

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a
management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ergonomická analýza pracovišť na kompletační lince

Autor: **Bc. Petra Křížová**

Vedoucí práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Ing. Marku Burešovi, Ph.D, za odborné vedení a metodickou pomoc při zpracování diplomové práce.

Za vstřícnou spolupráci, cenné rady a věnovaný čas, bych chtěla touto cestou také ráda poděkovat panu Václavu Sklenáři a panu Rudolfu Klierovi ze společnosti Fujitrans.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Křížová	Jméno Petra		
STUDIJNÍ OBOR	„Průmyslové inženýrství a management“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing.Bureš, Ph.D	Jméno Marek		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická analýza pracovišť na kompletační lince			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	85	TEXTOVÁ ČÁST	66	GRAFICKÁ ČÁST	19
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zabývá ergonomickou analýzou pracoviště na kompletační lince. Práce hodnotí pracovní polohy pracovníků při různých pracovních pozicích. Pracovní polohy jsou hodnoceny analýzami Rula a Niosh. Dále, bylo provedeno měření hmotnostních limitů a tažných sil.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Ergonomie, ergonomická hlediska, pracovní polohy, Rula, Niosh, kumulativní hmotnost, tažné síly, hmotnostní limity, ergoPak</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Křížová	Name Petra	
FIELD OF STUDY	“Industrial Engineering and Management “		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D	Name Marek	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Ergonomic analysis on the assembly line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and management	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	85	TEXT PART	66	GRAPHICAL PART	19
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis deals with the analysis of ergonomic workplace on the assembly line. Thesis evaluates position of workers in different jobs. Working positions are evaluated analyzes Rula and NIOSH. Furthermore, measurements were taken of pulling forces and weight limits.
KEY WORDS	Ergonomics, ergonomic aspects, work position, Rula, NIOSH, cumulative weight, tensile strength, weight limits, ergoPak

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Ergonomické aspekty.....	13
2.1. Co je ergonomie.....	13
2.2. Speciální oblasti ergonomie a základní rozdělení ergonomie podle IEA.....	13
2.3. Vybrané ergonomické parametry	15
3. Digitální ergonomické modelování – digitální modely člověka.....	18
3.1. Delmia V5 Human.....	19
3.2. Tecnomatix Jack.....	20
4. Charakteristika výrobního systému.....	21
4.1. Představení společnosti.....	21
4.2. JIT.....	22
4.3. Kanban.....	22
4.4. Charakteristika pracoviště	23
4.4.1. Pick by light	25
4.4.2. 3D modely	26
5. Ergonomické metody a analýzy.....	29
5.1. Rula.....	29
5.2. Niosh.....	32
6. Měření a analýzy.....	34
6.1. Měření tažných sil v programu ergoPak.....	34
6.1.1. Tenzometrická sady ergoPak	35
6.1.2. Předmět měření	37
6.1.3. Výsledky měření	40
6.2. Měření hmotnostních limitů	44
6.3. Hodnocení pomocí analýzy Niosh a Rula	46
6.3.1. Niosh	46
6.3.2. Rula	51
7. Zhodnocení	62
8. Závěr	66
Evidenční list.....	85

