



Optimalizace pracoviště za účelem zlepšení kvality výrobků a ergonomie pracoviště

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Radomír Popek**
Vedoucí práce: Ing. Daniela Prskavcová





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Optimization of workplace in order to improve a product quality and workplace ergonomics

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Radomír Popek**
Supervisor: Ing. Daniela Prskavcová



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radomír Popek**
Osobní číslo: **T15000541**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Produktové inženýrství**
Název tématu: **Optimalizace pracoviště za účelem zlepšení kvality výrobků a ergonomie pracoviště**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Shrňte základní poznatky z hodnocení ergonomie a řízení jakosti s ohledem na řešenou problematiku.
2. Provedte analýzu současného stavu pracoviště - skladu, tzv. supermarketu.
3. Navrhněte opatření. Provedte, pokud je to možné, ekonomické zhodnocení a zda došlo ke zlepšení kvality.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. CHUNDELA, Lubor. 2013. Ergonomie. 3. Praha: České vysoké učení technické, 2013. str. 173. ISBN 978-80-01-05173-3.
2. CHAFFIN, Don. 2001. Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Warrendale: SAE international, 2001. stránky XVII, 184. ISBN 07-680-0687-2.
3. Kolektiv oddělení SG/3. 2013. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2013.
4. SOMADEEPTI, Chengalur. 2004. Kodak's ergonomic design for people at work. 2. New Jersey: Wiley, 2004. str. 704. ISBN 04-714-1863

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Daniela Prskavcová

Specialista digitální továrny (Škoda Auto a.s.)

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: 30. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 5. května 2017


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 28. února 2017

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: Bc. Radomír Popek
Osobní číslo: T15000541
Studijní program: Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Produktové inženýrství (PIS)
Zadávací katedra: KHT

Žádám o změnu termínu odevzdání diplomové práce z 5. 5. 2017 na 5. 1. 2018

Odůvodnění žádosti: nesplnění povinných předmětů.

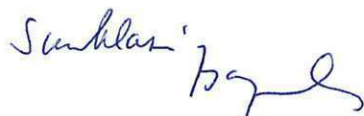
V Liberci dne: 4.5.2017

Podpis:



Vyjádření vedoucího práce:

Vyjádření vedoucího katedry:



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 tomto 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 tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 1.1.2018

Podpis:



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Daniele Prskavcové za vedení diplomové práce, odborné znalosti a věnovaný čas.

Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D., za konzultace a cenné připomínky při zpracování této diplomové práce.

Zároveň bych rád poděkoval kolegům ve ŠKODA AUTO a. s., kteří mi věnovali čas a podělili se o své zkušenosti a know how.

V neposlední řadě bych velice rád poděkoval své rodině a blízkým za podporu v průběhu celého studia na vysoké škole, které se mi dostalo.

Anotace

Cílem této diplomové práce je analyzovat současný stav a vytvořit optimalizovaný návrh pracoviště vedoucí ke zlepšení ergonomie a předcházet vzniku chyb při montáži. K analýze současného stavu kvality bude využito metody vývojových diagramů a k analýze zatížení pracovnice budou využity české i mezinárodní ergonomické analýzy. Pro zjištění příčin montáže neshodných výrobků bude využit vývojový diagram a pro analýzu ergonomie bude použit software Jack 8. K řešení optimalizace kvality bude navržena nová technologie Pick to Light vycházející z principu Poka-Yoke a v řešení spotřeby metabolické energie bude navrženo naklápění palet a speciální stolička pro oporu ve stání. Navržené řešení může sloužit jako vzor pro další pracoviště. Hlavním přínosem této diplomové práce je navržené řešení Pick to Light, které odstraní výrobky neshodné s požadavky zákazníka, a nově navržené pracoviště z pohledu ergonomie.

Klíčová slova:

Jakost, ergonomie, řízení jakosti, Pick to Light, chyby, procesní analýza

Annotation

The main goal of this master's thesis is to analyze the current state of a workplace in order to create a better proposition, improve ergonomics and eliminate possible mistakes at the final assembly. For the quality analysis will be used the flow chart method and for the ergonomic analysis of a worker will be used the Czech state method as well as international methods with the support of a system within digital factory, called Jack. The master's thesis is focused on the quality optimization by using a new technology "Pick to Light" which is based on the principal Poka-Yoke and an implementation of new standards like tilting pallets or special stools in order to improve ergonomics. A newly designed workplace can be used as a new standard for other workplaces.

Keywords:

Quality, Ergonomics, Quality Control, Pick to Light, Mistakes, Process Analysis

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Situace ve zkoumané oblasti | 18 |
| 1.1 | Představení společnosti | 18 |
| 1.2 | Vlivy na chybovost na pracovišti | 21 |
| 1.2.1 | Komplexita montovaných dílů..... | 23 |
| 2 | Hodnocení ergonomie | 28 |
| 2.1 | Hodnocení ergonomie dle České legislativy..... | 29 |
| 2.1.1 | Pracovní polohy | 29 |
| 2.2 | Hodnocení ergonomie dle mezinárodně uznávaných metod | 34 |
| 2.2.1 | EAWS | 34 |
| 2.2.2 | OWAS..... | 36 |
| 2.2.3 | RULA..... | 38 |
| 2.2.4 | Low Back Analysis | 40 |
| 2.2.5 | NIOSH | 42 |
| 2.3 | Spotřeba metabolické energie při práci..... | 44 |
| 2.4 | Software používaný pro simulaci ergonomie..... | 45 |
| 2.5 | Jack 8..... | 46 |
| 3 | Hodnocení kvality ve výrobním procesu..... | 49 |
| 3.1 | Nástroje a metody řízení kvality | 50 |
| 3.2 | Sedm nových nástrojů kvality:..... | 54 |
| 4 | Metody pro zlepšení procesu kvality ve výrobě..... | 58 |
| 4.1 | Kaizen | 58 |
| 4.2 | Poka – Yoke | 59 |
| 4.2.1 | Pick to systémy | 64 |
| 5 | Zhodnocení vybraného pracoviště..... | 68 |
| 5.1 | Popis vybraného pracoviště..... | 68 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.2 | Zhodnocení ergonomie na pracovišti | 70 |
| 5.2.1 | Vyjímání dílů z palety 114 999..... | 70 |
| 5.2.2 | Vyjímání dílů z palety 114 888..... | 73 |
| 5.2.3 | Kompletace dílů na pracovní ploše..... | 75 |
| 5.2.4 | Výpočet spotřeby metabolické energie při práci | 77 |
| 5.2.5 | Shrnutí problémových bodů ergonomie | 79 |
| 5.3 | Zhodnocení procesu na pracovišti..... | 80 |
| 5.3.1 | Komplexita na pracovišti | 80 |
| 5.3.2 | Vývojový diagram – současný stav na pracovišti..... | 81 |
| 5.3.3 | Schéma současného systému | 83 |
| 6 | Návrh nového pracoviště..... | 84 |
| 6.1 | Návrh opatření na zlepšení ergonomie..... | 85 |
| 6.1.1 | Zvednutí a naklopení palet..... | 85 |
| 6.1.2 | Stání s oporou | 86 |
| 6.1.3 | Modulární pracoviště | 89 |
| 6.1.4 | Návrh pracovního stolu..... | 90 |
| 6.2 | Zhodnocení ergonomie na optimalizovaném pracovišti | 91 |
| 6.2.1 | Zhodnocení ergonomie u palety 114 999..... | 91 |
| 6.2.2 | Zhodnocení ergonomie u palety 114 888..... | 93 |
| 6.2.3 | Kompletace dílů na zoptimalizovaném pracovišti..... | 96 |
| 6.2.4 | Výpočet spotřeby metabolické energie při práci | 98 |
| 6.3 | Návrh opatření na zlepšení kvality..... | 101 |
| 6.3.1 | Architektura plánovaného systému..... | 101 |
| 6.3.2 | Výběr systému a komponent..... | 102 |
| 6.3.3 | Plánovaný proces | 109 |
| 6.4 | Přínosy aplikace navrhovaného řešení | 111 |

| | |
|--|-----|
| 6.4.1 Zrušení tisku denní potřeby | 111 |
| 6.4.2 Snížení náročnosti práce a kratší doba školení | 112 |
| 7 Závěr..... | 113 |
| Bibliografické citace, seznam použité literatury | 115 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1.1: Václav Laurin a Václav Klement | 18 |
| Obr. 1.2: Časová osa 120leté historie ŠKODA AUTO | 19 |
| Obr. 1.3: Varianty vozů ŠKODA AUTO | 20 |
| Obr. 1.4: Poloautomatický centrální sklad | 24 |
| Obr. 1.5: Supermarket | 26 |
| Obr. 1.6: FTS vozík | 27 |
| Obr. 1.7: Zelená doprava | 27 |
| Obr. 2.1: Náklady při neřešení ergonomie | 28 |
| Obr. 2.2: Hlava a krk | 30 |
| Obr. 2.3: Trup | 31 |
| Obr. 2.4: Paže a dlaně | 32 |
| Obr. 2.5: Dolní končetiny | 33 |
| Obr. 2.6: Hodnocení EAWS | 34 |
| Obr. 2.7: Formulář EAWS..... | 35 |
| Obr. 2.8: Klasifikace poloh těla dle OWAS | 36 |
| Obr. 2.9: Hodnocení RULA | 40 |
| Obr. 2.10: Obratle L4 a L5 | 41 |
| Obr. 2.11: Software Process Simulate | 46 |
| Obr. 2.12: SW Jack 8.4..... | 48 |
| Obr. 3.1: Náklady při neřešení kvality | 49 |
| Obr. 3.2: Vývojový diagram..... | 51 |
| Obr. 3.3: Kontrolní záznamník | 51 |
| Obr. 3.4: Histogram | 52 |
| Obr. 3.5: Diagram příčin a následku..... | 52 |
| Obr. 3.6: Paretův diagram | 53 |

| | |
|---|----|
| Obr. 3.7: Regulační diagram..... | 53 |
| Obr. 3.8: Korelační diagram..... | 54 |
| Obr. 3.9: Afinity diagram..... | 55 |
| Obr. 3.10: Síťový diagram..... | 55 |
| Obr. 3.11: Stromový diagram..... | 56 |
| Obr. 3.12: Diagram vzájemných vztahů..... | 56 |
| Obr. 3.13: Maticový diagram..... | 57 |
| Obr. 3.14: Údaje v matici priorit..... | 57 |
| Obr. 3.15: Diagram PDPC..... | 57 |
| Obr. 4.1: Filozofie KAIZEN..... | 58 |
| Obr. 4.2: Dům Kaizen..... | 59 |
| Obr. 4.3: Filozofie POKA-YOKE..... | 60 |
| Obr. 4.4: Poka – Yoke..... | 61 |
| Obr. 4.5: Správný design součástek..... | 62 |
| Obr. 4.6: Pick to Frame..... | 64 |
| Obr. 4.7: Pick to Point..... | 65 |
| Obr. 4.8: Pick to Light..... | 67 |
| Obr. 5.1: Layout pracoviště..... | 69 |
| Obr. 5.2: Pracovní pozice na pracovišti supermarketu..... | 70 |
| Obr. 5.3: Pracovní pozice č. 1 s českou legislativou..... | 71 |
| Obr. 5.4: Static Strength Prediktion..... | 71 |
| Obr. 5.5: LowerBack Analysis..... | 72 |
| Obr. 5.6: Ovako..... | 72 |
| Obr. 5.7: Pracovní pozice č. 2 s českou legislativou..... | 73 |
| Obr. 5.8: Static Strength Prediktion..... | 74 |
| Obr. 5.9: LowerBack Analysis..... | 74 |

| | |
|---|----|
| Obr. 5.10: Ovako | 75 |
| Obr. 5.11: Pracovní pozice č. 3 s českou legislativou | 75 |
| Obr. 5.12: Static Strength Prediktion | 76 |
| Obr. 5.13: LowerBack Analysis | 76 |
| Obr. 5.14: Ovako | 77 |
| Obr. 5.15: Výsledek výpočtu spotřeby metabolické energie..... | 79 |
| Obr. 5.16: Současný proces | 82 |
| Obr. 5.17: Současný proces | 83 |
| Obr. 6.1: Optimalizované pracovní pozice na pracovišti supermarketu..... | 84 |
| Obr. 6.2: Mechanismus nakládění palet | 85 |
| Obr. 6.3: Naklopení palety | 85 |
| Obr. 6.4: Stání bez opory (vlevo) a s oporou (vpravo)..... | 86 |
| Obr. 6.5: Stolička Lorika WERKSITZ WS 4211 T | 87 |
| Obr. 6.6: Systém LeanTek..... | 89 |
| Obr. 6.7: 3D model modulárního stolu..... | 90 |
| Obr. 6.8: Optimalizovaná pracovní pozice č. 1 s českou legislativou..... | 91 |
| Obr. 6.9: Static Strength Prediktion | 92 |
| Obr. 6.10: LowerBack Analysis | 92 |
| Obr. 6.11: Ovako | 93 |
| Obr. 6.12: Optimalizovaná pracovní pozice č. 2 s českou legislativou..... | 93 |
| Obr. 6.13: Static Strength Prediktion | 94 |
| Obr. 6.14: LowerBack Analysis | 94 |
| Obr. 6.15: Ovako | 95 |
| Obr. 6.16: Optimalizovaná pracovní pozice č. 3 s českou legislativou..... | 96 |
| Obr. 6.17: Static Strength Prediktion | 97 |
| Obr. 6.18: LowerBack Analysis | 97 |

| | |
|---|-----|
| Obr. 6.19: Ovako | 98 |
| Obr. 6.20: Výsledek výpočtu spotřeby metabolické energie..... | 100 |
| Obr. 6.21: Architektura systému Pick to Light..... | 101 |
| Obr. 6.22: Vybrané komponenty Pick to Light | 102 |
| Obr. 6.23: Rozměry světelných modulů K50 a K30 | 103 |
| Obr. 6.24: Barvy světelných modulů..... | 103 |
| Obr. 6.25: Controller PMC | 104 |
| Obr. 6.26: Pracovní indikátor | 104 |
| Obr. 6.27: Pracovní monitor | 104 |
| Obr. 6.28: Plánovaný proces | 110 |
| Obr. 6.29: Graf tisku denní potřeby za rok 2016..... | 111 |

Seznam tabulek

| | |
|---|-----|
| Tab. 1.1: Klasifikace lidských chyb | 22 |
| Tab. 2.1: Hodnocení OWAS | 37 |
| Tab. 5.1: Výpočet spotřeby metabolické energie při práci..... | 78 |
| Tab. 5.2: Tabulka dílů | 80 |
| Tab. 6.1: Benchmark ergonomických stoliček | 88 |
| Tab. 6.2: Výpočet spotřeby metabolické energie při práci..... | 99 |
| Tab. 6.3: Benchmark Pick to Light systémů | 105 |
| Tab. 6.4: Benchmark Controllerů | 106 |
| Tab. 6.5: Benchmark průmyslových monitorů..... | 107 |
| Tab. 6.6: Benchmark pracovních indikátorů | 108 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|-------|--|
| EAWS | European Assembly Worksheet |
| OWAS | Ovako Working Posture Analysis System |
| SW | Software |
| RULA | Rapid Upper Limb Assessment |
| NIOSH | National Institute of Occupational Safety and Health |
| MC | Motion Capture |
| MTM | Methods Time Measurement |
| ŠA | ŠKODA AUTO a.s. |
| PTL | Pick to Light |
| CAD | Computer Aided Design |
| DP | Diplomová práce |

Úvod

V současnosti je kladen velký důraz na zlepšování kvality a ergonomie. Moderní pracoviště se dneska točí na pojmu Industrie 4.0, která má podpojmy digitalizace, ergonomie, kvalita, lidské zdroje, inovace. Tyto věci je potřeba dělat a implementovat. Pokud neustále neinovujeme, můžeme ztrácet krok s konkurencí. Musíme myslet na člověka, protože on je klíčový faktor. Mám na mysli člověka, který pracuje na montážní lince. Dnes se příliš neřeší, kolik takový pracovník na lince vstřebává informací. Pracovník nemá v ruce už jen papír, ale má skenery, obrazovky atd. Když se mu porouchá stroj, musí řešit opravy, protože mu jede výroba v minutovém taktu. Proto je důležité zavádět a rozšiřovat technologie jako jsou Pick-by systémy a další automatizované systémy, které zajistí kvalitu výrobků a pracovníkům ulehčí práci, přičemž je nebudou zatěžovat přílišnou komplexitou. Myslím tím komplexitu dílů, protože ŠKODA AUTO nabízí různé typy volantů, infotainmentu, sedaček atd. Na pracovišti supermarketu je potřeba nachystat ten správný díl do té správné přihrádky, aby nedošlo k záměně a zákazník nedostal něco jiného, než si objednal.

Na vybraném pracovišti bude provedena optimalizace z hlediska ergonomie pracoviště a také bude pracoviště optimalizováno z hlediska zajištění kvality vyráběného produktu. Aby se zabránilo např. záměně dílů nebo případně poškození povrchů.

V teoretické části budou popsány metody zajištění kvality a metody měření ergonomie.

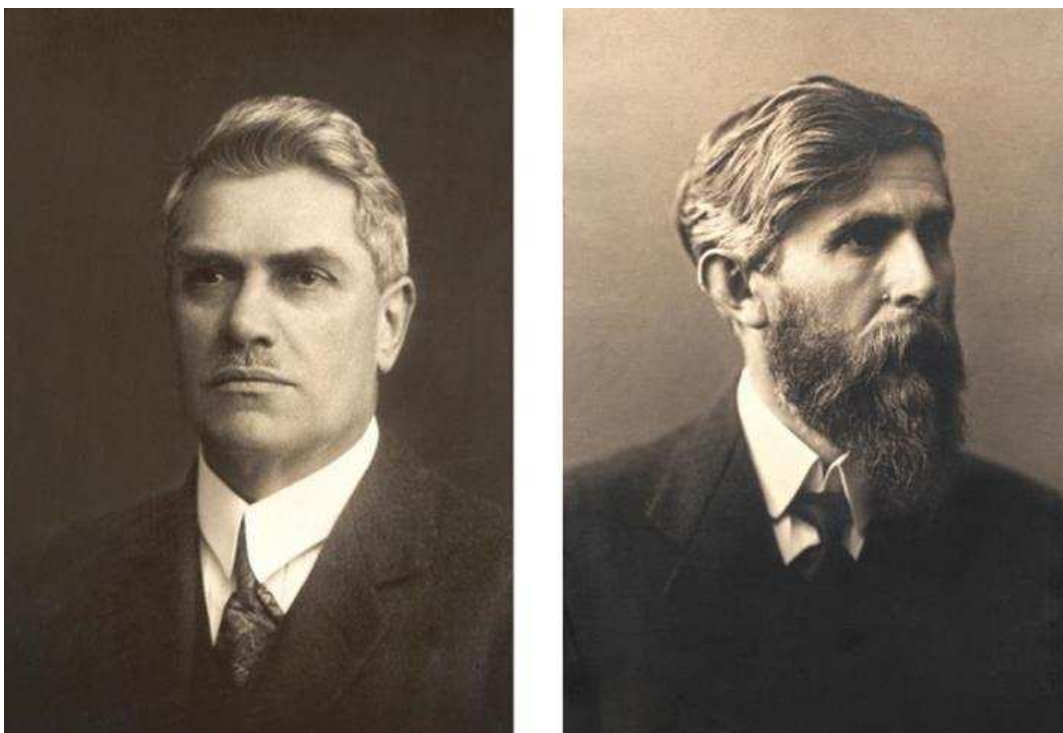
Cílem této práce je doporučení, jak zoptimalizovat pracoviště supermarketu z důvodů častých stížností pracovníků na přetížení, z důvodu vysoké komplexity a repetitivností pracovního procesu.

1 Situace ve zkoumané oblasti

V následujících podkapitolách je představena společnost, ve které pracuji, vlivy na chybovost na pracovišti a komplexita montovaných dílů.

1.1 Představení společnosti

Firma ŠKODA AUTO a.s. byla založena mechanikem Václavem Laurinem a knihkupcem Václavem Klementem v roce 1895. Na začátku se vyráběla jízdní kola značky „Slavia“ a továrna se jmenovala „Laurin & Klement“. O 4 roky později v roce 1899 se v továrně začaly vyrábět motocykly a v roce 1905 přichází do výroby první automobil Voiturette A. V roce 1925 byla automobilka sloučena se Škodovými závody v Plzni a název Laurin & Klement zanikl (viz Obr. 1.1).



Obr. 1.1: *Václav Laurin a Václav Klement*

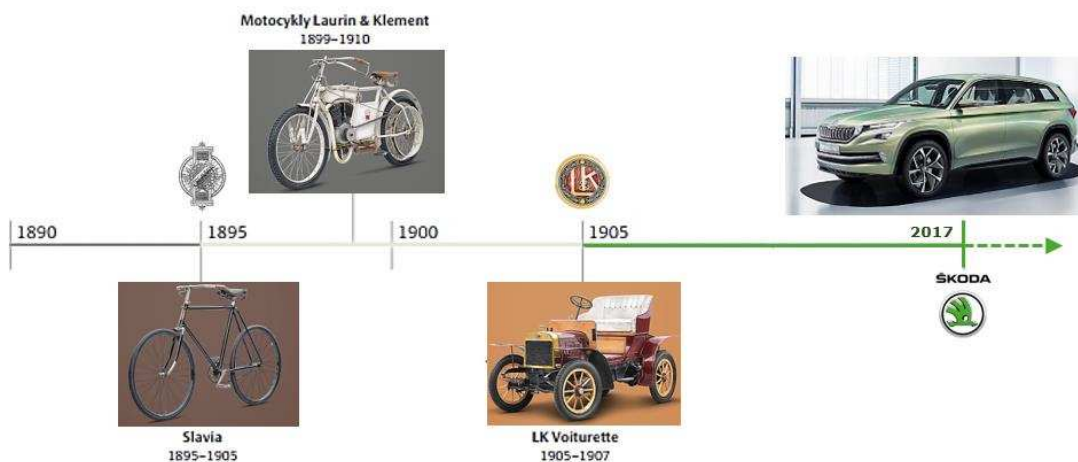
(zdroj: *Kolektiv oddělení kvality 2016*¹)

Další významný milník přichází v dubnu roku 1991, kdy se stala firma ŠKODA jednou ze značek koncernu Volkswagen, který je jedním z lídrů světového automobilového trhu.¹

¹ Kolektiv oddělení kvality 2016. Katalog kvality. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

Letos společnost ŠKODA oslavila 120. výročí nepřetržité historie a tradice, kterou se nemůže pochlubit mnoho výrobců automobilů. (viz Obr. 1.2). V Mladé Boleslavi má společnost hlavní závod a další dva pobočné výrobní závody jsou ve Vrchlabí a v Kvasinách. Celá společnost klade velký důraz na kvalitu, která se nese v odkazu zakladatelů naší společnosti, pánů Laurina a Klementa. Tento odkaz zní: „Jen to nejlepší, co můžeme udělat, jest pro naše zákazníky dosti dobré“.²

Cílem společnosti ŠKODA AUTO je tomuto závazku dostát a nabízet našim zákazníkům pouze produkty špičkové kvality. Naši zákazníci považují produkt za kvalitní jen tehdy, pokud neshledají žádný rozdíl mezi svými očekávaními a skutečnými zkušenostmi s našim produktem, případně pokud pozitivní zkušenosti předčí jeho očekávání. Podmínkou je ovšem splnění klíčových ukazatelů kvality, ceny a spolehlivosti.²



Obr. 1.2: Časová osa 120leté historie ŠKODA AUTO

(zdroj: Kolektiv oddělení kvality 2016²)

Mladoboleslavský závod se rozprostírá na ploše více jak 3 000 000 m². To odpovídá zhruba jedné desetině celého katastrálního území Mladé Boleslavi. Závod zaměstnává více než 20 000 zaměstnanců. Pokud by závod měl vytvořit samostatné město, zařadil by se celkem na 64. místo v tabulce největších měst České republiky, a to konkrétně mezi Jirkov a Mělník. Kapacita tohoto závodu je 2400 vozů za den.

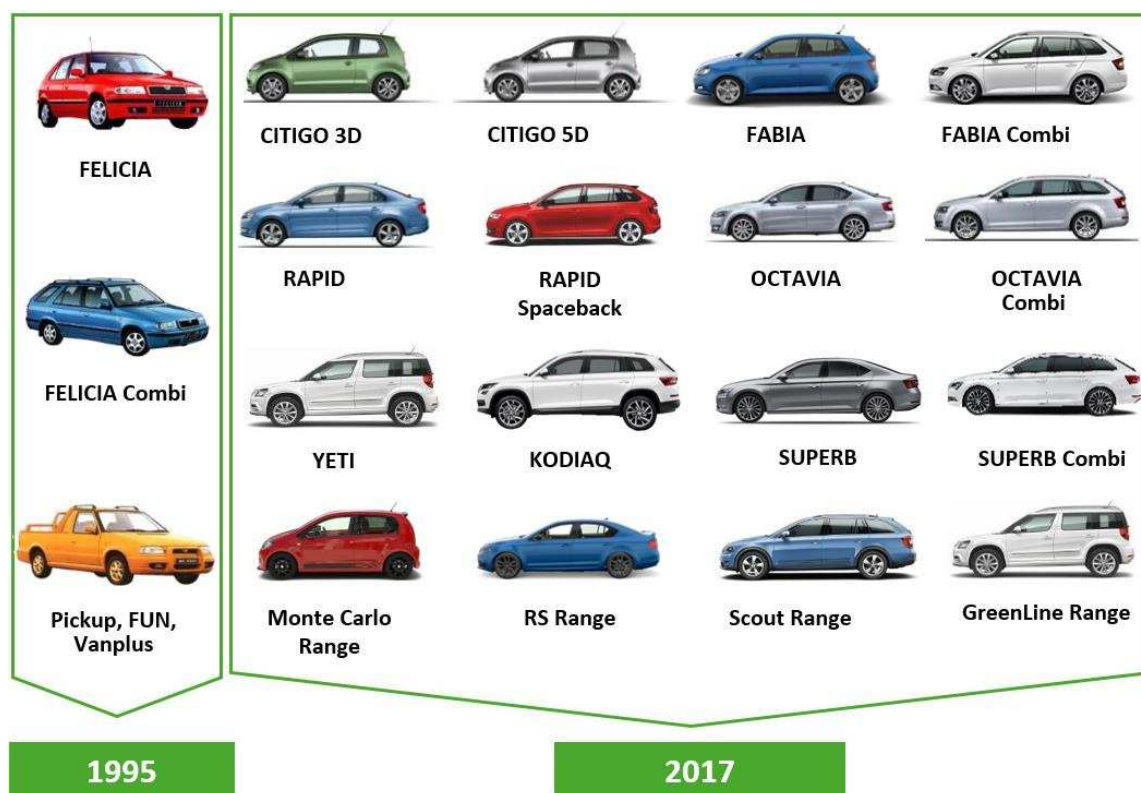
Závod v Kvasinách se rozprostírá na ploše více než 700 000 m² a zaměstnává přes 3500 zaměstnanců, s kapacitou 850 vozů za den.

² Kolektiv oddělení kvality 2016. Katalog kvality. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

Závod ve Vrchlabí, kde se vyrábí převodovky, se rozprostírá na ploše téměř 300 000 m². Zaměstnává 800 zaměstnanců a jeho kapacita je 1500 převodovek za den.

ŠKODA AUTO působí v 7 zemích světa a celkem má 13 výrobních závodů. Mimo Českou republiku je to ještě na Slovensku, Ukrajině, v Rusku, Kazachstánu, Číně a Indii.

V roce 2015 se v těchto závodech podařilo vyrobit více než 1 milion prodaných vozů. ŠKODA AUTO má jasnou strategii dosáhnout 1,5 milionu prodaných vozů v roce 2018. Tomuto cíli dopomáhá rozšiřování modelových řad a také výrobních závodů v zahraničí. V roce 1995 nabízela firma ŠA jednu modelovou řadu Felicie ve 3 variantách a v roce 2017 nabízí ŠKODA AUTO 8 modelových řad v celkovém množství 17 variant (viz Obr. 1.3) a to včetně derivátů jako je RS, Green Line, Scout, Laurin a Klement a Monte Carlo.



Obr. 1.3: Varianty vozů ŠKODA AUTO

1.2 Vlivy na chybovost na pracovišti

V této kapitole bych chtěl popsat, co může způsobovat chybovost na pracovišti.

Chyba nebo závada může vzniknout vzájemným vlivem až 5 faktorů:

1. Pracovník
2. Stroj
3. Pracovní postup
4. Materiál
5. Informace

Přitom úplně nejčastěji je důvodem chyby lidský faktor (viz Tab. 1.1). Základními příčinami lidských chyb jsou:

1. Záměr nebo úmysl pracovníka
2. Nedostatečná kvalifikace pracovníka
3. Nevyhovující technika
4. Přehnané nároky na pracovníka
5. Nepozornost pracovníka

V následující tabulce jsou chyby, které způsobují vady výrobků. A dále je zde popsáno, jak lze chybám předejít.³

Ve ŠKODA AUTO je zdrojem chyb vysoká komplexita dílů (viz následující podkapitola), která může při nepozornosti pracovníka způsobit záměnu dílů.

³ MAŠÍN, Ivan, 2000. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902-2356-7.

Tab. 1.1: Klasifikace lidských chyb

| Druhy chyb | Příklad | Preventivní nástroj |
|--|---|--|
| Chyby vlivem neznalostí | Záměna brzdy a spojky v autě s automatickou převodovkou | Kontrola, systém dílenského vzdělávání a tréninku, vizuální management |
| Chyby ze zapomětlivosti | Opomenutí namontování dílce při montáži | Kontrola, prostředky průmyslové automatizace |
| Chyby z přehlédnutí | Záměna drobných dílců | Vizuální management, barevné a tvarové rozlišení dílů, kontrola |
| Chyby z nerespektování pravidel | Samovolné nastavování parametrů na stroji | Systém dílenského vzdělávání a tréninku, vizuální management |
| Chyby z nepozornosti | Pracovník je při práci duchem nepřítomen | Prostředky průmyslové automatizace |
| Chyby z pomalé reakce na vzniklou situaci | Pozdní vypnutí stroje při výskytu abnormality | Systém dílenského vzdělávání a tréninku, varovná světla |
| Chyby z diletantství (amaterismu) | Pracovník nemá dostatek zkušeností s danou operací | Týmová práce, vzdělávání a trénink, vizuální management |
| Chyby spojené s akumulací drobných nedostatků | Porucha stroje | TPM a standardy |
| Chyby z absence standardů | Nejsou k dispozici pracovní standardy | Obrázkové standardy, vizuální management |
| Chyby z důvodu ergonomicky nevhodného pracoviště | Nástroj svým určením předurčen k děláni zmetků | Ergonomické řešení, zlepšení uspořádání pracoviště |
| Chyby vlivem nevhodné konstrukce výrobku | Mnoho tvarově zaměnitelných dílů na montáži | Nástroje simultánního inženýrství (např. DFM, DFMA) |
| Chyby záměrné | Pracovní humor | Týmová práce, pracovní disciplína, systém odměňování |

(zdroj: Mašín, 2000⁴)

⁴ MAŠÍN, Ivan, 2000. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902-2356-7.

1.2.1 Komplexita montovaných dílů

Komplexita je velkou výzvou ve ŠA, ale je to zároveň jeden z faktorů, díky kterým se ŠA snaží být inovativní. Synonymem ke slovu komplexita je mnohotvárnost složitost a variantnost. Toto slovo se používá ve ŠA ve spojitosti s díly a s jejich rostoucí variantností. Komplexita nám roste díky konkurenci a s tím zvyšujícími se nároky zákazníků. Jednoduchý příklad komplexity lze uvést na typu volantu. Kdysi, když se vyráběl vůz favorit, zákazník měl na výběr ze dvou variant volantů. V dnešní době ŠA nabízí k současným modelům více jak 60 variant volantů, které si zákazník dle svého přání může zvolit. Komplexita se zvyšuje kvůli rostoucím požadavkům zákazníků, jak se v obchodě říká „náš zákazník, náš pán“, proto je v dnešní době důležitá konkurenceschopnost a nutnost zákazníkovi vyhovět. Automobilka rozšiřuje modelové řady a časy náběhů nových modelů jsou stále kratší a pravidelnější.

Komplexita nastavila v rámci ŠA 4 strategické principy (směry) pro plánování a zvládání komplexity:

1. Automatizace logistických procesů
2. Supermarkety a nasazování Pick to systémů
3. Inteligentní koncepty dopravy materiálu
4. Zelená logistika jako součást procesu

1.2.1.1 Automatizace logistických procesů

Prvním bodem je automatizace logistických procesů. Vzhledem k tomu, jak se zvyšuje komplexita, rostou požadavky na plošné skladování, a proto ŠA vybuodovala poloautomatický centrální sklad, který se rozprostírá na ploše 8640 m², což odpovídá dvěma plochám fotbalového hřiště. Skladovací výška je 14 m, což odpovídá pohledu zhruba z 6. patra panelového domu (viz Obr. 1.4).



