění překládání skříní pracovníkem a snížení ergonomické zátěže EAWS analýzy o 15,6 bodů.
- Přesné vložení na trny
- Snížené skladové plochy na výrobní lince

Nevýhody

- Riziko zpoždění linky z důvodu nedostatku skříní
- Vyšší náklady na realizaci

Kalkulace předběžných nákladů varianty jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 11 Předběžné náklady inovativní varianty

Nákladová položka	Množství	Náklady [tis Kč]
Průmyslový robot	2	1 200
Kamerové systémy	-	1 000
Greifer	2	900
Řízení	2	900
Manipulátor	2	1 000
Bezpečnost stanice	2	400
Rám buňky	2	600
Stanice čištění palety	1	300
Přesunutí lisování	1	300
Technická dokumentace	-	70
Školení	-	60
Montáž a zprovoznění	-	200
Podpora náběhu výroby	-	100
Celkem:		6 930

Předběžné náklady převyšují prostředky uvolněné k realizaci pracoviště.

Ergonomický návrh inovativní varianty zobrazuje tabulka 12.

Tabulka 12 Výsledky EAWS analýzy inovativní varianty

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Navrhovaný stav inovativní varianty	23,5	9	1,5	13	0	0

Pracovníkovi odpadá manipulace se skříněmi. Pouze naváží automatické buňky vozíky se skříněmi a připojuje vozík za tahač.

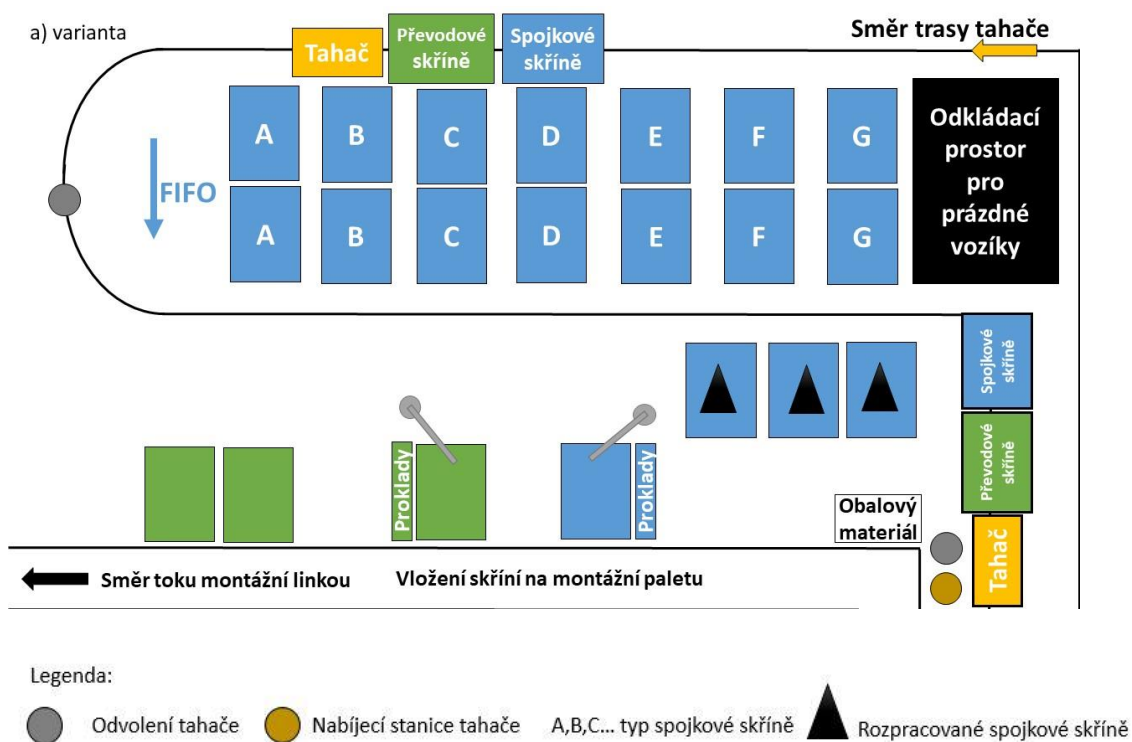
Předběžné náklady jsou ale na realizaci investice příliš vysoké. Z inovativního řešení vyplývá, že realizovatelné jsou varianty, kde bude použit pouze jeden průmyslový robot.

8. Návrh variant ve vazbě na realizovatelnost

V následující kapitole jsou představeny tři varianty úpravy pracoviště vkládání skříní na montážní linku. V jednotlivých variantách je plánováno s dodržением minimální výrobní dávky 24 ks a jejich násobků. Odstranění obalového materiálu ze skříní v logistice. Na montážní linku už přijedou skříně bez obalového materiálu. Systém objednávání skříní zůstává nezměněn. Ve variantách A a B je počítáno se začleněním stanice lisování do montážní linky. Varianta C byla zohledněna při rozhodnutí o přesunutí lisování. Ke každé variantě je autorem diplomové práce zpracovaná tabulka předběžných nákladů, EAWS analýza a jsou shrnuty její výhody a nevýhody.

8.1. Varianta A

Návrh varianty A pracoviště obsluhují dva pracovníci. Varianta zjednodušuje dosavadní postup. Jeden pracovník stanici nemůže obsluhovat z důvodu překročení hmotnostních limitů.



Obrázek 42 Schéma varianty A

Pracovníci mají balanční zařízení na překládání prokladů. Vozíky se skříněmi jsou co nejbliž umístěné k montážní lince.

Náklady na realizaci úpravy pracoviště jsou shrnuty v tabulce 13.

Tabulka 13 Předběžné náklady na realizaci varianty A

Nákladová položka	Množství	Náklady [tis Kč]
Balanční zařízení	2	400
Přesun lisování	1	300
Technická dokumentace	-	20
Školení	-	30
Montáž a zprovoznění	-	40
Podpora náběhu výroby	-	20
Celkem:		810

Zatížení pracovníků je shrnuto v tabulce. Odlehčení pracovníků je způsobeno přesunutím lisování a rozbalením vozíků už v logistice.

Ergonomický návrh varianty A zobrazuje tabulka 14.

Tabulka 14 Výsledky EAWS analýzy varianty A

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Pracovník 1	22,5	9	0,5	12,5	0	0
Pracovník 2	26,5	10,5	0,5	15	0	0

Výhody

- Snížená fyzická náročnost.
- Nízké náklady na realizaci

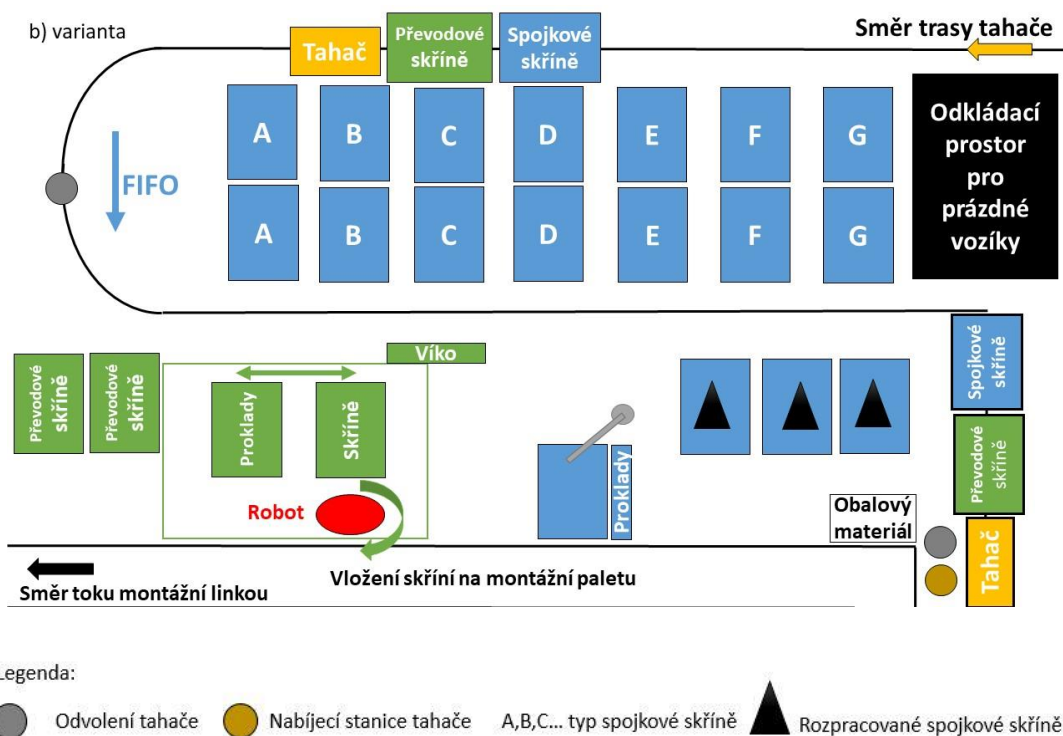
Nevýhody

- Zachování provozních nákladů.

Dojde k odlehčení fyzické zátěže pracovníků, ale nesníží se provozní náklady.