Seznam obrázků

Obrázek 2-1 - optimální pracovní poloha – trup	16
Obrázek 2-2 - optimální pracovní poloha – ramena.....	17
Obrázek 2-3 - optimální pracovní poloha - hlava a krk	17
Obrázek 2-4 - optimální pracovní poloha – zápěstí	17
Obrázek 3-1 - model člověka vytvoření v programu Delmia V5 Human	19
Obrázek 3-2 - struktura modelu V5 Human.....	19
Obrázek 3-3 - úchopy rukou Zdroj: www. digipod.zcu.cz.....	20
Obrázek 3-4 - model člověka vytvořený v programu Tecnomatix Jack	21
Obrázek 4-1 - layout halý - znázornění kanbanu	24
Obrázek 4-2 - linka Kenso Zdroj: interní materiály společnosti	25
Obrázek 4-3 - reálný pohled na linku Kenso.....	25
Obrázek 4-4 - světelný systém u metody Pick by Light	26
Obrázek 4-5 – Regál se třemi policemi	26
Obrázek 4-6 - regál s jednou policí	27
Obrázek 4-7 - tyčový regál.....	27
Obrázek 4-8 - válečkový dopravník	27
Obrázek 4-9 – vozík í	28
Obrázek 4-10 - pohled na pracoviště.....	28
Obrázek 4-11 - pohled na pracoviště.....	29
Obrázek 5-1 - pravá strana	30
Obrázek 5-2 - levá strana	30
Obrázek 5-3 - hodnotící tabulka pro polohu rukou	31
Obrázek 5-4 - pozice trupu, krku a nohou.....	31
Obrázek 5-5 - hodnotící tabulka pro krk a trup.....	32
Obrázek 5-6 - tabulka pro vyhodnocení celkového skóre.....	32
Obrázek 6-1 - sada ergoPAK	35
Obrázek 6-2 – ergoFET.....	35
Obrázek 6-3 - třmenový popruh	36
Obrázek 6-4 - táhlo.....	36
Obrázek 6-5 – rozdělovač	37
Obrázek 6-6 - bezdrátový přijímač.....	37
Obrázek 6-7 - tyčový vozík.....	38
Obrázek 6-8 - hodnota měření pro jeden vozík.....	41
Obrázek 6-9 – hodnota měření pro dva vozíky	42
Obrázek 6-10 – hodnota měření pro tři vozíky	43
Obrázek 6-11 – hodnota měření pro čtyři vozíky	44
Obrázek 6-12 - výchozí poloha	46
Obrázek 6-13 - první patro - koncová poloha	47
Obrázek 6-14 - formulář pro metodu Niosh.....	47
Obrázek 6-15 - vstupní hodnoty pro metodu Niosh.....	48
Obrázek 6-16 - výsledek analýzy pro první patro	48
Obrázek 6-17 - koncová poloha pro druhé patro.....	49
Obrázek 6-18 - výsledek analýzy pro druhé patro	49
Obrázek 6-19 - koncová poloha pro třetí patro	50
Obrázek 6-20 - výsledek analýzy pro třetí patro.....	50
Obrázek 6-21 - první pozice hodnocená metodou Rula.....	52
Obrázek 6-22 - vstupní parametry.....	52
Obrázek 6-23 - výsledek analýzy pro první pracovní polohu	53

Obrázek 6-24 - pracovní poloha pro sahání do velké papírové bedny	53
Obrázek 6-25 - vstupní parametry pro hmotnost menší než 2 kg	54
Obrázek 6-26 - vyhodnocení pracovní polohy pro díly do 2 kg	54
Obrázek 6-27- vstupní parametry pro hmotnost 2-5 kg	55
Obrázek 6-28 - vyhodnocení pracovní polohy pro díly s hmotností 2-5 kg	55
Obrázek 6-29 - pracovní poloha pro vyndávání dílů z horního patra	56
Obrázek 6-30 – vstupní parametry pro hmotnost do 2 kg.....	56
Obrázek 6-31 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z horního patra regálu	57
Obrázek 6-32 - pracovní poloha pro vyndávání dílů z druhého patra regálu.....	57
Obrázek 6-33 – vstupní parametry pro díly do 2 kg	58
Obrázek 6-34 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z druhého patra regálu pro díly do 2 kg.....	58
Obrázek 6-35 – vstupní parametry pro díly 2-5 kg	59
Obrázek 6-36 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z druhého patra regálu pro díly 2-5 kg	59
Obrázek 6-37 - pracovní poloha při zvedání dílů ze spodního patra regálu	60
Obrázek 6-38 - vstupní parametry pro díly do 2 kg	60
Obrázek 6-39 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů ze spodního regálu s hmotností do 2 kg	61
Obrázek 6-40 - vstupní parametry pro díly s hmotností 2-5 kg	61
Obrázek 6-41 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů ze spodního regálu s hmotností 2-5 kg.....	62