Obr. 1.4: *Poloautomatický centrální sklad*

(zdroj: *Kolektiv oddělení logistiky 2016*⁵)

Vzhledem k tomu, o jak obrovskou stavbu se jedná, tak riziko poruchy a zastavení výroby, kdyby to byl pouze automatický sklad, je poměrně vysoké. Proto sklad není plně automatizovaný a dále se používají vysoko zdvižné vozíky, MX vozíky pro vykládku a pohyb mezi regály. Skladování probíhá celkem v 11 regálových úrovních, kde je uskladněno více než 15 500 palet, což je zhruba 150 plných kamionů. Dalších 11 000 pozic je možné naskladnit mimo regály. Průtok skladu je celkem 9 000 palet za den, tedy 6 palet za minutu. Když jde paleta s materiálem třeba do výroby, dojde k vyskladnění a vložení na dopravníkový most, který spojuje centrální sklad s montážní linkou. Je to plně automatický dopravník, který operuje bez jakékoli lidské obsluhy, je celkem 60 m dlouhý. Doba průchodu palety dopravníkem je 3,5 minuty s kapacitou 210 palet za hodinu. Při tomto tempu dokáže každých 15 minut přepravit náklad z jednoho kamionu. Na konci dopravníkového mostu dochází k párování s podvozky. S paletami lze manipulovat bez pomoci další manipulační techniky. Palety jsou následně odvezeny do supermarketů.

1.2.1.2 Supermarket a nasazování Pick to Systému

Nejedná se o nákupní středisko, jak si mnozí představují. Supermarket ve výrobě funguje na velmi podobném principu jako supermarket obchodních řetězců. Logistika rozváží materiál, který je montážními dělníky odebírán a zpracováván. Ze supermarketu

⁵Kolektiv oddělení logistiky 2016. Katalog logistiky. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

se připravený materiál rozváží podle přesného jízdního řádu na předem určené plochy pro předem vypočítané potřeby výrobní linky. Supermarket je prostor vedle výrobní linky, kde se připravuje a vychytává materiál takovým způsobem, aby se tím co nejvíce usnadnila montážní činnost zaměstnancům na výrobní lince (viz Obr. 1.5).

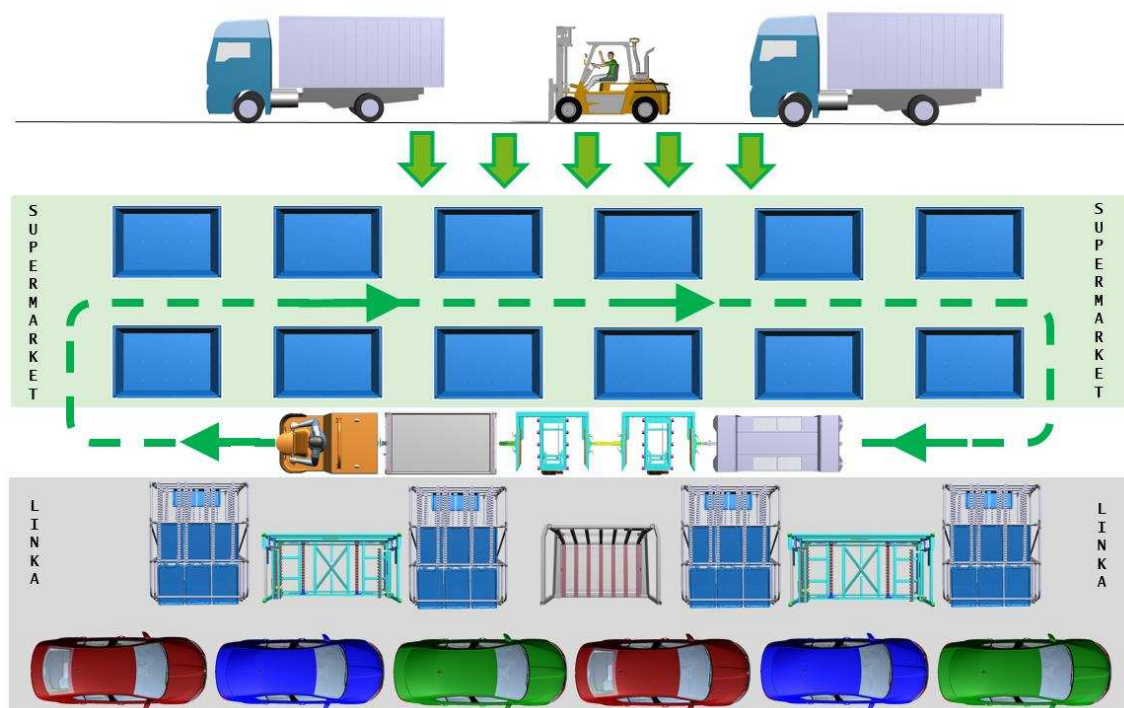
V supermarketu probíhají specifické činnosti, jako například: přebalování velkých dílů z velkých palet do speciálních stojanů. Tato operace je důležitá především z pohledu ergonomického, protože manipulace s díly musí být pro montážního dělníka co nejjednodušší. Speciální zásobníková paleta (neboli stojan) s před-přichystanými díly je umístěna přímo u montážní pozice dělníka. Cílem je, aby nedocházelo k záměnám, prostojům a hlavně, aby výrobní dělník manipuloval s díly co nejméně.

Výhody supermarketu:

- › Minimalizují trasy s materiálem mezi místem vychystávání a místem montáže.
- › Identifikace činností netvořící přidanou hodnotu a možnost redukce pracovního procesu v supermarketu (chození, hledání, třídění, ...).
- › Eliminace činností neprodukcující přidanou hodnotu v místě montáže.
- › Příprava materiálu z hlediska stoupajícího množství variant pro nejbližší možné vychystání materiálu u místa montáže.
- › Zajištění správného množství správných dílů ve správném čase v místě montáže.

V supermarketu jsou umístěny zejména díly, které mají vysokou komplexitu, a není možné je umístit k lince. Vychytávání dílů probíhá ve stejném pořadí, v jakém plynou nalakované karoserie do montáže.

V každém supermarketu je umístěna sekvenční tiskárna, ze které jsou průběžně tisknuty takzvané sekvenční listy denní potřeby, na kterých je uvedena přesná karoserie, která plyne do výroby. S karoserií je potom svázáno číslo dílů. Díly se vychystávají do takzvaných sekvenčních palet, protože vozy jezdí v sekvenci. Následně jsou díly na lince odebírány ve stejném pořadí, v jakém byly připraveny podle sekvenčního listu v supermarketu.



Obr. 1.5: Supermarket

O supermarkety se ve ŠA stará logistika značky. Logistika se zabývá plánováním, řízením toku materiálu, službami spojenými jeho cestou od výrobce až po konečného spotřebitele na lince a skladováním. Je to soubor činností, jejichž hlavním úkolem je, aby bylo správné zboží ve správném čase, ve správné kvalitě na správném místě, a se správnými náklady. Účelem celého logistického oboru je optimalizovat tyto toky tak, aby pro firmu představovaly co nejnižší náklady. Firma ŠA se řadí mezi TOP logistiky v automobilovém průmyslu.

1.2.1.3 Inteligentní koncepty dopravy materiálu

Mezi inteligentní koncepty dopravy patří FTS vozíky (z německého Fahrerloser Transport System – transportní vozík bez řidiče). Tyto vozíky slouží k zásobování montážní linky a jsou navigovány pomocí magnetických pásek, které jsou nalepeny na zemi (viz Obr. 1.6).

To znamená, že jejich trasa je pevně fixována. Tyto vozíky slouží k dopravě materiálu, který je vychystáván právě v supermarketech. Dobíjení tohoto vozíku probíhá automaticky na tzv. FTS nádražích, kde dochází k průběžnému nabíjení.



Obr. 1.6: FTS vozík

(zdroj: Kolektiv oddělení logistiky 2016⁶)

FTS vozíky jsou přímo závislé na toku montážní linky a jejich odjezdy jsou řízeny dle vizualizační tabule. Při dosažení požadovaného času dojezdu vozík automaticky odjíždí i s díly k montážní lince.

1.2.1.4 Zelená logistika jako součást procesu

Posledním strategickým bodem je zelená doprava jako součást celého procesu. ŠA si je plně vědoma svých dopadů do životního prostředí. Proto je strategie značky zaměřena na úsporu emisí. Jde o používání alternativních paliv jako je CNG, bionafta nebo elektrický pohon. Celkem bylo pořízeno 30 nákladních vozidel, které splňují ty nejpřísnější emisní normy. Za zmínku stojí, že tato vozidla zásobují ŠA 24 hodin denně (viz Obr. 1.7).



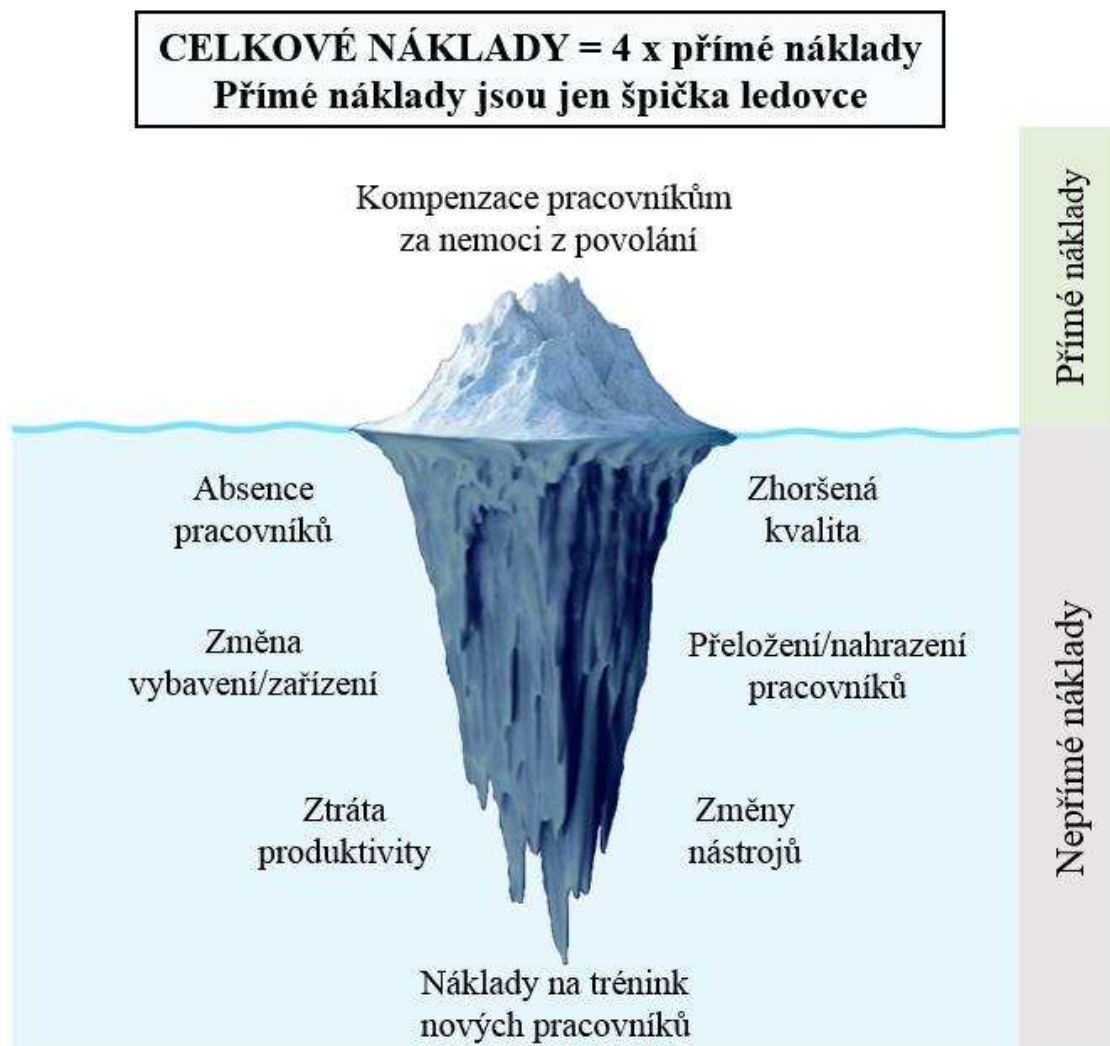
Obr. 1.7: Zelená doprava

(zdroj: Kolektiv oddělení logistiky 2016⁶)

⁶ Kolektiv oddělení logistiky 2016. Katalog logistiky. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

2 Hodnocení ergonomie

Rychlý rozvoj vědy a techniky ovlivňuje vývoj nejnovějších technologií, výrobní zařízení a s tím také metodiku práce. Je potřeba analyzovat a řešit vznikající nepoměr mezi schopností člověka pracovat a nároky na něj kladené. Různé stupně přetížení člověka mohou vést k velké únavě, následnému pracovnímu selhání, nebo dokonce k poranění nebo nemoci z povolání. Cílem ergonomie je eliminovat tyto jevy v pracovním prostředí a zajistit, aby při koncepci a projektování pracoviště byly navrženy takové techniky, které budou zohledňovat fyzické možnosti člověka.⁷



Obr. 2.1: Náklady při neřešení ergonomie

⁷ CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

2.1 Hodnocení ergonomie dle České legislativy

Česká legislativa klasifikuje pracovní polohy pracovníka v charakteristické směně a dále ruční manipulaci s břemeny a hygienické limity.

2.1.1 Pracovní polohy

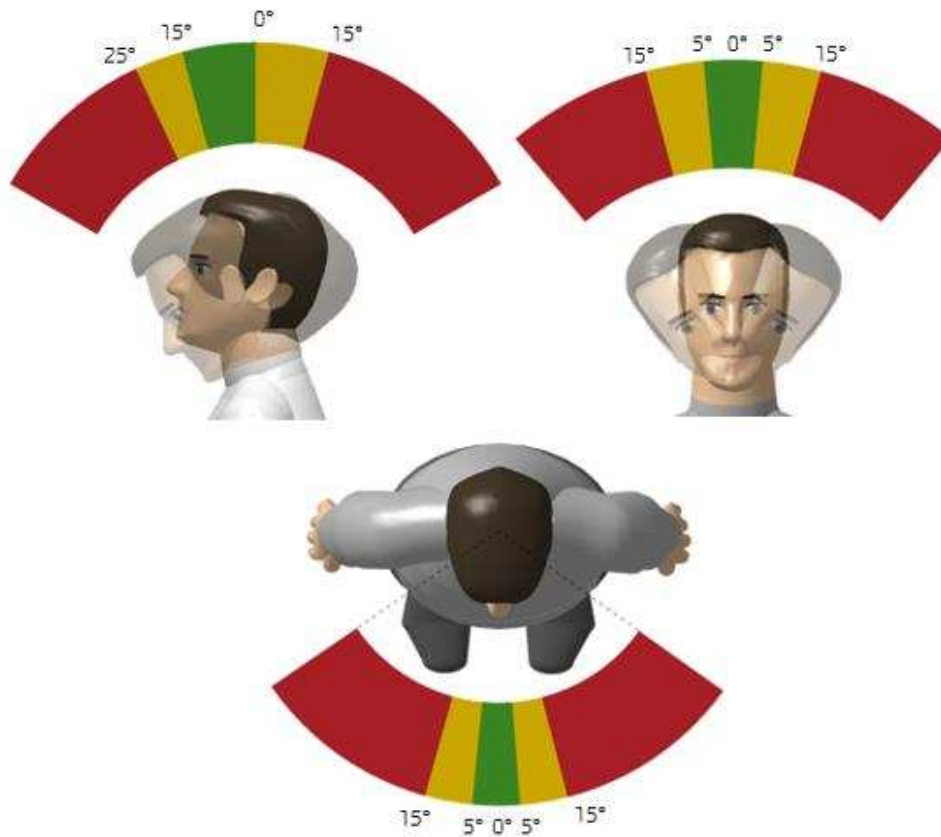
Pracovní polohy jsou rozčleněny dle Nařízení vlády (č. 361/2007 Sb.) na:

- › Příjemná pracovní poloha – zdravotní riziko je považované za nízké nebo zanedbatelné pro téměř všechny zdravé dospělé osoby.
- › Podmíněně příjemná pracovní poloha – znamená zvýšené zdravotní riziko buď pro celou skupinu pracovníků, nebo pro její část. Práce v podmíněně příjemných pracovních polohách nesmí překročit 160 minut za charakteristickou směnu.
- › Nepříjemná pracovní poloha – znamená, že zdravotní riziko je nepříjemné pro jakoukoliv skupinu pracovníků. Je nutná úprava pracoviště vedoucí ke zlepšení pracovního prostoru. Celková doba práce v charakteristické směně v nepříjemné poloze nesmí překročit 30 minut.⁸

⁸ CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

Pracovní polohy se klasifikují:

Hlava a krk:



Obr. 2.2: Hlava a krk

(zdroj: *Kolektiv oddělení ergonomie 2017*⁹)

› **Nefyziologické pracovní polohy hlavy a krku:**

› Nepříjemné pracovní polohy:

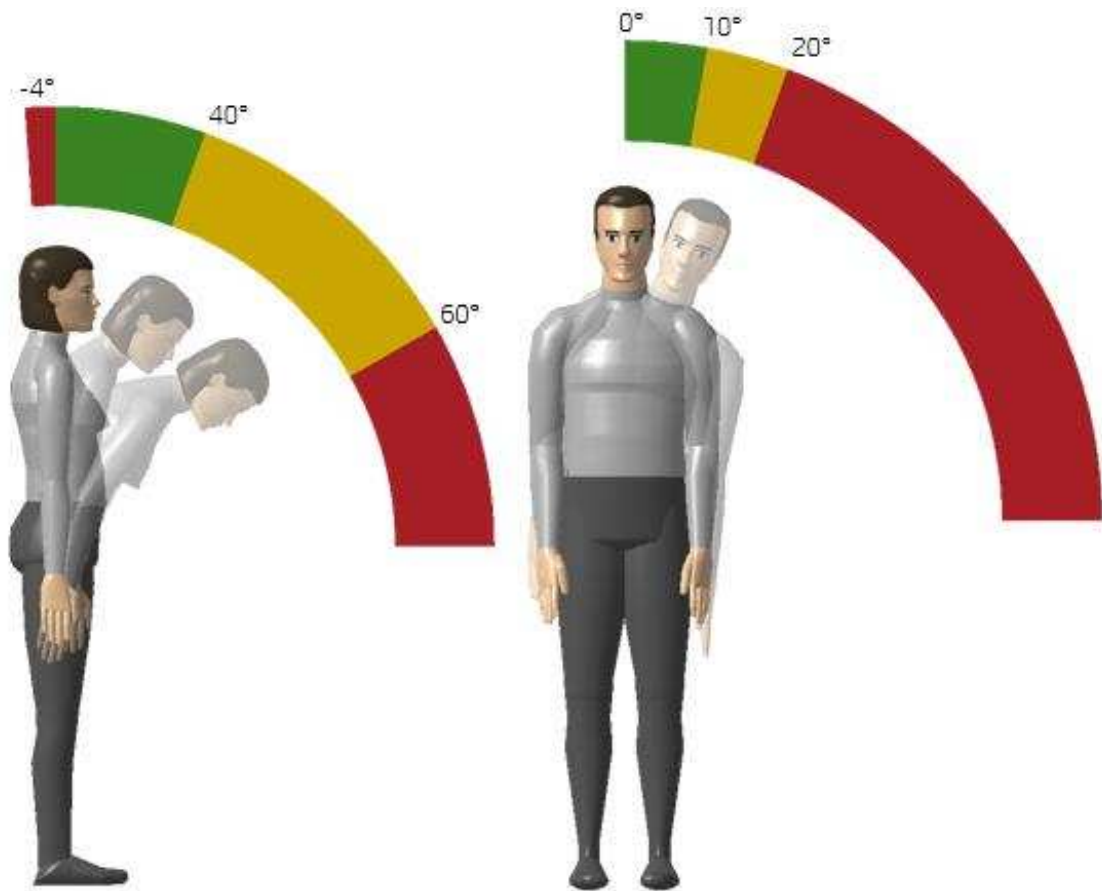
- › Předklon hlavy větší než 25° bez opory trupu a úklon a rotace hlavy větší než 15°
- › Záklon hlavy bez podpory celé hlavy
- › Úklon a rotace hlavy větší než 15°

› Podmíněně přijatelné polohy

- › V rozmezí 15 – 25° pro předklon a 5 – 15° pro úklon do strany a rotaci.⁹

⁹ Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

Trup:



Obr. 2.3: Trup

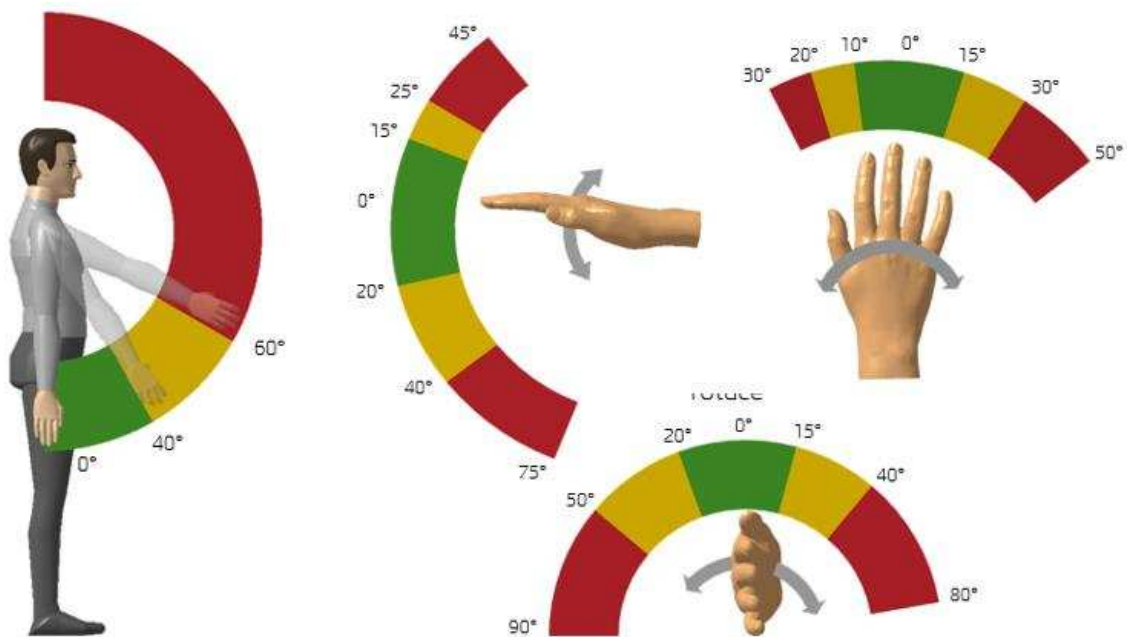
(zdroj: Kolektiv oddělení ergonomie 2017¹⁰)

› **Nefyziologické pracovní polohy trupu:**

- › Nepříjemné pracovní polohy:
 - › Předklon trupu větší jak 60°
 - › Úklon nebo pootočení do strany větší jak 20°
 - › Záklon bez opory celého těla
- › Podmíněně přijatelná pracovní poloha:
 - › Předklon trupu 40° až 60° bez opory trupu
 - › Záklon trupu s oporou těla
 - › Výrazný úklon či rotace větší 10° a menší než 20°. ¹⁰

¹⁰ Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

Horní končetiny:



Obr. 2.4: Paže a dlaně

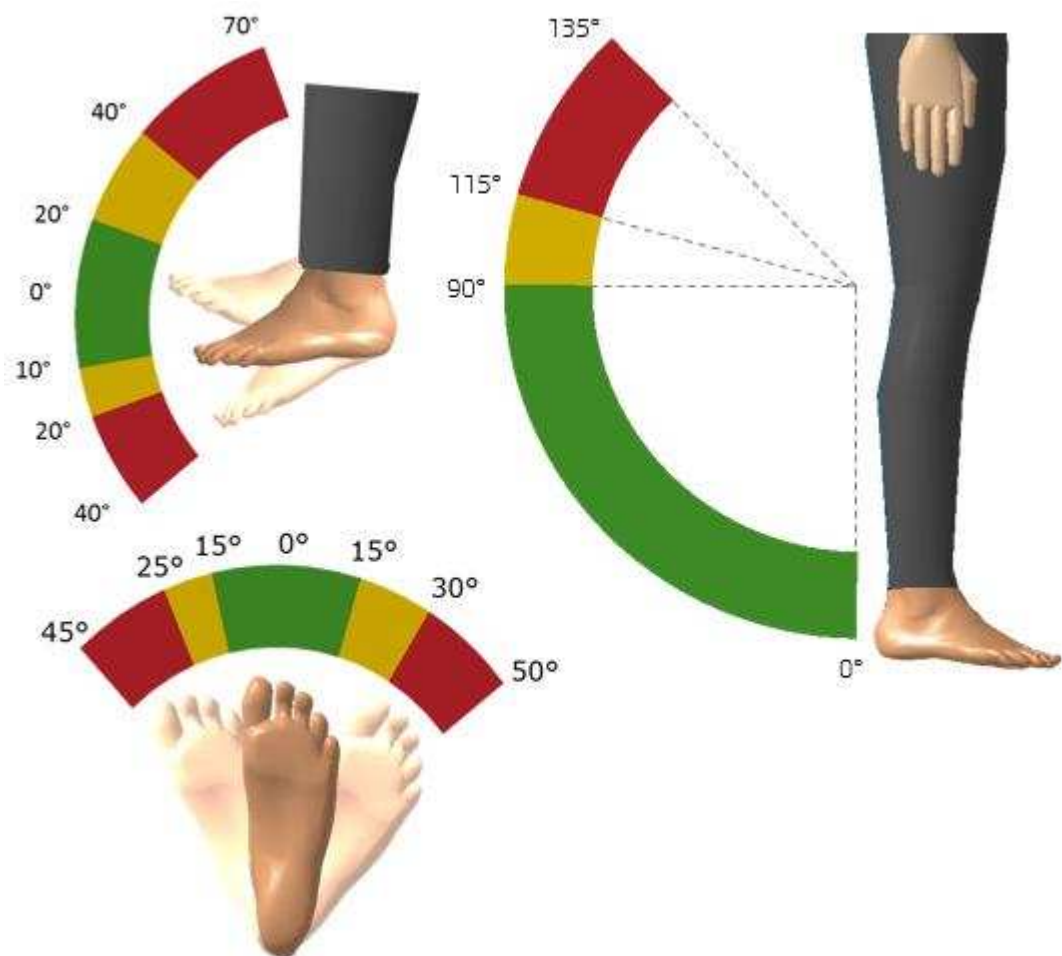
(zdroj: Kolektiv oddělení ergonomie 2017¹¹)

› Nefyziologické pracovní polohy horních končetin:

- › Nepříjemné pracovní polohy
 - › Vzpažení před trup nebo upažení do strany větší jak 60°
 - › Nevhodná poloha paže (krajní rotace, zvednutí, ohnutí dozadu...) bez opory celého těla
 - › Vzpažení paže větší než 60°
 - › Mezní poloha kloubu zápěstí
 - › Velká rotace¹¹
- › Podmíněně přijatelné polohy
 - › Vzpažení před trup nebo upažení do strany větší jak 40°¹¹

¹¹ Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

Dolní končetiny:



Obr. 2.5: Dolní končetiny

(zdroj: Kolektiv oddělení ergonomie 2017¹²)

› **Nefyziologické pracovní polohy dolních končetin:**

› Nepřijatelné pracovní polohy

- › Extrémní flexe kolena, extrémní dorzální/plantární flexe kotníku
- › Práce v dřepu, kleku
- › Práce na špičkách¹²

› Podmíněně přijatelné polohy

- › U kolen se vychází z polohy, u které je úhel mezi stehnem a lýtkem větší než 90°¹²

¹² Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

2.2 Hodnocení ergonomie dle mezinárodně uznávaných metod

V následujících podkapitolách jsou popsány metody hodnocení ergonomie, které jsou používány v Evropě i ve světě.

2.2.1 EAWS

„Ergonomic Assembly Worksheed“ (EAWS) je ergonomická metoda, která vyhodnocuje pracovní polohy s pomocí trestných bodů (viz Obr. 2.6). K tomu se používá formulář, který má 4 strany, obsahující tabulky pro hodnocení poloh těla, působení síly, manipulaci s břemeny a zatížení horních končetin při opakujících se pohybech. Intenzita a délka pracovního zatížení mají velký vliv na konečný součet bodů.¹³

| | | |
|---------------|-----------------------|--|
| Green | 0 – 30 points | Žádné riziko nebo nízké riziko – doporučuje Není potřeba žádná akce |
| Yellow | 31 – 50 points | Možné riziko – nedoporučuje Potřebuje zjistit a řešit problém a tím snížit riziko |
| Red | > 50 points | Vysoké riziko – je nutné se vyvarovat Opatření na snížení rizika |

Obr. 2.6: Hodnocení EAWS

(zdroj: Kolektiv oddělení ergonomie 2017¹⁴)

Metodika EAWS byla vyvinuta Institutem pro Ergonomii z Darmštdské Technické Univerzity (IAD) ve spolupráci s mezinárodním MTM úřadem a otestován u evropských výrobců vozidel a automotive výrobců. EAWS vyhovuje požadavkům směrnic EU 89/391/EEC, 98/37/EC, EN1005 atd. EAWS přiřazuje pracovnímu zatížení a vynaloženému úsilí na práci body za ergonomicky nežádoucí a nepříznivé situace. Výsledný součet bodů roste s intenzitou a trváním pracovního zatížení.¹³

Výhodou metodiky EAWS je, že je možné tuto metodiku aplikovat jak ve výrobních, tak i plánovacích fázích.