8.2. Varianta B

Stanici obsluhuje pouze jeden pracovník. Buňka převodových skříní je tvořena manipulátorem na překládání prokladů a robotem, na vkládání skříní z vozíku na montážní paletu. Spojkovou skříň zakládá obsluha ručně a její proklady překládá pomocí balancéru.



Obrázek 43 Schéma varianty B

Pracovník zaváže buňku převodovými skříněmi, kde manipulační zařízení překládá proklady na prázdný vozík. Na vozík jsou v buňce umístěny centrovací kolíky tak, aby byl vždy ve stejné pozici. Když odebere poslední skříň, vezme vozík, na který byly přendávány proklady a zapřáhne ho za tahač. Vozík, z kterého odebíral skříně, přemístí na místo prázdného vozíku a v další dávce na něj budou přendávány proklady.

Spojkové skříně zakládá na paletu montážní linky pracovník. Vrchní víko a proklady předává pomocí balancéru do přípravku. Z přípravku pomocí balančního zařízení uchopí srovnané všechny proklady, vrchní víko a přemístí je na prázdnou paletu. Prázdné palety připojuje za tahač, který odvolí z nabíjecí stanice.

Kalkulace předběžných nákladů varianty B jsou shrnuty v tab.15.

Tabulka 15 Předběžné náklady na realizaci varianty B

Nákladová položka	Náklady [tis Kč]
Průmyslový robot	700
Kamerové systémy	600
Greifer	500
Řízení	600
Manipulátor	600
Balancér	200
Bezpečnost stanice	200
Rám buňky	400
Přesunutí lisování	300
Technická dokumentace	50
Školení	40
Montáž a zprovoznění	150
Podpora náběhu výroby	75
Celkem:	4 415

Celkové náklady na realizaci varianty splňují peněžní limit vyčleněný na úpravu pracoviště. Ergonomický návrh varianty B zobrazuje tabulka 16.

Tabulka 16 Výsledky EAWS analýzy varianty B

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Navrhovaný stav B	31	9	0,5	21,5	0	0

Výhody

- Ušetřený jeden pracovník na montážní lince
- Zachování systému objednávání skříní.
- Snížení fyzické náročnosti

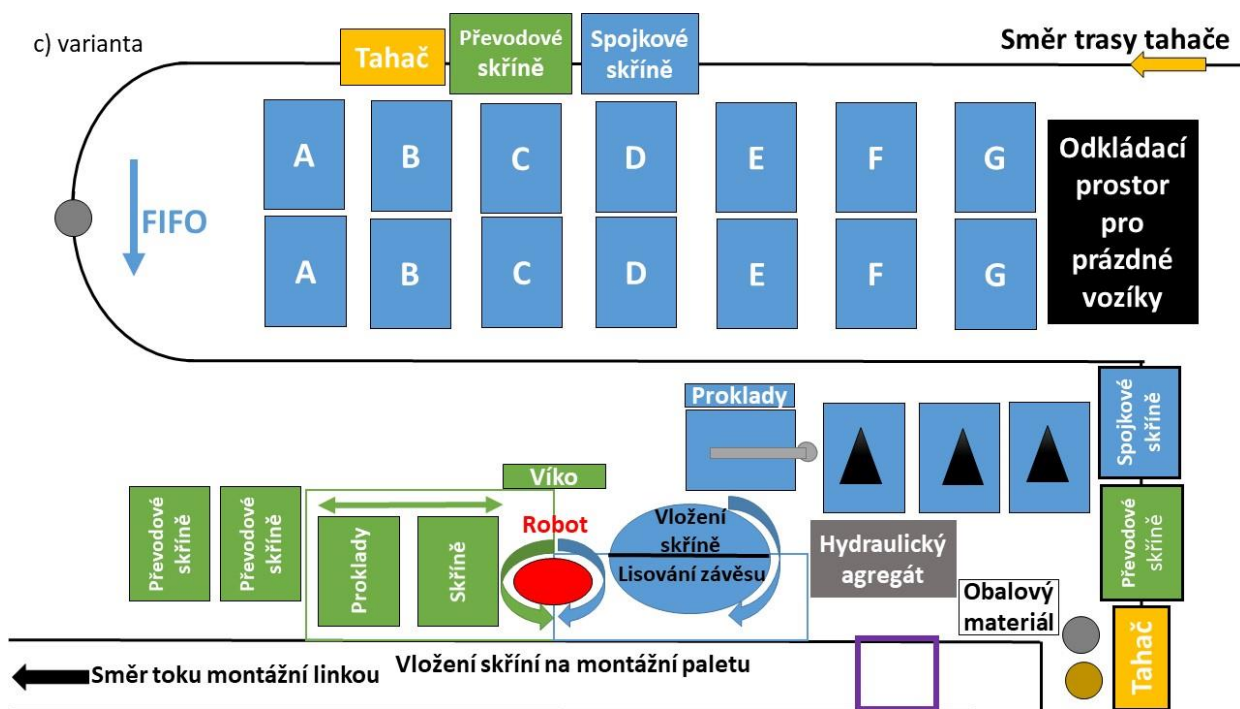
Nevýhody

- Skladové zásoby na pracovišti

Varianta splňuje vyčleněné investice na realizaci úpravy pracoviště, sníží provozní náklady ušetřením jednoho pracovníka a sníží ergonomickou náročnost.

8.3. Varianta C

Stanici obsluhuje jeden pracovník. Pracovník vkládá spojkové skříně na trny otočného stolu. Vloží spojkový závěs a dojde k zalisování. Po lisování se otočný stůl se skříní otočí a robot přeloží ze stolu skříně na montážní paletu. Robot by překládal i převodovou skříně.



Legenda:

-  Nabíjecí stanice tahače
-  Automatická stanice čištění
-  Rozpracované spojkové skříně

A,B,C... typ spojkové skříně

Obrázek 44 Schéma varianty C

Z důvodu přeložení obou skříní si řešení vyžaduje propracovanou kamerovou navigaci robota a robota s velkou dosahovou vzdáleností. Varianta byla brána v úvahu při rozhodování o realizaci přesunu lisování.

Kalkulace předběžných nákladů varianty C jsou shrnuty v tab.17.

Tabulka 17 Předběžné náklady na realizaci varianty C

Nákladová položka	Náklady [tis Kč]
Průmyslový robot	900
Kamerové systémy	1 000
Greifer	900
Řízení	600
Manipulátor	600
Balancér	200
Bezpečnost stanice	300
Rám buňky	800
Úprava lisování	400
Technická dokumentace	60
Školení	50
Montáž a zprovoznění	150
Podpora náběhu výroby	75
Celkem:	6 035

Náklady na realizaci jsou z navržených variant nejvyšší. Ergonomický návrh varianty C zobrazuje tabulka 18.

Tabulka 18 Výsledky EAWS analýzy varianty C

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Navrhovaný stav C	36,5	12	1,5	23	0	0

Výhoda:

- Čištění trnů v automatickém režimu.
- Snížení provozních nákladů ušetřením jednoho pracovníka

Nevýhoda:

- Použití většího robota, aby měl dostatečný rozsah manipulace.
- Složitá kamerová navigace robota.
- Vyšší náklady.
- Prostorová náročnost.
- V případě výpadku robota složitá náhradní technologie vložení skříně.

Tato varianta byla zamítnuta z důvodu vysokých pořizovacích nákladů.

9. Hodnocení variant a volba vhodné varianty pro implementaci

Pro výběr nejvhodnější varianty jsem použil metody QFD. Quality function deployment v překladu (kvalita, funkce, rozpracování) je metoda, která byla vyvinutá v Japonsku. Používá se k transformaci přání zákazníka do výrobku a projektování výrobních procesů a systémů. Pro analýzu a hodnocení vztahů se používá maticového zobrazení. [10]

Náklady na realizaci jednotlivých variant shrnuje tabulka předběžných nákladů.

Tabulka 19 Předběžné náklady na realizaci jednotlivých variant

Varianta	Náklady na realizaci [tis Kč]
A	810
B	4 415
C	6 035
Inovativní	6 930
Současný stav	0

Jak snadno lze nasadit náhradní technologii vložení skříní značí výroba na riziko. Snížením provozních nákladů se berou ušetřené náklady vynaložené na mzdy pracovníků. Ergonomická zátěž byla zvolena na základě provedení EAWS analýzy. Výsledky jednotlivých variant shrnuje tabulka 20.

Tabulka 20 EAWS analýza jednotlivých variant

Varianta	EAWS
A	22,5 a 26,5
B	31
C	36,5
Inovativní	23,5
Současný stav	41,5 a 47,5

Celkové vyhodnocení variant je znázorněno v tab.21. S vedoucím oddělení technického servisu byly stanoveny priority jednotlivých požadavků.

Tabulka 21 Výběr implementované varianty

	Požadavky	Priorita	Varianty				
			A	B	C	Inovativní	Současný stav
1	Náklady na optimalizaci	5	6	6	1	1	6
2	Snížení provozních nákladů	4	1	6	6	6	1
3	Ergonomická zátěž	4	6	6	3	6	1
4	Výroba na riziko	3	6	6	3	6	6
	Výsledná hodnota		76	96	50	71	56
Legenda:							
Priorita	Značení na stupnici	1 (nejméně důležitá) - 5 (nejdůležitější)					
Hodnocení variant	Značení na stupnici	1 (nevyhovující) 3 (neutrální) 6 (vyhovující)					

Na základě hodnocení byla vybrána varianta B jako varianta vhodná k implementaci.