Seznam tabulek

Tabulka 1 - rozměry pro pracovní rovinu	15
Tabulka 2 - hmotnostní limity	18
Tabulka 3- Jednotlivé kategorie pro metodu Rula	32
Tabulka 4- hodnoty pro multiplikátor spojení.....	33
Tabulka 5 – hodnoty pro frekvenční multiplikátor	34
Tabulka 6 – Hmotnosti partsboxů pro první vozík	38
Tabulka 7 – Hmotnosti partsboxů pro druhý vozík	39
Tabulka 8 – Hmotnosti partsboxů pro třetí vozík	39
Tabulka 9 – Hmotnosti partsboxů pro čtvrtý vozík.....	40
Tabulka 10- Naměřené hodnoty pro jeden vozík	40
Tabulka 11 – Naměřené hodnoty pro dva vozíky	41
Tabulka 12 – Naměřené hodnoty pro tři vozíky	42
Tabulka 13 – Naměřené hodnoty pro čtyři vozíky.....	43
Tabulka 14 – Výpočet hmotností	45
Tabulka 15 - Shrnutí výsledků z hodnocení metodou Niosh	51
Tabulka 16 - tabulka pro vyhodnocení metody Rula	51
Tabulka 17 - Výsledky vyhodnocení metodou Rula.....	64

Seznam zkratk

ISO	International Organization for Standardization - Mezinárodní organizace pro normalizaci
IEA	International Ergonomic Association - Mezinárodní ergonomická společnost
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
JIT	Just in time
Rula	Rapid Upper Limb Assessment – ergonomická metoda
Niosh	National Institute for Occupational Safety and Health
Pak	Portable Anylysis Kit - přenosná analytická sada
RWL	Doporučený hmotnostní limit
LI	Zvedací index

1. Úvod

Diplomová práce bude rozdělena na dvě části a to na část teoretickou, ve které bude objasněn pojem „ergonomie“ a na část praktickou, kde bude řešena konkrétní problematika na daném pracovišti. V první části budou dále definovány hlavní cíle ergonomického projektování a respektování možností člověka v jakékoliv práci a činnosti. V druhé části práce bude provedeno hodnocení pracovních poloh pracovníků z hlediska ergonomie. Pro toto hodnocení budou použity metody Rula a Niosh.

Vzhledem k tomu, že v dnešní době, v práci trávíme převážnou část našeho života, je potřeba si uvědomit, že kvalita našeho života je úzce spjata s kvalitou pracovních podmínek neboť rozvoj techniky a automatizace výrazným způsobem změnil charakter práce, na který jsme byli zvyklí ve 20. století. V dnešní době ve všech vyspělých zemích čím dál tím více lidí vykonává místo manuální těžké práce, práci méně fyzicky náročnou a tím pádem dochází ke snížení požadavků na fyzický výkon pracovníků a naopak se zvyšují požadavky na psychický a mentální výkon pracovníků. A právě díky tomu je nutné řešit v rámci pracovního procesu ergonomii pracovního místa. Zavedením ergonomie do pracovního procesu má obrovskou výhodu a to, že velice často dokáže odhalit komplikované vztahy mezi strojem, člověkem a prostředím. Dokáže identifikovat možná nebezpečí a tím eliminovat nebezpečí poškození zdraví. Pokud nejsou parametry pracovního systému optimální, mohou zejména při dlouhodobém trvání vznikat novodobé „civilizační“ nemoci z povolání jako jsou například muskuloskeletární choroby. Proto se dnes většina firem snaží snížit psychickou, fyzickou a mentální zátěž pracovníka.

2. Ergonomické aspekty

2.1. Co je ergonomie

Pojem ergonomie byl uměle vytvořen a vznikl spojením dvou řeckých slov: ergon což znamená práce a nomos což v překladu znamená zákon nebo pravidlo. Pojem ergonomie se začal používat hlavně po druhé světové válce a to zejména v Evropě, Spojených státech amerických a Austrálii. Existuje hned několik definic ergonomie. V roce 2000 Mezinárodní ergonomická společnost (IEA) navrhla následující definici.