¹³ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

¹⁴ Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

| European Assembly Worksheet (V 1.3.2c de) | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|----|----|----|--|------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------|--------------|
| Držení těla, tak jako Držení trupu a rukou (inkl. břemen / akční síly 30-40N) Na dobu taktu $\neq 60s$, se korigují hodnoty v řádcích 1-16 následovně: Doba trvání = (Doba držení těla) $\times 60 \div$ doba taktu [sec] | | (za minutu / směnu) Doba trvání Statického držení trupu a rukou [% , sec/min, min/8h] | | | | | Součet řádek | Držení těla | | | | |
| | | | | | | | | Otáčení trupu ¹⁾ | Náklon trupu ¹⁾ | Vzdálenost dosahu (RW) ²⁾ | | |
| | | | | | | | Doba 0-3 | Výška 0-5 | Doba 0-3 | Výška 0-5 | Doba 0-2 | Výška 0-5 |
| | | | | | | | Doba x výška | Doba x výška | Doba x výška | Doba x výška | Doba x výška | Doba x výška |
| Postoj | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | Vzpřímený postoj & chůze, popřípadě lehký náklon dopředu nebo dozadu | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | | | | | |
| 2 | | Postoj, bez opěry (omezení k extra bodům) | 1 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | |
| 3 | | Náklon dopředu (20-60°) s vhodnou opěrou | 3 | 7 | 12 | 23 | 40 | | | | | |
| 4 | | Velký předklon >60° s vhodnou opěrou | 5 | 12 | 21 | 38 | 63 | | | | | |
| 5 | | Vzpřímeně, ruce ve výšce ramen / nad ní | 5 | 12 | 21 | 38 | 63 | | | | | |
| 6 | | Vzpřímeně, ruce nad hlavou | 8 | 19 | 33 | 60 | 100 | | | | | |
| Sezení | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | Vzpřímeně s opěrou zad popřípadě s lehkým předklonem nebo záklonem | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | | | | | |
| 8 | | Vzpřímeně bez opěry zad (omezení v extra bodech) | 0 | 1 | 2 | 4 | 7 | | | | | |
| 9 | | Předklon | 1 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | |
| 10 | | Vzpřímeně, ruce ve výšce ramen / nad ní | 4 | 10 | 16 | 30 | 50 | | | | | |
| 11 | | Vzpřímeně, ruce nad hlavou | 6 | 14 | 25 | 45 | 75 | | | | | |
| Klečení nebo podřep | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | Vzpřímeně | 5 | 9 | 15 | 27 | 45 | | | | | |
| 13 | | Předklon | 6 | 14 | 25 | 45 | 75 | | | | | |
| 14 | | Ruce ve výšce ramen / nebo nad ní | 9 | 23 | 43 | 80 | 135 | | | | | |
| Ležení & lezení | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | Ležení na zádech, prsou oder straně, ruce nad hlavou | 9 | 21 | 37 | 68 | 113 | | | | | |
| 16 | | Ležení | 10 | 33 | 66 | | | | | | | |
| 1) 0 1,5 2,5 4s (6%) 10s (15%) 13s (20%) 5 | | 2) 0 1 2 10s (15%) 13s (20%) 4s (6%) | | | | | | | | | | |
| lehce, <10° středně, ~15° silně, ~25° extrémně, >30° | | otázko těla ~60% RW ~80% RW natažené ruce | | | | | | | | | | |
| Držení = Σ řádek 1 - 16 | | | Upozornění: max. doba trvání = doba taktu, popřípadě činnosti nebo 100%! | | | | Upozornění: korigovat hodnotu, pokud doba taktu $\neq 60s$ | | | = | | |

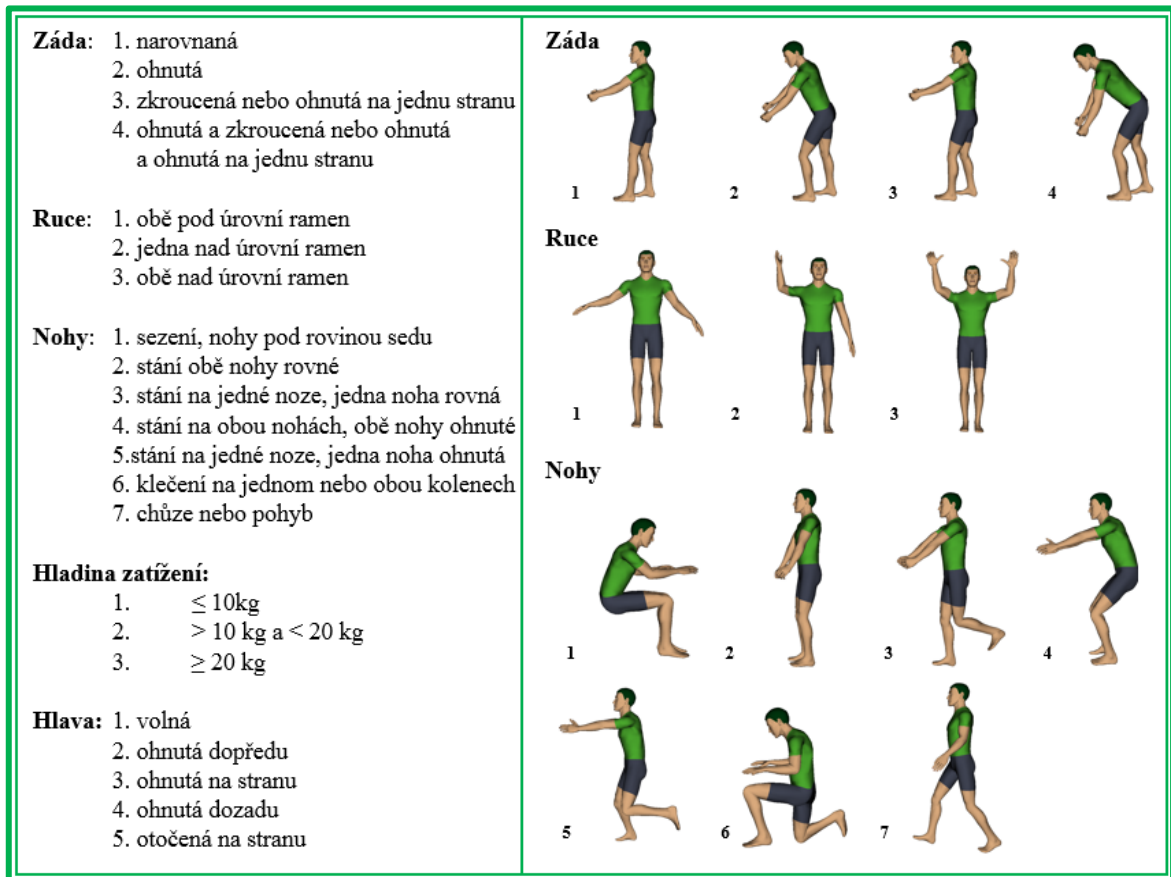
Obr. 2.7: Formulář EAWS

(zdroj: Kolektiv oddělení ergonomie 2017¹⁵)

¹⁵ Kolektiv oddělení ergonomie 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

2.2.2 OWAS

Metoda OWAS se používá pro klasifikaci pracovní polohy a vyhodnocení náležitosti korektivních opatření. Zhodnotí se relativní nepohodlí pracovní polohy na základě pozice zad, rukou a nohou, hlavy a hladiny zatížení. Pracovní poloze se přiřadí hodnotící číslo. Které označuje náležitost provést další analýzy a opatření ke snížení potencionálního nebezpečí poškození pracovníka (viz Obr. 2.8).¹⁶



Obr. 2.8: Klasifikace poloh těla dle OWAS

Metoda OWAS se používá pro:

- › Standardizované ergonomické ohodnocení pracovních poloh a zatížení
- › Zlepšování a plánování pracoviště, pracovních metod a postupů
- › Plánování práce pro postižené/invalidní jedince
- › Vědecký výzkum¹⁶

¹⁶ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

Metoda OWAS byla jednou z prvních ergonomických metod pro hodnocení poloh celého těla v průmyslu. Byla vyvinuta ve Finsku při vyšetřování pracovních poloh v ocelářské společnosti Ovako. Pracovníci byli fotografováni během pracovních úkonů a analýzou fotografií bylo identifikováno 84 různých poloh. Zatížení při těchto polohách bylo hodnoceno jak samostatnými pracovníky, tak mezinárodním týmem ergonomů z hlediska nepohodlí a možného vlivu na zdraví. OWAS pak přiřazuje polohám hodnotící čísla (záda, horní a dolní končetiny) a zařazuje je do 4 kategorií. Základní systém OWAS byl později rozšířen o další polohy, hlavy a krku. Během dvaceti let byla metoda systematicky vylepšována a byl vyvinut počítačový kód (COWAS).¹⁷

Tab. 2.1: *Hodnocení OWAS*

| Klasifikace dle OWAS | Popis |
|-----------------------------|---|
| 1 | Pracovní poloha/kombinace poloh je normální a přirozená a zatížení svalovo-kosterního systému je přijatelné. Nejsou třeba žádná korektivní opatření. |
| 2 | Pracovní poloha/polohy mohou mít škodlivý vliv, zatížení je téměř přijatelné, korektivní opatření není třeba provést okamžitě, ale při plánování v budoucnu by se mělo uvažovat o případných změnách. (žlutá) |
| 3 | Pracovní poloha má zřetelně škodlivý vliv na svalovo-kosterní systém. Zatížení je poměrně velké. Korektivní opatření se musí provést co nejdříve. (oranžová) |
| 4 | Pracovní poloha má velmi škodlivý vliv na svalovo-kosterní systém, zatížení je velmi vysoké. Korektivní opatření se musí provést ihned. (červená) |

¹⁷ BAUMRUK, Martin. 2012. *Process Simulate Human*. Praha: Siemens.

OWAS se ukázala být snadno přizpůsobitelnou metodou pro běžné analýzy pracoviště a byla využita v řadě studií v průmyslu i ve stavebnictví.¹⁸

Metoda OWAS používá 3 nebo 4místný kód k popisu různých poloh zad, rukou, nohou a síly (hmotnost břemene nebo vynaložená síla). Celková pracovní poloha je pak zařazena do jedné ze čtyř kategorií, s popisem nutnosti dalších analýz, resp. nutnosti modifikace pracoviště. Klasifikace poloh vychází z expertního odhadu zdravotních rizik pro každou pracovní polohu nebo kombinaci poloh na svalovokosterní systém.¹⁸

2.2.3 RULA

Nástroj RULA byl vyvinut Dr. Lynn MCAtamney a Dr. Nigel Corlett z Univerzity of Nottingham's Institute of Occupation Ergonomics. Poprvé byl popsán v roce 1993 v časopise Applied Ergonomics.¹⁸

Rula je metoda pro analýzu pracovní doby, která hodnotí riziko poškození horních končetin při práci. Nejčastěji se používá pro hodnocení prací s intenzivním používáním rukou jako psaní na klávesnici nebo montáž u pracovního stolu nebo linky.¹⁸

Nástroj nedává konkrétní doporučení, jak práci změnit, je navržen pro rychlé a snadné vytváření pracovní polohy a odhaluje, zda bude nutné použít další podrobné analýzy (SSP apod.) pro vyhodnocení práce. Hodnotící čísla pro jednotlivé části těla lze nicméně použít pro porovnání několika různých poloh těla a upravit tak pracovní prostředí (např. výšku pracovní desky) pro neoptimálnější polohu.¹⁸

Vstupy:

- › Poloha rukou
- › Poloha trupu
- › Síla
- › Repetitivnost (opakování)¹⁸

Na základě natočení kloubů a postavení, užití svalů, váhy, trvání úkolů a frekvence se odhadne, zda pracovníci nejsou vystaveni zvýšenému riziku muskuloskeletálního poškození. Vypočte se hodnotící číslo (rizikový faktor) v rozmezí 1–7. Dle tohoto hodnotícího čísla se určí, zda pracovní poloha je ergonomicky přijatelná, nebo zda je nutné pracovní úkon modifikovat.¹⁹

¹⁸ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

Výstup:

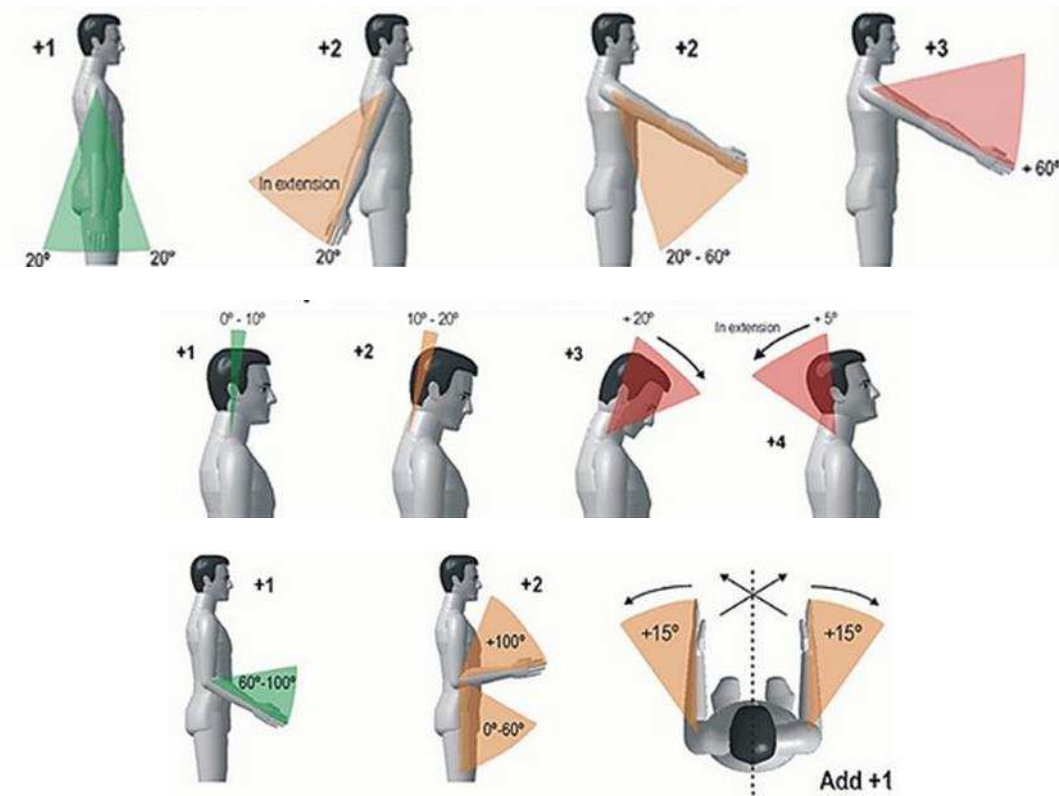
- › 1–2 značí, že držení těla je přijatelné (pokud není poloha udržovaná nebo opakováno po příliš dlouhou dobu).
- › 3–4 značí, že je třeba provést další analýzy a možná budou třeba změny.
- › 5–6 značí, že je potřeba provést další analýzy, změny jsou vyžadovány brzo.
- › 7 znamená, že další analýzy a změny jsou nutné okamžitě.¹⁹

RULA hodnotí zatížení v pracovní poloze pro konkrétní okamžik v průběhu práce. Pro analýzu se proto vybere (minimálně jedna) nejnepříjemnější pozice v úkolu. Faktor výběru nejnepříjemnější polohy může být např. doba držení polohy těla (vybere se poloha nejdéle drenážní) nebo natočený části těla (vybere se poloha s největším natočením částí těla od neutrální polohy).¹⁹

Nástroj RULA lze použít pro výrobní operace s větší repetitivností v průběhu směny. Určí se zda je pozice držena déle než 1 min., nebo zda se opakuje víc než čtyřikrát za minutu a definuje se, zda se zatížení vyskytne občas, nebo je statické, nebo se pravidelně opakuje.¹⁹

Metoda Rula hodnotí jednotlivé stupně poloh a činností svalů, které přispívají k RSI (Repetitive Strain Injuries). Pracovnímu výkonu přiřazuje hodnotící číslo 1–7, čím větší číslo, tím větší hladina rizika. Nicméně nízká čísla nemusí garantovat, že na pracovišti neexistuje ergonomické riziko a vysoké číslo nezaručuje, že existuje vážný problém, nástroj byl vyvinut pro hodnocení pracovních poloh a detekci rizikových faktorů, kterým je nutné dále věnovat pozornost a provést další analýzy. Různým polohám těla, typu práce (statická, opakovatelnost...) a zatížení se přiřazují body a na jejich základě se určí hodnotící čísla 1 – 7. Na následujících obrázcích jsou ukázány pouze body za polohu těla.¹⁹

¹⁹ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.



Obr. 2.9: Hodnocení RULA

(zdroj: <https://figshare.com>²⁰)

2.2.4 Low Back Analysis

Bolest zad (Low back pain) je v pracovní populaci poměrně rozšířená (podle studií se s ní během pracovního života někdy setkala 50 – 80% populace pracovníků). Nejčastěji je ohrožena bederní oblast zad. Zvedání a další manuální úkony mohou vyvolat velké tlakové, smykové a torzní síly na segmentech páteře a vést k poškození ploténky a povrchu kloubů a měkké tkáně. Analýzou se zjistí, jak velké síly působí na bederní část zad člověka při předdefinovaných zatěžovacích podmínkách průběhu práce. Vyhodnotí se míra nebezpečí poranění zad pro konkrétní pracovní úkony a různé pracovníky z populace. Výsledek simulace se porovnává s návrhem doporučení nebo podnikovými standardy a zjistí se tak, zda práce nevystavuje pracovníka zvýšenému riziku poranění (nemoci z povolání).

Např. v softwaru Jack se používá složitý biomechanický model svalů trupu a páteře, který obsahuje anatomická a fyziologická data.²¹

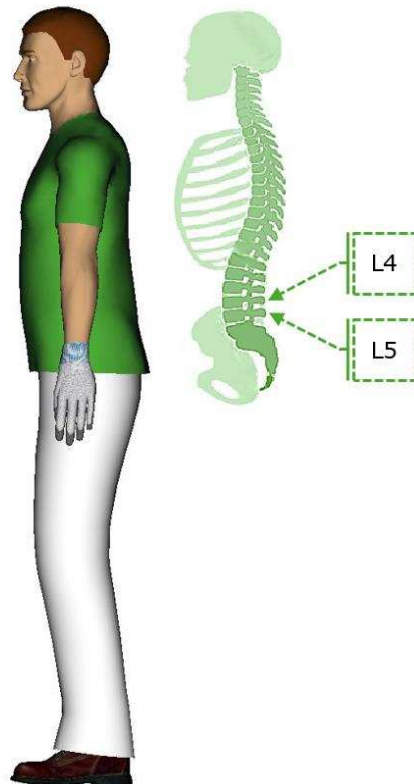
²⁰ RULA: Ergonomics. Figshare [online]. 2014 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <https://figshare.com>

²¹ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

Práci lze modelovat buď staticky, nebo vytvořit simulaci pohybu a hodnotit zatížení v daném čase a průběhu prací najít přesný moment, kdy zatížení v zádech překročí doporučené hodnoty. Spočítá se tlaková a smyková síla působící na L4 a L5 obratle, dále sagitální, laterální a axiální momenty (představují vliv horní části těla a váhy břemene na obliques a rectus abdomini), tenze ve svalech pěti skupin zádočných svalů a DMH rozdělení momentu (distribuovaný diagram momentu). Z řady studií vyplynulo, že tlaková síla páteře má významný vliv na poranění zad a bolest v kříži (low back).²²

Použití:

- › Pokud zatížení přesáhne limit 3400 N, pak práce představuje pro některé pracovníky zvýšené nebezpečí vzniku poranění.
- › 6400 N pak představuje zvýšené riziko poranění pro většinu pracovníků²²



Obr. 2.10: Obratle L4 a L5

²² BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

2.2.5 NIOSH

National Institute for Occupational Health (NIOSH) je americká vládní agentura, která provádí výzkum a dává doporučení k prevenci pracovních zranění. Byly vytvořeny dvě metody pro analýzu manuálních operací zdvihu – NIOSH 81 a NIOSH 91 (upravené NIOSH 91 rovnice počítají i s asymetrií zdvihu). Analýza NIOSH hodnotí polohu pracovníka na začátku a na konci operace zdvihu oběma rukama, chůze se nebere v úvahu kromě dvou kroků.²³

Výsledkem **NIOSH 91** rovnice je **Recommended Weight Limit RWL** (doporučený hmotnostní limit váhy břemene). RWL je definován jako váha, kterou téměř všichni zdraví pracovníci mohou po daný čas a za daných podmínek zdvihat bez zvýšeného rizika zranění a vzniku bolesti zad.²³

RWL rovnice počítá míru váhových příspěvků (6 proměnných takzvaných multiplikátorů). Jejich míra je vyjádřena koeficienty, které snižují základní konstantní váhu břemene, která představuje maximální doporučený váhový limit pro zdvihání za ideálních podmínek.²³

Měřitelné proměnné jsou H, V, D, A, F, C a multiplikátory M snižují jednotlivé proměnné. Tyto multiplikátory lze použít k identifikování specifických problémů analyzované práce. Relativní poloha každého multiplikátoru označuje příspěvek jednotlivých faktorů (např. horizontální, vertikální vzdálenost je příliš velká, příliš vysoká frekvence atd).²³

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

Obr 26. Rovnice RWL

(zdroj: BAUMRUK, Siemens 2012²³)

²³ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

Load Weight (L) – Referenční hmotnost zdvihaného břemene včetně hmotnosti kontejneru (kg). Lze zadat průměrnou a případně maximální váhu (pokud se váha břemene mění).²⁴

Horizontal location (H) – Horizontální vzdálenost je měřená mezi středovým bodem mezi kotníky. Bod ruky je definován v místě prvního kloubu prostředníčku. H je omezeno minimální vzdálenosti 25 cm (i když břemeno lze přenášet nebo držet blíže než 25 cm od kotníku, většinu břemen takto nelze zdvihnout bez kolize s břichem nebo ramenem. Maximální vzdálenost je dána 63 cm (je to pravděpodobně příliš daleko pro menší pracovníky zejména při asymetrickém zdvihu, navíc při větší vzdálenosti než 63 cm od kotníku, břemeno větší nelze zdvihnout bez částečné ztráty rovnováhy).²⁴

Vertical location (V) – Vertikální vzdálenost rukou měřená od kloubu prostředníčku ruky k podlaze (cm). Měří se počáteční a cílová poloha zdvihu.²⁴

Vertical Travel Distance (D) – Vertikální posunutí je vertikální vzdálenost mezi počátkem a cílem zdvihu. D se uvažuje minimálně 25 cm a maximálně 175 cm.²⁴

Asymetry Angle (A) – Úhel asymetrie je úhel otočení od střední sagitální roviny těla pracovníka na začátku a na konci zdvihu ve stupních. Koeficient asymetrie významně snižuje RBL oproti symetrickému zdvihu. V mnoha případech asymetrického zdvihu se pracovník otočí nebo si ukročí stranou pro dokončení zdvihu. To se ale může významně měnit v závislosti na pracovníkovi a typu zdvihu, proto se v rovnici předpokládá nulové otočením úkok.²⁴

Lifting Frequency (F) – Frekvence je průměrný počet zdvihu za minutu po periodu 15 min. Pokud se frekvence zdvihu mění úkol od úkolu o více než o dva zdvihy za minutu, každá práce by se měla analyzovat odděleně, doba trvání se zadá na základě pracovního rozpisu pro celou směnu.²⁴

Kvůli potencionálním změnám v průběhu práce, může být obtížné získat přesné číslo pro patnáctiminutovou periodu. Pokud je frekvence zdvihání v průběhu dne významně odlišná, měly by se použít standardní smplovací techniky pro získání reprezentativního vzorku k určení množství zdvihu za minutu.²⁴

²⁴ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

Lifting Duration (C) – Trvání zdvihu – rozdělení času práce a času odpočinku.

Uřídí se celkový čas kontinuálního zdvihání a čas odpočinku pro každý zdvihací úkol.²⁵

- › Krátké (1 hodina)
- › Střední (1–2 hodiny)
- › Dlouhé (2–8 hodin)

Kategorie jsou rozděleny na základě poměru periody souvisle zdvihací práce a času odpočinku (např. lehká práce, sezení, lehká montáž, sledovací poradce, přestávka) po periodě souvislého zdvihání.²⁵

2.3 Spotřeba metabolické energie při práci

Nástroj predikuje spotřebu metabolické energie při práci. Zjistí se, zda výdej metabolické energie nepřekračuje doporučené hodnoty, tedy jestli pracovník není vystaven zvýšenému riziku únavy a zranění.²⁵

- › Nástroj Energy Expenditure Prediction rozděluje pracovní úkol na dílčí operace, u kterých je spotřeba energie určena na základě měřitelných faktorů jako je síla, vzdálenost, frekvence, postavení, druh úkonu a čas (Garg et al., 1978). Celková spotřeba metabolické energie se pak spočítá ze známých výdajů energie těchto dílčích činností, udržovacích výdajů energie a doby trvání práce.
- › Nástroj byl vyvinut na Center for Ergonomics, University of Michigan, během výzkumu byla použita kromě jiného i metoda měření spotřeby kyslíku.
- › Nástroj je určen pro ergonomické analýzy práce, návrh pracovních úkolů, porovnání různých pracovních metod, vyhodnocení zlepšení práce a identifikace úkolů vyžadující vysoký výdaj energie.²⁵

Výdaj metabolické energie se počítá jako součet energetických nároku dílčích, dobře definovaných úkonů, které tvoří pracovní úkol. Takto lze identifikovat, které konkrétní úkony v práci nejvíce přispívají k celkové spotřebě energie a hledat optimalizované řešení. Metoda umožňuje analýzu energetického výdaje existující práce nebo simulaci ještě neexistující navrhované práce.²⁵

Energetické výdaje úkonů se počítají pomocí rovnic odvozených z empirických dat. Do rovnic vstupují proměnné jako síla, vzdálenost, frekvence, pozice, technika

²⁵ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

zdvihu, čas, pohlaví, váha těla atd. Průměrná míra výdaje metabolické energie (v průběhu času pracovní operace) je spočtena jako součet výdaje energie jednotlivých úkonů plus energie potřebná k udržení těla v různých pozicích těla.²⁶

$$E_{job} = E_{basal} + \sum \left(\frac{E_{taskj}}{T_{taskj}} \right)$$

E_{job} = průměrná míra spotřeby energie práce (Kcal/min)

E_{basal} = metabolická spotřeba energie nutná k udržování základního (bazálního) metabolismu a držení těla (Kcal/min)

E_{taskj} = čistý energetický výdaj pro j-tý dílčí úkon (Kcal)

T_{taskj} = čas trvání j-tého dílčího úkonu (min.)

Rovnice se skládá z dvou základních komponentů:

- › První komponent znamená energetický výdaj nutný pro udržování nároků těla nesouvisející s prací a energie nutná pro držení polohy těla, která je funkcí pohlaví, váhy těla a polohy těla (stání, stoj s předklonem, sezení).
- › Druhý komponent znamená čistý energetický požadavek pro různé úkony, které tvoří pracovní úkol. Model osahuje řadu různých úkonů statických i dynamických.²⁶

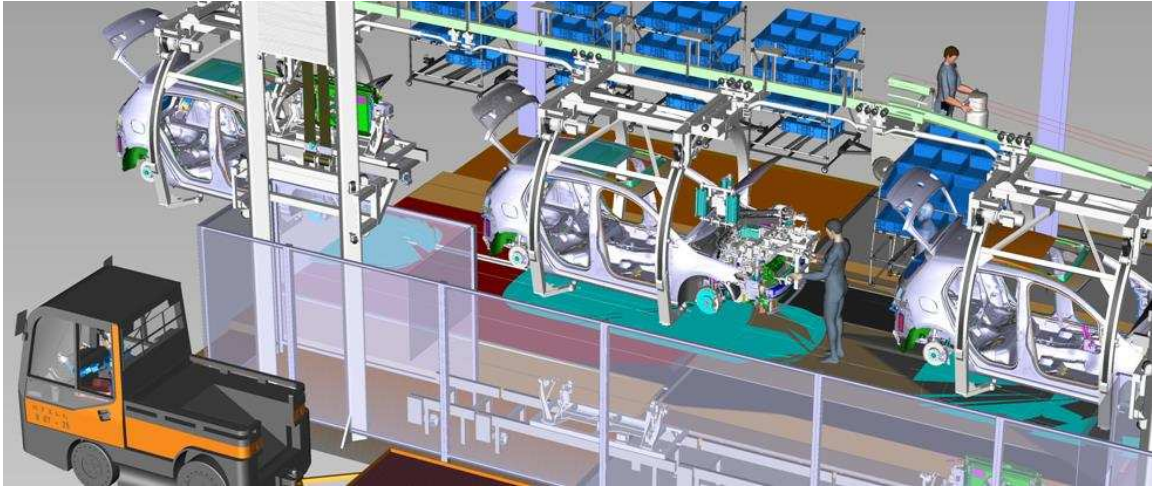
2.4 Software používaný pro simulaci ergonomie

Pro simulaci ergonomie jsou k dispozici softwary jako, např. Tecnomatix Process Simulate (Siemens), Jack (Siemens), Human Solution – Ramsis, Delmia ergonomics analysis atd. Pro hodnocení ergonomie bude použit v této práci Jack (Siemens).²⁷

Jack je software, který byl vyvinut v 80. letech s pomocí NASA na univerzitě v Pensylvánii. Původně byl vytvořen pro simulace servisních operací při vývoji mezinárodní kosmické stanice.²⁷

²⁶ CHAFFIN, Don. 2001. Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Warrendale: SAE international, 2001. stránky XVII, 184. ISBN 07-680-0687-2.

²⁷ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.



Obr. 2.11: Software Process Simulate

(zdroj: BAUMRUK, Siemens 2012²⁸)

Software Jack využívá antropometrický model člověka, který lze libovolně upravovat anebo lze vybrat model člověka vytvořený dle antropometrického průzkumu. K modelu člověka se zobrazí 3D data pracovních prostředků a zařízení, a tím se vytvoří pracoviště, ve kterém pracovník svou práci vykonává.²⁸

Program umožňuje např. zobrazit zorné pole, dosahové vzdálenosti, kolize modelu s objekty v reálném čase. Pro vyhodnocení ergonomie pracoviště jsou obsaženy analýzy jako např. Low Back Analysis (analýza zatížení bederní páteře), Static Strength Prediction (zatížení statickými silami), Ovako Working Posture Analysis System (kontrola pracovního postoje) atd.²⁸

2.5 Jack 8

Jack je komplexní 3D simulační nástroj, který umožňuje simulovat, kontrolovat a vyhodnocovat působení pracovní činnosti a pracovního místa na člověka.

V softwaru Jack lze optimalizovat ergonomii návrhů produktů a zdokonalit výrobní úlohy již od počátečních fází výrobního procesu. Ať už se jedná o ergonomické přizpůsobení výrobku (automobil, letadlo, stroje atd.) nebo o výrobní zdroje. Digitální prostřední je možné doplnit virtuálními pracovníky a upravit jeho rozvržení tak, aby odpovídalo počtu a fyziognomii pracovníků. V návrzích je možné testovat celou řadu lidských faktorů, včetně rizika zranění, pohodlí uživatelů, dosažitelnosti, pohledů, výdajů

²⁸ BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens.

energie, mezi únavy a dalších důležitých parametrů. Je tak možné nepřímo zvýšit produktivitu obsluhovaných pracovišť, a naopak významně snížit riziko zranění či nemoci z povolání.²⁹

Software obsahuje biomechanicky přesný digitální model člověka s reálným fyziologickým rozsahem pohybů kloubů a antropometrií. Umožňuje rychlé vytváření simulace pohybů prostřednictvím inverzní kinematiky. Součástí softwaru je databáze populačních průzkumů (např. ANSUR, GERMAN, NHANES, CHINESE, JAPANESE), případně lze definovat virtuálního člověka dle vlastních rozměrů.²⁹

Jack je vhodný pro konstruktéry a technology, ale je i silným nástrojem pro pracovní lékaře, ergonomy a techniky BOZP. S jeho pomocí lze předcházet poškození zdraví při práci a optimalizovat pracovní výkon. Důkladná analýza pracoviště v CAD prostředí ještě před výrobou fyzických komponent, snižuje náklady na zařízení a jejich konstrukci. Dále lze optimalizovat interiér vozidel v nástroji Occupant Toolkit.²⁹

Možnosti analýz v digitálním prostředí

- › Proveditelnost pracovních operací a ergonomicky přijatelná poloha pracovníka
- › Stanovení rizika zranění, výpočet spotřeby metabolické energie, porovnání s ergo standardy
- › Dosahové vzdálenosti různě vysokých pracovníků a jejich zorné úhly, pohled z očí pracovníka
- › Kontrola prostorů pro montáž dílů
- › Analýza rizika poranění z páteře, biomechanické zatížení zad a částí těla²⁹

²⁹AXIOM. Jack. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: zdroj: <http://www.axiomtech.cz/24829-tecnomatix-digitalni-tovarna-jack>



Obr. 2.12: SW Jack 8.4

Přínosy proaktivní ergonomie a simulace lidského faktoru

- › Zvýšení bezpečnosti ve výrobě
- › Snížení počtu zranění a počtu absencí
- › Snížení nemocí z povolání
- › Snížení fluktuace a nákladů na zácvik nových lidí
- › Snížení ztrátových časů – optimalizace rozložení pracoviště
- › Eliminace nákladů na přepracování plánu díky včasnému odkrytí problémů s výkonem lidí a zvládnutelností úkonů
- › Zvýšení produktivity, kvality, snížení nákladů na dodatečné opravy/úpravy
- › Snížení počtu výrobních problémů ještě před stavbou fyzického prototypu/produktu
- › Minimalizace problémů s nástroji, vybavením, rozložení výrobních zařízení na pracovištích³⁰

³⁰AXIOM. Jack. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: zdroj: <http://www.axiomtech.cz/24829-tecnomatix-digitalni-tovarna-jack>

3 Hodnocení kvality ve výrobním procesu

Ze základních cílů, které jsou kvalita, náklady a dodávka, by měla být vždy maximální prioritou kvalita. Nezávisle na atraktivnosti ceny anebo podmínek dodávky, které organizace zákazníkovi nabízí, v konkurenčním prostředí neobstojí, když bude jejím produktům nebo službám chybět kvalita. Zastávat názor " Kvalita na prvním místě " vyžaduje od manažerů určitou oddanost, protože právě oni musí mnohokrát vzdorovat pokušení hledat kompromisy při plnění podmínek dodávky anebo snižování nákladů.³¹



Obr. 3.1: Náklady při neřešení kvality

³¹ GEMBA KAIZEN: Řízení a zlepšování kvality na pracovišti. Brno: Computer Press, a.s., 2005, 314 s. ISBN 80-251-0850-3.

Kvalita je stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků. Inherentním znakem je vlastnost objektu kvality, která mu existenčně patří, zejména jde o trvalé znaky, tj. charakteristiky, rozlišující vlastnosti. Příkladem takových znaků je např. funkčnost nebo bezpečnost produktu.³²

Proces je posloupnost nebo řada časově uspořádaných událostí tak, že každá předcházející událost se zúčastňuje na determinaci následující události.³³

3.1 Nástroje a metody řízení kvality

Při řízení procesu kvality, nového nebo inovačního produktu, je potřeba celý proces kvality co nejvíc zefektivnit.

