

Ergonomická racionalizace výrobního pracoviště

Ilona Kačerová, Yauheniya Anapreyenka

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

ikacerov@kpv.zcu.cz

anaprey@kpv.zcu.cz

Anotace: Článek popisuje ergonomickou racionalizaci výrobního pracoviště v automotive podniku. V rámci ergonomického hodnocení bylo pracoviště vymodelováno ve 3D prostředí, byla provedena analýza RULA a byly zhodnoceny pracovní polohy dle české legislativy. Na základě těchto výsledků byla navržena nápravná opatření.

1 Úvod

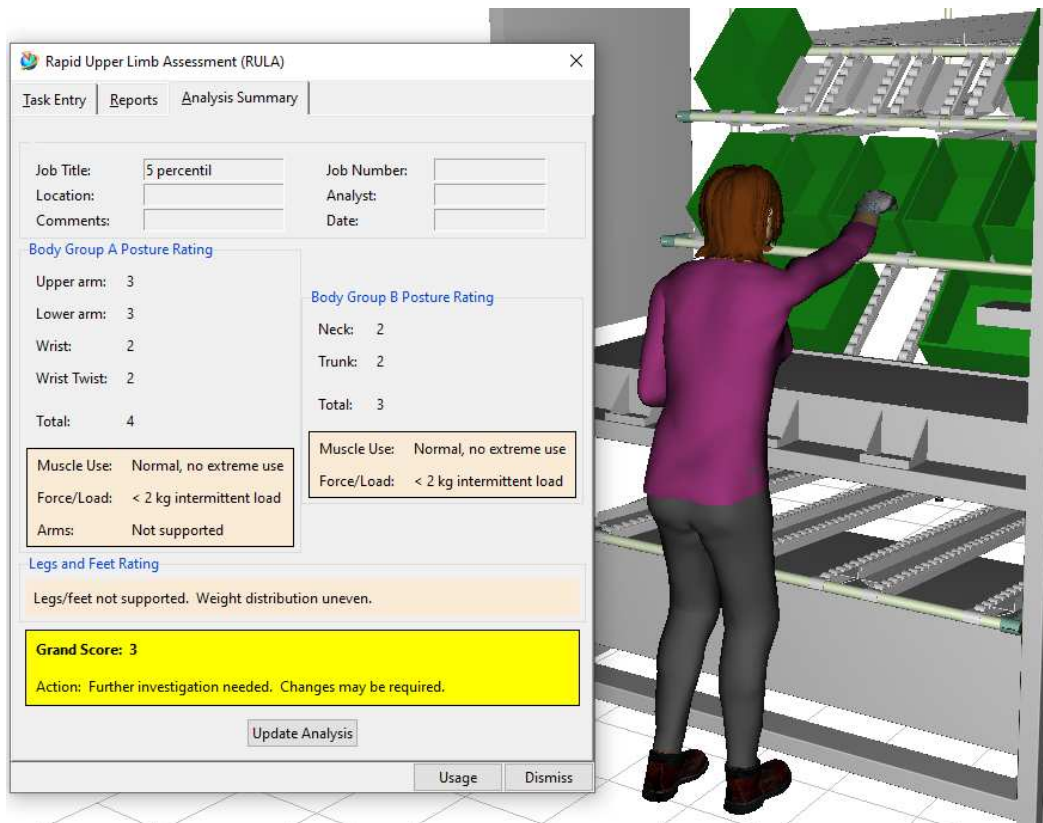
Fyzické i duševní zdraví zaměstnanců by mělo být nejvyšší prioritou všech průmyslových podniků, protože právě operátoři výroby jsou ti, kteří tvoří přidanou hodnotu. Důležitá je proto ergonomie na pracovištích, a to především proto, aby se předešlo zdravotním obtížím. Nejčastější zdravotní obtíží v oblasti průmyslu je syndrom karpálního tunelu [1], který je způsobený repetitivními pohyby, jednostrannou zátěží či prací s vibračními nástroji. Následují další poruchy horních končetin spojené s prací, či bolest zad. Právě repetitivnost pohybů je v průmyslovém odvětví značný problém. Z provedených výzkumů vyplývá, že téměř 2/3 pracovníků EU prohlašují, že vykonávají práci vyžadující repetitivnost pohybů horních končetin. 1/4 pracovníků dále uvádí, že jsou vystaveni vibračním z pracovních nářadí. [2] Je důležité si uvědomit, že muskuloskeletální poruchy souvisejí s pracovní zátěží a vyvíjí se postupem času. Nikdy neexistuje pouze jedna příčina a obvykle se jedná o kombinaci různých faktorů. Několik studií se věnuje taktéž tomu, že tyto problémy souvisejí také s psychosociálními rizikovými faktory, jako je například spokojenost s prací či velikost pracovních nároků. [3] Pro podniky je vhodné provádět neustálé zlepšování pracovního prostředí zaměstnanců. K eliminaci nevhodných pracovních poloh či jiných negativních vlivů na zdraví zaměstnance je vhodné využít ergonomických standardů. Před zavedením standardů je však důležité provést prvotní ergonomický screening a zjistit rizika na pracovišti. K tomu byla v rámci této studie využita mezinárodně uznávaná ergonomická analýza RULA [4] a hodnocení pracovních poloh dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které je důležitou součástí hodnocení ergonomických rizik v podnicích v České republice. Toto nařízení určuje limity, které souvisí s kategorizací prací v České republice.