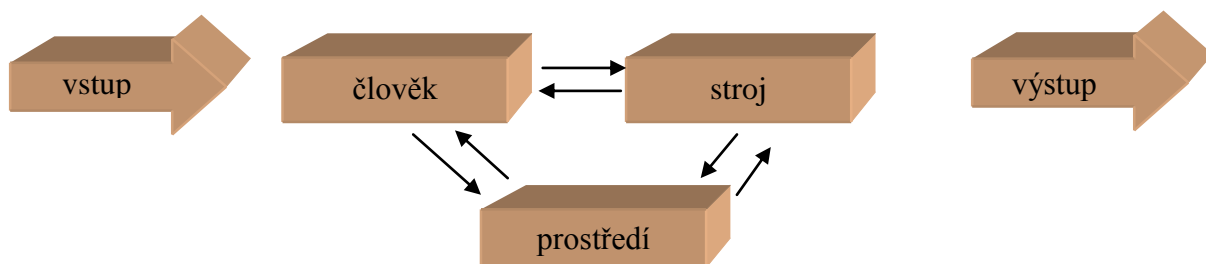
„Ergonomie je vědecká disciplína založena na porozumění interakci člověka a dalších složek v systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost. Přispívá k řešení designu a hodnocení práce, úkolů, produktů, prostředí a systémů, aby byly kompatibilní s potřebami, schopnostmi a výkonnostním omezením lidí.

Ergonomie je tedy systémově orientovaná disciplína, která prakticky pokrývá všechny aspekty lidské činnosti. V rámci holistického (celostního) přístupu zahrnuje faktory fyzické, kognitivní, sociální, organizační, prostředí a další relevantní faktory.“ [1]

Další definici uvádí Mezinárodní úřad práce (ILO)

„Polidštění práce, dosažení vyšší úrovně adaptace mezi člověkem a jeho prací z humanitního (zdravotního) i z ekonomického hlediska (produktivita práce). Dle autorů je předmětem ergonomie studium interakcí v převážně pracovních systémech, odhalení jejich vzájemných vazeb a účinků, a vytváření souborů opatření technického, organizačního a personálního typu, jako je uplatnění příslušných poznatků v konstrukci pracovních prostředků, ve vybavení a uspořádání pracovních míst, ve vytvoření zdravého pracovního prostředí, ve vytvoření vhodného režimu a organizace práce a v přípravě ke způsobilosti člověka pro předpokládanou práci apod.“ [1]

Obecně můžeme říci, že základem ergonomie je fungování systému 3M : man – machine – medium (člověk, stroj, prostředí) [5].



2.2. Speciální oblasti ergonomie a základní rozdělení ergonomie podle IEA

Dle rozdělení IEA se ergonomie dělí následovně:

- Fyzická ergonomie
- Kognitivní (psychická) ergonomie
- Organizační ergonomie

Fyzická ergonomie

Fyzická ergonomie se zabývá vlivem pracovních podmínek pracovního prostředí na lidské zdraví. Řeší například problémy, které jsou spojeny s onemocněním pohybového aparátu. Dále tato oblast ergonomie řeší bezpečnost práce a uspořádání pracovního místa. Uspořádání pracovního místa ačkoli se to na první pohled nemusí zdát je velice důležité, protože právě díky správnému uspořádání místa se můžeme v budoucnu vyhnout mnoha nepříjemným zdravotním problémům.

Kognitivní (psychická) ergonomie

Psychická ergonomie se zabývá psychologickými aspekty pracovní činnosti. Mezi psychologické aspekty například můžeme zařadit pracovní stres. Pracovní stres je v dnešní době hodně rozšířené onemocnění. Trpí jím zejména lidé na vyšších pracovních pozicích. Dále mezi psychologické aspekty řadíme psychickou zátěž, která je kolikrát horší než zátěž fyzická.