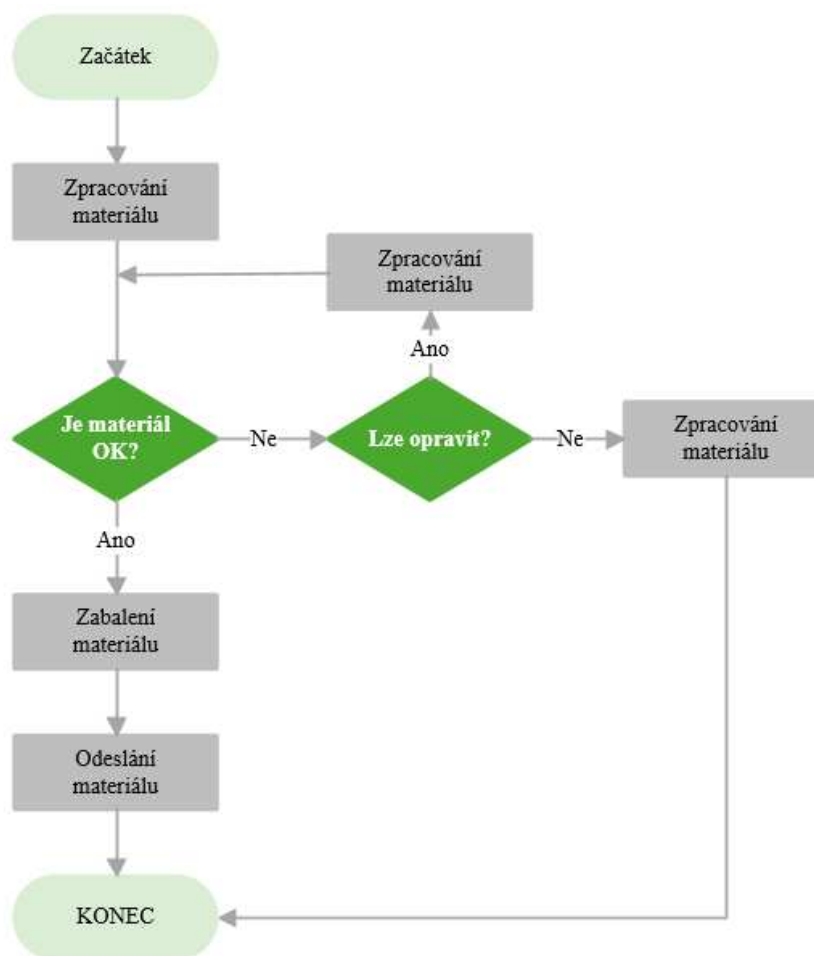
Sedm základních nástrojů kvality:

1. **Vývojový diagram** – stratifikuje proces do jednotlivých dílčích činností a okamžiku rozhodování (viz Obr. 3.2).
2. **Kontrolní záznamník** – shromažďování a zaznamenávání dat tak, aby mohly být určeny a zobrazeny obrazce a trendy (viz Obr. 3.3).
3. **Histogram** – množina proměnlivých hodnot sledovaného jevu sumarizovaná v určitém časovém okamžiku do sloupkového diagramu (viz Obr. 3.4).
4. **Diagram příčin a následku** – nástroj pro grafické zobrazení a utřídění všech příčin, které ovlivňují daný následek. Také zvaný Išikawův „fishbone“ diagram (viz Obr. 3.5).
5. **Paretův diagram** – uspořádání příčin ve sledu jejich významu a následné oddělení významných příčin od méně významných (viz Obr. 3.6).
6. **Regulační diagram** – stálý grafický záznam dat v časovém sledu, který znázorňuje klíčové ukazatele kvality. (viz Obr. 3.7).
7. **Korelační diagram** – slouží pro hodnocení míry závislosti mezi dvěma proměnnými (viz Obr. 3.8).³⁴

³² SPEJCHALOVÁ, Dana. Management kvality, bezpečnosti a prostředí. První vydání, Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2012, 278 s. ISBN 978-80-86730-87-5.

³³ WIKIPEDIE, [online]., Dostupné 20. 5. 2017 z WWW: <<https://sk.wikipedia.org>>

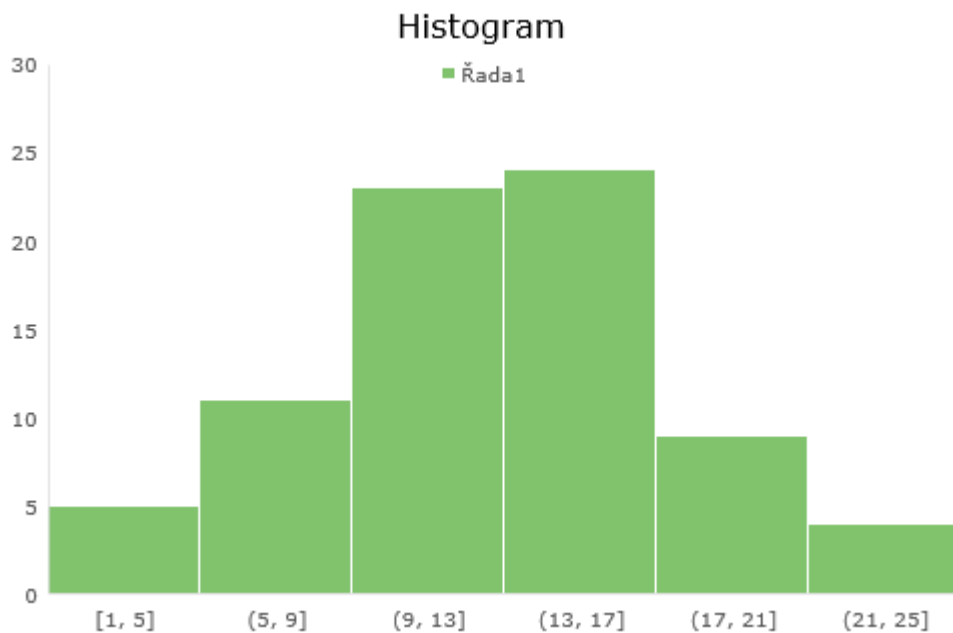
³⁴ Kolektiv oddělení kvality 2016. Katalog kvality. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.



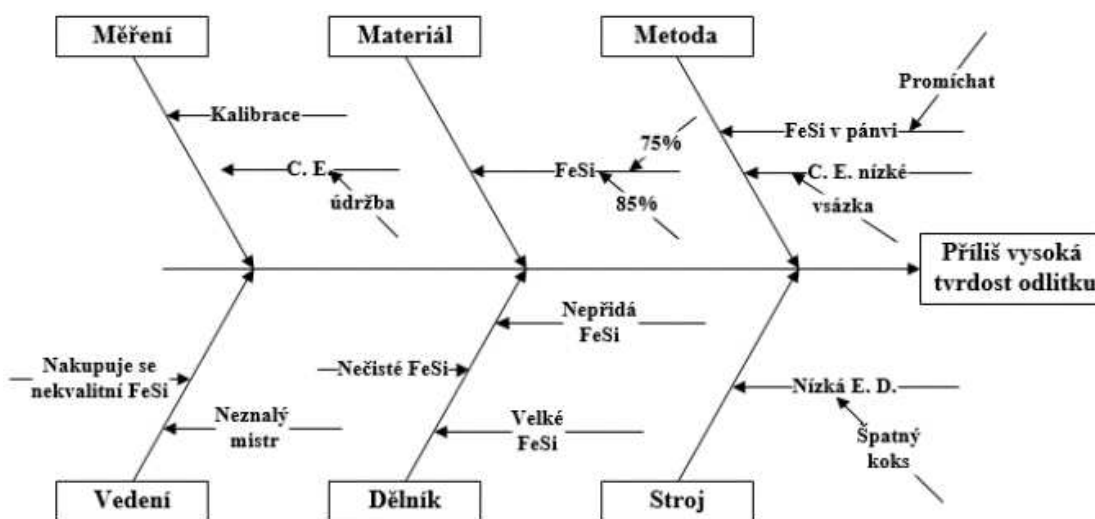
Obr. 3.2: Vývojový diagram

| KONTROLNÍ TABULKA PRŮMĚRU ZÁVLAČKY | | Tabulka č. 115 | |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----|
| Datum: 4.8. 2016 | | Operátor: | |
| Číslo soustruhu: 51077 | Číslo nože: B36 | Poznámky: výběr, kontrola | |
| Stupnice (mm) | Záznam | Součet | |
| < 0,4 - 0,7) | ### //// | 9 | LSL |
| < 0,7 - 1,0) | ### //// | 8 | |
| < 1,0 - 1,3) | ### ### ### ### | 20 | |
| < 1,3 - 1,6) | ### ### ### ### ### ### | 35 | |
| < 1,6 - 1,9) | ### ### ### //// | 18 | USL |
| < 1,9 - 2,2) | ### | 5 | |

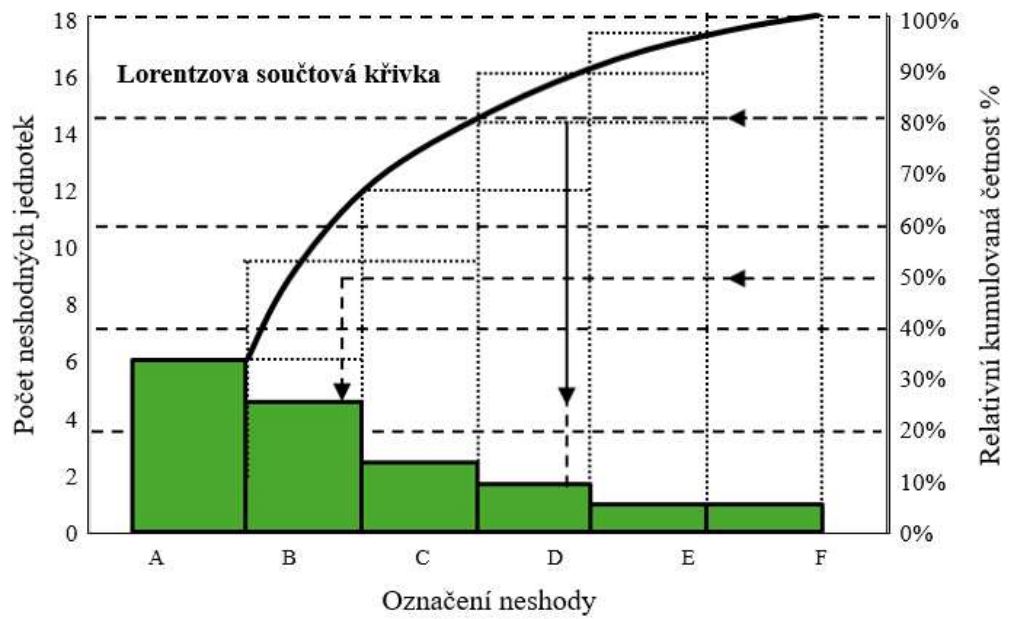
Obr. 3.3: Kontrolní záznamník



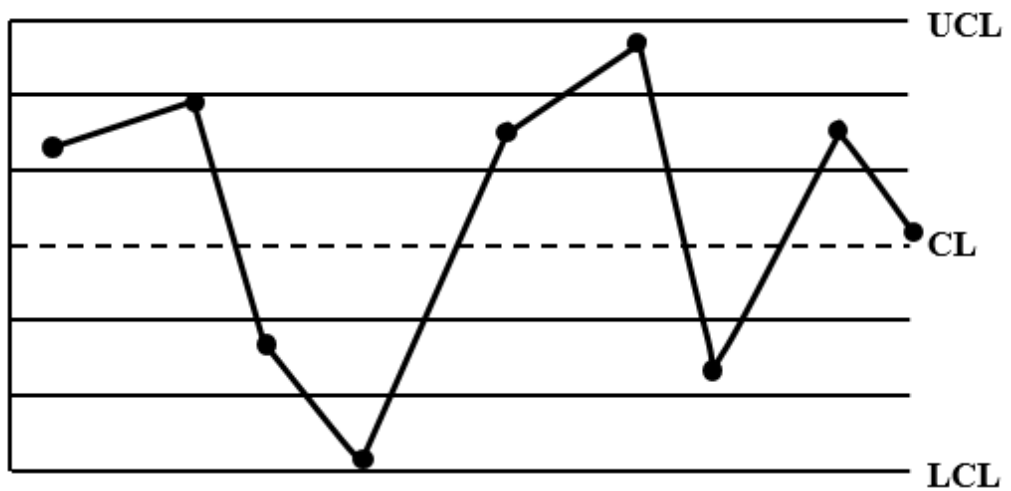
Obr. 3.4: Histogram



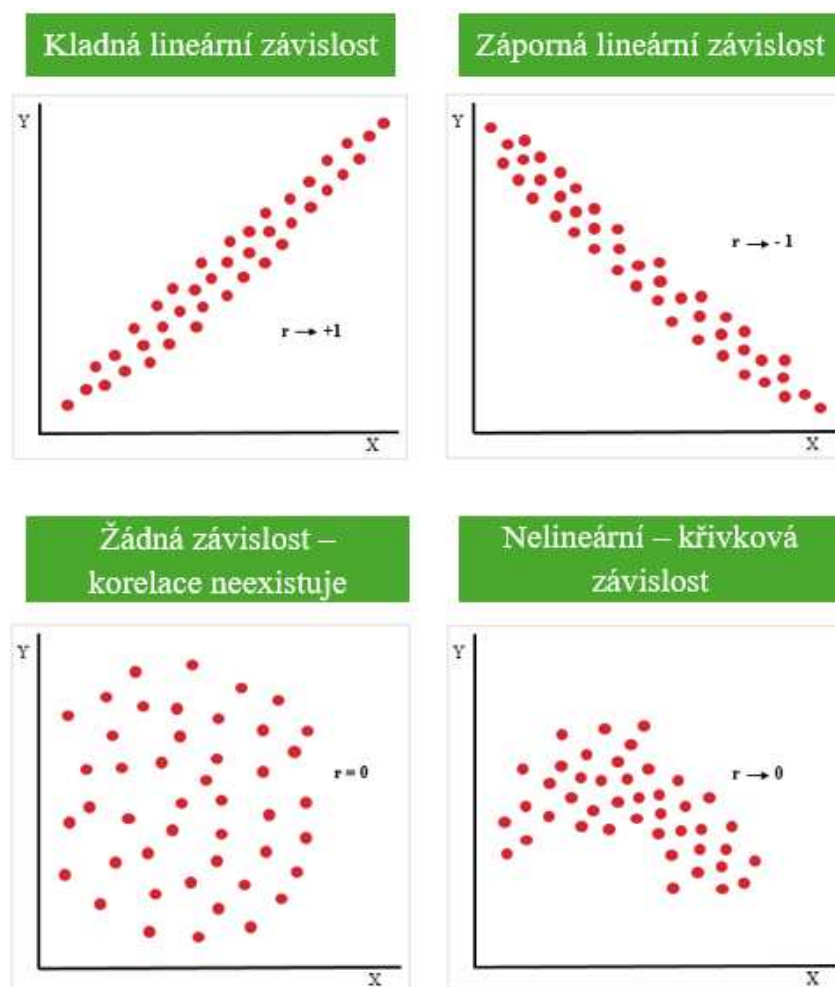
Obr. 3.5: Diagram příčin a následku



Obr. 3.6: *Paretův diagram*



Obr. 3.7: *Regulační diagram*

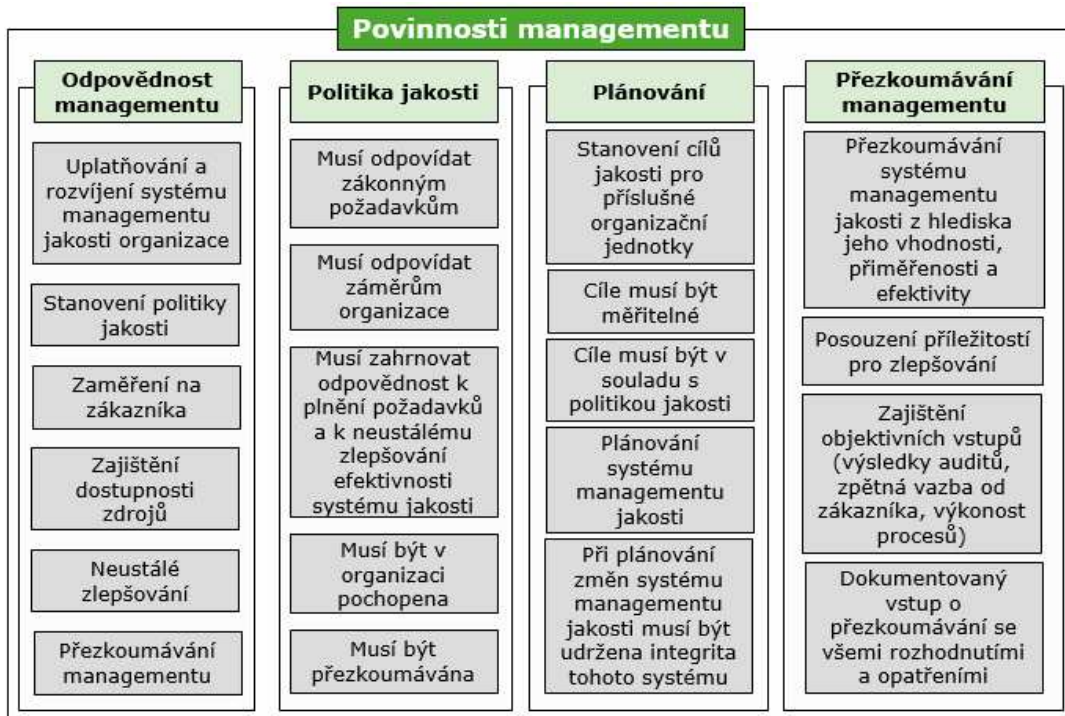


Obr. 3.8: Korelační diagram

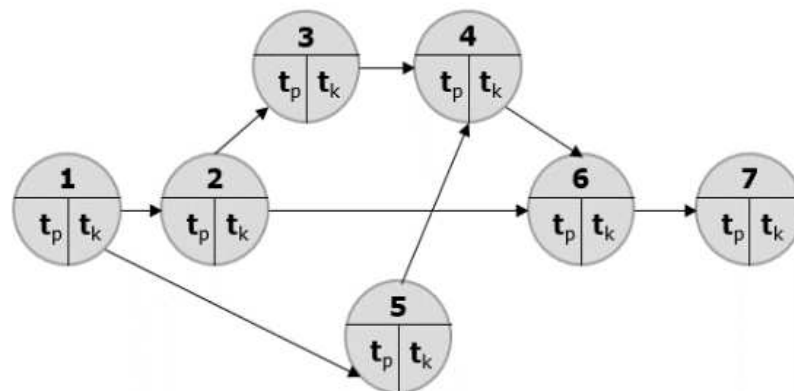
3.2 Sedm nových nástrojů kvality:

1. **Afinitní diagram** – graficky znázorňuje seřazení velkého objemu informací (viz Obr. 3.9).
2. **Sít'ový diagram** – vhodný pro hledání optima u řešení průběhu procesu (viz Obr. 3.10).
3. **Stromový diagram** – systematicky znázorňuje rozložení do jednotlivých částí (viz Obr. 3.11).
4. **Diagram vzájemných vztahů** – u složitých problémů identifikuje logické souvislosti (viz Obr. 3.12).
5. **Maticový diagram** – vyhledává vzájemné souvislosti mezi oblastmi řešeného problému (viz Obr. 3.13).
6. **Analýza údajů v matici** – porovnává různé položky s více prvky – doplňuje maticový diagram (viz Obr. 3.14).

7. **Diagram PDPC** – identifikuje problémy při realizaci procesu – doplňuje stromový diagram (viz Obr. 3.15).³⁵

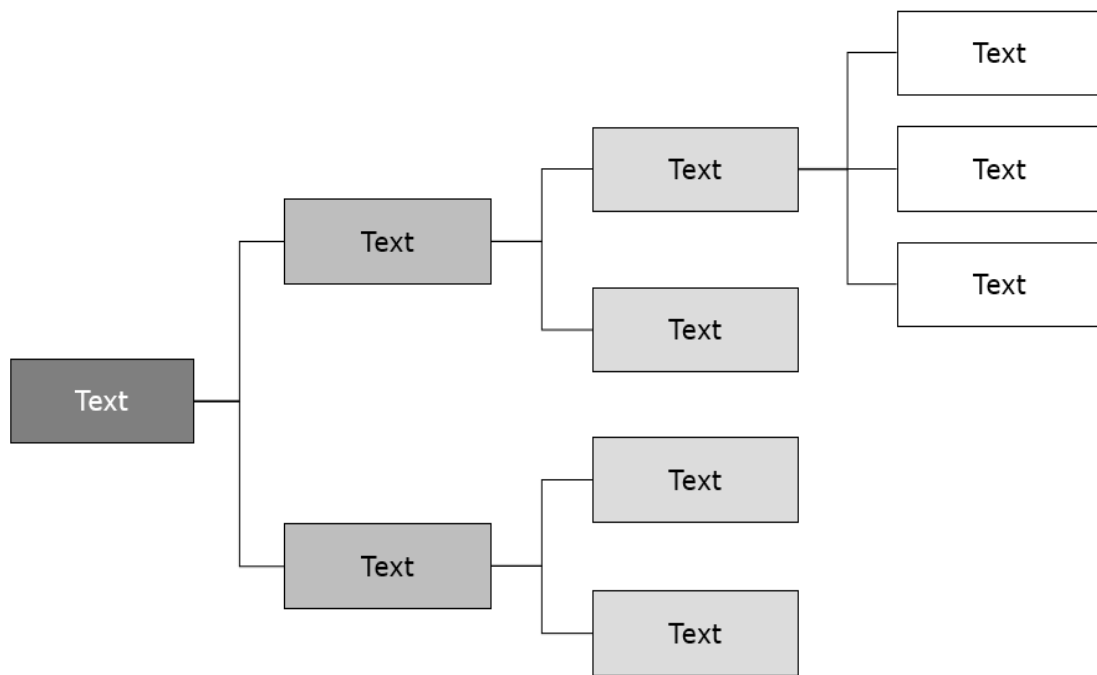


Obr. 3.9: Afinitní diagram



Obr. 3.10: Síťový diagram

³⁵ Kolektiv oddělení kvality 2016. Katalog kvality. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s..

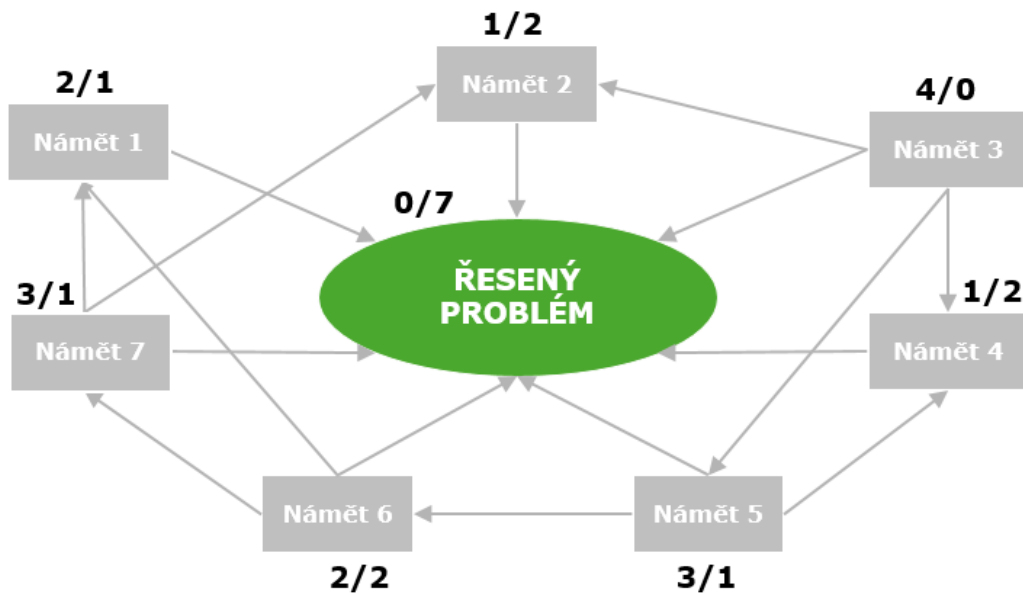


Obr. 3.11: Stromový diagram

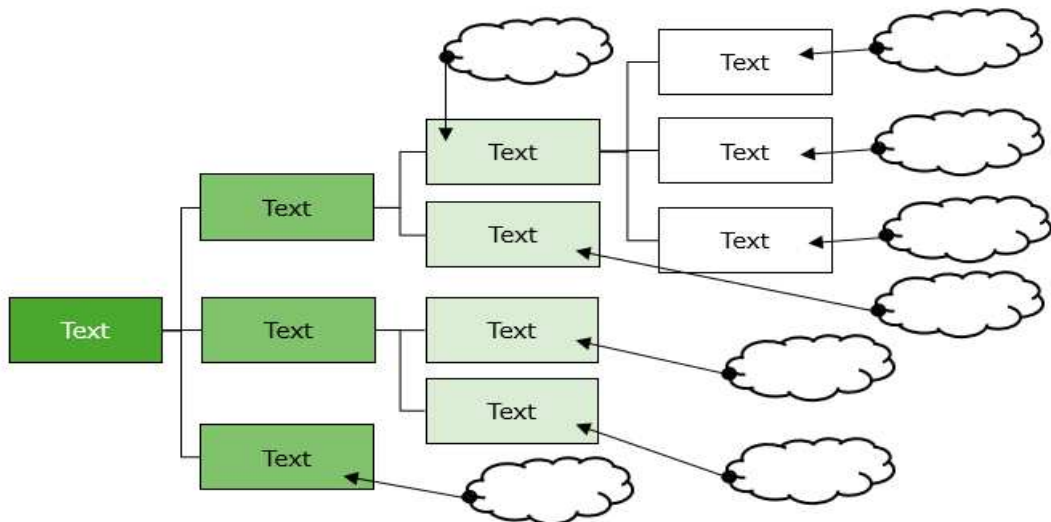
| | | A | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 |
| B | B1 | | | | |
| | B2 | | | | |
| | B3 | | | | |
| | B4 | | | | |
| | | | | | |

The table is a 5x5 grid. The top row is shaded light green and contains the header 'A' centered over the last four columns. The second row contains sub-headers 'A1', 'A2', 'A3', and 'A4' for the last four columns. The first column is shaded light green and contains the header 'B' centered vertically. The next four rows contain sub-headers 'B1', 'B2', 'B3', and 'B4' for the first column. A black arrow starts at the intersection of row B4 and column A4, moves up to the top of the cell, then left to the left edge of the cell, and finally down to the intersection of row B1 and column A4.

Obr. 3.12: Diagram vzájemných vztahů



Obr. 3.13: Maticový diagram



Obr. 3.14: Údaje v matici priorit

| Vstupní proměnné | Sledování vstupní proměnné | | | | Celkem |
|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--------|
| | Četnost výskytu | Propuštění vadného produktu | Náklady na odstranění | Dopad na zákazníka | |
| | Váha 3 | Váha 4 | Váha 5 | Váha 1 | |
| Vada 1 | 2 (10) | 3 (3) | 1 (5) | 2 (6) | 24 |
| Vada 2 | 1 (5) | 1 (1) | 1 (5) | 5 (15) | 26 |
| Vada 3 | 4 (20) | 5 (5) | 5 (25) | 1 (3) | 53 |
| Vada 4 | 2 (10) | 2 (2) | 2 (10) | 1 (3) | 25 |
| Vada 5 | 3 (15) | 1 (1) | 1 (5) | 3 (9) | 30 |

Obr. 3.15: Diagram PDPC

4 Metody pro zlepšení procesu kvality ve výrobě

Pro zlepšení kvality se využívá celá řada metod pocházejících především z Japonska. Nejznámější z nich jsou popsány v následujících podkapitolách.

4.1 Kaizen

Slovo KAIZEN vychází ze spojení dvou japonských slov KAI – změna a ZEN – dobré /lepší (viz Obr. 4.1). Doslovný překlad je neustálé zlepšování/změna k lepšímu. Základní strategie KAIZEN není jen neustálé zlepšování managementu ve společnostech, ale KAIZEN v Japonsku reprezentuje také styl života. V oblasti managementu znamená KAIZEN, "probíhající zdokonalování, týkající se všech – vrcholového a středního managementu, stejně tak jako všech řadových zaměstnanců".³⁶



Obr. 4.1: Filozofie KAIZEN

„Neustále zlepšování procesů, činností lidí a jejich spolupráce v podniku. Základem tohoto systému je kultura zlepšování, nespokojnost se současným stavem, neustále hledání a odstraňování plýtvání".³⁶

Cílem KAIZENU je neustále zvyšovat produktivitu přímo ve výrobě a zlepšovat služby, které firma nabízí. KAIZEN se zaměřuje na zlepšení existujících pracovních postupů. Může se jednat o správné řazení materiálu do připravených polic a zajištění jejich správnému označení. Dle filozofie Kaizen neexistuje dokonalost, ale vždy je co zlepšovat. Pokud člověk nevidí žádné další možnosti vedoucí ke zlepšení – je to špatně. KAIZEN vyžaduje neustálou angažovanost a snahu inovovat a zdokonalovat.³⁶

Japonsko poškozené 2. světovou válkou nevyhnutelně potřebovalo znovuobnovení infrastruktury, organizací a měst. Přišel velký import množství

³⁶ KOŠTURIÁK, I. Kaizen. Computer press, a.s., Vyd. 1. Brno, 2010. 272 s. ISBN 978-80-251-2349-2

technologií a expertů ze světa. Nejznámějšími odborníky byli Dr. W. E. Deming a Dr. J. M. Juran, kteří v Japonsku zavedli program pro zdokonalování kvality a další nástroje pro efektivní výrobu. Po implementování těchto nových technologií a idejí se dosáhla vyšší kvalita a produktivita. Japonský průmysl se koncentroval na schopnost přizpůsobit svoje výrobní procesy pro nové zákazníky a pro požadavky trhu. Levné suroviny a vysoká poptávka po zboží měly za následek vysokou míru plýtvání. Ropná krize v 70. letech změnila toto zažité podnikatelské prostředí. Ceny surovin a energií prudce vzrostly. Odběratelé, kterým začalo více zaležet na kvalitě než na kvantitě, nasycený trh a velké kapacity výrobních organizací měly za následek radikální změnu v chování a hospodaření organizací.³⁷



Obr. 4.2: *Dům Kaizen*

4.2 Poka – Yoke

Jeden z možných způsobů eliminace chyb a jejich předcházení je využití metodiky Poka-Yoke. Označení pochází z japonských slov Poka – chyba a Yoke – vyhnout se (viz Obr. 4.3).

³⁷ MAURER, Robert. *Cesta Kaizen: Z malého kroku k velkému skoku*. Praha: Pavel Dobrovský - BETA, 2005, s. 24. ISBN 80-7306-178-3.



Obr. 4.3: Filozofie POKA-YOKE

S tímto nápadem přišel Shigeo Shingo (1909-1990), který ho potom implementoval do TPS (Toyota Production System). Poka-Yoke je vysoce spolehlivá metoda, která je nízkonákladová a vyžívaná v systému Jidoka. Tento systém zastaví proces a preventivně chrání výrobu před neshodnými výrobky. Umí nastavit procesní postup tak, aby umožnil provést činnost jen jedním možným způsobem. Takto ošetřený proces eliminuje možnost provést něco nesprávně/ nekvalitně.³⁸

Poka-Yoke je vlastně snadná koncepční taktika pro odstranění lidských pochybení, která může nabízet spoustu moderních ergonomických přístrojů a pomocných systémů. Tyto přístroje mohou být využívány v mnoha průmyslových oblastech, např. automobilový průmysl, logistika atd. Poka-Yoke je metoda, která odstraní lidské chyby přímo u zdroje, a to předtím, než tyto chyby vůbec nastanou.³⁸

³⁸ SVOZILOVÁ, Zlepšování podnikových procesových procesů, Grada Publishing a.s., Vyd. 1. Praha, 2011. 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.



Obr. 4.4: Poka – Yoke

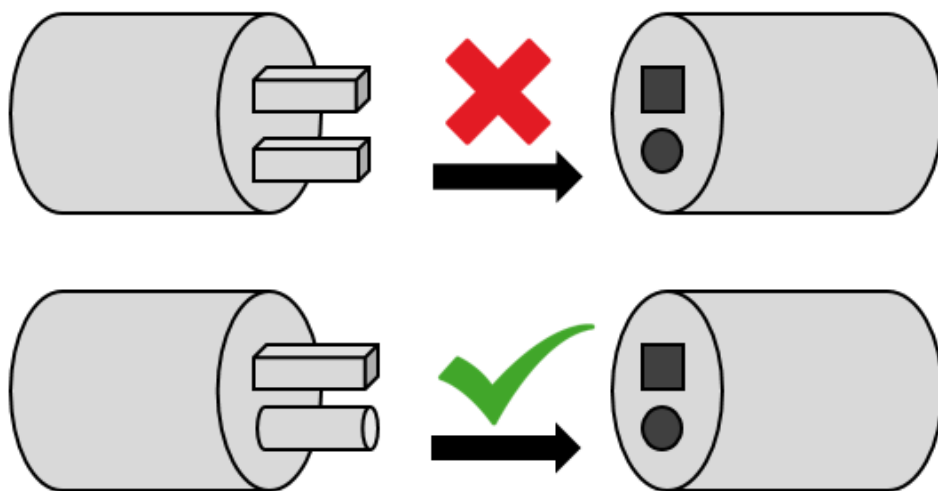
Mezi nejčastější chyby způsobené zaměstnanci patří:

- › **Zapomnětlivost, nesoustředěnost** – zaměstnanec zapomene namontovat díl
- › **Nedorozumění** – zaměstnanec nedisponuje dostatkem informací
- › **Operace vykonané nezaškoleným zaměstnancem**
- › **Úmyslná chyba** – záměrné ignorování pravidel
- › **Pomalost** – pozdní rozhodnutí zaměstnance může způsobit finanční ztrátu
- › **Neexistence norem** – chyby způsobené tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce a pokyny
- › **Překvapení** – stroj někdy pracuje mimo parametry, např. nečekaná porucha stroje.³⁹

³⁹Produktivne.sk, [online]., Dostupné 20. 5. 2016 z WWW: <<http://www.produktivne.sk>>

Jak implementovat Poka – Yoke systém:

- › Design součástek tak, aby šly namontovat pouze jedním způsobem. Pokud se dělník pokusí smontovat součástky špatně, tak se to nepovede smontovat (viz Obr. 4.5).
- › Použití barevných kódů, například každý díl má jinou barvu.
- › Použití směrových šipek nebo jiných označení k zajištění správného směru montáže.⁴⁰



Obr. 4.5: Správný design součástek

Aby nedošlo k záměně dílů při přípravě dílů v supermarketu, tak lze využít systémy Pick-to Light (viz následující podkapitola).