2 Charakteristika výrobního procesu

Pracoviště je součástí montážní linky v automotive podniku. Linka je kombinovaná – část pracovišť je obsluhována lidmi, část kolaborativními či tradičními roboty. Práce probíhá ve stoje s občasným přecházením. Pracovníci pracují v 8hodinových směnách, bezpečnostní přestávky nejsou k dispozici. Čistý čas práce je 450 min. Ve středu rámu linky se po pásu pohybuje paletka s předpřipravenými úchytnými body pro jednotlivé komponenty. K zadní straně rámu linky je přisunut spádový regál, ve kterém jsou skladovány jednotlivé KLT boxy s různými komponentami. Počet těchto krabic se liší podle složitosti vyráběného výrobku. U velkého množství výrobků dochází převážně k využívání pouze prvních dvou polic regálu, avšak u nejsložitějších výrobků je zapotřebí krabice skladovat i v třetí nejvýše položené polici regálu. V úrovni kolen pracovníka se pak nachází spodní police regálu, která slouží k odvodu prázdných krabic. Pracovník na této pracovní pozici odebírá materiál z jednotlivých KLT boxů, které následně manuálně upevňuje na paletku na pracovní lince. Po upevnění všech komponent paletka odjíždí na robotické pracoviště. Čas cyklu linky na tomto pracovišti se liší od složitosti výrobku, průměrný takt výroby je 130 sekund/ks. Pracovní rovina je ve výšce 100 cm, první police regálu s KLT je od pracovníka vzdálena 55 cm.