Organizační ergonomie

Organizační ergonomie je poslední část rozdělení podle IEA. Tato oblast ergonomie se zaměřuje především na optimalizaci sociotechnických systémů a jejich organizačních struktur, strategií a postupů. Dále se zabývá věcmi, které se týkají týmové práce, směnové práce, režimu práce a odpočinku.

Toto rozdělení však není jediné. Existují ještě speciální oblasti ergonomie. Speciální oblasti ergonomie jsou celkem čtyři a to:

- Rehabilitační ergonomie
- Participační (účastnická) ergonomie,
- Psychosociální ergonomie
- Myoskeletární ergonomie

Rehabilitační ergonomie

Rehabilitační ergonomie se především soustředí na profesní přípravu handicapovaných osob. Důležitými faktory jsou zde vůle, schopnost adaptace, motivace a osobní rysy.

Participační (účastnická) ergonomie

Tento druh vznikl v Japonsku a dnes patří mezi velice uplatňované. Já osobně u tohoto druhu ergonomie vidím velkou výhodu v tom, že se zabývá změnami v uspořádání pracoviště, na kterých se podílejí sami zaměstnanci. Nebo můžeme také spolupracovat s managementem a jinými odborníky. Myslím si, že je velmi důležité brát také na vědomí přání zaměstnanců, neboť právě oni vědí nejlépe, co by jim na daném pracovišti mohlo vyhovovat. Díky tomu můžeme včas posoudit rizikové faktory a jejich možné následky.

Psychosociální ergonomie

Psychosociální ergonomie se zabývá stresovými faktory a požadavky při práci. Pro lepší vysvětlení je následující definice. *„Zabývá se psychologickými požadavky při práci a stresovými faktory. Úroveň stresu je dána psychologickými požadavky práce a stupněm rozhodování pracovníka při řešení pracovní situace. Má úzký vztah k myoskeletární ergonomii, protože stres a další psychologické a sociální faktory významně ovlivňují četnost onemocnění pohybového aparátu.“*[2]

Myoskeletární ergonomie

Jak bylo již řečeno, Myoskeletární ergonomie úzce souvisí s Psychosociální ergonomií. Předmětem této oblasti je prevence profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu, a to především onemocnění páteře a horních končetin z přetížení. Onemocnění horních končetin z přetížení je především způsobeno manipulací s těžkými předměty. Toto onemocnění se objevuje hlavně kvůli tomu, že většina zaměstnavatelů zcela ignoruje normy, které jasně určují, jak těžké předměty může pracovník při práci zvedat. Povolená váha se zvlášť určuje pro muže a zvlášť pro ženy. Dalo by se říci, že se zde zabýváme takovým onemocněním, které se projeví až časem. Touto ergonomií se zabývají hlavně fyzioterapeuti, rehabilitační lékaři a dále pak ergoterapeuti.

2.3. Vybrané ergonomické parametry

V této kapitole jsou uvedeny některé ergonomické aspekty a parametry, které jsou zakotveny v legislativě ČR, konkrétně v NV 361/2007 Sb. Ve své studii pracovních podmínek na vybraném pracovišti budu své poznatky hodnotit podle výše uvedeného nařízení.

Vzhledem k tomu, že v práci se budu zabývat pracovištěm, kde pracovníci pracují vstoje, je důležité definovat následující pojmy:

Výška pracovní roviny

Výška pracovní roviny musí odpovídat tělesným rozměrům zaměstnance, základní pracovní poloze, hmotnosti předmětů a břemenům, se kterými je v rámci pracovní činnosti manipulováno a zrakové náročnosti při práci. Optimální výška pracovní roviny je při práci vstoje u mužů 1020 až 1180 mm, u žen 930 až 1080 mm. Pokud jsou při práci používány například svěrčky a jiná technická zařízení, pak výškou pracovní roviny se rozumí místo, na němž jsou nejčastěji vykonávány pohyby končetin zaměstnance při manipulaci s nimi. Parametry související s pracovní rovinou jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č.1.