Výpočet doby návratnosti investice (ROI) je podle následujícího vzorce (9.1):

$$ROI = \frac{\text{průměrný roční čistý zisk}}{\text{investiční náklady}} * 100\% \quad (9.1)$$

Roční čistý zisk investice je 2 100 000 Kč. Investiční náklady jsou 4 415 000. Dosazením do vzorce byla vypočtena návratnost investice.

$$ROI = \frac{2100000}{4415000} * 100\% = 47,6\% \quad (9.1)$$

Návratnost investice jsou dva roky a jeden necelý měsíc, návratnost byla firmou akceptována.

10. Verifikace vybrané varianty a porovnání s výchozím stavem

Na základě bodovacího hodnocení je nejpřínosnější varianta B a volím ji pro realizaci. Varianta splňuje zadané technicko-organizační omezení. Pro vybranou variantu byl čas operačních úseků navrhnutý pomocí metody MTM. Stanici obsluhuje pouze jeden pracovník. Operační úseky včetně času zobrazuje tabulka 22.

Tabulka 22 Souhrn operačních činností ve vybrané implementované variantě

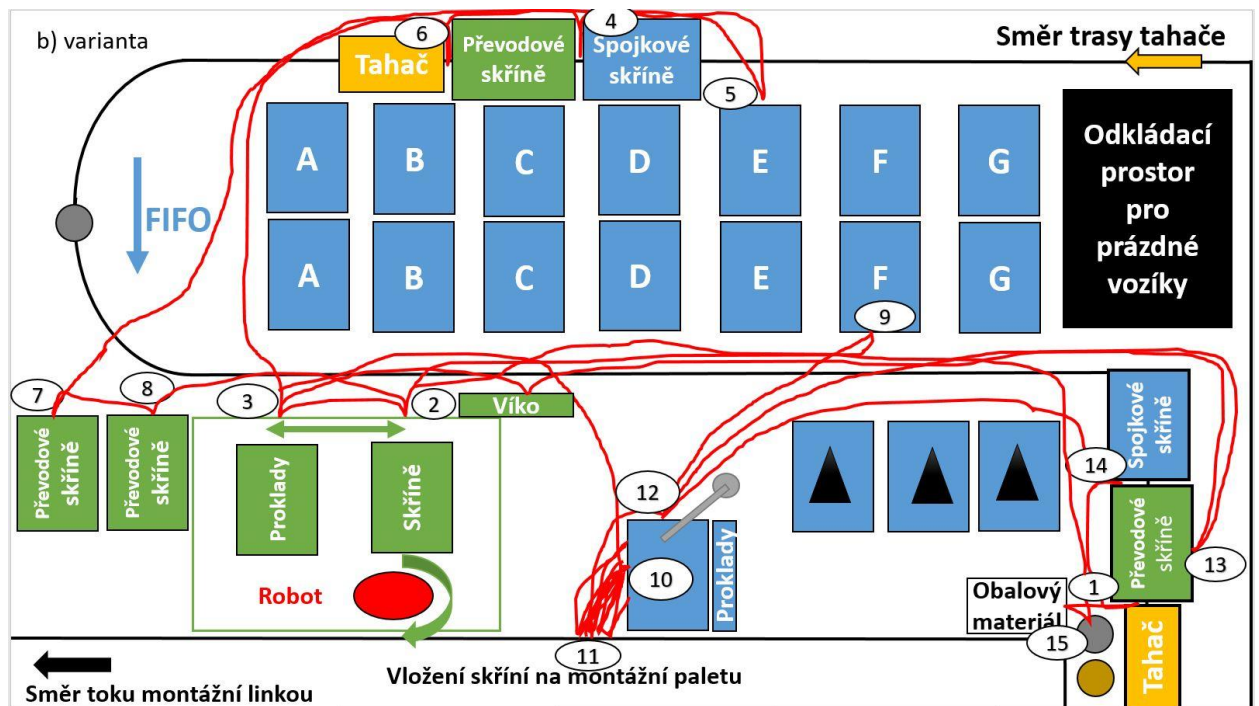
Popis operačních úseků pracovníka v implementované variantě	Čas [s]	Sekce EAWS	Přepočet %
Chůze do stanice překládání převodových skříní	9	1	2,0
Umístění vozíku z místa překládání převodových skříní do místa překládání prokladů	10	3	2,2
Chůze k vozíkům	8	1	1,8
Umístění vozíku s paletou převodových skříní do buňky překládání	17	3	3,8
Odebrání vrchního víka	5	3	1,1
Chůze k vozíku	14	1	3,1
Umístění vozíku s paletou spojkových skříní do místa překládání	21	3	4,7
Odebrání vrchního víka	4	3	0,9
Odebrání prokladu	27	3	6,1
Čištění trnů montážní palety	96	1	21,6
Otočení skříně	72	3	16,2
Vložení spojkové skříně na montážní paletu	96	3	21,6
Založení vrchního víka a prokladů spojkové skříně na vozík	8	3	1,8
Založení vrchního víka převodové skříně na vozík	5	3	1,1
Manipulace s vozíkem převodových skříní k tahači	15	3	3,4
Připojení prázdného vozíku k oji tahače	5	3	1,1
Chůze k prázdnému vozíku spojkových skříní	8	3	1,8
Manipulace vozíkem spojkových skříní k tahači	12	3	2,7
Připojení prázdného vozíku k oji tahače	5	1	1,1
Chůze k tahači	5	1	1,1
Odvolení tahače	3	2	0,7

Porovnání fyzického zatížení v implementovaném návrhu a v současném stavu zobrazuje tabulka 23.

Tabulka 23 Porovnání analýzy EAWS – současný stav x navrhovaný stav

	Celé tělo	Držení těla	Síly	Břemeno	Extra	Horní končetiny
Pracovník převodových skříní	41,5	9,5	1,5	30,5	0	0
Pracovník spojkových skříní	47,5	11,5	1	35	0	0
Nový návrh	31	9	0,5	21,5	0	0

Došlo ke snížení fyzické náročnosti zavedením častější rotace pracovníků v týmu, umístěním balancéru na překládání prokladů a vrchního víka. Zkrátila se vzdálenost a četnost manipulace se skříní. Činnost pracovníka převodových skříní byla převážně nahrazena automatizací. Ke snížení četnosti manipulace s břemeny by pomohlo snížení zásob na pracovišti. Špagetový diagram implementované varianty zobrazuje obrázek 45.



Obrázek 45 Špagetový diagram implementované varianty

Špagetový diagram znázorňuje, že pracovník má plynulejší pohyb, došlo ke zkrácení vzdálenosti manipulace se spojkovou skříní. Pracovník má lépe umístěný koš na průvodní listy z vozíku. Analýza kroků vzdálenosti v implementované variantě je shrnuta do tab.24, která udává, kolik urazí pracovník při zpracování dávky 24ks.

Tabulka 24 Analýza kroků implementované varianty

Implementovaný návrh			
Trasa	Vzdálenost [m]	Četnost	Celková vzdálenost [m]
1 – 2	10,4	1	10,4
2 – 3	3	1	3
3 – 4	7,4	1	7,4
4 – 5	3	1	3
5 – 6	5	1	5
6 – 7	8,2	1	8,2
7 – 8	1,8	1	1,8
8 – 9	7,3	3	21,9
9 – 10	5,8	1	5,8
10 – 11	1,5	24	36
11 – 10	1,5	24	36
11 – 3	6,9	1	6,9
3 – 2	3	1	3
2 – 13	11,1	1	11,1
13 – 12	9,6	1	9,6
12 – 14	8,8	1	8,8
14 – 15	2	1	2
15 – 1	1	1	1
			180,9

Celková vzdálenost, kterou při zpracování dávky 24 ks pracovník nachodí je 180,9 m.
Porovnání současného stavu s implementovanou variantou shrnuje tabulka 25.

Tabulka 25 Porovnání analýzy kroků současný stav x implementovaná varianta

Porovnání současný stav a implementovaná varianta		
Varianta:	Současný stav	Implementovaný
Porovnání vzdáleností	389,24	180,9
Porovnání kroků	519	241

Zkrátila se chůze na pracovišti o 278 kroků. Vzdálenost manipulace se spojkovou skříní se snížila o 48,3 %.

Na montážní lince dochází k automatické manipulaci s převodovkou. Přesunutím stanice lisování spojkového závěsu je zabráněno poničení spojkové skříně v případě nesprávného ustavení skříně pracovníkem při lisování.