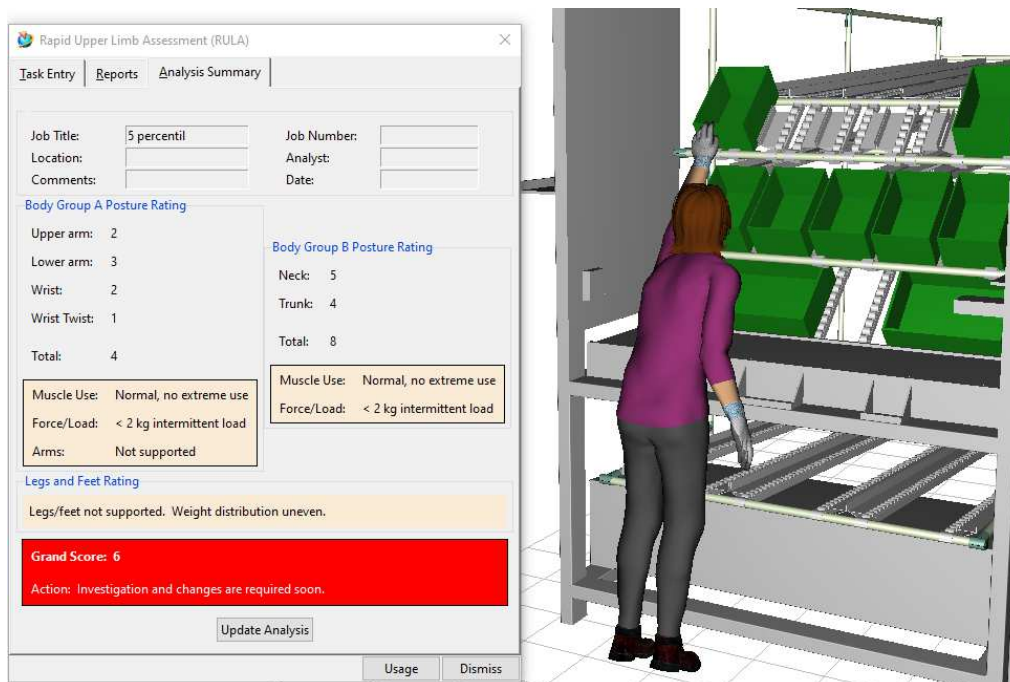
3 Posouzení současného stavu pracoviště

Pomocí programu Autodesk Inventor a naměřených rozměrů byl vytvořen model pracoviště, který následně sloužil jako reference v programu Tecnomatix Jack, ve kterém proběhlo posouzení jednotlivých pracovních poloh pomocí metody RULA. Daná metoda slouží jako prvotní screeningový nástroj v hodnocení ergonomie na pracovištích. Posouzení probíhalo pro 5. a 50. percentil, jelikož na pracovišti pracují převážně ženy středního a malého vzrůstu.



Obrázek 1 - Hodnocení ergonomie pomocí metody RULA – poloha 1

Pracovní rovina s výrobní paletkou se pohybuje v rozmezí doporučené výšky pracovní roviny pro práci vstoje. Pro 50. ani 5. percentil nebyly nalezeny v rámci možností výrazné problémy s pracovními polohami, kdy pracovnice sahá pro komponenty do první a druhé police regálu. RULA skóre zde vycházelo v rozmezí 3-4, což značí nízkou úroveň rizika muskuloskeletálních onemocnění či pracovního úrazu. Za rizikovou oblast výrobního procesu je považována poloha, kdy pracovnice sahá pro komponenty do třetí a zároveň nejvýše položené police regálu. Zde vyšlo RULA skóre 6 – tzn. vysoké riziko potenciálního muskuloskeletálního onemocnění či pracovního úrazu, které je nutno okamžitě napravit. Zároveň ženy v 5. percentilu dosáhnou pouze na okraj víka krabice, viz obrázek č. 2. Dalším problémem bylo umístění krabic na nakloněné ploše, jelikož se zde nenachází žádné zarážky a krabice tak mají tendenci sjíždět dolů.