Tabulka 1 - rozměry pro pracovní rovinu

Pracovní rovina			
(mm)			
muži		ženy	
vstoje	vsedě	vstoje	vsedě
1020-1180	220-310	930-1080	210-300

Zdroj: [3]

Při práci vyžadující zvýšenou náročnost na zrak, například při manipulaci s drobnými předměty nebo součástkami, se výška pracovní roviny zvětšuje o 100 až 200 mm. Při práci, při níž se manipuluje s předměty o hmotnosti větší než 2 kg při práci převážně vstoje, se manipulační rovina snižuje o 100 až 200 mm.

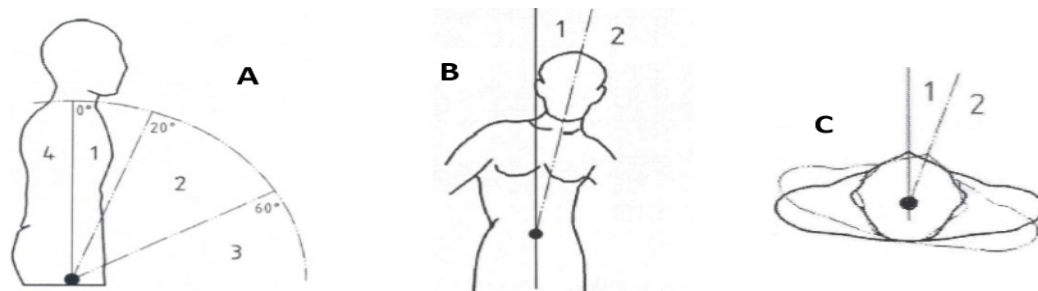
Pracovní místo

Pracovní místo musí být uspořádáno tak, aby manipulační roviny, pohybové prostory a vynakládané síly odpovídaly tělesným rozměrům a přirozeným drahám pohybů končetin zaměstnance a aby nedocházelo k zaujímání nepřijatelných pracovních poloh.

Pracovní poloha

Mezi nejčastější pracovní polohu řadíme sed a stoj. Další pracovní polohy jsou dřep, leh, předklon a klek. Já se v práci budu soustředit na stoj, neboť veškerá práce je vykonávána vstoje. Zaměřím se především na hodnocení polohy trupu a na hodnocení polohy krku a hlavy. Při hodnocení polohy trupu se vychází z polohy páteřního výrůstku sedmého krčního obratle a horní hrany velkého chocholíku, které definují neutrální polohu. Úhly pro hodnocení polohy trupu jsou pak vztaženy k vertikální rovině. Při hodnocení polohy krku a hlavy se vychází buď z úhlu pohledu (při poloze trupu v neutrální poloze), tj. z velikosti úhlu pod horizontální rovinou oka, nebo z velikosti úhlu sklonu hlavy a krku k vertikální rovině. 3) Při hodnocení horních končetin se vychází ze dvou bodů na horní končetině, tj. vnější části klíční kosti a loketního kloubu. Vzpažení horní končetiny je definováno jako úhel, který svírá končetina v pracovní poloze vzhledem k neutrální poloze paže. Neutrální poloha, je poloha, končetiny volně visící podél těla. [3]