Pracovník vybírá jednotlivé díly, které je potřeba sestavit podle podrobného výrobního postupu, a to v přesně daném počtu kusů z různých palet. Systém Pick to Light zaručuje, aby v paletách byly správné díly ve správném počtu ve správný čas a aby pracovník vybral správný díl i jeho počet. Tím pádem tento systém redukuje počet chyb a šetří čas.⁴⁰

⁴⁰ POKA-YOKE ŘEŠENÍ OD MITSUBISHI ELEKTRIC. Controlengcesko [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: <http://controlengcesko.com>

Před implementací Pick to Light:

- › Ztráta času čtením seznamu komponentů
- › Pracovník musí hledat díly
- › Možné vybrání chybného dílu
- › Nezbytnost obsáhlého školení pracovníků

Po implementaci Pick to Light:

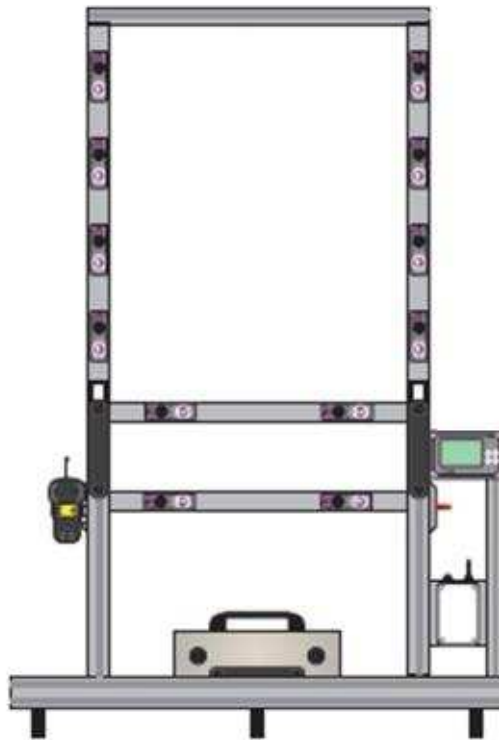
- › Nejsou potřeba seznamy komponentů nebo pracovní návodky
- › Pracovník nemusí pátrat po žádných dílech
- › Nemožnost vybrání chybného dílu, zvýšení kvality kompletace
- › Školení pracovníků je minimální⁴¹

⁴¹ POKA-YOKE ŘEŠENÍ OD MITSUBISHI ELEKTRIC. Controlengcesko [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: <http://controlengcesko.com>

4.2.1 Pick to systémy

Pick to systémy jsou podpůrné systémy, které pomáhají při vychystávání dílů. Je to velký pomocník pro zvládání komplexity. Dále jsou popsány jednotlivé druhy Pick to systémů.

Pick to Frame – v tomto systému jsou díly vychystávány pomocí takzvaného světelného rámu, který se přiloží k sekvenční paletě.⁴²



Obr. 4.6: Pick to Frame

(zdroj: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>⁴²)

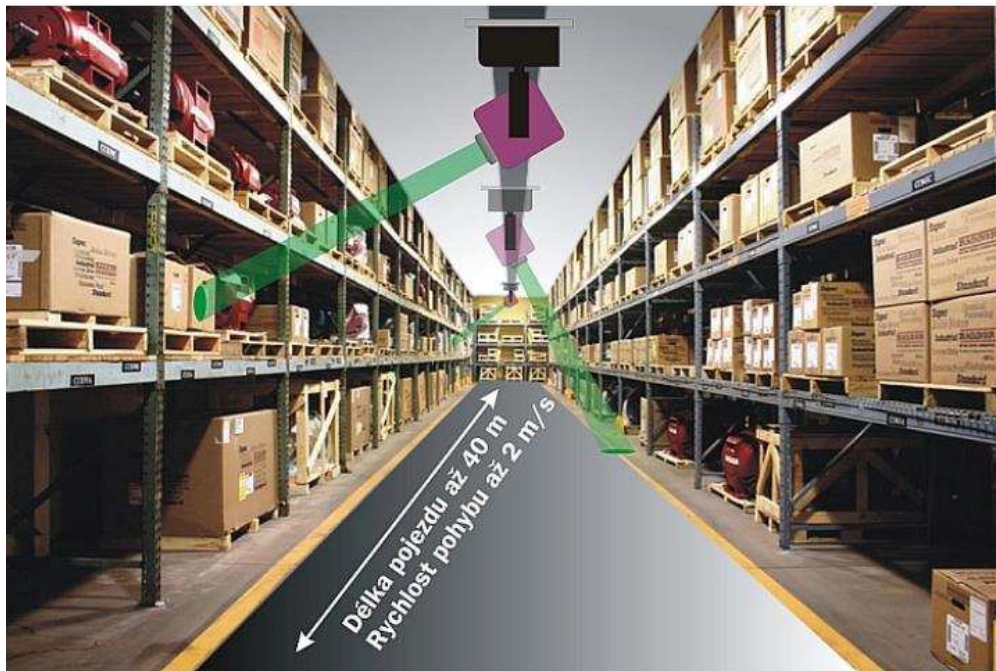
Pokud je kontrolní skenování správné, rozsvítí se na rámu světla a pozice na sekvenční paletě a kam má být díl vložen. Pokud dojde k chybnému oskenování, pak se nerozsvítí žádná světla. Po vložení dílu do palety, je potřeba potvrdit stiskem tlačítka u rozsvíceného světla. Tento proces probíhá až do naplnění celé palety a poté následuje odebrání světelného rámu.⁴²

⁴² Pick to Systems: Pick to Light. APOELMOS [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>

Výhody:

- › Mobilní systém pro výběr nebo vkládání materiálu
- › Bezdrátová komunikace s nadřazeným systémem
- › Světelná signalizace (červená, zelená, modrá) pomocí rozptylovací čočky
- › Zobrazení různých informací (číslo dílu, počet kusů)
- › Možnost připojení bezdrátové čtečky a majáku⁴³

Pick to Point – pracuje na podobné bázi jako Pick to Light, ale na rozdíl od Pick to Lightu je používán převážně pro díly, které jsou umístěny ve velkých paletách. Pozice, kam mají být vloženy díly nebo odkud mají být odebrány díly, jsou označeny světelnou šipkou. Tato šipka vychází z lampy, která je zavěšena nad supermarketem. ⁴³



Obr. 4.7: Pick to Point

(zdroj: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>⁴³)

Po odebrání všech dílů dochází k manuálnímu přepnutí pomocí dálkového ovládání. Vše se opakuje tak dlouho, než je vychystán kompletní sekvenční vozík. Jakmile je všechno odebráno, paleta s díly je dopravena k výrobní lince. ⁴³

⁴³ Pick to Systems: Pick to Light. APOELMOS [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>

Kompaktní univerzální systém, určený k výběru materiálu pomocí světla. Systém PTP může být nasazen v jakémkoliv průmyslovém odvětví, kde je kladen důraz na bezchybnost při výdeji i příjmu dílů. Hlavice jsou vybaveny vysoce svítivou LED, vyznačující se dlouhou životností, nízkou spotřebou a minimálním zahříváním. Led zaručuje extrémní světelný výstup a dobrou viditelnost na větší vzdálenost. Vysoká stálost barev je dána barevnými dichroidními filtry. Přesné polohování hlavic zajišťuje 16-bitový Pan/Tilt pohybový driver. Hlavice jsou určeny do nepřetržitého provozu. Kvalitní český optický systém zaručuje ostrý bod na větší vzdálenost.⁴⁴

Výhody:

- › vysoká svítivost
- › různé barvy zobrazení
- › možnost zobrazení obrazců (např. šipky)
- › nepřetržitý provoz

Pick to Light – pracuje s vychystáváním dílů na základě světelné signalizace (viz Obr. 4.8). Na rozdíl od Pick to Frame, který nám ukazuje, do které pozice má být díl vložen, tak Pick to Light ukazuje pozice, ze kterých má být díl odebrán. Rozsvěcují se světla, ze kterých pozic mají být díly odebrány. Jakmile je díl odebrán, světlo zhasne, pokud je odebrán díl ze špatné pozice, tak se rozsvítí červené světlo a zazní zvukový signál, který přirozeně upozorní pracovníka na to, že udělal chybu. Vše se cyklicky opakuje do té doby, než jsou všechna světla v supermarketu zhasnuta. Složený polotovar je vložen do sekvenční palety a následuje odvezení dílu na montážní linku.⁴⁴

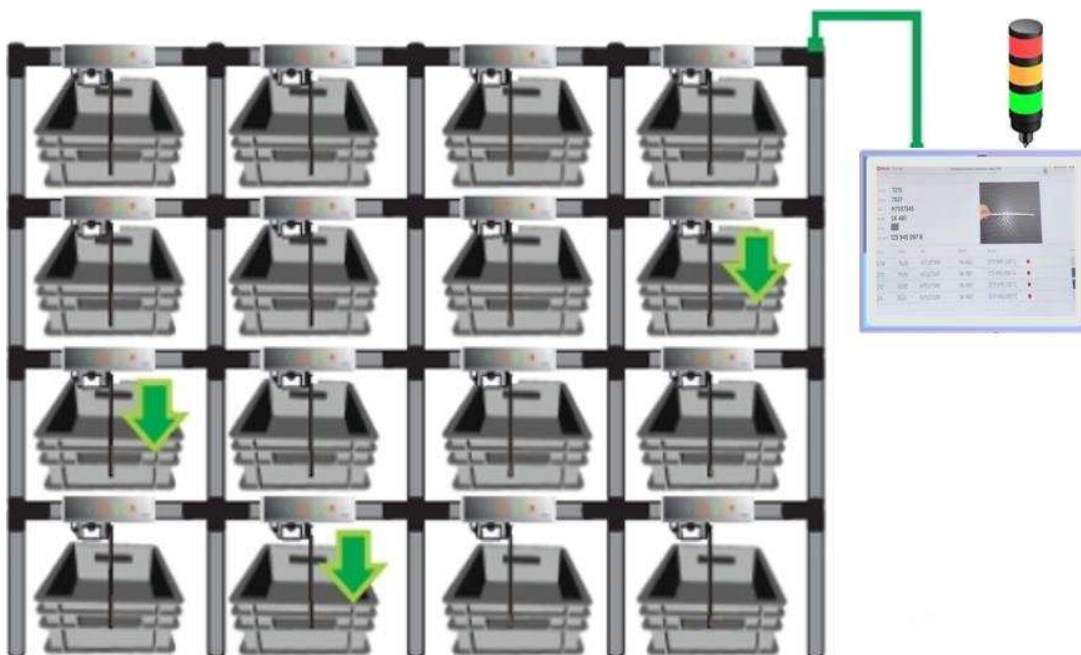
Výhody:

- › vysoká intenzita svítivosti
- › zobrazení místa, kde se díl nachází
- › snadná montáž a připojení
- › možnost zapojit více světelných modulů

Systém Pick to Light lze zavést v kterémkoli průmyslovém odvětví, ve kterém je důležitá bezchybnost při práci s odebráním dílů.⁴⁴

⁴⁴ Pick to Systems: Pick to Light. APOELMOS [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>

Zavedením systému Pick to Light se zvedne kvalita vychystávání dílů. Proškolení pracovníků není náročné na čas, a tím se snižují náklady. To je velkým přínosem při nábore nových pracovníků nebo brigádníků. Podstatná výhoda je relativně rychlá návratnost vložené investice, která je zapříčiněná eliminací výdajů spojených s tiskem veškerých papírových dokumentů.⁴⁵



Obr. 4.8: Pick to Light

(zdroj: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>⁴⁵)

Systém Pick to Light obsahují tyto komponenty:

- › Světelné moduly vybavené LED diodami s vysokou svítivostí
- › Některé systémy Pick to Light jsou doplněny ještě speciálními tlačítky
- › Průmyslový displej připevněný k pracovišti
- › Všichni dodavatelé nabízí kompletní systém se softwarem⁴⁵

Dodavatelé systému Pick to Light dodávají společně s hardwarem také své softwarové produkty pro správu a konfiguraci systému. Technologie Pick to Light je používána v odlišných odvětvích, jako například v maloobchodě, farmacii, automobilovém průmyslu, prodeji, výrobě a v mnoha dalších.⁴⁶

⁴⁵ Pick to Systems: APOELMOS [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.apoelmos.cz>

⁴⁶ SSI Schäfer. Pick to Light. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.ssischaefer.cz>

5 Zhodnocení vybraného pracoviště

V následující podkapitole 5.1 jsem vytvořil digitální model současného stavu pracoviště. V další podkapitole 5.2 je provedeno zhodnocení ergonomie na tomto pracovišti. Dále v podkapitole 5.3 je zhodnocení současného procesu na vybraném pracovišti, komplexita a schéma současného stavu.

Zhodnocení jsem provedl na výrobním pracovišti supermarketu ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Tato firma má několik tisíc pracovišť a je její povinností řešit ergonomii na všech pracovištích. Kromě ergonomie je tu na prvním místě kvalita, která, jak už bylo zmíněno v úvodu, je v odkazu zakladatelů společnosti.

Pro tuto diplomovou práci jsem použil 3D data a systémy digitální továrny, které jsou zde využity pro virtuální statické ověření ergonomie a také pro vizuální ověření kvality kompletovacího procesu.

V kapitole 5 popisuji vytypované pracoviště s praktickým využitím zvolené ergonomické a kvalitativní metody. Uvedl jsem zde konkrétní výsledky a doporučení pro změnu pracoviště z pohledu kvality a ergonomie.

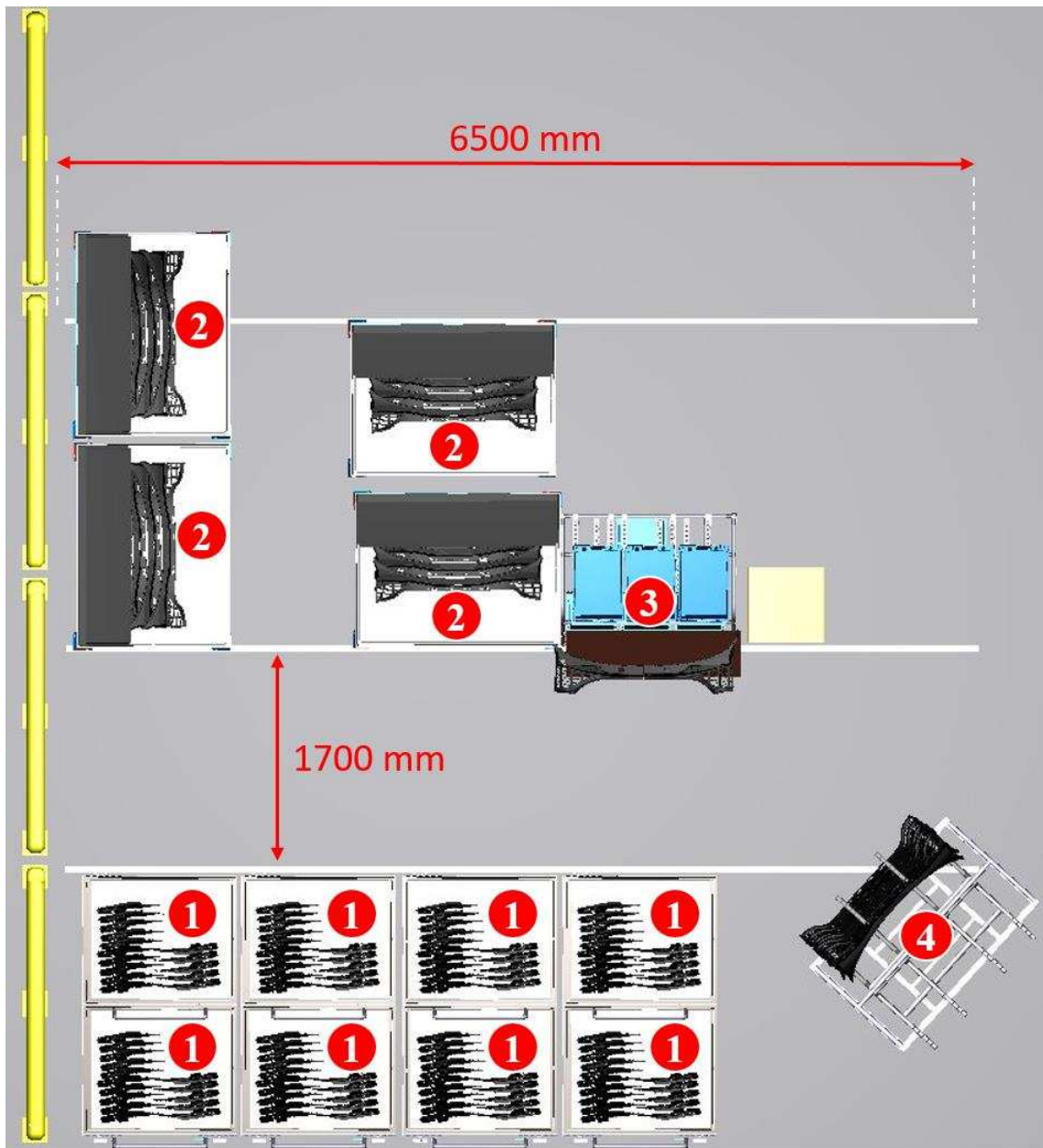
5.1 Popis vybraného pracoviště

V této kapitole popisuji vybrané pracoviště supermarketu, kde pracovnice předpřipravuje díly, které ručně kompletuje a ručně zakládá do připravených speciálních palet, které se navážejí na linku.

Za jednu pracovní směnu (8 hodin) musí pracovnice zkompletovat a založit 450 kusů krytů vodního kanálu. Hmotnost celkové sestavy je od 0,871 kg do 1,127 kg. Pracovnice vyjme z palety 2 správné díly (levou a pravou část) a položí je na pracovní plochu, která je připevněna k regálu TRILOGIC. Z KLT vybere 2 správné trysky a 1 vedení vody. Poté smontuje všechny díly a umístí hotovou sestavu do speciální palety.

Model pracoviště (viz Obr. 5.1) byl vytvořen v softwaru Jack a rozměrově odpovídá vybranému pracovišti. Na pracovišti je v současnosti následující vybavení:

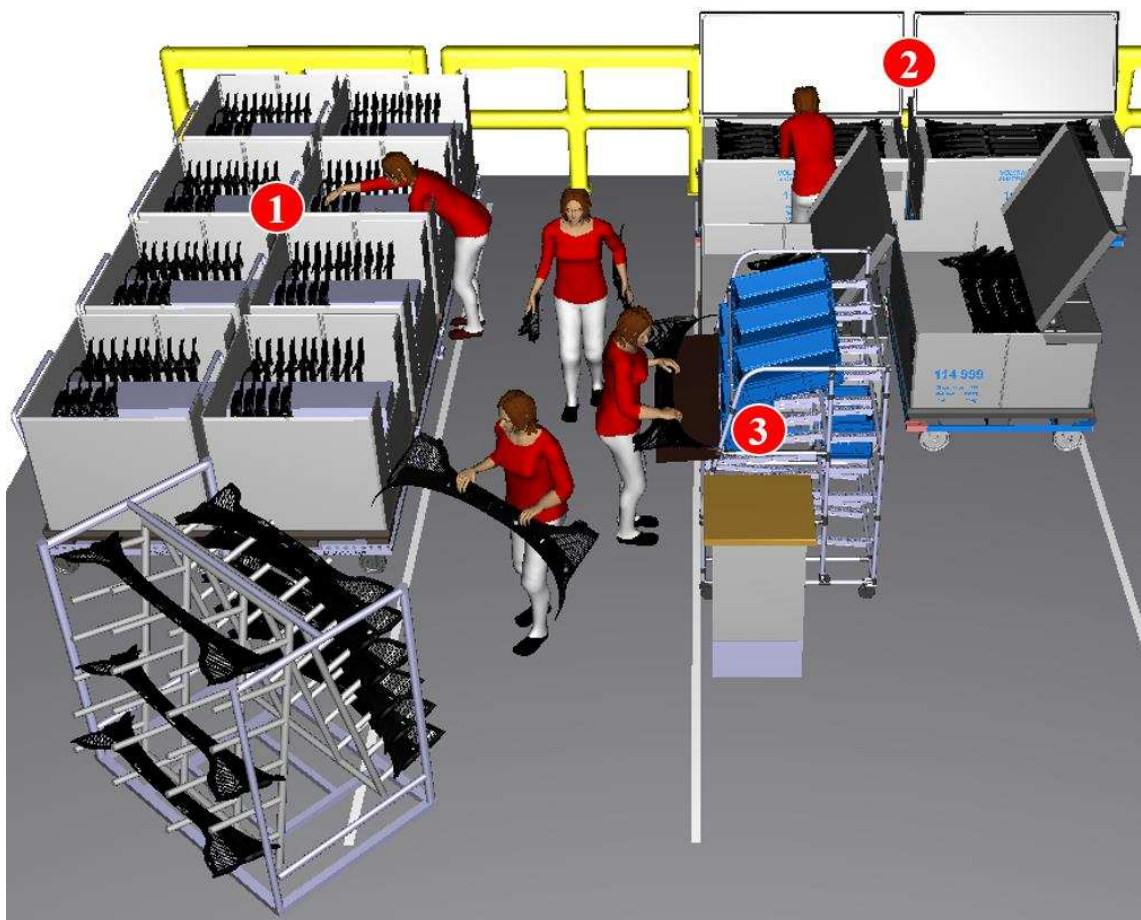
- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Paleta 114 888 má rozměry: | š1250 x d1100 x v900 mm |
| 2. Paleta 114 999 má rozměry: | š1600 x d1200 x v750 mm |
| 3. Regál s pracovní rovinou má rozměry: | š1600 x d1250 x v1650 mm |
| Výška pracovní plochy je ve výšce: | 1100 mm |
| 4. Speciální paleta má rozměry: | š1500 x d1250 x 1500 mm |



Obr. 5.1: Layout pracoviště

5.2 Zhodnocení ergonomie na pracovišti

Zhodnocení ergonomie jsem provedl v softwaru Jack 8.4 dle české legislativy (NV 361/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů) a dle Ovako. Dále jsem použil analýzu na vyhodnocení zatížení bederní páteře a svalového zatížení. Pracovní pozice jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 5.2).



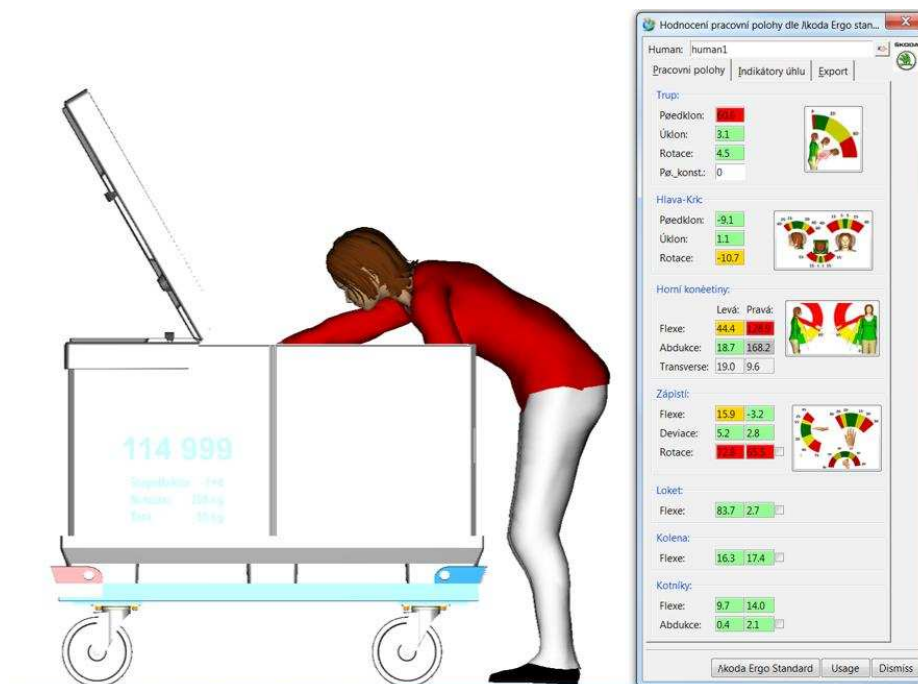
Obr. 5.2: Pracovní pozice na pracovišti supermarketu

Vyjímání dílů z palety 114 888 (bod 1 na obrázku výše) je analyzováno v následující podkapitole 5.2.1. Dále je analyzováno vyjímání dílů z palety 114 999 (bod 2 na obrázku výše) v podkapitole 5.2.2. Hodnocení ergonomie na pracovní ploše je v podkapitole 5.2.3.

5.2.1 Vyjímání dílů z palety 114 999

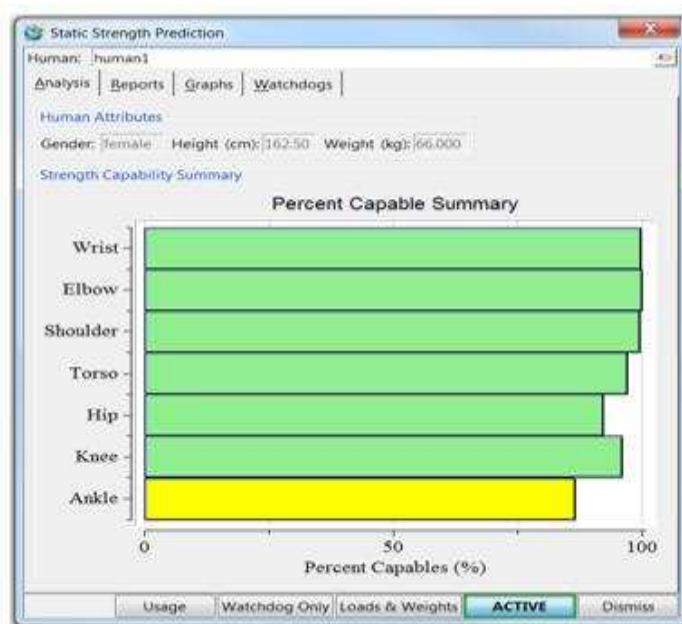
Na Obr. 5.3 je znázorněno vybírání dílů z palety, která je umístěna na pojízdném podstavci a má otevřené horní víko. Paleta s podstavcem má výšku 900 mm. Pracovnice je předkloněná a její ruce jsou při vybírání dílů z palety předpaženy. Předklonění pracovnice a předpažení jejích rukou je na pluginu vybarveno červenou barvou, tzn., že

dle české legislativy se jedná o nepříjemnou pracovní polohu. Předklonění pracovnice a přepažení rukou překročily úhel 60°.



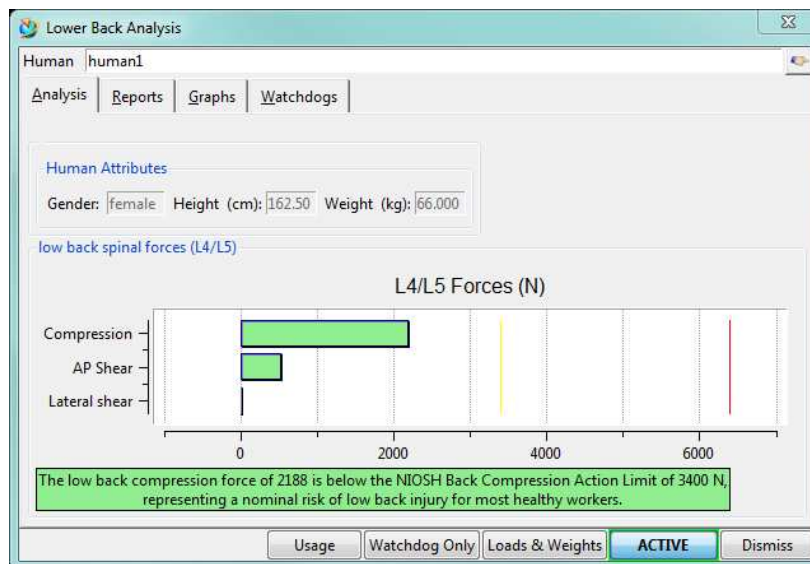
Obr. 5.3: Pracovní pozice č. 1 s českou legislativou

Výsledek analýzy Static Strength Prediction (viz Obr. 5.4) graficky znázorňuje procento populace, které je způsobilé bez velkého rizika vykonávat tuto práci a na tomto pracovišti nebudou schopni pracovat všichni pracovníci.



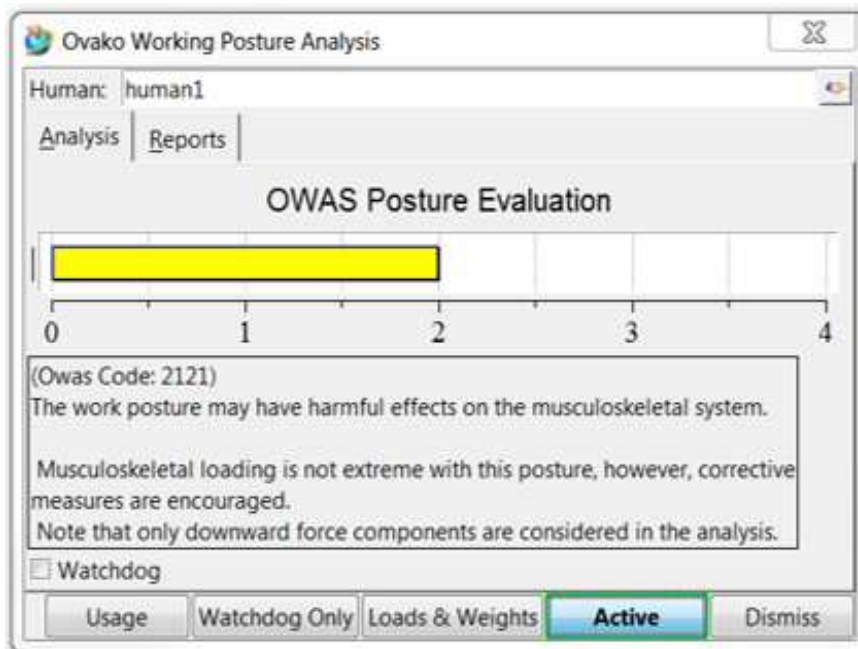
Obr. 5.4: Static Strength Prediktion

Výsledek analýzy Low Back Analysis (viz Obr. 5.5) ukazuje, že pracovní poloha má minimální riziko poškození bederní části zad (obratle L4/L5).



Obr. 5.5: LowerBack Analysis

Výsledek analýzy OWAS ukazuje, že pracovní poloha může mít škodlivý vliv na muskuloskeletální systém (viz Obr. 5.6).



Obr. 5.6: Ovako

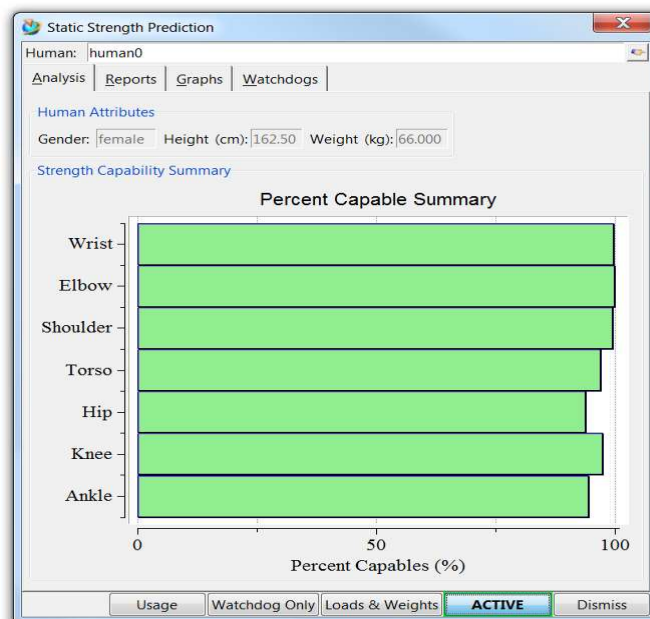
5.2.2 Vybírání dílů z palety 114 888

Na Obr. 5.7 je znázorněno vybírání dílů z druhé palety, která je umístěna na pojízdném podstavci a má otevřené horní a přední víko. Paleta s podstavcem má výšku 1000 mm. Pracovnice je předkloněná a její ruce jsou při vybírání dílů z palety předpaženy. Předklonění pracovnice a předpažení rukou je na pluginu vybarveno červenou barvou, tzn., že dle české legislativy se jedná o nepříjemnou pracovní polohu. Předklonění pracovnice a přepažení rukou překročily 60°.