Obrázek 2 - Hodnocení ergonomie pomocí metody RULA – poloha 2

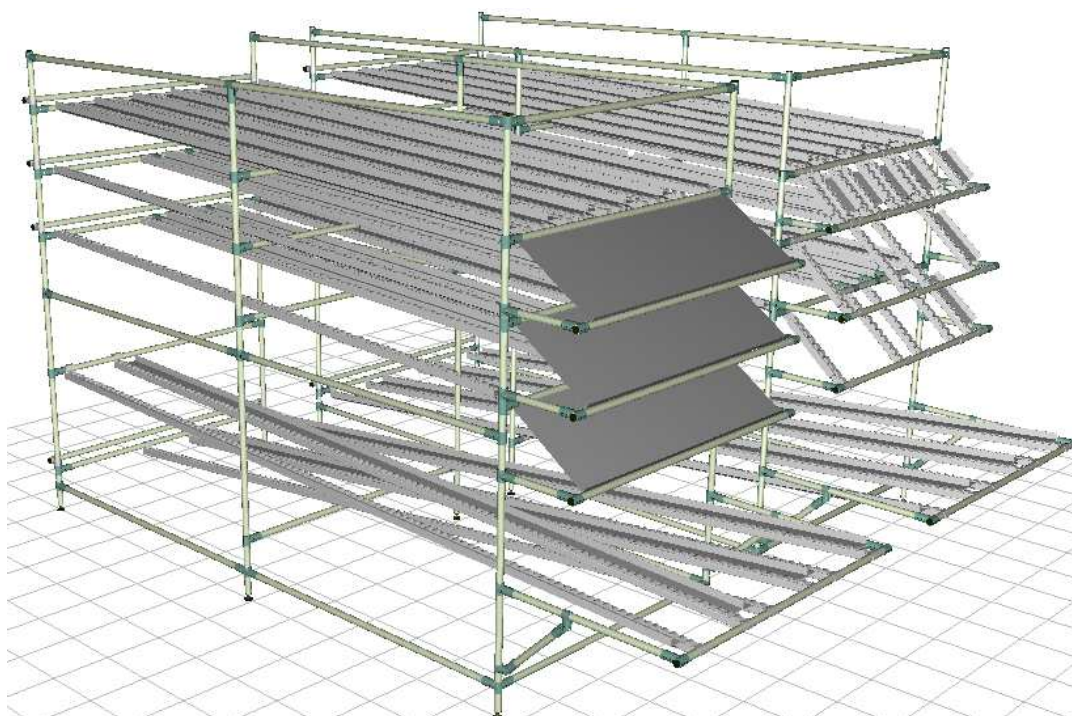
Vzhledem k pracovním polohám horních končetin bylo provedeno hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Vzpažení paže 40° - 60° při frekvenci pohybů menší 2/minutu – podmíněně přijatelná pracovní poloha dynamická – bylo v této poloze kalkulováno pro pravou horní končetinu na cca 49 minut a pro levou horní končetinu na cca 36 minut v průměrné 8hod pracovní směně. Vzpažení paže nad 60° při frekvenci pohybů menší 2/minutu – nepřijatelná pracovní poloha dynamická – bylo v této poloze kalkulováno pro pravou horní končetinu na cca 34 minut a pro levou horní končetinu na cca 7 minut v průměrné 8hod pracovní směně. Z hlediska kategorizace práce dle Zákona č. 205/2020 Sb. a Vyhlášky č. 432/2003 Sb. by bylo toto pracoviště z hlediska pracovních poloh zařazeno do 3. kategorie.

4 Nápravná opatření

V rámci racionalizace pracoviště bylo navrženo několik nápravných opatření.

1. Přesunutí horní police regálu na jiné místo.
2. Nahrazení nakloněné plochy pod krabicemi plechovou podložkou se zářázkou na konci.
3. Vyvýšení spodní police regálu pro odvod prázdných KLT boxů.
4. Obrácení části spádového regálu tak, aby bylo možné plné KLT boxy posílat ve spodní části regálu.

Vizualizace je vyobrazena níže.

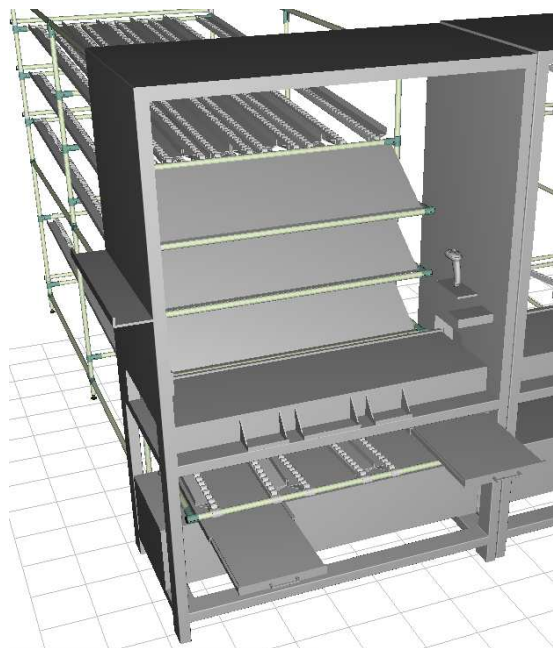


Obrázek 3 - Upravený regál (vlevo), původní regál (vpravo)