11. Závěr

Navrhl jsem varianty úpravy pracoviště vkládání skříní, ohodnotil jsem je a vybral jsem variantu vhodnou pro implementaci, která splňuje zadané technicko-organizační omezení. Provedl jsem porovnání navržené implementované varianty a současného stavu pomocí vybraných nástrojů průmyslového inženýrství. Na implementovanou variantu jsem zpracoval předběžnou nákladovou kalkulaci, která splňuje požadavky na návratnost investice v oboru. Provozní náklady jsou sníženy o 2 100 000 Kč/rok, ušetřením mzdových nákladů na jednoho pracovníka obsluhující stanici. Dodržováním dávky 24 ks a rozbalováním obalových materiálů v logistice dojde ke snížení nepravidelných činností obsluhy. Obalové materiály budou vyčleněny z montážní linky a skříně budou na vozíku naváženy rozbalené už ze skladu logistiky

Ergonomická náročnost je snížena díky častějšímu střídání pracovníka na pracovišti, překládáním převodových skříní pomocí průmyslového robota a snížení manipulace se spojkovou skříní. Proklady u převodových skříní překládá manipulátor v buňce. Na proklady u spojkových skříní je umístěn balancér.

Vytvořil jsem technické zadání, na základě kterého byl vybrán dodavatel přemístění lisování spojkového závěsu do navrhované stanice montážní linky. Lisování spojkového závěsu bude vyčleněno ze stanice vkládání skříní. Vedení závodu rozhodlo o realizaci investice a se zhotovením se počítá o celozávodní dovolené v letošním roce 2019. Na montážní lince dochází k přeložení převodovky na trny montážní palety v automatickém režimu, tím dojde k odstranění vzniku lidské chyby, která může vzniknout špatným umístěním skříně na ustavovací podpěry při lisování.

Simulací byla ověřena prostorová náročnost návrhu a takt přeložení robotem.

Navrhovaná implementovaná varianta byla představena vedoucímu oddělení, který realizaci bude projednávat na čtvrtletní poradě v rámci optimalizačních opatření společnosti.

Seznam použité literatury

1. API, 2014. Štíhlá administrativa - základ prosperující společnosti. *API - Akademie produktivity a inovací s.r.o. Želevčice* [Online] [Citace: 22. 2 2019.] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25773n-stihla-administrativa-zaklad-prosperujici-spolecnosti-2.-cast>.
2. API, 2014. Jednotlivé metody a nástroje q-z. *API - Akademie produktivity a inovací s.r.o. Želevčice* [Online] [Citace: 22. 2 2019.] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z>.
3. *MTM - 1 učební podklady*. Mladá Boleslav : Sdružení MTM pro Českou a Slovenskou republiku, 2014. ISBN není uvedeno.
4. Chaloupka, J. Poka - Yoke [Online] [Citace: 2. Březen 2019.] Dostupné z: <http://www.chaloupka-kvalita.cz/poka-yoke>
5. Chundela, L. *Ergonomie 3.vyd. V Praze* : České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
6. Bezpečnost práce. *Manipulace s břemeny*. [Online] [Citace: 22. 2 2019.] Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremeney>.
7. *EAWS - učební podklady*. Mladá Boleslav : Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku, 2013. ISBN není uvedeno.
8. Škoda auto a.s. *Výstava od milimetru k mikrometru historie závodu Škoda Auto ve Vrchlabí*. Vrchlabí, leden 2019.
9. Firemní materiál
10. IPA. Quality function deployment. IPA Czech, Český Těšín [Online] [Citace: 2019. 3.1.] Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/qfd-quality-function-deployment>.

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Jednotlivé kroky DMAIC [2]	11
Obrázek 2 Rozdělení metod spotřeby času [2]	13
Obrázek 3 Graf přidaná / nepřidaná hodnota [2]	13
Obrázek 4 Špagetový diagram [2]	14
Obrázek 5 Systém člověk – technika – prostředí [5]	15
Obrázek 6 Listy analýzy EAWS [7]	17
Obrázek 7 Složení R (indexu zátěže) [7]	18
Obrázek 8 Interpolace [7]	18
Obrázek 9 Semaforové schéma analýzy EAWS [7]	19
Obrázek 10 Letecký snímek závodu ve Vrchlabí firmy Škoda Auto a.s. [9]	20
Obrázek 11 Popis DQ 200 [9].....	22
Obrázek 12 Montážní linka DQ 200 [9]	23
Obrázek 13 Současný stav pracoviště.....	24
Obrázek 14 Současný stav – stanice vkládání skříní a lisování závěsu.....	25
Obrázek 15 Popis stanice vkládání převodových a spojkových skříní.....	26
Obrázek 16 Autonomní tahač FTS s paletami skříní [10]	28
Obrázek 17 Trasa FTS vozíku	29
Obrázek 18 Nakládání skříní ve skladu	30
Obrázek 19 Spojkové skříně na paletě.....	31
Obrázek 20 Převodové skříně na paletě.....	32
Obrázek 21 Přípravek na zakládání prokladů	32
Obrázek 22 Balící předpisy – vlevo dva typy prokladů spojkových skříní a vpravo převodové skříně s jedním typem prokladu	33
Obrázek 23 Vozík s prázdnou paletou	33
Obrázek 24 Výřez z formuláře časového snímku pracovníka	35
Obrázek 25 Špagetový diagram dvou pracovníků lisování a vkládání skříní zpracování 24 kusů.	39
Obrázek 26 Layout označený pozicemi, kterými pracovník vkládání převodových skříní prochází.....	40
Obrázek 27 Layout označený pozicemi, kterými pracovník vkládání spojkových skříní a lisování prochází.....	42
Obrázek 28 Kritická část manipulace s břemeny rozebraná v checklistu.....	44

Obrázek 29 Manipulace se převodovou skříní volba bodové hodnoty.....	44
Obrázek 30 Manipulace s prokladem převodové skříně volba bodové hodnoty.....	45
Obrázek 31 Četnost.....	45
Obrázek 32 Zavážení pracoviště systémem just in time.....	49
Obrázek 33 Zásoba na pracovišti 24 ks	50
Obrázek 34 Obalové materiály	51
Obrázek 35 Rozbalení obalových materiálů v logistice	51
Obrázek 36 Rozpracované spojkové skříně.....	52
Obrázek 37 Stanice lisování spojkového závěsu do spojkové skříně se spojkovou skříní	55
Obrázek 38 Stanice, kde jsou spojkové skříně natočeny k lisování	56
Obrázek 39 Stanice lisování těsnícího kroužku hnací hřídele	57
Obrázek 40 Závěs zalisovaný ve spojkový skříní.....	58
Obrázek 41 Schéma inovativního řešení	60
Obrázek 42 Schéma varianty A	62
Obrázek 43 Schéma varianty B	64
Obrázek 44 Schéma varianty C	66
Obrázek 45 Špagetový diagram implementované varianty	71

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Přepočet časových hodnot [3].....	12
Tabulka 2 Kompatibilita norem a vybraných nástrojů pro analýzu [7].....	16
Tabulka 3 Technické parametry DQ 200 [9].....	21
Tabulka 4 Ověření úseku časového snímku s MTM analýzou.....	38
Tabulka 5 Trasa při zpracování 24 kusů převodových skříní.....	41
Tabulka 6 Trasa při zpracování 24 kusů spojkových skříní	42
Tabulka 7 Rozdělení operačních úseků pracovníka vkládání převodových skříní.....	43
Tabulka 8 Výsledky EAWS analýzy pracovníka vkládání převodových skříní.....	44
Tabulka 9 Rozdělení operačních úseků pracovníka vkládání spojkových skříní do sekcí EAWS	46
Tabulka 10 Výsledky EAWS pracovníka spojkových skříní	46
Tabulka 11 Předběžné náklady inovativní varianty.....	61

Tabulka 12 Výsledky EAWS analýzy inovativní varianty	61
Tabulka 13 Předběžné náklady na realizaci varianty A.....	63
Tabulka 14 Výsledky EAWS analýzy varianty A	63
Tabulka 15 Předběžné náklady na realizaci varianty B.....	65
Tabulka 16 Výsledky EAWS analýzy varianty B	65
Tabulka 17 Předběžné náklady na realizaci varianty C.....	67
Tabulka 18 Výsledky EAWS analýzy varianty C	67
Tabulka 19 Předběžné náklady na realizaci jednotlivých variant.....	68
Tabulka 20 EAWS analýza jednotlivých variant.....	68
Tabulka 21 Výběr implementované varianty.....	69
Tabulka 22 Souhrn operačních činností ve vybrané implementované variantě	70
Tabulka 23 Porovnání analýzy EAWS – současný stav x navrhovaný stav.....	71
Tabulka 24 Analýza kroků implementované varianty	72
Tabulka 25 Porovnání analýzy kroků současný stav x implementovaná varianta	73

Seznam použitých grafů

Graf 1 Počet vyrobených převodovek DQ 200 závodem ve Vrchlabí v čase [9].....	20
Graf 2 Činností pracovníka vkládání převodových skříní	36
Graf 3 Činnosti pracovníka lisování spojkových skříní.....	37

Seznam příloh

Přílohy 1 EAWS první strana	79
Přílohy 2 EAWS druhá strana.....	80
Přílohy 3 EAWS třetí strana	81
Přílohy 4 EAWS čtvrtá strana.....	82
Přílohy 5 MTM datová karta	83
Přílohy 6 MTM datová karta druhá strana.....	84

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3		
Závod	Pohlaví pracovníka m <input type="checkbox"/> ž <input type="checkbox"/>	Tělesná výška
Linka	MTM-Analýza	Analytik
Pracoviště / Činnost	Doba taktu/cyklu [sec]	Datum