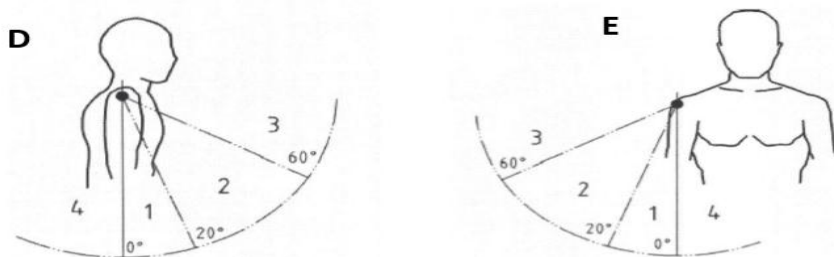
Při hodnocení pracovní polohy jsou možné tři stupně hodnocení polohy a pohybů. Jsou to: přijatelná poloha, podmíněně přijatelná a nepřijatelná poloha. Za přijatelnou polohu považujeme pracovní polohu, která nemá nebo má velice nízké zdravotní riziko. Není zde vyžadovaná žádná úprava. Podmíněně přijatelná je taková pracovní poloha, kde už existuje zvýšené zdravotní riziko. Toto riziko musíme co nejdříve snížit. Pokud riziko nemůžeme snížit, musíme přijmout nějaké jiné vhodné opatření. Poslední poloha je poloha nepřijatelná. U této polohy je zdravotní riziko velmi vysoké. Zde musíme ihned udělat nějaké opatření. Na následujících obrázcích, jsou ukázány polohy, které jsou buď přijatelné, podmíněně přijatelné nebo nepřijatelné při vyhodnocování u trupu, ramen, zápěstí a dále pak při hodnocení hlavy a krku.



část těla	označení	poloha	přijatelná	podmíněně přijatelná	nepřijatelná
trup	A	předklon/záklon	0° - 20° (1)	20° - 60° (2)	60° a více (3) 0° a méně (4)
	B	úklon	0° - 10° (1)	10° a více (2)	10° a více (2)
	C	otáčení	0° - 10° (1)	10° a více (2)	10° a více (2)

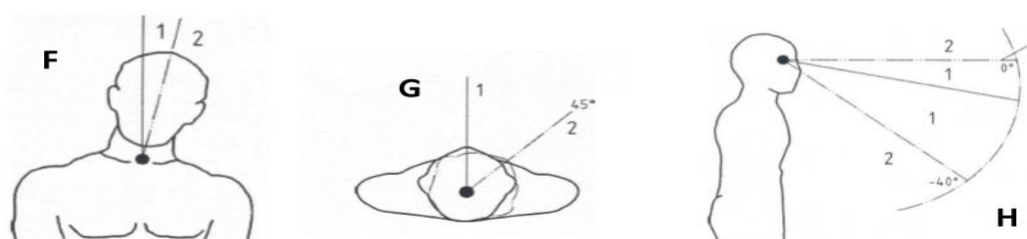
Obrázek 2-1 - optimální pracovní poloha – trup

Zdroj: [4]



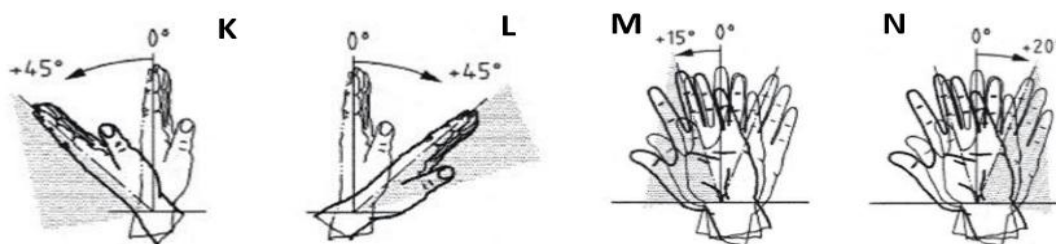
část těla	označení	poloha	přijatelná	pomíňně přijatelná	nepřijatelná
ramena	D	poloha nadloktí 1	0° - 20° (1)	20° - 60° (2)	60° a více (3)
					0° a méně (4)
	E	poloha nadloktí 2	0° - 20° (1)	20° - 60° (2)	60° a více (3)
					0° a méně (4)

Obrázek 2-2 - optimální pracovní poloha – ramena Zdroj: [4]



část těla	označení	poloha	přijatelná	pomíňně přijatelná	nepřijatelná
hlava a krk	F	ohnutí šíje	0° - 10° (1)	10° a více (2)	10° a více (2)
	G	otočení šíje	0° - 45° (1)	45° a více (2)	45° a více (2)
	H	směr pohledu	0° - (- 40°) (1)	- 40° a více (2)	- 40° a více (2)