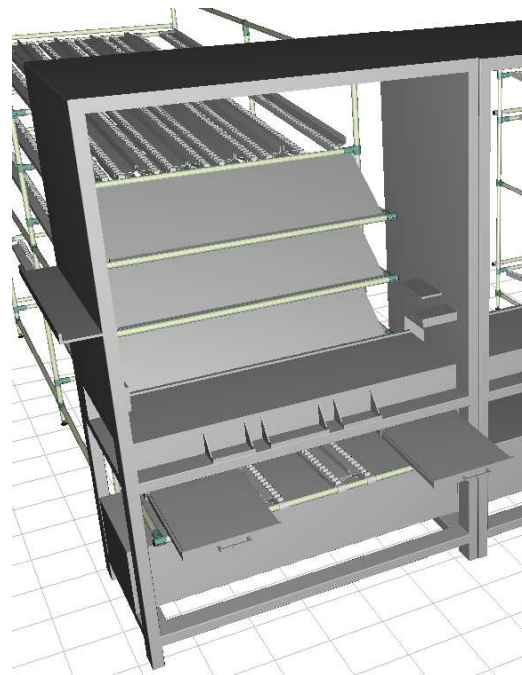
Pro eliminaci sahání do horních pozic regálu bylo zapotřebí u linky vytvořit nové odložné plochy pro KLT boxy. Z toho důvodu byly ke konstrukci linky přišroubovány dvě výsuvné police o takové velikosti, aby bylo možné na ně uložit 2 malé KLT boxy s komponenty anebo jeden větší KLT box. Tyto výsuvné police mohou existovat ve dvou variantách:

1. Jedna výsuvná police vlevo od pracovnice dole a jedna výsuvná police od pracovnice vpravo ve výšce pracovní roviny. Tato varianta umožňuje zasílat 2 malé KLT boxy s materiálem do dolní police regálu. Odtud si je pracovnice může přemístit na výše položenou polici vpravo. Pokud by byla potřeba využít ještě většího množství KLT boxů, pracovnice si může vysunout i spodní výsuvnou polici a odkládat boxy na ní. Tato pozice není z ergonomického hlediska příliš vhodná, jelikož se pracovnice musí předklánět, aby z krabice vybrala potřebné komponenty a přemístila je do misek umístěných na pracovní ploše linky. Toto přemístění do misek by musela provést jednou za každých 20 pracovních cyklů. Zbylé 2 boxy, které by umísťovala na výsuvnou polici vpravo, by si pracovnice musely sundat ze třetí police regálu.
2. Obě výsuvné police jsou umístěny ve výšce pracovní plochy jak vpravo, tak vlevo od pracovnice. Pracovnice by si musela sundat krabice z třetí police regálu a umístit je na výsuvné police. Toto řešení vyžaduje, aby pracovnice sahaly do třetí police regálu, každopádně počet těchto pohybů by se výrazně snížil. Celá plocha spodní police regálu by v tomto případě sloužila pouze pro odvod prázdných krabic.

Vizualizace obou variant je na obrázcích níže.