Datová hlavička



Celkový výsledek analýzy:

<input type="checkbox"/> Zelená <input type="checkbox"/> Žlutá <input type="checkbox"/> Červená	Celé tělo =	Držení těla +	Síly +	Břemeno +	Extra +	Horní končetiny
	=	+	+	+	+	

EAWS hodnocení

0-25 Bodů	Zelená	Nízké riziko: – doporučitelné; opatření nejsou potřeba
>25-50 Bodů	Žlutá	Možné riziko: – není doporučitelné; provést opatření/návrhy k novému provedení
>50 Bodů	Červená	Vysoké riziko: – zamezit; nutná realizace opatření k snížení rizik

Celkové hodnocení

Extrabody "celé tělo" (za minutu / směna)					Extrabody			
0a	Omezení způsobená prací při pohyblivých se objektech	0 žádné	3 střední	8 silné	15 velmi silné	Intenzita zatížení		
0b	Přístupnost (např. vstup do motorového prostoru nebo vnitřních prostor)	0 dobrý	2 ztižený	5 špatný	10 velmi špatný	Status		
0c	Zpětné rázy, impulzy, vibrace, 	0 slabé	1 viditelné	2 silné	5 velmi silné	Intenzita zatížení x četnost		
		0 [n]	1 1 - 2	2,5 4 - 5	4 8 - 10		6 18 - 20	8 > 20
0d	Postavení kloubů (obzvláště zápěstí) 	0 neutrální	1 ~ 1/3 max	3 ~ 2/3 max	5 maximální	Intenzita zatížení x Doba trvání nebo četnost		
		0 [sec]	2 3	2,5 10	4 20		6 40	8 60
		[n]	1 1	8 8	11 11		16 16	20 20
	[%]	5 5	17 17	33 33	67 67	100 100		
0e	Ostatní tělesné zatížení (prosím popište)	0 žádné	5 střední	10 silné	15 velmi silné	Intenzita zatížení		
extra = Σ řádky 0a - 0e		Pozor: Max. počet bodů = 40 bodů (řádky 0c, 0d), 15 bodů (řádky 0a, 0e), 10 bodů (řádky 0b)			Pozor: Opravte hodnoty, pokud tákt ≠ 60s			

Pro detaily viz: EAWS instrukce

Sekce 0
Extra body

Údaje pro hodnocení opakujících se činností			Poznámky / návrhy na zlepšení
Popis	Vypočet	Výsledek	
Skutečná doba směny [min]			
Přestávka na oběd [min]	-		
Ostatní oficiální přestávky [min]	-		
Neopakující se činnosti (např. čištění, příprava materiálu, atd.) [min]	-		
Čistý čas opakujících se činností (a) [min]	=		
Počet jednotek (nebo taktů/cyklu) (b)			
Čistá doba taktu / cyklu [sec]	(a/b x 60) =		
Pozorovaná doba taktu / cyklu [sec]			

Poznámky
Organizační
informace

Druhá strana

Symetrické polohy

Asymetrické polohy

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3

Držení těla / polohy trupu a paží (za směnu)
 (včetně břemen <3 kg / akční síly <30-40 N)

Hodnocení statického držení těla a/nebo pohybů trupu/paží s vysokou frekvencí

Statické držení těla: > 4sec
 Pohyby s vysokou frekvencí: 2-krát předklon trupu nebo 10-krát zvednutí paží > 60° za minutu

[%]	Doba trvání [sec/min]				Doba trvání držení těla x 60				Rádiový součet	
	5	7,5	10	15	20	27	33	50		67
[sec/min]	3	4,5	6	9	12	16	20	30	40	50
[min/8h]	24	36	48	72	96	130	160	240	320	400

Polohy

Asymetrické polohy: Rotace trupu, Laterální ohýbání, Daleký dosah

Stání

1	Střídavé stání & chůze, stání s oporou	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1,5	2
2	Stání, bez opěry (pro další omezení viz. extrabody)	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8	11	13
3	Předklon dopředu (20-60°) S vhodnou podpěrou	2	3	5	7	9,5	12	18	23	32	40
4	Velký předklon >60° S vhodnou podpěrou	3,3	5	8,5	12	17	21	30	38	51	63
5	Vzpřímeně, lokte na / nad výškou ramen	3,3	5	8,5	12	17	21	30	38	51	63
6	Vzpřímeně, ruce nad výškou hlavy	5,3	8	14	19	26	33	47	60	80	100

Sezení

7	Vzpřímeně s opěrou zad, popř. lehké naklonění dopředu nebo dozadu	0	0	0	0	0	0,5	1	1,5	2	
8	Vzpřímeně bez opěry zad (pro další omezení viz. extrabody)	0	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5,5	7
9	Předklon dopředu	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8	11	13
10	Lokte na / nad výškou ramen	2,7	4	7	10	13	16	23	30	40	50
11	Ruce nad hlavou	4	6	10	14	20	25	35	45	60	75

Klečení

12	Vzpřímeně	3,3	5	7	9	12	15	21	27	36	45
13	Předklon dopředu	4	6	10	14	20	25	35	45	60	75
14	Lokte na / nad výškou ramen	6	9	16	23	33	43	62	80	108	135

Ležení & Lezení

15	Ležení na zádech, na prsou nebo na boku, paže nad hlavou	6	9	15	21	29	37	53	68	91	113
16	Ležení	6,7	10	22	33	50	66				

Zatížení a čas

1) Trup / Intenzita	lehké <10°	střední 15°	silné 25°	extremní >30°
	0	1,5	2,5	3
2) Paže / Intenzita	blízko těla	80%	80%	paže natažené
	0	1	1,5	2
Trvání	nikdy	4 sec	10 sec	13 sec
	0%	6%	15%	20%