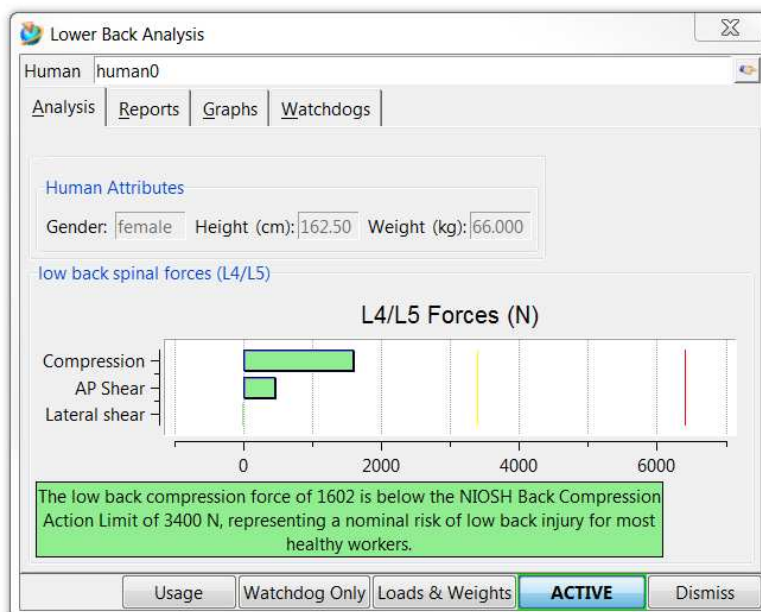
Obr. 5.7: Pracovní pozice č. 2 s českou legislativou

Výsledek analýzy Static Strength Prediction (viz Obr. 5.8) graficky znázorňuje procento populace, které je způsobilé bez velkého rizika vykonávat tuto práci. To znamená, že většina populace může vykonávat tuto práci na tomto pracovišti.



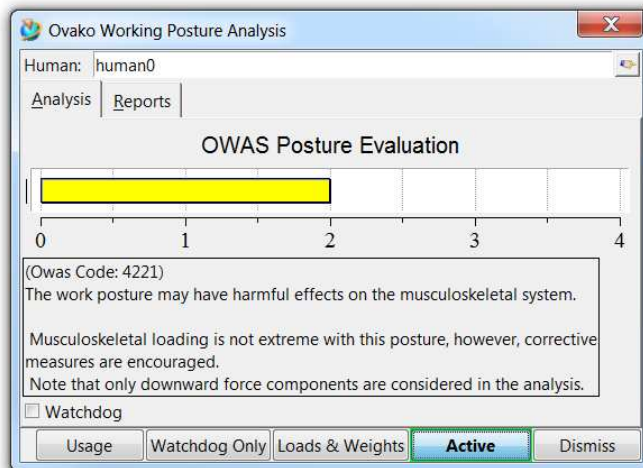
Obr. 5.8: Static Strength Prediktion

Výsledek analýzy Low Back Analysis (viz Obr. 5.9) ukazuje, že pracovní poloha má minimální riziko pro spodní část zad (obratle L4/L5).



Obr. 5.9: LowerBack Analysis

Výsledek analýzy OWAS (viz Obr. 5.10) zobrazuje, že pracovní poloha může mít škodlivý vliv na muskuloskeletální systém.



Obr. 5.10: Ovako

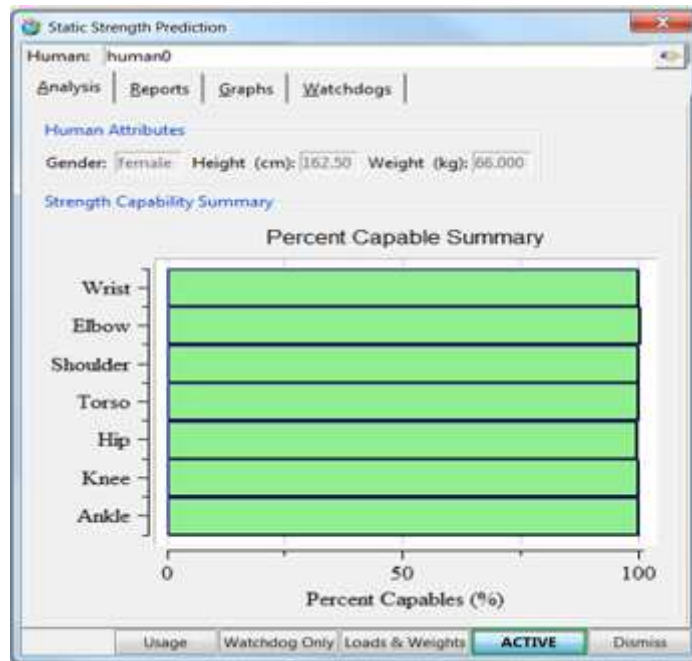
5.2.3 Kompletace dílů na pracovní ploše

Kompletace dílů na pracovní ploše je zobrazena na Obr. 5.11. Pracovní rovina je 1200 mm vysoko. Pracovnice stojí ve vzpřímené poloze a při kompletaci dílů na pracovní ploše má přepažené ruce ohnuté v loktech. Ohnutí rukou v loktech je na pluginu vybarveno žlutou barvou, tzn., že dle české legislativy se jedná o podmíněně přijatelnou pracovní polohu. U zbylých hodnot převládá zelená barva a ta je dle české legislativy v pořádku.



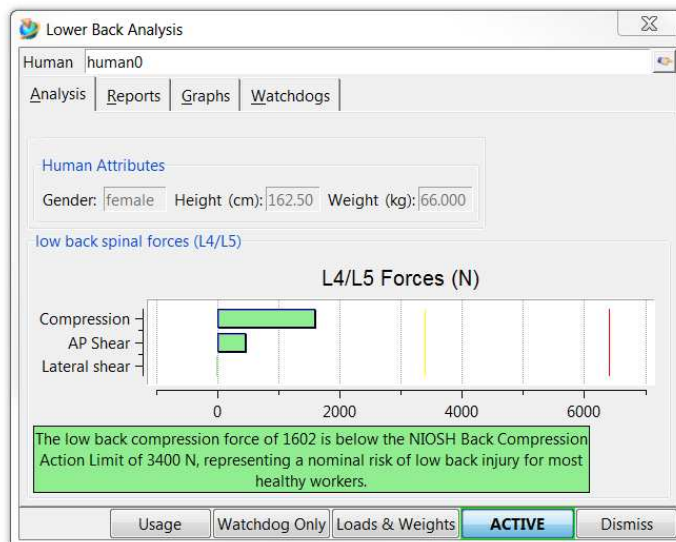
Obr. 5.11: Pracovní pozice č. 3 s českou legislativou

Výsledek analýzy Static Strength Prediction (viz Obr. 5.12) graficky znázorňuje procento populace, které je způsobilé bez velkého rizika vykonávat tuto práci. To znamená, že většina populace může vykonávat práci na tomto pracovišti.



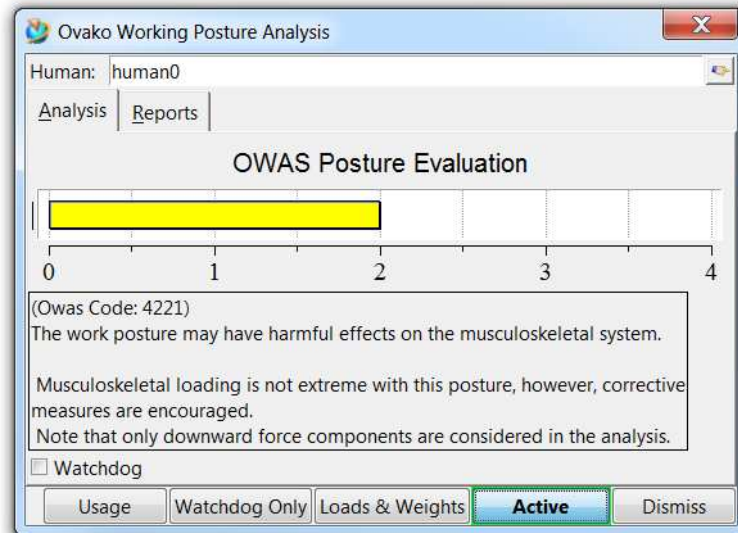
Obr. 5.12: Static Strength Prediktion

Výsledkem analýzy Low Back Analysis (viz Obr. 5.13) je, že pracovní poloha má minimální riziko pro spodní část zad (obratle L4/L5).



Obr. 5.13: LowerBack Analysis

Výsledek analýzy OWAS (viz Obr. 5.14) ukazuje, že pracovní poloha může mít škodlivý vliv na muskuloskeletální systém.



Obr. 5.14: Ovako

5.2.4 Výpočet spotřeby metabolické energie při práci

Provedl jsem výpočet spotřeby metabolické energie při práci v softwaru Jack 8. V následující tabulce (Tab. 5.1) jsou jednotlivé činnosti pracovnice. Pracovnice spotřebovává 2,841 kcal/min, což je nad doporučeným limitem 2.721 kcal/min (viz Obr. 5.15). Z toho jsou 2/3 energie spotřebovány samotným stáním na této operaci, protože si pracovnice nemůže sednout. Tento pracovní úkon by měl být modifikován.

Tab. 5.1: Výpočet spotřeby metabolické energie při práci

| Č. úkolu | kcal | Popis úkonu | Frekvence | Druh pohybu | Detail | Výška počáteční [m] | Výška konečná [m] | Hmotnost [kg] | Čas [min] | Vzdálenost [m] | Náklon [%] |
|----------|-------|------------------|-----------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------|-----------|----------------|------------|
| 100 | 0,058 | 1. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,034 | 1,6 | 0 |
| 200 | 0,019 | Zdvih dílu 1 | 1 | lifts | stoop | 1,09 | 1,3 | 0,4 | 0,017 | - | - |
| 300 | 0,065 | Přenesení dílu 1 | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 0,4 | 0,034 | 1,6 | 0 |
| 400 | 0,065 | Položení dílu 1 | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 0,4 | 0,017 | - | - |
| 500 | 0,069 | 2. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,050 | 2 | 0 |
| 600 | 0,200 | Zdvih dílu 2 | 1 | lifts | stoop | 1,09 | 1,3 | 0,4 | 0,017 | - | - |
| 700 | 0,079 | Přenesení dílu 2 | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 0,4 | 0,050 | 2 | 0 |
| 800 | 0,03 | Položení dílu 2 | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 0,4 | 0,017 | - | - |
| 900 | 0,019 | Zdvih dílů 3 | 1 | lifts | arm | 1,1 | 1,3 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1000 | 0,029 | Položení dílů 3 | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1100 | 0,019 | Zdvih dílů 4 | 1 | lifts | arm | 1,1 | 1,3 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1200 | 0,029 | Položení dílů 4 | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1300 | 0,019 | Zdvih dílů 5 | 1 | lifts | arm | 1,1 | 1,3 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1400 | 0,029 | Položení dílů 5 | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 0,1 | 0,017 | - | - |
| 1500 | 0,037 | Složení dílů 1-5 | 1 | arm work - horizontal | standing | - | - | 1,1 | 0,267 | 1 | - |
| 1600 | 0,028 | Zdvihnutí dílu K | 1 | lifts | arm | 1 | 1,3 | 1,1 | 0,017 | - | - |
| 1700 | 0,092 | Přenesení dílu K | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 1,1 | 0,055 | 2,2 | 0 |
| 1800 | 0,031 | Položení dílu K | 1 | lowers | arm | 1,3 | 1 | 1,1 | 0,017 | - | - |
| 1900 | 0,076 | 3. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,055 | 2,2 | 0 |
| 2000 | 0,024 | Zápis | 1 | arm work - horizontal | standing | - | - | - | 0,034 | - | - |

| | |
|--|--------------|
| Total Task Energy(kcal/min) | 1.039 |
| Standing Posture Energy Cost(kcal/min) | 1.802 |
| Total Energy Expenditure(kcal/min) | 2.841 |
| Energy Expenditure Rate (kcal/min) | 2.841 |

Obr. 5.15: Výsledek výpočtu spotřeby metabolické energie

5.2.5 Shrnutí problémových bodů ergonomie

Na základě ergonomických analýz a výpočtu spotřeby metabolické energie jsem zjistil na tomto pracovišti celkem dva problémy k řešení:

- › Prvním nedostatkem je, že pracovnice, která se naklání do palet, překročí úhel předklonu 60°. Proto je nutné zvednout a naklopit palety.

Možnost vedoucí ke zlepšení tohoto nedostatku je například optimalizovat náklon palet.

- › Druhý problém je, že pracovnice má výdej metabolické energie je 2,841 kcal/min. A musí být snížen, např. možností sezení při montáži krytu vodního kanálu.

Možnosti vedoucí ke zlepšení tohoto nedostatku je například minimalizovat pohyb celým tělem (zvedání, chůze, dlouhé stání atd.)

Oba výše uvedené nedostatky zanalyzují a vypracují návrhy pro jejich zlepšení.

5.3 Zhodnocení procesu na pracovišti

V následujících podkapitolách je popsána komplexita na vybraném pracovišti, analýza současného procesu a schéma současného systému, který je zde použit.

5.3.1 Komplexita na pracovišti

Provedl jsem analýzu z pohledu kvality na tomto pracovišti, ze které mi vyšlo, že si pracovníce musí dát pozor hlavně na zaměnitelnost dílů a na správné sestavení odtokového kanálu. Pracovnice na tomto pracovišti dostane na začátku směny vytištěný soupisný plán kompletace dílů (výrobní potřebu) na celou její směnu. Jejím hlavním úkolem je vybrat z palet správné díly a správně je sestavit. V Tab. 5.2 je vidět, že musí vybírat z 10 dílů, které jsou v různých paletách rozmístěny kolem jejího pracoviště (viz Obr. 5.2).

Po sestavení a založení nového kompletu musí zaznamenat písemně do vytištěného plánu, kterou variantu zpracovala, tzn., odškrtně hotový komplet. Vzhledem k velké komplexnosti zde může docházet k záměně dílů, ale také k chybě při zápisu hotových sestav.

Tab. 5.2: Tabulka dílů

| Značka | Číslo dílu | Váha | Název |
|--------|-------------------|-----------|---------------------|
| A | 5E2 819 415 A 9B9 | 0,41Kg | Kryt vodního kanálu |
| B | 5E2 819 416 A 9B9 | 0,42 Kg | Kryt vodního kanálu |
| C | 5E1 819 415 A 9B9 | 0,41 Kg | Kryt vodního kanálu |
| D | 5E1 819 416 A 9B9 | 0,42 Kg | Kryt vodního kanálu |
| S14 | 5JB 819 415 9B9 | 0,51 Kg | Kryt vodního kanálu |
| S15 | 5JB 819 416 9B9 | 0,51 Kg | Kryt vodního kanálu |
| Značka | Číslo dílu | Váha | Název |
| U7 | 1Z0 955 985 | 0,08 Kg | Tryska |
| U8 | 1Z0 955 986 | 0,016 Kg | Tryska vyhřívaná |
| Značka | Číslo dílu | Váha | Název |
| R14 | 5E0 955 447 | 0,025 Kg | Vedení vody |
| R15 | 5E0 955 448 | 0, 027 Kg | Vedení vody |

5.3.2 Vývojový diagram – současný stav na pracovišti

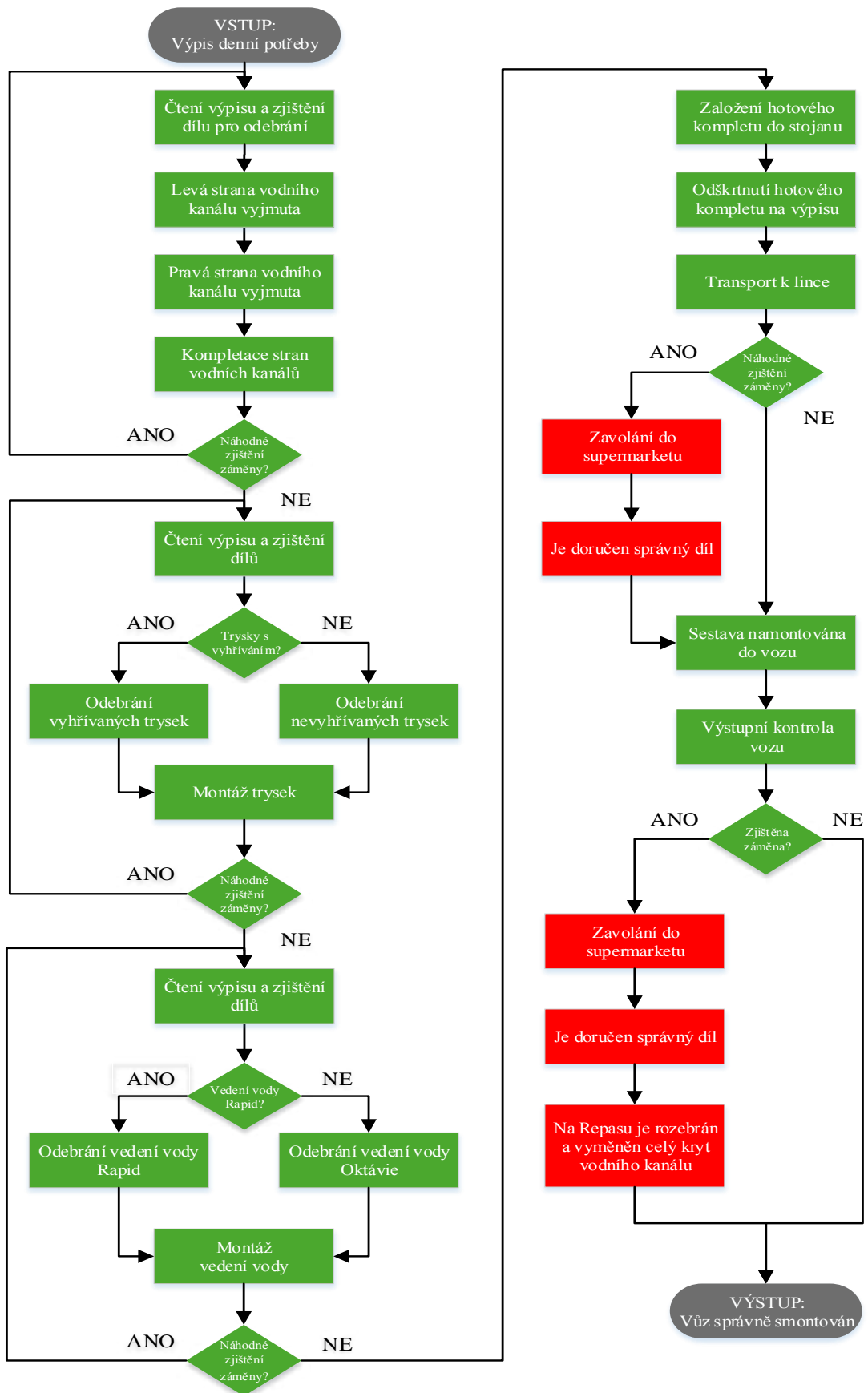
Zmapování současného procesu jsem vytvořil pomocí vývojového diagramu v SW Microsoft VISIO.

Vývojový diagram je silný nástroj pro popis jakéhokoli procesu, se kterým lze odhalovat nedostatky a chyby v procesu. Použil jsem tento nástroj pro snadnější pochopení celého procesu na vybraném pracovišti. Na vývojovém diagramu je popsán současný proces pracoviště supermarketu (viz Obr. 5.16). V přesném pořadí jdou za sebou jednotlivé činnosti, které na sebe navazují a vzájemně se ovlivňují.

U současného pracovního procesu je vstupem výpis denní potřeby výroby, pracovnice začne proces tím, že si ho přečte a jde vyjmout z palet levou a pravou stranu vodního kanálu. Vizuelní kontrolou může zjistit, že se spletla a odebrala díly z jiné palety. Pokud nezjistí záměnu, pokračuje čtením výpisu denní potřeby, kde zjistí, že má odebrat z palety vyhřívané trysky, které ihned zamontuje do krytu vodního kanálu. Vizuelní kontrolou může zjistit, že se spletla a vzala trysku bez vyhřívání. Pokud nezjistí záměnu, pokračuje čtením výpisu denní potřeby, kde zjistí, že má odebrat z palety vedení vody pro např. Rapida, které ihned zamontuje do krytu vodního kanálu. Vizuelní kontrolou může zjistit, že se spletla a odebrala díly z jiné palety. Pokud nezjistí záměnu, odnese hotový komplet do speciálního stojanu a odškrtně na výpisu hotový komplet. Proces následně pokračuje tím, že je speciální stojan dopraven k lince, kde pracovník může vizuelní kontrolou zjistit neshodný komplet a vrátit ho pracovníci k opravě. Pokud nezjistí záměnu, pokračuje pracovník v montáži kompletu do vozu. Vůz je pak podroben detailní výstupní kontrole, kde lze zjistit záměnu.

V průběhu celého procesu panuje nejistota, že pracovnice udělá jednu nebo několik chyb, protože je nucena neustále pečlivě kontrolovat výpis a hledat mezi paletami správné díly a po kompletaci všech dílů nesmí zapomenout odškrtnout hotový komplet ve sjetině denní potřeby.

Jedinou kontrolou je pro ni kontrola vizuelní, což je naprosto nedostatečné, a proto dochází k záměnám vstupních dílů.



Obr. 5.16: Současný proces

5.3.3 Schéma současného systému

Proces současného stavu je nevyhovující ze dvou hledisek:

Za prvé, pracovnice na každé směně si musí vytisknout výpis denní potřeby, který musí neustále kontrolovat, aby nedošlo k chybě.

Za druhé je každou směnu vytisknuto v průměru až 67 listů papíru. Když se sečtou počty papíru za týden, měsíc a rok, tak jde o velmi vysoká čísla a pokud si uvědomíme, že se podobně hospodaří i na dalších pracovištích, tak jde o alarmující čísla. V kapitole 6.4.1 navrhuji řešení, které uspoří náklady za papír.

Na schématu níže jsem vizualizoval schéma současného systému (viz Obr. 5.17)



Obr. 5.17: *Současný proces*

Databázový server zpracovává informace o denní potřebě.

Tiskárna tiskne výpis denní potřeby (výrobní plán).

Výpis denní potřeby v papírové podobě, podle kterého pracovnice kompletuje

6 Návrh nového pracoviště

V rámci zlepšení ergonomie a zlepšení kvality, jsem vytvořil 3D model nového pracoviště (viz Obr. 6.1).



Obr. 6.1: *Optimalizované pracovní pozice na pracovišti supermarketu*

Kvůli zlepšení ergonomie na pracovišti jsem navrhl pod všechny palety umístit náklonný podstavec pod palety a u modulární pracovní stanice navrhuji speciální ergonomickou stoličkou pro oporu ve stání, kvůli snížení výdeje metabolické energie, viz následující podkapitola 6.1. Dále v podkapitole 6.2 je provedeno ergonomické vyhodnocení pro nově navržené pracoviště.

Pro zlepšení kvality jsem vybral komponenty a navrhl systém Pick to Light, který zabrání montáži neshodných výrobků. Jedná se o systém světelných signálů, který přesně ukazuje, jaký materiál má být odebrán v reálném čase. Návrh systému je popsán v podkapitole 6.3.

6.1 Návrh opatření na zlepšení ergonomie

V následujících podkapitolách jsou popsána navrhovaná vylepšení ergonomie na vybraném pracovišti.

6.1.1 Zvednutí a naklopení palet

Pro zvednutí a naklopení všech palet bude použit následující náklonný podstavec pod paletu (viz Obr. 6.2). Pokud je stlačena páka, pak se podstavec naklopí. Při zvednutí páky se podstavec opět sklopí. Tento podstavec je již využíván ve ŠKODA AUTO (viz Obr. 6.3.).



Obr. 6.2: Mechanismus naklápění palet

Základní rozměry podstavce:

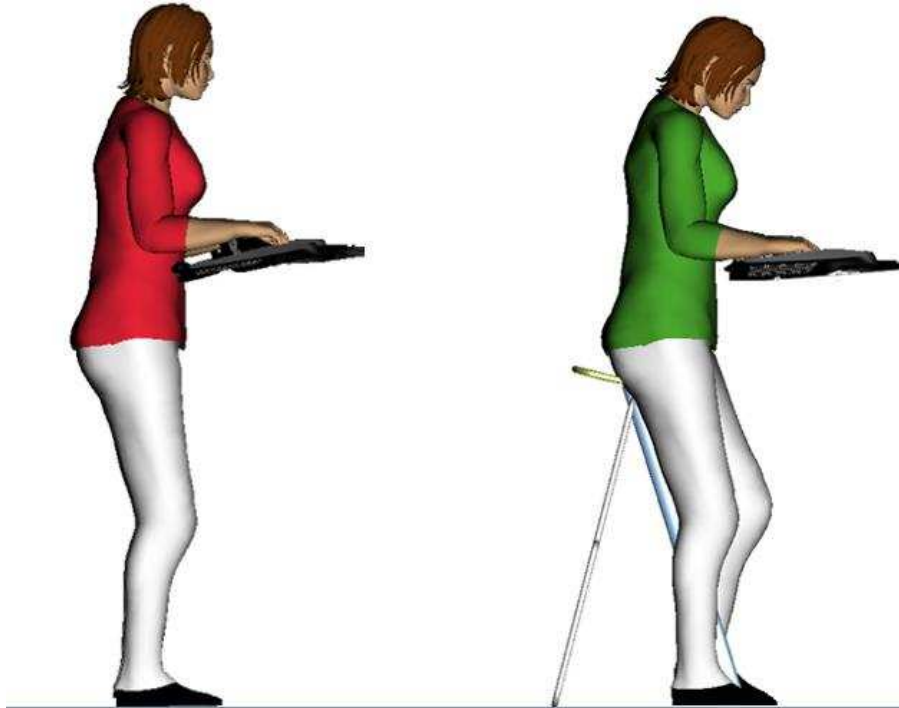
- › Délka: 1050 mm
- › Šířka: 1250 mm
- › Maximální náklon 20°



Obr. 6.3: Naklopení palety

6.1.2 Stání s oporou

Při analýze metabolické spotřeby energie při práci jsem zjistil, že pracovnice spotřebuje 2/3 energie samotným stáním, protože si během směny nemůže sednout. Tento problém jsem vyřešil možností tak zvaného stání s oporou (viz Obr. 6.4)



Obr. 6.4: Stání bez opory (vlevo) a s oporou (vpravo)

Opora pro sezení – stání se využívá u těch pracovních míst, kde není možné v plném rozsahu využít plochu vsedě, nebo kombinovat polohy vsedě a vstoje. Vhodnější je umístit oporu vstoje než vyžadovat trvalé stání. Použití opory ve stání umožňuje odpočinek a zotavení mezi stáním. Střídání mezi klidovou polohou a stojem snižuje namáhání na kloubech kotníků, kolen, boků a páteře.⁴⁷

Výhody použití opory:

- › Podpírá až 60 % hmotnosti těla
- › Snadno se mění na polohu vstoje⁴⁷

⁴⁷ CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

Nevýhody použití opory:

- › Lokalizovaný tlak a omezení krevního oběhu
- › Pracovní plochy jsou omezené⁴⁸

V následující tabulce je uveden benchmark stoliček (viz Tab. 6.1). Vybral jsem stoličku Lorika WERKSITZ WS 4211 T, protože je výškově nastavitelná v rozsahu 635 – 845 cm, má sedák z měkkého klima komfortního polyuretanu a sedák je možné naklopit o 2° – 15°. Tato stolička patří mezi cenově nejvýhodnější, přitom splňuje nejvyšší nároky na hygienu, ergonomii a zdravé sezení.⁴⁹








Obr. 6.5: *Stolička Lorika WERKSITZ WS 4211 T*

(Zdroj: <http://lorika.cz/>⁴⁹)

⁴⁸ CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

⁴⁹ Lorika: Opora ve stání [online]. 2017 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <http://www.lorika.cz/>

Tab. 6.1: Benchmark ergonomických stoliček

| Model | Popis | Foto | Zdroj |
|--|--|--|---|
| Sedací stolička EXTREME COMFORT | Velmi stabilní stojan s pneumatickou pružinou. Nastavitelná výška sedáku od 70 cm - 96 cm. Sedák šířka 37 cm, snadno se čistí. úhel poklesne o 7,5 ° na přední a zadní straně. |  | http://www.shop.straight-connection.de/Sit-Stand-Stool-EXTREME-COMFORT-PP-Seat-black-extra-high-up-to-96-cm-with-Casters |
| Aktivní sedací stolička MUVMAN | Aktivní sedací stolička. Nastavitelná výška sedáku od 51 cm - 84 cm. Sedák z měkkého polštáře, má flexibilní a adaptabilní hranu sedadla. |  | https://www.ergonomicoffice.com.au/muvman-active-sit-stand-stool |
| SAFCO 5126 | Ručně nastavitelná pružinová sedačka se sklopí dopředu až do 15 °. Sedadlo se ručně nastaví na 10 různých poloh. |  | http://www.safcoproducts.com/stand-alone-stool-5126 |
| Opora pro stání Ziko | Polyuretanový sedák této opory je odolný vůči vlhkosti, nečistotám, chemickým látkám a mechanickému. Nastavitelná výška sedáku 67-84 cm. |  | http://www.manutan.cz/cs/mcz/opora-pro-stani-ziko |
| Lorika WERKSITZ WS 4211 T | Pro dlouhotrvající práci na stejném místě v průmyslu, kde je velké zátěž pro tělo. Polyuretanový sedák s klimakomfortem, sklon sedáku 2°-15° dopředu, zdvih 635 - 845 mm |  | http://eshop.lorika.cz/zbozi/252/werksitz-ws-4211-t |

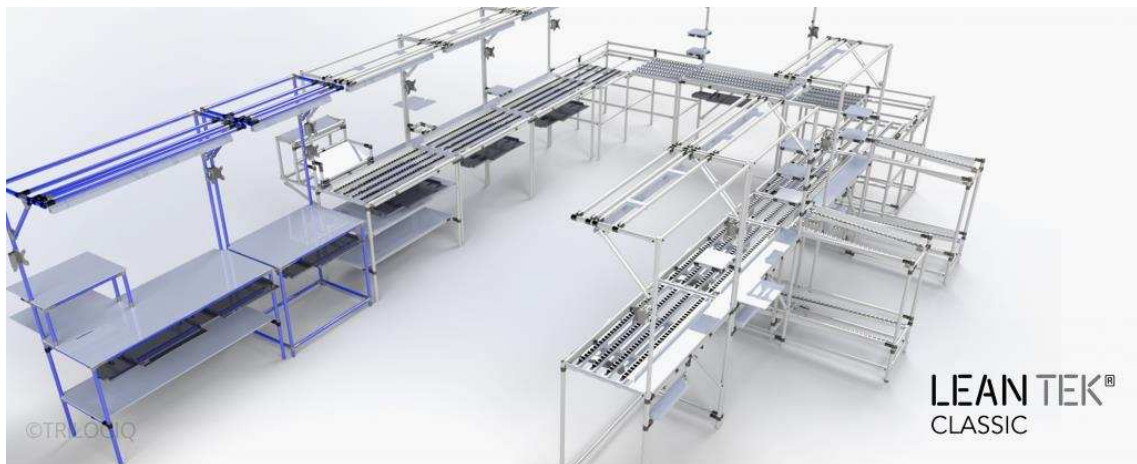
6.1.3 Modulární pracoviště

Dnešní doba a dynamicky vyvíjející se trhy tlačí firmy, aby zrychlovaly a zefektivnily výrobu. To nejde bez úpravy pracovišť, abychom dosáhli lepšího uspořádání nejen náradí, ale i dosahu materiálu, který je na pracovišti zpracováván. Některé firmy se specializující na modulární pracoviště, nabízí celou řadu standardních řešení, která vytvářejí:

Řád – každý nástroj má své místo a musí být po ruce na přesně označených místech. Je to z toho důvodu, že na pracovišti musí zůstat uklizeno a čisto. Pracovní postupy musí eliminovat nepořádek na pracovišti.

Vizuální management – který zajistí barevné označení jednotlivých funkcí, kroků nebo procesů.

Tato řešení zajišťují také bezpečnost na pracovišti a omezují výrobu neshodných výrobků.