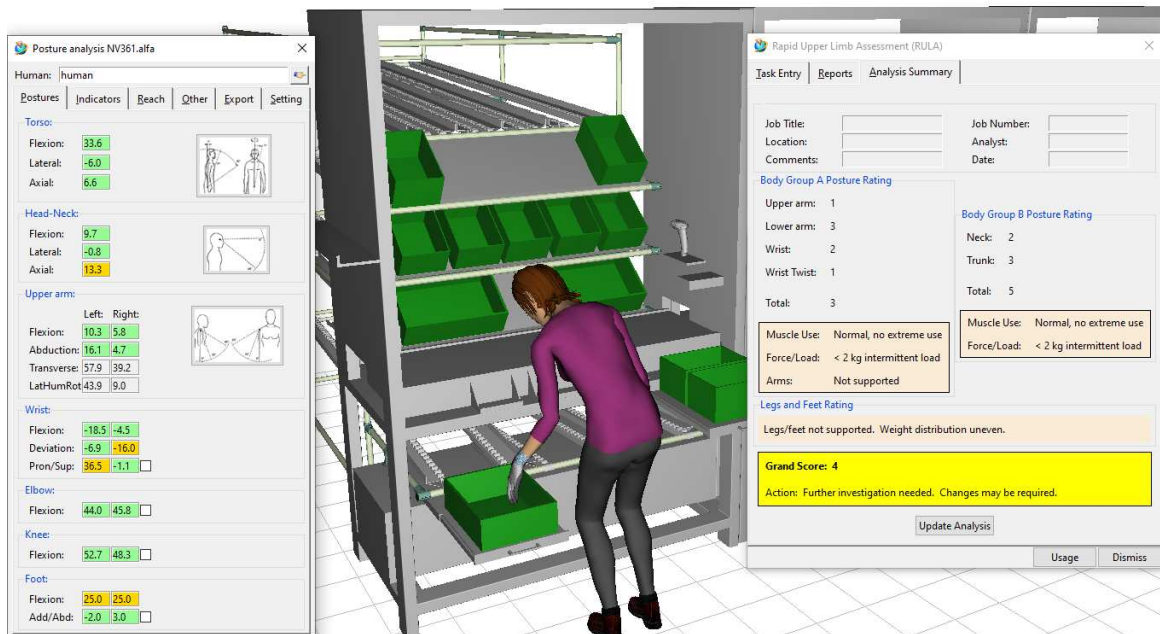
Obrázek 4 - Varianta 1



Obrázek 5 - Varianta 2

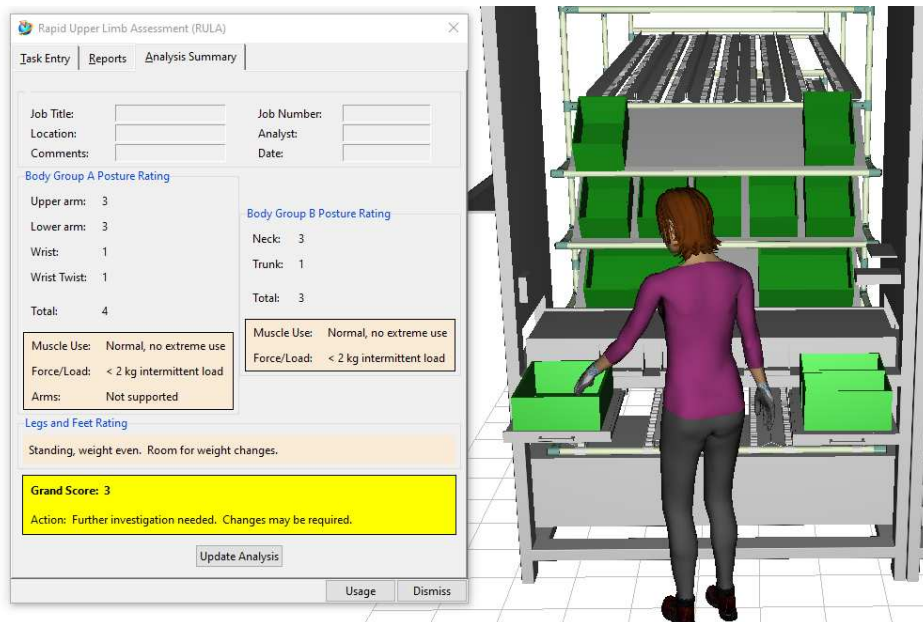
5 Hodnocení pracovních poloh po racionalizaci pracoviště