Držení těla = Σ řádky 1 - 16

(a) + (b) =

Třetí strana

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Akční síly (za minutu / směnu)											Síly																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
17		Síly prstů (např. klipy, zástrčky)	0 -1/6 F _{max}	7 -1/3 F _{max}	15 -1/2 F _{max}	25 -2/3 F _{max}	50 F _{max}	Intenzita x Doba trvání nebo Četnost	Σ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			0	1	1	1,5	2	3,5	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[sec]	3	6	9	12	20	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[%]	5	10	15	20	33	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			0	1,5	2	2,5	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			[n]	4	10	15	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			0	6	15	25	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			0	1,5	2	3	4,5	6,5	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[n]	1-2	3	6	8	10	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
18		Síly paží / celého těla (žádné břemeno)	0 -1/6 F _{max}	1 -1/3 F _{max}	1 -1/2 F _{max}	1,5 -2/3 F _{max}	2 F _{max}	4 F _{max}	8,5 F _{max}	Intenzita x Doba trvání nebo Četnost	Σ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			0	1	1	1,5	2	4	8,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[sec]	3	6	9	12	20	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[%]	5	10	15	20	33	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			0	1,5	2	3	4,5	6,5	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			[n]	1-2	3	6	8	10	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Síly F_{max} paží: celého těla (neutrální z hlediska pohybu)</td> <td>ST vzpřímený</td> <td>P15</td> <td>P40</td> <td>ST předkloněný</td> <td>P15</td> <td>P40</td> <td>ST nad hlavou</td> <td>P15</td> <td>P40</td> <td>Síly prstů (neutrální z hlediska pohybu)</td> <td>P15</td> <td>P40</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P15 plánování a P40 analýza stávajícího stavu</td> <td></td> <td>A</td> <td>245</td> <td>315</td> <td>A</td> <td>210</td> <td>285</td> <td>A</td> <td>230</td> <td>280</td> <td>A</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>170</td> <td>210</td> <td>B</td> <td>208</td> <td>260</td> <td>B</td> <td>285</td> <td>320</td> <td>B</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>245</td> <td>315</td> <td>C</td> <td>285</td> <td>390</td> <td>C</td> <td>255</td> <td>310</td> <td>C</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>A</td> <td>210</td> <td>270</td> <td>A</td> <td>180</td> <td>245</td> <td>A</td> <td>225</td> <td>275</td> <td>A</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>215</td> <td>290</td> <td>B</td> <td>190</td> <td>225</td> <td>B</td> <td>285</td> <td>320</td> <td>B</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>130</td> <td>155</td> <td>C</td> <td>145</td> <td>200</td> <td>C</td> <td>105</td> <td>140</td> <td>C</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>A</td> <td>210</td> <td>270</td> <td>A</td> <td>180</td> <td>245</td> <td>A</td> <td>225</td> <td>275</td> <td>A</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>215</td> <td>290</td> <td>B</td> <td>190</td> <td>225</td> <td>B</td> <td>285</td> <td>320</td> <td>B</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>130</td> <td>155</td> <td>C</td> <td>145</td> <td>200</td> <td>C</td> <td>105</td> <td>140</td> <td>C</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>A</td> <td>205</td> <td>265</td> <td>A</td> <td>190</td> <td>250</td> <td>A</td> <td>215</td> <td>255</td> <td>A</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>240</td> <td>325</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>290</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>275</td> <td>B</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>205</td> <td>250</td> <td>C</td> <td>215</td> <td>275</td> <td>C</td> <td>195</td> <td>240</td> <td>C</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>A</td> <td>205</td> <td>265</td> <td>A</td> <td>190</td> <td>250</td> <td>A</td> <td>215</td> <td>255</td> <td>A</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>240</td> <td>325</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>290</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>275</td> <td>B</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>120</td> <td>155</td> <td>C</td> <td>130</td> <td>175</td> <td>C</td> <td>100</td> <td>130</td> <td>C</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>A</td> <td>205</td> <td>265</td> <td>A</td> <td>190</td> <td>250</td> <td>A</td> <td>215</td> <td>255</td> <td>A</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>B</td> <td>240</td> <td>325</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>290</td> <td>B</td> <td>220</td> <td>275</td> <td>B</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>C</td> <td>110</td> <td>155</td> <td>C</td> <td>100</td> <td>135</td> <td>C</td> <td>100</td> <td>135</td> <td>C</td> <td>45</td> </tr> </table>												Síly F _{max} paží: celého těla (neutrální z hlediska pohybu)		ST vzpřímený	P15	P40	ST předkloněný	P15	P40	ST nad hlavou	P15	P40	Síly prstů (neutrální z hlediska pohybu)	P15	P40	P15 plánování a P40 analýza stávajícího stavu			A	245	315	A	210	285	A	230	280	A	230				B	170	210	B	208	260	B	285	320	B	160				C	245	315	C	285	390	C	255	310	C	150				A	210	270	A	180	245	A	225	275	A	115				B	215	290	B	190	225	B	285	320	B	115				C	130	155	C	145	200	C	105	140	C	150				A	210	270	A	180	245	A	225	275	A	115				B	215	290	B	190	225	B	285	320	B	115				C	130	155	C	145	200	C	105	140	C	150				A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115				B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150				C	205	250	C	215	275	C	195	240	C	150				A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115				B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150				C	120	155	C	130	175	C	100	130	C	45				A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115				B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150				C	110	155	C	100	135	C	100	135	C	45																																																																																																																													
Síly F _{max} paží: celého těla (neutrální z hlediska pohybu)		ST vzpřímený	P15	P40	ST předkloněný	P15	P40	ST nad hlavou	P15	P40	Síly prstů (neutrální z hlediska pohybu)	P15	P40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
P15 plánování a P40 analýza stávajícího stavu			A	245	315	A	210	285	A	230	280	A	230																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	170	210	B	208	260	B	285	320	B	160																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	245	315	C	285	390	C	255	310	C	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			A	210	270	A	180	245	A	225	275	A	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	215	290	B	190	225	B	285	320	B	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	130	155	C	145	200	C	105	140	C	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			A	210	270	A	180	245	A	225	275	A	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	215	290	B	190	225	B	285	320	B	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	130	155	C	145	200	C	105	140	C	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	205	250	C	215	275	C	195	240	C	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	120	155	C	130	175	C	100	130	C	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			A	205	265	A	190	250	A	215	255	A	115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			B	240	325	B	220	290	B	220	275	B	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			C	110	155	C	100	135	C	100	135	C	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">sily = Σ řádky 17 – 18</td> <td>Pozor: Max. počty bodů: 300 (řádek 17) 500 (řádek 18)</td> <td>Pozor: Přepočítá hodnoty, pokud doba takto / cyklu ≠ 60s</td> <td>=</td> </tr> </table>												sily = Σ řádky 17 – 18		Pozor: Max. počty bodů: 300 (řádek 17) 500 (řádek 18)	Pozor: Přepočítá hodnoty, pokud doba takto / cyklu ≠ 60s	=																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
sily = Σ řádky 17 – 18		Pozor: Max. počty bodů: 300 (řádek 17) 500 (řádek 18)	Pozor: Přepočítá hodnoty, pokud doba takto / cyklu ≠ 60s	=																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ruční manipulace s břemeny (za směnu)											Břemeno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td colspan="12">Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Přemístění, nesení & držení</td> <td>muži</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>>40</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>ženy</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>>25</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Body za břemeno</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5,5</td> <td>7</td> <td>8,5</td> <td>10</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">+ Tažení a tlačení</td> <td>muži</td> <td colspan="2">Kolečko, lanový balancer</td> <td><50</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>ženy</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, otočná kolečka</td> <td><40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>115</td> <td>155</td> <td>195</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>muži</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, pevná kolečka</td> <td><50</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>250</td> <td>350</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>ženy</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, pevná kolečka</td> <td><40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>115</td> <td>195</td> <td>270</td> <td>425</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>muži</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, pevná kolečka</td> <td><50</td> <td>75</td> <td>150</td> <td>250</td> <td>350</td> <td>500</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>ženy</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, pevná kolečka</td> <td><40</td> <td>60</td> <td>115</td> <td>195</td> <td>270</td> <td>385</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>ženy</td> <td colspan="2">Dopravní vozík, pevná kolečka</td> <td><40</td> <td>60</td> <td>115</td> <td>195</td> <td>270</td> <td>385</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Body za břemeno</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Držení těla, pozice břemene (volba charakteristického držení těla)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="12">Pracovní podmínky (jen při táhnutí a tlačení vozíky)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">velmi nevhodný vzhled odpor koleček</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nerovný povrch nebo doz. LKW</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">vysoký odpor koleček</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="12">Četnost manipulace s břemenem (#/směna), doba držení břemene [min] nebo vzdálenost [metr/směna]</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>120</td> <td>350</td> <td>750</td> <td>1000</td> <td>1500</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">doba držení břemene [min]</td> <td>2,5</td> <td>10</td> <td>37</td> <td>60</td> <td>180</td> <td>>240</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]</td> <td>300</td> <td>650</td> <td>2500</td> <td>6500</td> <td>12000</td> <td>16000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="12">Ruční manipulace materiálu (výsledek)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Přemístění</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Dřžení těla</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Nesení</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Tažení & tlačení</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Břemeno = Σ řádek 19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="12"> <p>1) Soubčet bodů za četnost, dobu držení břemene nebo vzdálenost pro všechny činnosti: Přemístění, Držení břemene, Nesení, Tažení a tlačení, max. <150.</p> </td> </tr> </table>												Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení												Přemístění, nesení & držení		muži	3	10	15	20	25	30	35	40	>40			ženy	2	5	7	10	12	15	20	25	>25	Body za břemeno		1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	10	15	+ Tažení a tlačení		muži	Kolečko, lanový balancer		<50	75	100	150	200	250				ženy	Dopravní vozík, otočná kolečka		<40	60	80	115	155	195				muži	Dopravní vozík, pevná kolečka		<50	75	100	150	250	350	550			ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	80	115	195	270	425			muži	Dopravní vozík, pevná kolečka		<50	75	150	250	350	500	800			ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	115	195	270	385	450			ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	115	195	270	385	450	Body za břemeno		0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8		Držení těla, pozice břemene (volba charakteristického držení těla)												<table border="1"> <tr> <td colspan="2">trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>												trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla		1	4	8	nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla		2	3	4	hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny		3	4	5	daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí		4	5	6	Pracovní podmínky (jen při táhnutí a tlačení vozíky)												<table border="1"> <tr> <td colspan="2">velmi nevhodný vzhled odpor koleček</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nerovný povrch nebo doz. LKW</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">vysoký odpor koleček</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </table>												velmi nevhodný vzhled odpor koleček		0	2	3	5	8	na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany		1	2	3	4	5	nerovný povrch nebo doz. LKW		2	3	4	5	6	silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění		3	4	5	6	7	vysoký odpor koleček		4	5	6	7	8	Četnost manipulace s břemenem (#/směna), doba držení břemene [min] nebo vzdálenost [metr/směna]												<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>120</td> <td>350</td> <td>750</td> <td>1000</td> <td>1500</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">doba držení břemene [min]</td> <td>2,5</td> <td>10</td> <td>37</td> <td>60</td> <td>180</td> <td>>240</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]</td> <td>300</td> <td>650</td> <td>2500</td> <td>6500</td> <td>12000</td> <td>16000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> </tr> </table>												Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení		5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000	doba držení břemene [min]		2,5	10	37	60	180	>240					vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]		300	650	2500	6500	12000	16000					Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost		1	2	4	6	8	10	11	13	14	15	Ruční manipulace materiálu (výsledek)												<table border="1"> <tr> <td colspan="2">(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Přemístění</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Dřžení těla</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Nesení</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Tažení & tlačení</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Břemeno = Σ řádek 19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)		()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Přemístění		X	=	Dřžení těla	X	=	Nesení	X	=	Tažení & tlačení	X	Břemeno = Σ řádek 19												<p>1) Soubčet bodů za četnost, dobu držení břemene nebo vzdálenost pro všechny činnosti: Přemístění, Držení břemene, Nesení, Tažení a tlačení, max. <150.</p>											
Váha břemen [kg] přemístění (zvednutí / odložení), nesení a držení stejně jako tažení a tlačení																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Přemístění, nesení & držení		muži	3	10	15	20	25	30	35	40	>40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		ženy	2	5	7	10	12	15	20	25	>25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Body za břemeno		1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	10	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
+ Tažení a tlačení		muži	Kolečko, lanový balancer		<50	75	100	150	200	250																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		ženy	Dopravní vozík, otočná kolečka		<40	60	80	115	155	195																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		muži	Dopravní vozík, pevná kolečka		<50	75	100	150	250	350	550																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	80	115	195	270	425																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		muži	Dopravní vozík, pevná kolečka		<50	75	150	250	350	500	800																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	115	195	270	385	450																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		ženy	Dopravní vozík, pevná kolečka		<40	60	115	195	270	385	450																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Body za břemeno		0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Držení těla, pozice břemene (volba charakteristického držení těla)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>												trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla		1	4	8	nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla		2	3	4	hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny		3	4	5	daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí		4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
trup vzpřímený, bez natočení, břemeno u těla		1	4	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
nepatrné naklonění nebo pootočení trupu, břemeno u těla nebo v blízkosti těla		2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
hluboké sklonění nebo daleký předklon, drobný předklon současně s natočením horní části těla, břemeno daleko od těla nebo nad rameny		3	4	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
daleký předklon a natočení těla, břemeno daleko od těla, omezená stabilita držení ve stání, podřepnutí nebo pokleknutí		4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pracovní podmínky (jen při táhnutí a tlačení vozíky)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">velmi nevhodný vzhled odpor koleček</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nerovný povrch nebo doz. LKW</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">vysoký odpor koleček</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </table>												velmi nevhodný vzhled odpor koleček		0	2	3	5	8	na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany		1	2	3	4	5	nerovný povrch nebo doz. LKW		2	3	4	5	6	silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění		3	4	5	6	7	vysoký odpor koleček		4	5	6	7	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
velmi nevhodný vzhled odpor koleček		0	2	3	5	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
na hrubém povrchu a přes malé spáry / hrany		1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
nerovný povrch nebo doz. LKW		2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
silně poškozený povrch, trnutí s vozíkem při rozjíždění		3	4	5	6	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
vysoký odpor koleček		4	5	6	7	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Četnost manipulace s břemenem (#/směna), doba držení břemene [min] nebo vzdálenost [metr/směna]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>120</td> <td>350</td> <td>750</td> <td>1000</td> <td>1500</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">doba držení břemene [min]</td> <td>2,5</td> <td>10</td> <td>37</td> <td>60</td> <td>180</td> <td>>240</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]</td> <td>300</td> <td>650</td> <td>2500</td> <td>6500</td> <td>12000</td> <td>16000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> </tr> </table>												Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení		5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000	doba držení břemene [min]		2,5	10	37	60	180	>240					vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]		300	650	2500	6500	12000	16000					Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost		1	2	4	6	8	10	11	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Četnost procesů přemístění / tažení a tlačení		5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
doba držení břemene [min]		2,5	10	37	60	180	>240																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
vzdálenost (nesení, tažení & tlačení) [m]		300	650	2500	6500	12000	16000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Body za četnost, dobu držení břemene, resp. vzdálenost		1	2	4	6	8	10	11	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Ruční manipulace materiálu (výsledek)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> <td>()</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Přemístění</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Dřžení těla</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Nesení</td> <td>X</td> <td>=</td> <td>Tažení & tlačení</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Břemeno = Σ řádek 19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)		()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Přemístění		X	=	Dřžení těla	X	=	Nesení	X	=	Tažení & tlačení	X	Břemeno = Σ řádek 19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
(Břemeno + Držení těla + Podmínky) x (#, Doba nebo Vzdálenost)		()	()	()	()	()	()	()	()	()	()																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Přemístění		X	=	Dřžení těla	X	=	Nesení	X	=	Tažení & tlačení	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Břemeno = Σ řádek 19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p>1) Soubčet bodů za četnost, dobu držení břemene nebo vzdálenost pro všechny činnosti: Přemístění, Držení břemene, Nesení, Tažení a tlačení, max. <150.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Akční síly