Obr. 6.6: *Systém LeanTek*

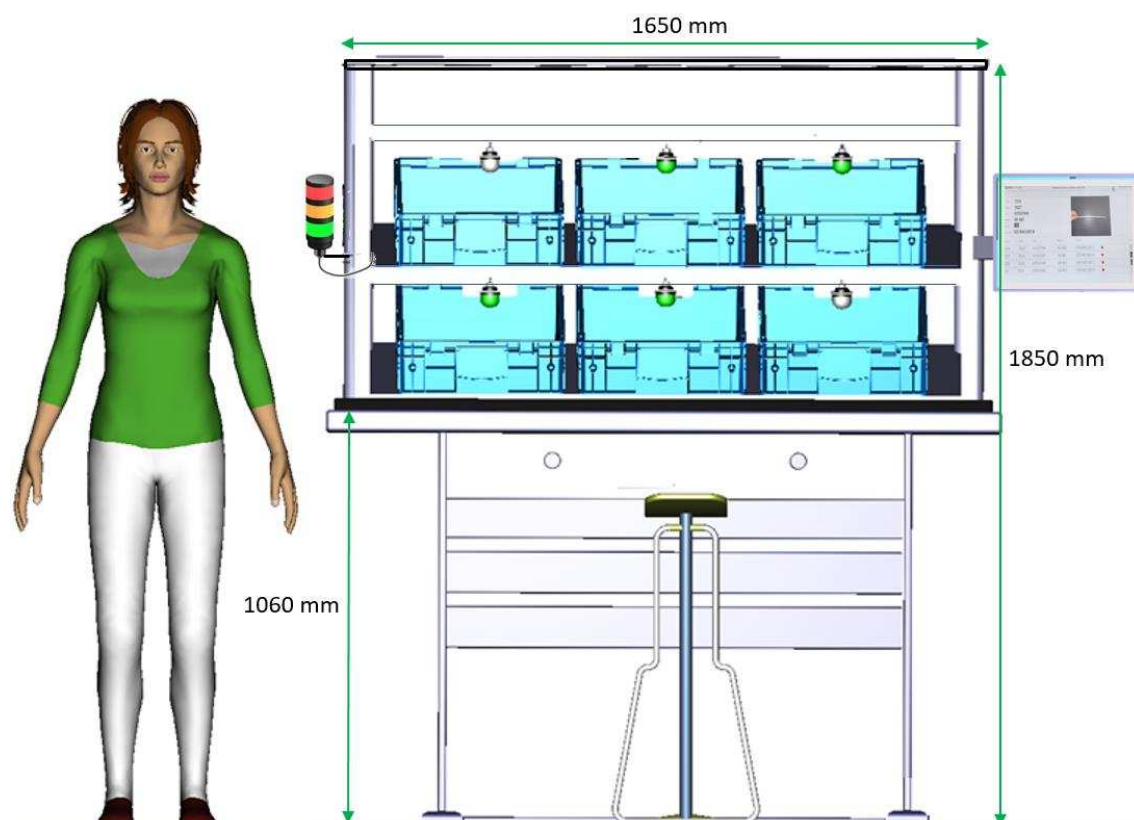
(Zdroj: <http://trilogiq.cz>⁵⁰)

K výrobě pracoviště lze použít systém LeanTek (viz Obr. 6.6). Jde o trubkový modulární systém, který umožňuje sestavovat a flexibilně měnit polohu zásobníků a regálů v oblasti interní logistiky a výroby. Montáž zvládnou bez problémů zaučení pracovníci. Jde o stavebnici, která je založena na snadném spojení odlehčených trubek a

spojovacích prvků. V systému je využíváno komponentů, které jsou vysoce funkční a splňují požadavky na odolnost a multifunkčnost.⁵⁰

6.1.4 Návrh pracovního stolu

Navrhl jsem modulární pracovní stůl (viz Obr. 6.7), který odpovídá ergonomickým standardům a je osazen moderními komponenty systémem Pick to Light. Na pracovišti je namontováno 6 světel pro systém Pick to Light, průmyslový monitor, tříbarevná signální věž a Controller PMC.



Obr. 6.7: 3D model modulárního stolu

Hlavní změny se týkají především správné pracovní výšky desky stolu, která je ve výšce 1060 mm, dále naklonění regálu pro vyšší komfort v podobě viditelnějšího, přehlednějšího a v neposlední řadě snáze dosažitelného materiálu. Přínosem mého návrhu by měla být automatizace pohybu pracovníka a zrychlení jeho práce. Navržený pracovní stůl odpovídá požadavkům ergonomie a požadavkům pracovníků na uspořádání pracovního místa.

⁵⁰ Trilogic: Pracovní buňky [online]. 2016 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://trilogiq.cz/pracovni-bunky-na-miru-podporuji-tymovou-praci>

6.2 Zhodnocení ergonomie na optimalizovaném pracovišti

V následujících podkapitolách je vyhodnocení ergonomie na optimalizovaném pracovišti s využitím vybavení popsaného v kapitole 6.1.

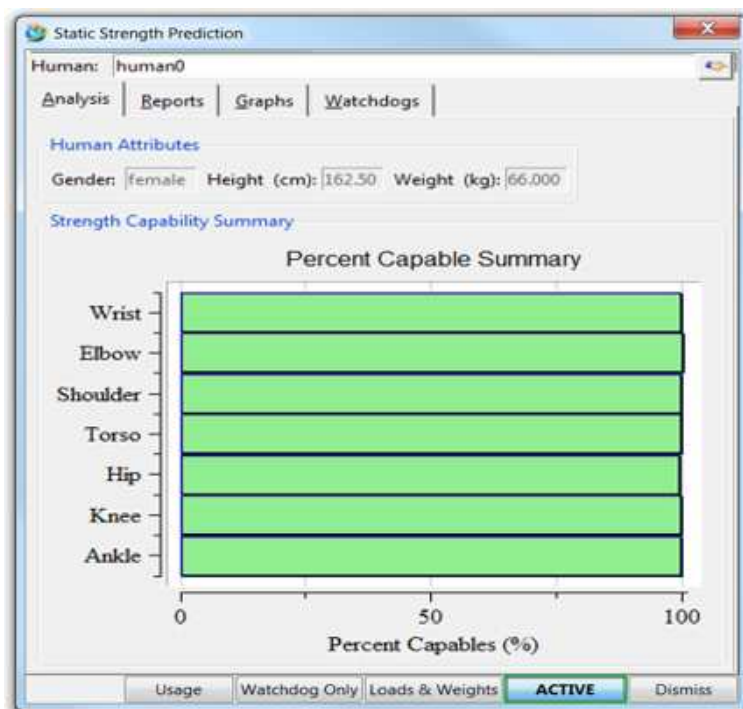
6.2.1 Zhodnocení ergonomie u palety 114 999

Na upraveném pracovišti jsem provedl analýzu u vybírání dílů z palety 114 999. Po použití náklonného podstavce se paleta zdvihla a pracovnice se již nemusí tolik předklánět. Na pluginu (viz Obr. 6.8) je vidět, že předklon je v zelené hodnotě (příjemná poloha).



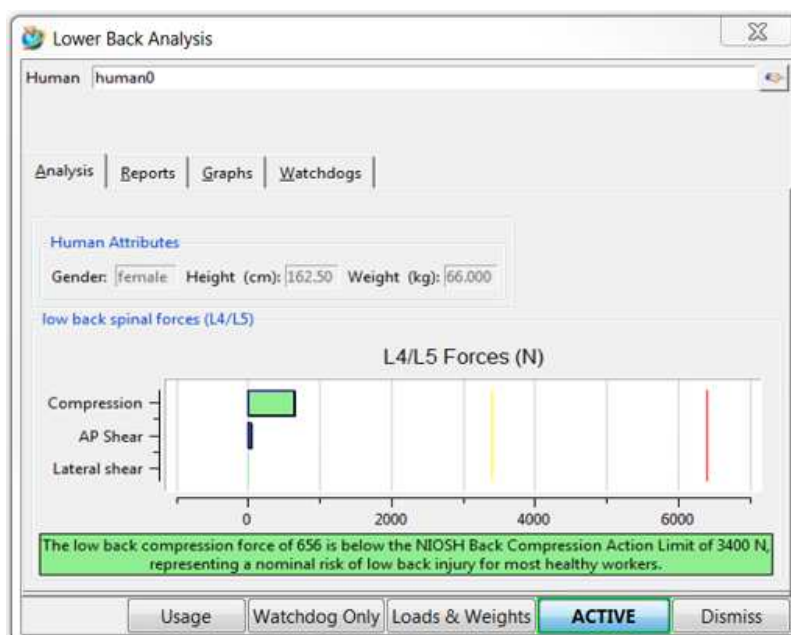
Obr. 6.8: Optimalizovaná pracovní pozice č. 1 s českou legislativou

Analýza Static Strength Prediction (viz Obr. 6.9) zobrazuje procento populace, které je schopno bez zvýšeného rizika provádět tuto práci. Na tomto pracovišti může provádět práci většina populace.



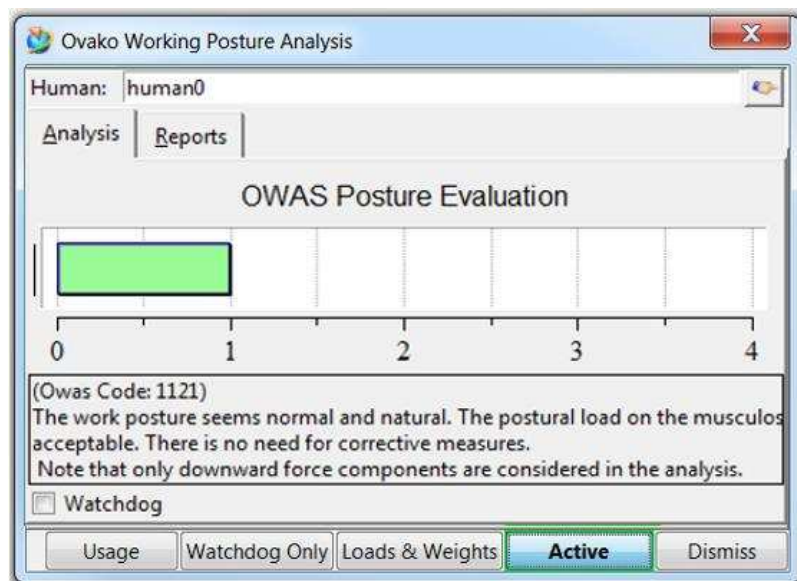
Obr. 6.9: Static Strength Prediktion

A také podle analýzy Low Back Analysis je minimální riziko poškození spodní část zad „obratle L4/L5“ (viz Obr. 6.10).



Obr. 6.10: LowerBack Analysis

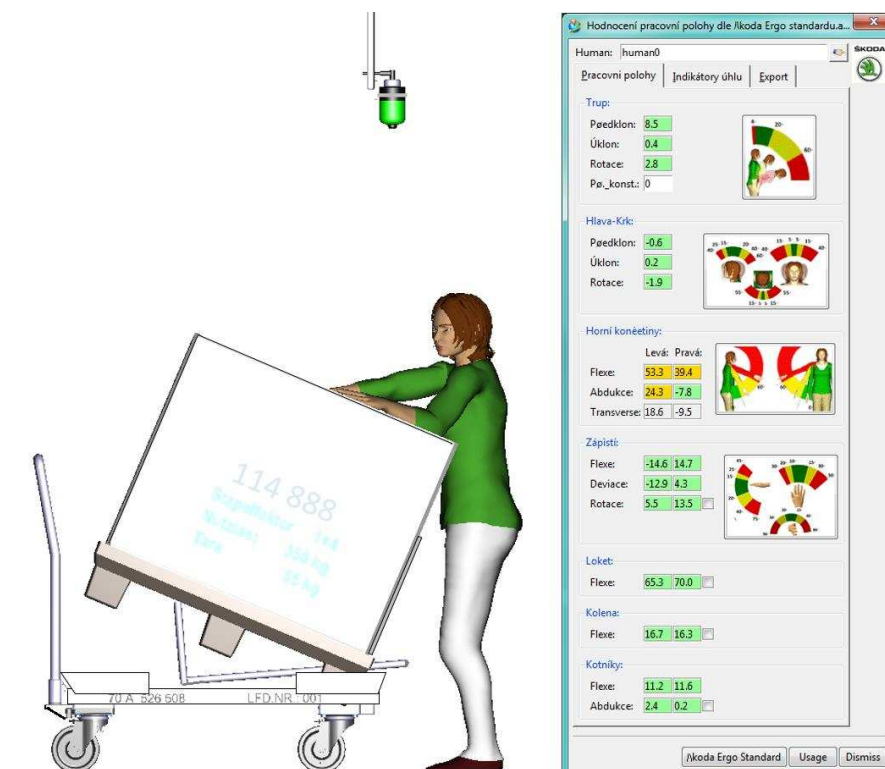
Pracovní poloha je podle analýzy OWAS (viz Obr. 6.11) v pořádku a nemá škodlivý vliv na pracovníky.



Obr. 6.11: Ovako

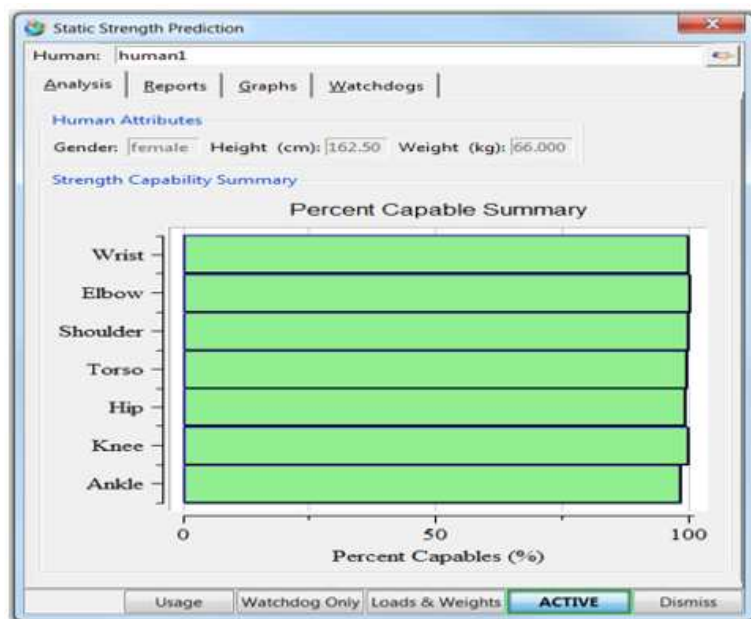
6.2.2 Zhodnocení ergonomie u palety 114 888

Na upraveném pracovišti jsem provedl analýzu u vybírání dílů z palety 114 888. Po použití náklonného podstavce se paleta zdvihla a pracovníce se již nemusí tolik předklánět. Na pluginu (viz Obr. 6.12) je vidět, že předkon je v zelené hodnotě (příjemná poloha).



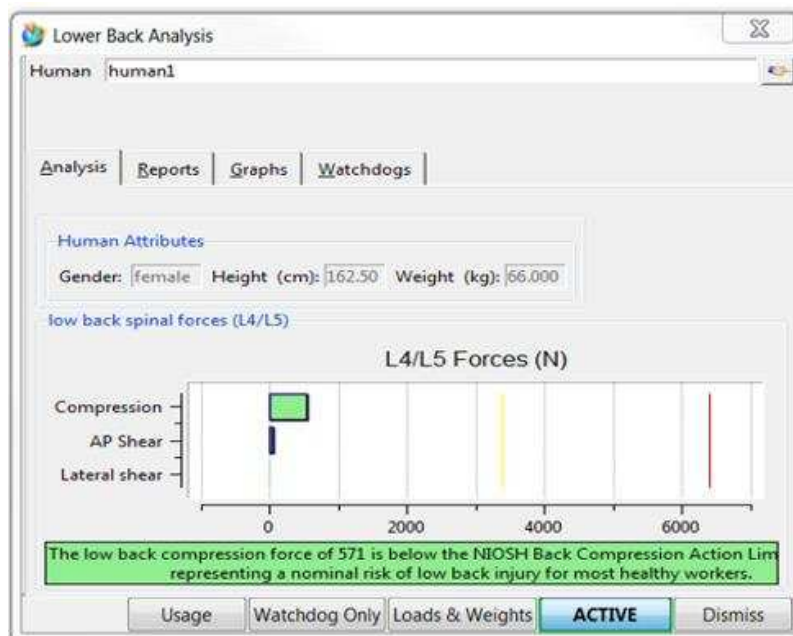
Obr. 6.12: Optimalizovaná pracovní pozice č. 2 s českou legislativou

Analýza Static Strength Prediction (viz Obr. 6.13) zobrazuje procento populace, které je schopno bez zvýšeného rizika provádět tuto práci. Na tomto pracovišti může provádět práci většina populace.



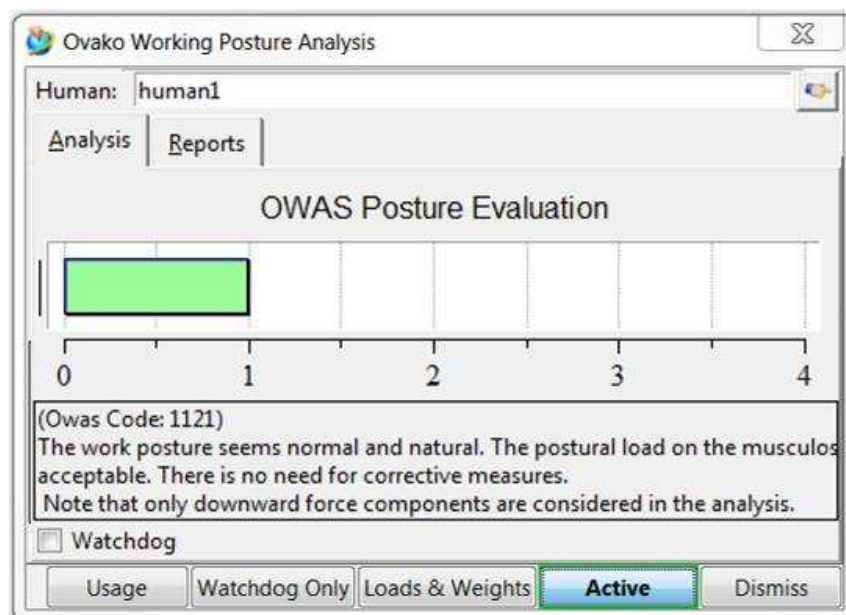
Obr. 6.13: Static Strength Prediktion

A také podle analýzy Low Back Analysis (viz Obr. 6.14) je minimální riziko poškození spodní část zad (obratle L4/L5).



Obr. 6.14: LowerBack Analysis

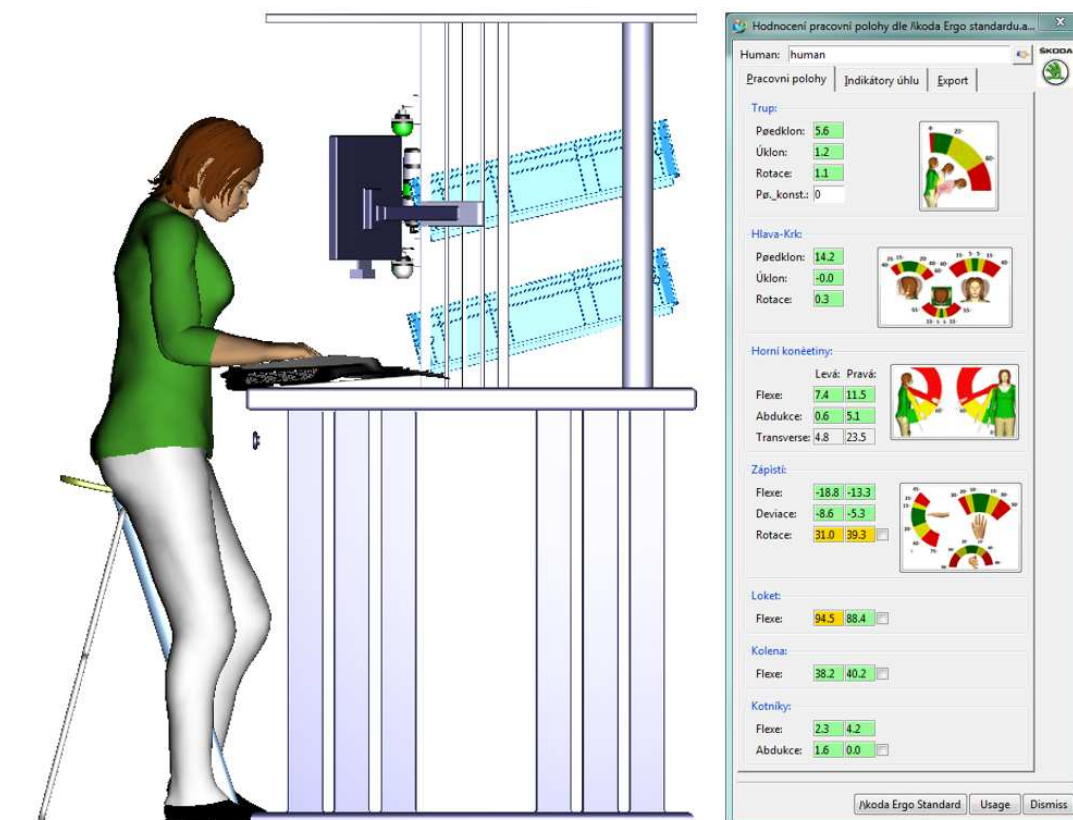
Pracovní poloha je podle analýzy OWAS (viz Obr. 6.15) v pořádku a nemá škodlivý vliv na pracovníky.



Obr. 6.15: Ovako

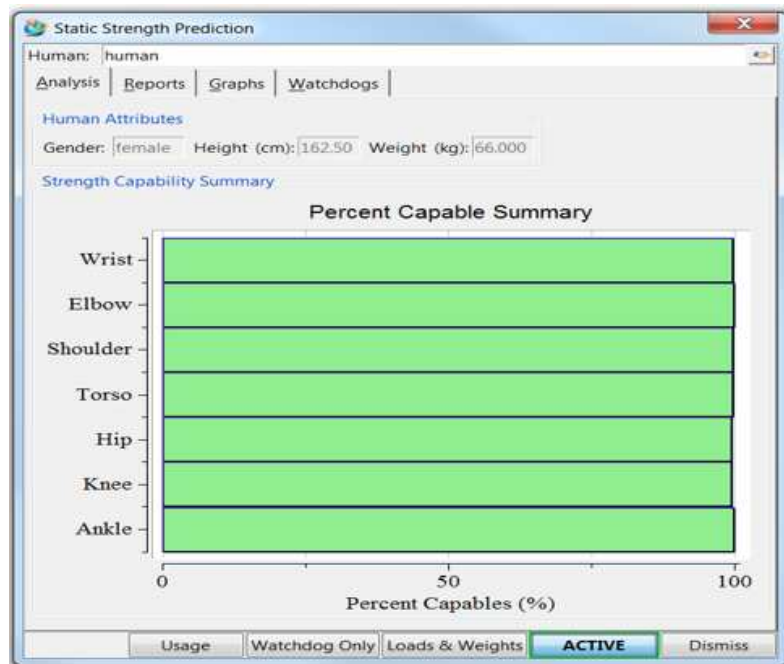
6.2.3 Kompletace dílů na zoptimalizovaném pracovišti

Navrhl jsem nové modulární pracoviště (viz kapitola 6.1.3). Na tomto pracovišti jsem provedl analýzu, ze které vyplývá, že pracovní pozice je dle české legislativy v pořádku, nedochází k předklonu a ani žádným nepřirozeným polohám kloubů. Vybral jsem vhodnou ergonomickou stoličku (viz podkapitola 6.1.2), která umožňuje podporu stání a snížení výdeje metabolické energie (viz následující podkapitola 6.2.4).



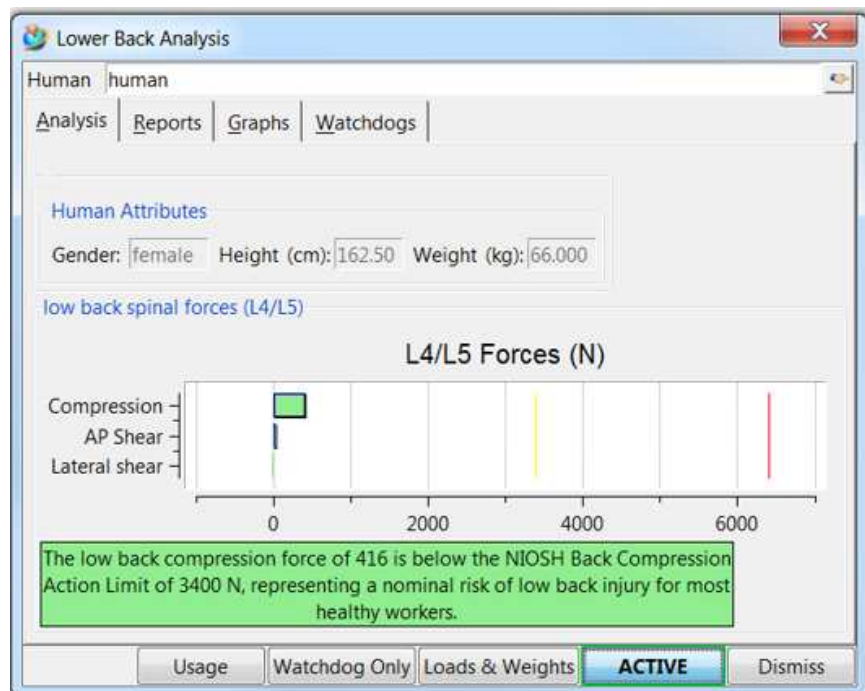
Obr. 6.16: Optimalizovaná pracovní pozice č. 3 s českou legislativou

Analýza Static Strength Prediction (viz Obr. 6.17) zobrazuje procento populace, které je schopno bez zvýšeného rizika provádět tuto práci. Na tomto pracovišti může provádět práci většina populace.



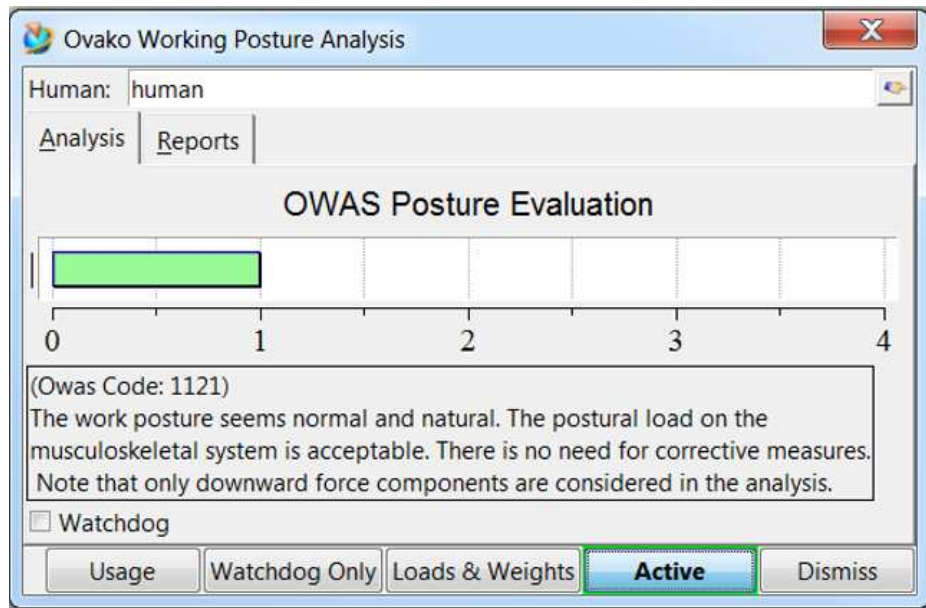
Obr. 6.17: Static Strength Prediktion

A také podle analýzy Low Back Analysis je minimální riziko poškození spodní část zad „obratle L4/L5“ (viz Obr. 6.18).



Obr. 6.18: LowerBack Analysis

Pracovní poloha je podle analýzy OWAS (viz Obr. 6.19) v pořádku a nemá škodlivý vliv na pracovníky.



Obr. 6.19: Ovako

6.2.4 Výpočet spotřeby metabolické energie při práci

Provedl jsem nový výpočet spotřeby metabolické energie na zoptimalizovaném pracovišti v SW Jack 8. V následující tabulce (Tab. 6.2) jsou jednotlivé činnosti pracovníce.

Tab. 6.2: Výpočet spotřeby metabolické energie při práci

| Č. úkolu | kcal | Popis úkonu | Frekvence | Druh pohybu | Detail | Výška počáteční [m] | Výška konečná [m] | Hmotnost [kg] | Čas [min] | Vzdálenost [m] | Náklon [%] |
|----------|-------|------------------|-----------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------|-----------|----------------|------------|
| 100 | 0,058 | 1. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,034 | 1,6 | 0 |
| 200 | 0,019 | Zdvih dílu 1 | 1 | lifts | stoop | 1,29 | 1,3 | 0,4 | - | - | - |
| 300 | 0,065 | Přenesení dílu 1 | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 0,4 | 0,034 | 1,6 | 0 |
| 400 | 0,065 | Položení dílu 1 | 1 | lowers | arm | - | - | 0,4 | 0,034 | 1,6 | - |
| 500 | 0,069 | 2. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,05 | 2 | 0 |
| 600 | 0,2 | Zdvih dílu 2 | 1 | lifts | stoop | 0,11 | 1,3 | 0,4 | - | - | - |
| 700 | 0,047 | Přenesení dílu 2 | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 0,4 | 0,05 | 1 | 0 |
| 800 | 0,03 | Položení dílu 2 | 1 | lowers | arm | 1 | 1,3 | 0,4 | - | - | - |
| 900 | 0,019 | Zdvih dílů 3 | 1 | lifts | arm | 1,3 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1000 | 0,029 | Položení dílů 3 | 1 | lowers | arm | 1,1 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1100 | 0,019 | Zdvih dílů 4 | 1 | lifts | arm | 1,3 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1200 | 0,029 | Položení dílů 4 | 1 | lowers | arm | 1 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1300 | 0,019 | Zdvih dílů 5 | 1 | lifts | arm | 1,3 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1400 | 0,029 | Položení dílů 5 | 1 | lowers | arm | 1 | 1,3 | 0,1 | - | - | - |
| 1500 | 0,037 | Složení dílů 1-5 | 1 | arm work - horizontal | sitting | - | - | 0,4 | - | 0,5 | - |
| 1600 | 0,028 | Zdvihnutí dílu K | 1 | lifts | arm | 1 | 1,3 | 1,1 | - | - | - |
| 1700 | 0,044 | Přenesení dílu K | 1 | carries | against waist/thighs | - | - | 1,1 | 0,055 | 0,1 | 0 |
| 1800 | 0,031 | Položení dílu K | 1 | lowers | arm | 1 | 1,3 | 1,1 | - | - | - |
| 1900 | 0,028 | 3. Chůze | 1 | walks | inclined | - | - | - | 0,055 | 0,1 | 0 |
| 2000 | 0,024 | Zápis | 1 | arm work - horizontal | standing | - | - | - | 0,034 | - | - |

Naklopením palet a přidáním nové ergonomické stoličky si při práci pracovnice uleví a spotřeba metabolické energie na nově navrženém pracovišti se tím sníží na hodnotu 2,691 kcal/min (viz Obr. 6.20).