Po provedení nápravných opatření byla opět provedena ergonomická analýza stavu pracoviště – k tomu bylo využito promítnutí pracoviště do virtuální reality a vyzkoušení pracovního procesu. Obě dvě varianty mají své přínosy, ale taktéž zápory. Co se týče varianty č. 1 – došlo zde k eliminování sahání do horní police regálu. Dosah do této pozice by byl pouze v případě nejnáročnějšího výrobku, kdy je potřeba tyto KLT boxy vzít a přesunout na výsuvnou polici níže. KLT boxy se díky úpravě nacházejí o několik cm blíže k pracovníci. Díky výsuvné polici ve výšce pracovní roviny byl výsledek analýzy RULA ohodnocen skórem 3, manipulace s níže umístěnou policí byla ohodnocena RULA skórem 4. Tento pohyb by byl však prováděn pouze jednou za 20 pracovních cyklů. Vzpažení paže 40° - 60° při frekvenci pohybů menší 2/minutu – podmíněně přijatelná pracovní poloha dynamická – bylo v této poloze kalkulováno pro pravou horní končetinu na cca 16 minut a pro levou horní končetinu na cca 7 minut v průměrné 8hod pracovní směně. Vzpažení paže nad 60° při frekvenci pohybů menší 2/minutu – nepřijatelná pracovní poloha dynamická – bylo v této poloze kalkulováno pro pravou horní končetinu na cca 12 minut a pro levou horní končetinu na cca 3 minuty v průměrné 8hod pracovní směně.



Obrázek 5 - Ergonomické hodnocení rizik po provedení nápravných opatření – varianta 1

Druhá varianta je pro potenciální pracovníce na první pohled více pochopitelná, protože zde neexistuje více způsobů, jak daný pohyb provádět. Výsledek analýzy RULA byl ohodnocen skóre 3. Hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. vyšlo v limitu.



Obrázek 6 - Ergonomické hodnocení rizik po provedení nápravných opatření – varianta 2

6 Závěr

V rámci studie bylo analyzováno pracoviště výrobní linky v automotive podniku. Po prvotním provedení ergonomického screeningu byly identifikovány kritické pracovní polohy a kritická místa, které by mohly vést ke zdravotním komplikacím či pracovnímu úrazu. Pro posuzování pracovních poloh byla využita ergonomická analýza RULA a hodnocení pracovních poloh dle Nařízení vlády 361/2007 Sb. Pro snížení rizika výskytu nepříjemných poloh byla navržena nápravná opatření. Finální návrh opatření se skládá ze dvou variant. Po zvážení přínosů a rizik obou možností byla zvolena za vhodnější druhá varianta, a to především díky eliminaci většiny nepříjemných poloh a vhodnější standardizaci pracovního procesu. Díky racionalizaci pracoviště podnik eliminoval potenciální vznik nemoci z povolání či pracovního úrazu, zároveň se vyhnul zákonným bezpečnostním přestávkám, kvůli kterým by musela být omezena výroba. Ergonomie pracoviště tak měla příznivý vliv nejenom na stávající či potenciální pracovníky pracoviště, ale taktéž na celý podnik.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory interního grantu Západočeské univerzity číslo SGS-2021-028 - Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému, Developmental and training tools for the interaction of man and the cyber-physical production system.

Použitá literatura

- [1] FENCLOVÁ, Z., VOŘÍŠKOVÁ, M., URBAN, P. PELCLOVÁ, D. ŽOFKA, J. Nemoci z povolání v České republice 2021. Vydal Státní zdravotní ústav – centrum hygieny práce a pracovního lékařství. 2022. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/cpl/nemoci_z_povolani/Hlaseni_NzP_2021.pdf
- [2] BEVAN, S., Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Journal of Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. Volume 29. 2015. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.08.002>
- [3] Muskulosekeltální poruchy. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci. In: osha.europa.eu [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/musculoskeletal-disorders>
- [4] BUREŠ, Marek. *ŽIVDIG : Tvorba a optimalizace pracoviště*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.