Manuální manipulace s břemeny

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3

Zatížení horních končetin při opakujících se činnostech **Horní končetiny**

Síla & Četnost & Podmínky uchopení Počet reálných akcí za minutu resp. procentuální podíl statických akcí (analyzovat více zatěžovanou končetinu)

Síla & Doba trvání

Uchopení

Síla [N]

Síla [N]	Vypočet SA			Statické akce (sec/min)										Uchop										Dynamické akce (reální akce / min.)										Vypočet DA		
	FFS	GS	%	FFGp	>45	30	20	10	5	3	0	2	4	2	5	10	15	20	25	30	35	>40	FFG	%	FFGp											
0 – 5					1	1	0	0	0	0	0	abc				0	0	0	1	2	3	4	7													
> 5 – 20					4	2	1	1	0	0	ab	bc				0	0	1	2	3	4	6	9													
> 20 – 35					7	5	3	2	1	1	ab	b	c			0	1	2	3	4	6	8	12													
> 35 – 90					11	8	5	3	2	1	a	b	b	c		1	2	3	5	7	9	12	18													
> 90 – 135					16	11	7	4	3	2	a	ab	b	c		2	3	5	7	9	12	15	24													
> 135 – 225					21	14	10	6	4	3	a	a	b	c		4	5	6	8	11	14	20	32													
> 225 – 300					28	18	12	8	5	4	a	a	b	c		5	6	7	9	12	16	26	40													

20a **FFGS = Σ FFGp** **FFG = FFGS + FFGD** **FFGD = Σ FFGp**

20b **Poloha ruky, paží a ramene**

Člověk v předloktí - rameno - loket - rameno (použití obou stran nejhoršího případu - loket - ramenní kloub)

Zápěstí (dev., flex., exten.) **Loket (flex., exten., pron., sup.)** **Rameno (flex., exten., abduk.)**

Body za postavení rukou/paží

	10%	25%	33%	50%	65%	85%
	0	0.5	1	2	3	4

Dodatečné faktory

Nevhodné rukavice (které omezují manipulaci) používány více jak polovinu doby 2

Pracovní pohyby zahnují zpětné rázy, minimálně 2x za minutu, (např. nárazy kladiva na tvrdé plochy...) 2

Pracovní pohyby zahnují zpětné rázy minimálně 10x za hodinu, (ruka je používána jako nástroj) 2

Práce v chladu (pod 0°C), více jak 1/2 doby 2

Práce s vibračním nářadím, více jak 1/3 doby 2

Používání silně vibrujících nástrojů 4

Používané nářadí způsobuje otoky kůže (zarudnutí, mozoly, puchýře...) 2

Precizní práce (úkoly s prostorovou přesností < 2-3mm), více jak 1/2 doby 2

Působí více dodatečných faktorů současně a celkově zabírají celou dobu 3

Body za dodatečné faktory (zvolit nejvyšší hodnotu) =

Doba trvání opakujících se pohybů

	< 1	1,5	3	5	7	> 8
Doba [h/směna]	1	1,5	3	5	7	10
Body za trvání						
Organizace práce	Přerušení práce možné kdykoli (Doba cyklu > 10 minut)		Přerušení možné v rámci daných podmínek (Doba cyklu mezi 1 až 10 minut)		Přerušení práce vede k přerušení procesu (Doba cyklu < 1 minuta)	
Body za organizaci práce	0	1	2	3	4	5
Přestávky (≥ 8 min) [h/směna]	0	1	2	3	4	5
Body za pauzy	3	2	1	0	-1	-2
takt ≤ 30 sec	0					
takt > 30 sec	0		-0,5	-1	-1,5	-2
Body za dobu trvání						

20d **Čelkové hodnocení zátěže horních končetin při repetičních činnostech**

(a) Síla & Četnost & Podmínky uchopení (b) Body za postavení rukou/paží (c) Body za dodatečné faktory (d) Body za dobu trvání Horní končetiny

20 () + () + () X () = ()

Uchopení

Síla

Poloha ruky, paží a ramene

Dodatečné faktory

Doba trvání

MTM


Otočit - T (Turn)

Kód	Síla / váha (daN / kg)	Čas TMU pro úhly otočení										
		30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
T-S	Malá ≤ 1	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
T-M	Střední > 1 do ≤ 5	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
T-L	Velká > 5 do ≤ 16	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

Pohyby chodidel, nohou a trupu

Kód	TMU	Délka pohybu	Popis pohybu
FM	8,5	do 10 cm	Pohyb chodidla
FMP	19,1	do 15 cm	Pohyb chodidla s vynaložením značné síly
LM	7,1	do 15 cm	Pohyb nohy
	0,5	každý další cm	
			Úkrok stranou s posunem osy těla do strany
		do 30 cm	analyzovat pohyb Sáhnout nebo Přemístit
SS-C1	17,0	30 cm	Případ I: Úkrok stranou je ukončen, jestliže pohybující se noha opět stojí na podlaze
	0,2	každý další cm	
SS-C2	34,1	30 cm	Případ II: Přitažená noha musí stát opět na podlaze, aby bylo možné provést další pohyb
	0,4	každý další cm	
TBC1	18,6		Otočení těla o 45° - 50°
			Případ I: Otočení těla je ukončeno, jestliže noha, kterou bylo hýbáno, stojí opět na podlaze
TBC2	37,2		Případ II: Přitažená noha se musí opět dotknout podlahy předtím, než je možno vykonat další pohyb
B, S, KOK	29,0		Ohnout, Shýbnout nebo Kleknout na jedno koleno
AB, AS, AKOK	31,9		Vzpřímít se z Ohnutí, Shýbnutí nebo Kleknutí na jedno koleno
KBK	69,4		Kleknout na obě kolena
AKBK	76,7		Vzpřímít se z Kleknutí na obě kolena
SIT	34,7		Sednout
STD	43,4		Vstát ze sedu
W - P	15,0	za 1 krok	Chůze
W - PD	17,0	za 1 krok	Chůze omezená a / nebo se zátěží > 23 kg