Tato hodnota je nižší než doporučený limit 2.721 kcal/min, což ukazuje na minimální riziko svalové únavy pro většinu zdravých pracovníků v populaci. Míra vydané energie při práci se tedy pohybuje na přijatelné úrovni

| | |
|--|--------------|
| Total Task Energy(kcal/min) | 0.889 |
| Standing Posture Energy Cost(kcal/min) | 1.802 |
| Total Energy Expenditure(kcal/min) | 2.691 |
| Energy Expenditure Rate (kcal/min) | 2.691 |

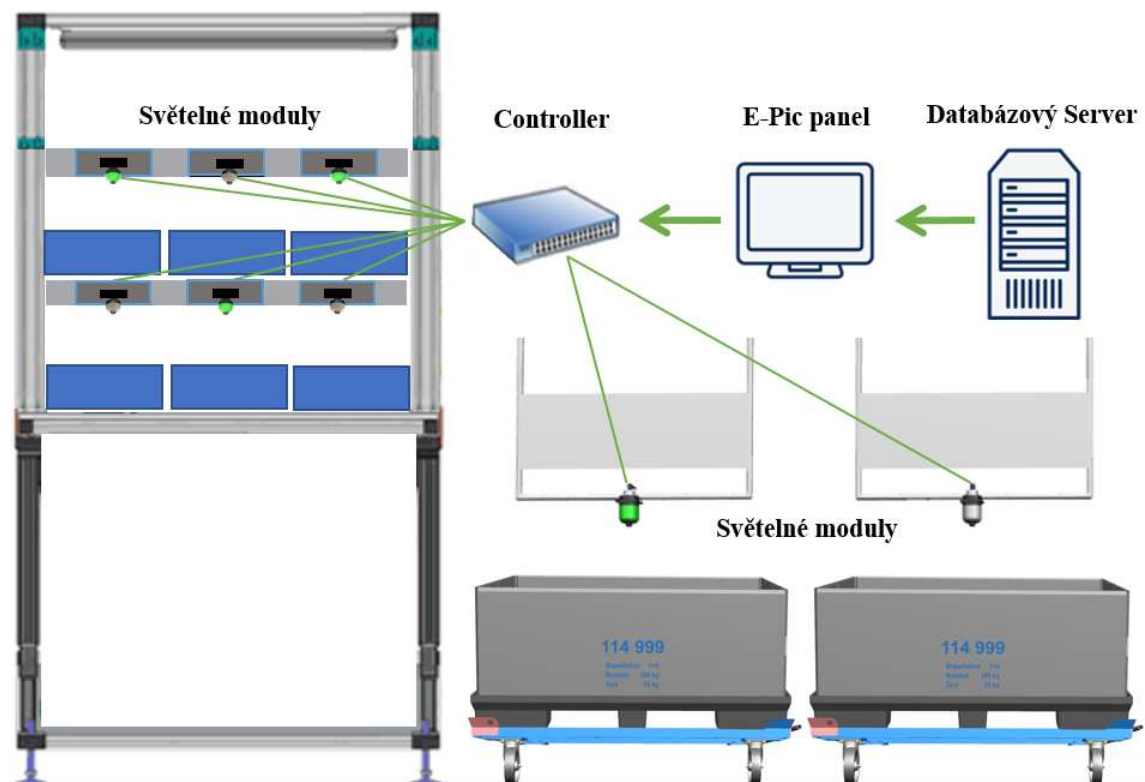
Obr. 6.20: Výsledek výpočtu spotřeby metabolické energie

6.3 Návrh opatření na zlepšení kvality

Pomocí vývojového diagramu jsem zjistil, že se pracovnice může splést nejen při výběru dílů z palet, ale i při neustálé kontrole výpisu z tiskárny a ručního odškrtnutí hotových kompletů. Aby se zabránilo chybovosti, využil jsem filozofii Poka – Yoke způsobů eliminace chyb a jejímu předcházení (kapitola 4.2). V této kapitole 6.3 popisují zavedení systému Pick to Light, benchmark komponentů a budoucí proces popsany vývojovým diagramem.

6.3.1 Architektura plánovaného systému

Schéma systému Pick to Light (viz Obr. 6.21), který bude použit na nově navrhovaném pracovišti.



Obr. 6.21: *Architektura systému Pick to Light*

Pick to Light systém se skládá z následujících částí:

- › **Databázový server** – zpracovává informace o denní potřebě.
- › **E-Pic panel** (průmyslový monitor) - má předinstalovaný software, který zobrazuje plán denní potřeby a jednotlivé sestavy pro kompletaci krok za krokem.
- › **Controller** - je řídicí jednotka, která rozsvěcí jednotlivá stanoviště podle aktuální potřeby v reálném čase.

- › **Světelné moduly** – se rozsvěčí v reálném čase.
- › **Pracovní indikátor** – se rozsvěčí v reálném čase, upozorňuje na chyby, stav celého systému a informuje pracovníka, aby vzniklý problém řešil.

Výběr jednotlivých komponent je popsán v následující podkapitole 6.3.2.

6.3.2 Výběr systému a komponent

Provedl jsem benchmark komponentů systému Pick to Light, viz následující tabulky.

Z jednotlivých tabulek jsem vybral komponenty (viz Obr. 6.22):

- › 12 světelných modulů (6 x K30 a 6 x K50) (viz Tab. 6.3)
- › 1 Controller PMC (viz Tab. 6.4)
- › 1 pracovní monitor FPM-3171G-R3BE (viz Tab. 6.5)
- › 1 pracovní indikátor Turck L70 (viz Tab. 6.6)

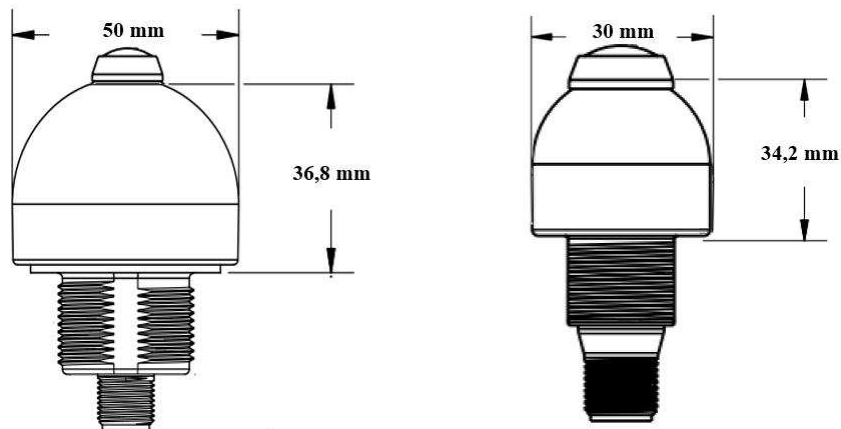


Obr. 6.22: Vybrané komponenty Pick to Light

(zdroj: Tab. Tab. 6.3, Tab. 6.4, Tab. 6.5, Tab. 6.6)

Vybral jsem 6 světelných modulů Pick to Light K50 a 6 světelných modulů K30 Series, tyto moduly mají rozdílnou velikost (viz Obr. 6.23). Moduly K50 budou umístěny

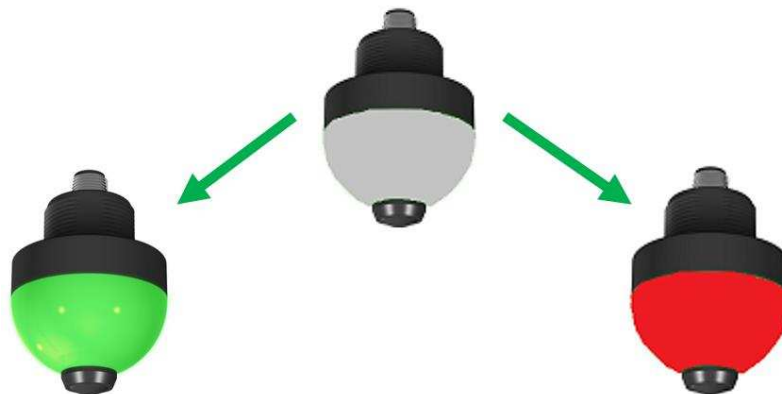
nad paletami a moduly K30 budou umístěny na pracovním stole. Vybral jsem tyto světelné moduly, protože jsou velké, přehledné a jednoduché na ovládání. Také jich lze zapojit libovolné množství. Navíc patří k těm levnějším řešením na trhu a zároveň poskytují dostatečné řešení na tomto pracovišti



Obr. 6.23: *Rozměry světelných modulů K50 a K30*

(zdroj: Tab. 6.3)

Světelný modul se dokáže rozsvítit ve dvou barvách (viz Obr. 6.24). Zelená barva svítí u palet, ze kterých se má odebrat materiál. Po správném odebrání materiálu barva zhasne. Pokud se pracovnice splete a sáhne do jiné palety, pak se rozsvítí u této palety červená barva.



Obr. 6.24: *Barvy světelných modulů*

(zdroj: Tab. 6.3)

Pro řízení systému Pick to Light jsem vybral Controller PMC. Tento model dokáže ovládat až 50 světelných modulů a zároveň patří k levnějším Controllerům na trhu a zároveň poskytuje dostatečné řešení na tomto pracovišti. (viz Obr. 6.25).



Obr. 6.25: Controller PMC

(zdroj: Tab. 6.4)

Pro signalizaci jsem vybral pracovní indikátor Turck L70, který má 3 barvy signalizace a je jednoduše montovatelný (viz Obr. 6.26). Tento indikátor patří k těm levnějším na trhu. Červená barva signalizuje záměnu nebo poruchu, žlutá barva signalizuje nutnost seřízení a zelená barva signalizuje, že je vše v pořádku.



Obr. 6.26: Pracovní indikátor

(zdroj: Tab. 6.6)







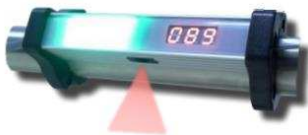
Pro vizualizaci jsem vybral pracovní monitor FPM-3171G-R3BE, který má vysokou variabilitu montáže, dlouhou životnost a lze ho využít v různých provozech (viz Obr. 6.27). Tento monitor patří k těm levnějším na trhu a zároveň poskytuje dostatečné řešení na tomto pracovišti.







Obr. 6.27: Pracovní monitor

(zdroj: Tab. 6.5)








Tab. 6.3: Benchmark *Pick to Light* systémů

| Mod+C7+B | Popis | Foto | Zdroj |
|----------------------------------|---|--|---|
| Pick to Light AW2009F | Model určený pro dynamické prostředí s častými změnami uspořádání. Propojuje se pomocí kabelu k základně. Modely se senzorem, které umožňují potvrzení operace bez stisknutí tlačítka. Rozměry: 103 x 35 x 31 mm |  | https://www.picktolightsystems.com/en/series-products/ |
| Pick to Light W2974 | Model kontrolní LED diodou o vysoké intenzitě. Bezdrátové rozhraní, které může být umístěno kdekoli ve skladu nebo na pracovišti. Rozměry: 210 x 33 x 62 mm |  | http://picktolightsystems.com/en/series-products/nw-series |
| Pick to Light MWU2040PR G | Základní model s jedinou kontrolní LED diodou o vysoké intenzitě. Rozměry: 80 x 40 x 10 mm |  | https://www.picktolightsystems.com/en/series-products/ |
| Pick to Light JW2080RG | Model určený pro čtečku QR kódů, na panelu je umístěný konektor s 9 piny. Připevňuje se k regálu. Umožňuje 2 místné alfanumerické zobrazení. Rozměry: 155 x 40 x 26 mm |  | http://picktolightsystems.com/en/series-products/jw+series |
| Pick to Light K50 Series | Tříbarevný senzor (šedá, zelená a červená). Je určený pro kontrolu chyb a ověření. Kopule poskytuje jasné a snadno viditelné pracovní světlo. |  | https://www.banneringineering.com/sg/en/products/lighting-and-indicators/pick-to-light.html#all |
| Pick to Light AT502 | Model má 2 místný digitální display, Led indikátor a 2 funkční tlačítka. Rozměry: 100 x 46 x 30 mm |  | http://www.atop.com.tw/atop/product/product_detail/data/atop_ablepick/en/500_series_pick_tag/at50 |
| Pick to Light LIDAR | Model signalizuje regálové pozice, kde se nachází potřebné díly. Systém je řízen pomocí čtečky čárových kódů. S displejem pro indikaci počtu dílů. Rozměry: 112 x 20 x 19 mm |  | http://www.alvat.cz/pick-to-light |






Tab. 6.4: Benchmark *Controllerů*

| Model | Popis | Foto | Zdroj |
|--------------------------|---|--|---|
| Controller AT500 | Model určený pro maximálně 120 světelných modulů (Pick to Light). Rozměry: 250 x 33 x 62 mm |  | http://www.atop.com.tw/atop/product/product_detail/data/atop_ablepick/en/controller/at500/ |
| Controller AT400 | Model určený pro maximálně 30 světelných modulů (Pick to Light). Rozměry: 108 x 132 x 33 mm |  | http://www.atop.com.tw/atop/product/product_detail/data/atop_ablepick/en/controller/at400/ |
| Controller ATW305 | Model určený pro bezdrátové připojení pro maximálně 30 světelných modulů (Pick to Light). Dosah přenosu 30 metrů. Rozměry: 108 x 132 x 33 mm |  | http://www.atop.com.tw/atop/product/product_detail/data/atop_ablepick/en/wireless_pick-to-light/wireless/ |
| Controller JW2171 | Model ovládá až 32 světelných modulů. Připojeno do sítě Ethernet. Rozměry: 286 x 100 x 40 mm |  | https://build2light.com/hardware/controllers/ |
| Controller JW2208 | Model ovládá až 160 světelných modulů. Připojeno do sítě Ethernet. Rozměry: 340 x 145 x 55 mm |  | https://build2light.com/hardware/controllers/ |
| Controller JW2208 | Řídicí jednotka ovládá až 150 světelných modulů. Připojeno do sítě Ethernet. |  | http://www.dematicreddwerks.com/pick-to-light/ |
| Controller PMC | Model ovládá až 50 světelných modulů v reálném čase. Připojeno do sítě Ethernet. Rozměry: 270 x 45 x 85 mm |  | http://www.beewatec.de/index.php?id=205&L=1 |

Tab. 6.5: Benchmark průmyslových monitorů

| Model | Popis | Foto | Zdroj |
|-------------------------------------|--|--|---|
| DM-F19A/R-R10 | Špičkově vybavený průmyslový dotykový terminál s velkou 24"/42" LED Full HD dotykovou obrazovkou a nízkými náklady na provoz |  | http://e-shop.fccps.cz/19-prumyslovy-lcd-monitor-s-odporovou-dotykovou-obrazovkou-ip65-osd-9-36v_d41985.html |
| DM-F IP65 Industrial Monitor | Monitor pro informační kiosky na pracovištích. |  | https://www.elvac.eu/ipc/download/iei/datasheet/DM-F-SERIES.pdf |
| FPM-3171G-R3BE | Vysoká variabilita montáže, Anti-reflexní temperované sklo. Možnost montovat : do panel, případně s vhodným příslušenstvím: na zeď, na stůl. |  | http://www.fccps.cz/produkt/lcd-monitory |
| W42L300-65A3 | Možnost dotykového ovládní - technologie: odporová, kapacitní, SAW, infračervené záření |  | http://e-shop.fccps.cz/42-lcd-1920x1080-ip65-vga-vstup_d43389.html |
| E-PICK | Průmyslový panel s předinstalovaným SW. Snadná parametrizace pro skladové potřeby. |  | https://www.ssi-schaefer.com/resource/blob/6046/26b383091d4b98edcf4cf3a06c629c02/brochure-e-pick-en--dam-download-en-1694--data.pdf |
| PPC-5190A-H61-P | Průmyslové panelové PC s odporovým touchscreenem. Snadná montáž a nastavení. |  | https://www.autocont-ipc.cz/produkty/prumyslove-pocitace-s-displejem/ |
| ELIOS-17K/AC | Robustní konstrukce vhodná do náročných provozních podmínek. Displej s vysokým jasnem a dlouhou životností. |  | http://eshop.autocont-ipc.cz/zbozi/elios-17k-ac-17-lcd-sxga-kryti-ip69k-res-touch-0-35-c/detail.aspx?p=z:40339 |

Tab. 6.6: Benchmark *pracovních indikátorů*

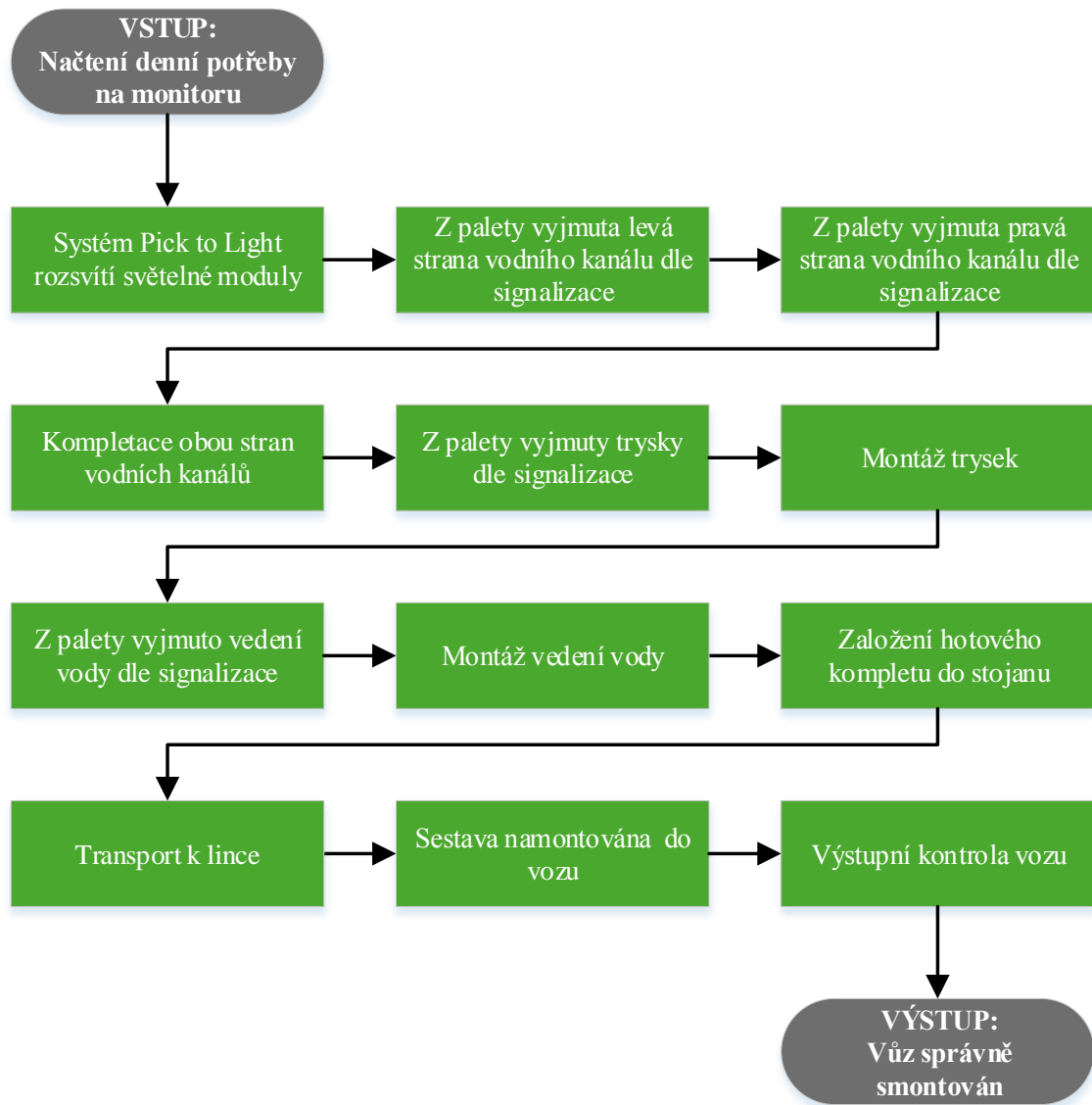
| Model | Popis | Foto | Zdroj |
|----------------------------|--|---|---|
| Turck L70 | Pracovní indikátor. Robustní, levná a jednoduše montovatelná. LED signalizace. 3 barvy. |  A cylindrical black LED signal indicator with three horizontal bands of color: red, orange, and green. | http://pdb2.turck.de/en/DE/groups/000003b000086e500010023 |
| Maják IK72L024X M03 | Signální věž. 2 barvy |  A signal tower with two horizontal bands of color: red and green. | http://eshop.elfetex.cz/10-931-007-majak-ik53l024xm03-rgy-24vdcac-rztl |
| Maják IK53L024X M03 | Signální věž. 3 barvy |  A signal tower with three horizontal bands of color: red, orange, and green. | http://eshop.elfetex.cz/10-931-007-majak-ik53l024xm03-rgy-24vdcac-rztl |
| Maják LD6A | Maják s červenou, žlutou a zelenou barvou. |  A signal tower with three horizontal bands of color: red, yellow, and green. | https://www.remshop.cz/bezpecnostni-systemy/signalizace/led-signalizacni-majaky/led-signalizacni-majak-ld6a-277.html |
| Maják TL30F | Jsou složeny z různých barev LED a jsou k dispozici s nebo bez pípnutí. |  A signal tower with three horizontal bands of color: red, yellow, and green. | http://cz.rs-online.com/web/p/pradem-konfigurovane-vezove-majaky/8655055/ |

6.3.3 Plánovaný proces

U budoucího pracovního procesu (viz Obr. 6.28) je vstupem opět výpis denní potřeby výroby, pracovnice začne proces tím, že si spustí na obrazovce první předdefinovanou sestavu a okamžitě se automaticky rozsvítí 5 světel signalizace nad paletami, kde má být odebrán materiál. Pracovnice jde první vyjmout, z těchto světelnou signalizací označených palet, levou a pravou stranu vodního kanálu. Po bezchybném odebrání obou dílů je k sobě smontuje a odebere z palety označené světelnou signalizací vyhřívané trysky, po dalším bezchybném odebrání vyhřívaných trysek je následně obě zamontuje do krytu vodního kanálu a dál odebere z palety označené světelnou signalizací vedení vody, po dalším bezchybném odebrání tohoto dílu je vedení vody zamontováno do krytu vodního kanálu. Další krok v procesu je, že celá sestava je smontovaná a je odnesena do připravených speciálních stojanů, pracovnice si pak na průmyslovém monitoru spustí další komplet. Naplněné stojany bez neshodných dílů se odvázejí k lince, kde jsou k dispozici ve správný čas na správném místě.

V celém procesu je jistota, že pracovnice neudělá žádnou chybu a navíc jí odpadne neustálá kontrola výpisu, hledání správných dílů a odškrtnutí hotového kompletu.

Navržený proces s pomocí technologie Pick to Light předchází lidským chybám pracovnice, ke kterým může dojít v současném procesu.



Obr. 6.28: *Plánovaný proces*

6.4 Přínosy aplikace navrhovaného řešení

Přínosy zlepšení ergonomie na pracovišti zasahují do nepřímých nákladů, např. snížení nemocnosti na pracovišti, snížení rizika na nemoc z povolání a spokojenost zaměstnanců (menší fluktulace).

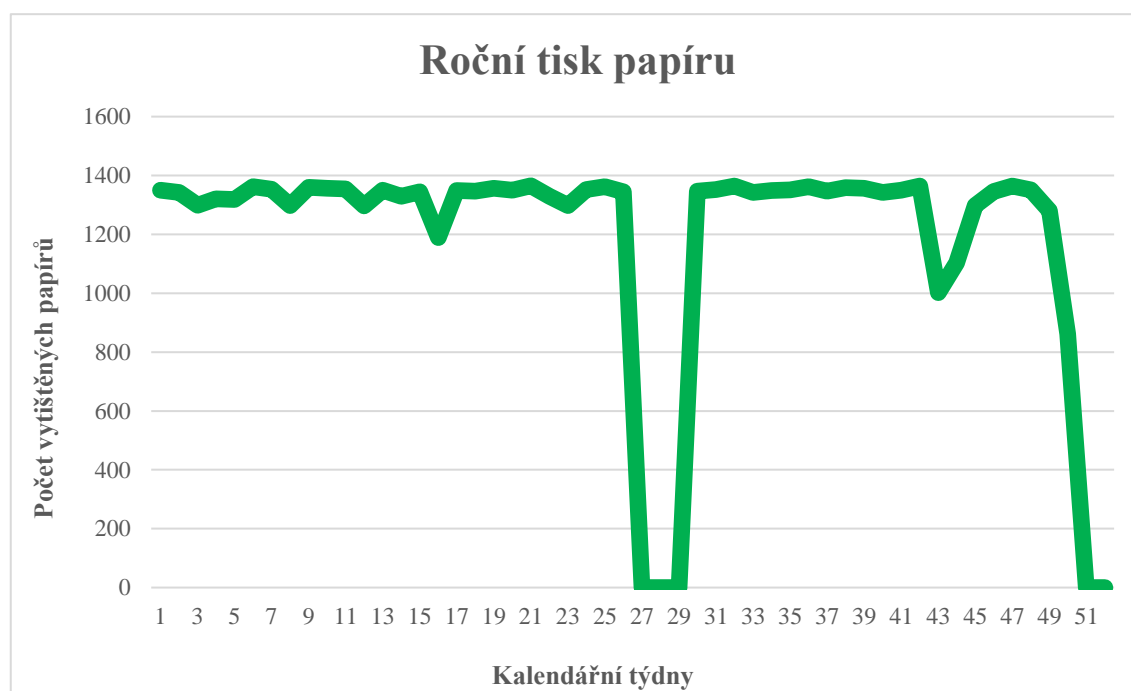
Zavedením systému Pick to Light se sníží náklady na školení zaměstnanců a zamezí se dodání chybných dílů na linku. Z tohoto pohledu dojde ke snížení pracovníků na školení nových zaměstnanců a zároveň k zrušení tisku denní potřeby, z toho následně plyne úspora papírové dokumentace.

6.4.1 Zrušení tisku denní potřeby

Dalším cílem mé DP je eliminovat neustálé tištění denní potřeby. Na pracovišti jsem zjistil, kolik se v průměru vytiskne za jednotlivé časové úseky (směna, týden a rok).

Za celý rok 2016 se na tomto pracovišti v průměru vytisklo:

- › Průměrná spotřeba za směnu 67 listů papíru
- › Průměrná spotřeba za týden 1139 listů papíru
- › Průměrná spotřeba za rok 54672 listů papíru



Obr. 6.29: Graf tisku denní potřeby za rok 2016

Spotřeba papíru je znázorněna na Obr. 6.29. Průměrná spotřeba za rok 2016 v kalendářních týdnech, výkyvy jsou vidět na ose, která ukazuje odstávky výroby, svátky, inventuru a Vánoce.

| | |
|---------------------------|----------------|
| › Cena za jeden papír A4 | 0,098,- Kč |
| › Cena papíru za celý rok | 5357,86,- Kč |
| › Cena toneru za celý rok | 17 713,62,- Kč |

Po sečtení výše uvedených částek dojde při zavedení systém Pick to Light k roční úspoře 23 071,48,- Kč.

6.4.2 Snížení náročnosti práce a kratší doba školení

Na pracovišti se musí školit noví pracovníci, a to z důvodů zastupitelnosti, rotací, nových nástupů, nemocnosti, dovolených nebo odchodu do důchodu.

Když se provádí zaučování nového pracovníka, tak musí být celou směnu na pracovišti dva lidi. Nově školeného pracovníka musí doprovázet školitel z příslušného úseku linky.

V posledních letech se čím dál častěji řeší nedostatek personálu, proto jsou nájímání cizojazyční pracovníci, kteří mluví např. polsky, ukrajinsky, vietnamsky, rumunsky.

Řešení Pick to Light, které jsem navrhl na tomto pracovišti, sníží nároky na schopnosti pracovníků, zkrátí dobu školení nových zaměstnanců, usnadní jejich rotaci a zastupitelnost.

Výhody:

- › Kratší doba zaškolení nového pracovníka
- › Snadná rotace a zastupitelnost pracovníků
- › Nižší nároky na schopnosti pracovníků

7 Závěr

Supermarkety ve výrobě často řeší otázku: „Jak zefektivnit a zoptimalizovat činnosti?“. Potřebují silný prostředek k vedení, řízení a kontrole práce ve vychystávacím skladu. V takovém případě může pomoci zavedení sofistikovaného informačního systému, který v důsledku sníží náklady spojené s následnou kontrolou správnosti vykonaného procesu.

K těm časově nejnáročnějším procesům patří vychystávání dílů v supermarketech. Výrobní procesy se neustále zrychlují, požadavky na kvalitu se neustále zvyšují a počet vyráběných výrobků rok od roku roste.

Nové technologie jsou jednoznačně finančně nákladné na pořízení, ale společnostem se vynaložené finance vrací v podobě spokojených a zdravých zaměstnanců a v kvalitnějších výrobních procesech.

Cílem mé práce bylo optimalizovat vybrané pracoviště supermarketu a navrhnout opatření ke zlepšení kvality a ergonomie na pracovišti.

Zhodnotil jsem ergonomii na pracovišti s využitím softwaru Jack 8 od společnosti Siemens dle české legislativy a dle dalších mezinárodně používaných analýz. Z analýzy vyplynulo, že pracovnice má příliš velkou spotřebu metabolické energie, způsobenou prací ve stoje. Dále předklon pracovnice do palet překračuje 60°, jedná se tedy o nepříjemnou pracovní polohu dle české legislativy. Také dochází ke zvýšenému zatížení svalů, ale riziko poranění bederní páteře je minimální.

Pro zlepšení ergonomie na pracovišti jsem navrhl pod všechny palety umístit náklonný podstavec a u modulární pracovní stanice navrhuji speciální ergonomickou stoličku pro oporu ve stání, z důvodu snížení výdeje metabolické energie. Pro splnění ergonomických standardů, jsem navrhl modulární pracovní stůl, který je osazen moderními komponenty systému Pick to Light.

V další části práce jsem se zaměřil na kvalitu na pracovišti. Pomocí vývojového diagramu jsem zjistil, že se pracovnice může splést nejen při výběru dílů z palet, ale i při neustálé kontrole výpisu z tiskárny a u ručního odškrtávání hotových kompletů. Optimálním řešením pro zlepšení kvality je systém vychystávání materiálu Pick to Light. Provedl jsem benchmark komponentů systému Pick to Light a navrhl jsem nový systém pro toto pracoviště. Navíc je nyní každou směnu vytisknuto v průměru 67 listů papíru.

V nově navrhovaném systému již nebude použit tisk, ale využije se zcela nového elektronického procesu. Tím dojde k úspoře financí nejen z pohledu nákladů spojených s tiskem sekvenčních listů denní potřeby, ale zejména ke zlepšení kvality archivovaných dat vykonané práce. Z pohledu pořizovací ceny není tato technologie výrazně nákladná.

Dále tato technologie sníží náročnost práce a zkrátí dobu zaškolení nových zaměstnanců a usnadní jejich rotaci a zastupitelnost.

Bibliografické citace, seznam použité literatury

- [1] SPEJCHALOVÁ, Dana. Management kvality, bezpečnosti a prostředí. První vydání, Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2012, ISBN 978-80-86730-87-5, 278 s.
- [2] MALLYA, Základy strategického řízení a rozhodování, Grada Publishing a.s., Vyd. 1. Praha, 2007, ISBN 978-80-247-1911-5, 252 s.
- [3] WIKIPEDIE, [online]., Dostupné 20. 5. 2017 z WWW:
<https://sk.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDroba_%28proces%29>
- [4] GEMBA KAIZEN: Řízení a zlepšování kvality na pracovišti. Brno: Computer Press, a.s., 2005, ISBN 80-251-0850-3, 314 s.
- [5] Kolektiv oddělení kvality GQZ. 2016. Katalog kvality. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2016.
- [6] MAURER, Robert. Cesta Kaizen: Z malého kroku k velkému skoku. Praha: Pavel Dobrovský-BETA, 2005, ISBN 80-7306-178-3, s. 24.
- [7] KOŠTURIÁK, I. Kaizen. Computer press, a.s., Vyd. 1. Brno, 2010. ISBN 978-80-251-2349-2, 272 s.
- [8] SVOZILOVÁ, Zlepšování podnikových procesových procesů, Grada Publishing a.s., Vyd. 1. Praha, 2011, ISBN 978-80-247-3938-0, 232 s.
- [9] Produktivne.sk, [online]., Dostupné 20. 5. 2016 z WWW:
<<http://www.produktivne.sk/metody-stihlej-vyroby2/poka-yoke/>>
- [10] CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013, ISBN 978-80-01-05173-3, 173 s.
- [11] Česká republika. 2010. 68. nařízení vlády, ze dne 22. února 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: Sbírka zákonů č. 68/2010. 2010
- [12] BAUMRUK, Martin. 2012. Process Simulate Human. Praha: Siemens, 2012.
- [13] DLOUHÝ, M., FÁBRY, J., KUNCOVÁ, M. HLADÍK, T. Simulace podnikových procesů. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007, ISBN 978-80-251-1649-4, 201 s.
- [14] RULA: Ergonomics. Figshare [online]. 2014 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: https://figshare.com/articles/_NERPA_worksheet_modified_from_RULA_worksheet_using_new_NERPA_criteria_/77497

[15] CHAFFIN, Don. 2001. Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Warrendale: SAE international, 2001. stránky XVII, 184. ISBN 07-680-0687-2.

[16] DEMATIC. Pick to Voice. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.dematic.com/full-case-picking-solutions/pick-by-voice>

[17] SSI Schäfer. Pick to Light. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.ssischaefer.cz/logisticke-systemy/bezpapirove-trideni-objednavek/pick-by-light.html>

[18] Kolektiv oddělení SG/3. 2017. Katalog ergonomie. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2017.

[19] AXIOM. Jack. [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: zdroj: <http://www.axiomtech.cz/24829-tecnomatix-digitalni-tovarna-jack>

[20] POKA-YOKE ŘEŠENÍ OD MITSUBISHI ELEKTRIC. Controlengcesko [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: http://controlengcesko.com/produkt_roku/produkty/opis/0/794/poka_yoke_reseni_od_mitsubishi_electric_guided_operator_solutions

[21] MAŠÍN, Ivan, 2000. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, ISBN 80-902-2356-7, 311 s.

[22] Kolektiv oddělení logistiky PLL. 2016. Katalog logistiky. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s.

[23] Pick to Systems: APOELMOS [online]. 2017 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.apoelmos.cz/pick-to-systems/>

[24] Trilogic: Pracovní buňky [online]. 2016 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://trilogiq.cz/pracovni-bunky-na-miru-podporuji-tymovou-praci>

[25] Lorika: Opora ve stání [online]. 2017 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <http://www.lorika.cz/pracovni-zidle>