Copyrighted! - Reprint not permitted! - © Copyright 1955 ... © 2008
MTM Association for Standards and Research

Mezinárodní federativní MTM info@mtm-international.org	MTM-1 Datová karta (SI - metrický systém)		
	Bez předchozího odborného školení může vést používání této karty normovaných časových hodnot MTM k nesprávným výsledkům.		
Časové hodnoty na této kartě odpovídají výkonu 100% dle LMS	Přepočít časových hodnot		
	TMU	Sek	Hod
	1	0.036	0.0006
	27,8	1	-
	1666,7	-	1
100 000	-	1	

Tabulka současných pohybů

	Oddělit D	Umístit P				Uchopit G				Přemístit M				Sáhnout R				
		2	1E	2S	1S	4	1B	2	C	B	A	C	B	A	C	B	A	
	D	E	D	E	D	E	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W
Sáhnout R	A, E																	
	B																	
	C, D																	
Přemístit M	A, Bm																	
	B																	
	C																	
Uchopit G	1A, 2, 5																	
	1B, 1C																	
	4																	
Umístit P	1S																	
	1SS, 2S																	
	1NS, 2SS, 2NS																	
Oddělit D	1E, 1D																	
	2																	

Pohyby neuvedené v tabulce:
T Otočit - snadno se všemi základy, pohyby, výjma D a takového případu T, který vyžaduje kontrolu
AP Tlačí - každý případ prozkoumat
P3 Umístit - vždy obtížná
D3 Oddělit - za normálních okolností těžko
RL Pusit - vždy snadno
D Otočit - každá třída soudržnosti obtížná, pokud je nutné začlenit a pokud je třeba brát ohled na možnost poranění ruky či poškození předmětu

Možnost vykonávání současných pohybů:
■ = snadno
■ = po začlenění
■ = těžko i po začlenění, analyzovat jako pohyby jdoucí za sebou

W: uvnitř normálního zorného pole
 O: mimo normální zorné pole
 E: snadná manipulace
 D: obtížná manipulace

Znakové funkce

Kód	TMU	Popis
ET	15,2 x T / D	Přesunutí pohledu (Eye Travel) T: Vzdálenost mezi zornými body D: Vzdálenost očí od spojnice zorných bodů
EF	7,3	Kontrola (Eye Focus)

Přílohy 5 MTM datová karta

MTM druhá strana

Sáhnout - R - (Reach)

Délka pohybu v cm	TMU							Případ pohybu - popis
	R-A	R-B	R-C	R-E	mR-A	mR-B	m(B)	
≤ 2	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	0.4	A Sáhnout k jednotlivému předmětu nacházejícímu se stále na stejném místě, nebo který je držán ve druhé ruce nebo na něm druhá ruka spočívá
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	1.0	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	1.4	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	1.8	
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	2.0	B Sáhnout k jednotlivému předmětu v místě, které se případ od případu mění
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	2.6	
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	2.8	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	2.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	2.9	C Sáhnout k předmětu ve skupině jiných předmětů a musí být vybrán
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	2.9	
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	2.8	
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	2.9	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	2.9	D Sáhnout k předmětu, který je velmi malý nebo těžce uchopitelný (poranění, poškození)
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	2.8	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	2.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	2.8	
40	11.3	15.6	16.8	14.1	9.6	12.8	2.8	E Sáhnout do neurčitěho místa nebo přitáhnout ruku/ruce k tělu nebo vytáhnout ruku/ruce z pracovní oblasti nebo příprava před dalším pohybem
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	2.8	
50	13.0	18.4	19.5	16.5	11.2	15.7	2.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	2.7	
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	2.7	
65	15.6	22.6	23.6	20.2	13.5	19.9	2.7	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	2.7	
75	17.3	25.5	26.4	22.6	15.1	22.8	2.7	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	2.7	

Uchopit - G - (Grasp)

Kód	TMU	Případ pohybu - popis
G1A	2.0	Uchopit sevřením prstů jednotlivý, snadno uchopitelný předmět
G1B	3.5	Uchopit jednotlivý velmi malý nebo plochý předmět ležící na ploše
G1C1	7.3	$\varnothing > 12 \leq 25$ mm
G1C2	8.7	$\varnothing \geq 6$ do ≤ 12 mm
G1C3	10.8	$\varnothing < 6$ mm
G2	5.6	Přehmatnout prsty na předmětu
G3	5.6	Přehmat do druhé ruky
G4A	7.3	$> 25 \times 25 \times 25$ mm
G4B	9.1	$\geq 6 \times 6 \times 3$ do $\leq 25 \times 25 \times 25$ mm
G4C	12.9	$< 6 \times 6 \times 3$ mm
G5	0.0	Uchopit dotykem

Přibližně válcovitý předmět, jehož uchopení je ze zdola a ze strany ztlíženo

Předmět je zamíchán mezi jinými (nutno vyhledat a vybrat)

Pustit - RL - (Release)

Kód	TMU	Popis činnosti	Kód	TMU	Popis činnosti
RL1	2.0	Pustit rozevřením prstů	RL2	0.0	Pustit přerušením dotyku

9/2010 JH

Přemístit - M - (Move)

Délka pohybu v cm	TMU					Síla / hmotnost			Případ pohybu - popis
	M-A	M-B	M-C	mM-B	m(B)	daN / kg	Stat. konst. SC v TMU	Dynamický faktor W	
≤ 2	2.0	2.0	2.0	1.7	0.3	1	0.0	1.00	A Přemístit předmět do druhé ruky nebo proti zářezce
4	3.1	4.0	4.5	2.8	1.2	2	1.6	1.04	
6	4.1	5.0	5.8	3.1	1.9	4	2.8	1.07	
8	5.1	5.9	6.9	3.7	2.2	6	4.3	1.12	
10	6.0	6.8	7.9	4.3	2.5	8	5.8	1.17	B Přemístit předmět do přibližného nebo neurčitěho místa
12	6.9	7.7	8.8	4.9	2.8	10	7.3	1.22	
14	7.7	8.5	9.5	5.4	3.1	12	8.8	1.27	
16	8.3	9.2	10.5	6.0	3.2	14	10.4	1.32	
18	9.0	9.8	11.1	6.5	3.3	16	11.9	1.36	C Přemístit předmět do přesného místa
20	9.6	10.5	11.7	7.1	3.4	18	13.4	1.41	
22	10.2	11.2	12.4	7.6	3.5	20	14.9	1.46	
24	10.8	11.8	13.0	8.2	3.6	22	16.4	1.51	
26	11.5	12.3	13.7	8.7	3.6	24			
28	12.1	12.8	14.4	9.3	3.5	26			
30	12.7	13.3	15.1	9.8	3.5	28			
35	14.3	14.5	16.8	11.2	3.3	30			
40	15.3	15.6	18.5	12.5	3.0	35			
45	17.4	16.8	20.1	14.0	2.8	40			
50	19.0	18.0	21.6	15.4	2.6	45			
55	20.5	19.2	23.5	16.8	2.4	50			
60	22.1	20.4	25.2	18.2	2.2	55			
65	23.6	21.6	26.9	19.5	2.1	60			
70	25.2	22.8	28.5	20.9	1.9	65			
75	26.7	24.0	30.3	22.3	1.7	70			
80	28.3	25.2	32.0	23.7	1.5	75			

Umístit - P - (Position)

Kód	Třída licování			Symetrie	Manipulace	
	Licování	Vložení	Přiložení		E	D
P 1	Volně	Bez tlaku	$> \pm 1.5$ do $\leq \pm 6.0$ mm	S	5.6	11.2
				SS	9.1	14.7
				NS	10.4	16.0
P 2	Těsně	Lehký tlak	$> \pm 0.4$ do ± 1.5 mm	S	16.2	21.8
				SS	19.7	25.3
				NS	21.0	28.6
P 3	Pevně	Silný tlak	> 0 do $\leq \pm 0.4$ mm	S	43.0	48.6
				SS	46.5	52.1
				NS	47.8	53.4

Tlačit - AP - (Apply-Pressure)

Kód	TMU	Popis	Komponenty	Kód	TMU	Popis
APA	10.6	Bez přehmatnutí	AF + DM + RLF	DM	4.2	Vyvíjení síly
APB	16.2	S přehmatnutím	G2 + APA	RLF	3.0	Povolování síly

Oddělit - D - (Disengage)

Kód	Soudržnost	Popis	E	D
D 1	Volná	Velmi malá síla - nepatrný zpětný ráz cca do 2.5 cm	4.0	5.7
D 2	Těsná	Střední síla - lehký zpětný ráz do cca 12 cm	7.5	11.8
D 3	Pevná	Velká síla - velký zpětný ráz do cca 30 cm	22.9	34.7

Přílohy 6 MTM datová karta druhá strana