Obrázek 2-3 - optimální pracovní poloha - hlava a krk Zdroj: [4]



část těla	označení	poloha	přijatelná	pomíňně přijatelná	nepřijatelná
zápěstí	K	dorsální flexe (hřbet)	0° - 45°		45° a více
	L	palmární flexe (dlaň)	0° - 45°		45° a více
	M	radiální deviace (palec)	0° - 15°		15° a více
	N	ulnární deviace (malíček)	0° - 20°		20° a více

Obrázek 2-4 - optimální pracovní poloha – zápěstí Zdroj: [4]

Manipulace s materiálem

Při manipulaci s břemeny nás zajímá především hmotnost břemene, tvar, objemnost, skladnost a stabilita břemene. Dále se zajímáme o úchopové možnosti břemene, umístění a dráhu pohybu břemene a v neposlední řadě frekvenci manipulovaných břemen. Při

manipulaci s břemenem platí pravidlo vertikální (svislé) roviny. Toto pravidlo říká, že těžiště těla a tělesa by mělo být co nejbližší u sebe, neboť při zvětšení vzdálenosti mezi oběma těžišti se zvyšují síly, které se přenášejí na páteř a tím pádem dochází ke zvýšené aktivitě vzpřimovačů. Při manipulaci s materiálem existuje ještě jedno pravidlo a to pravidlo horizontální (vodorovné) roviny. Pravidlo horizontální roviny se uplatňuje při přenášení a přepravě břemen na kratší vzdálenosti. Platí, že během přepravy by měla být přenášená břemena ve stejných výškových úrovních.

Hmotnostní limity

V praxi jsou používány hmotnostní limity, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 2 - hmotnostní limity

	občasná manipulace	častá manipulace	práce v sedě	kumulativní hmotnost
muži	Max. 50 kg	Max. 30 kg	Max. 5kg	Max. 10000 kg
ženy	Max. 20 kg	Max. 15 kg	Max. 3kg	Max. 6500 kg

Hmotnostní limity jsou uvedeny v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Práce při přenášení a zvedání břemen může být práce vykonávána po dobu celkově delší než 30 minut za směnu. Při občasném přenášení a zvedání břemen může být přerušovaná práce vykonávána po dobu celkově kratší než je 30 minut za směnu. Další požadavek je zde na kumulativní hmotnost, která nesmí být překročena. [6] Kumulativní hmotnost je vztažena vždy k jednomu metru. U mužů nemůže kumulativní hmotnost překročit limit 10000 kg a u žen pak nesmí být překročen limit 6500 kg. Kumulativní hmotnost bude řešena až v praktické části této práce.

Limity tažných a tlačných sil

Nařízení vlády 361/2007 Sb. udává, že přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku. U žen je limit pro tlačné síly 250 N a pro tažné síly 220 N. Pro muže je limit tlačných sil 310 N a pro tažné síly 280 N.

V této práci jsou hodnoceny tažné síly, které byly měřeny pomocí tenzometru a následně vyhodnocovány programem ergoPack. Výsledky měření jsou opět v praktické části práce.

3. Digitální ergonomické modelování – digitální modely člověka

Digitální ergonomické modelování dnes patří už ke zcela běžným činnostem. První náznaky ve vývoji digitálních modelů se objevovaly už v 50 a 60 letech a to jako digitalizace původních dvojrozměrných tělesných šablon.

Velkou výhodou digitální simulace a jeden z hlavních důvodů, proč vůbec simulaci děláme je to, že díky ní můžeme včas analyzovat interakci člověka a prostředí pracoviště už v rané fázi plánování konceptu jen pomocí CAD modelu. V praxi se vždy snažíme předejít problémům. Pokud například potřebujeme udělat nějakou změnu tak oprava v digitálním prostředí nás vyjde z ekonomického hlediska mnohem levněji, než kdybychom prováděli ihned reálnou změnu. Další výhodou je, že analyzování a koncipování ve virtuálním světě probíhá rychleji než ve světě reálném.

Digitální modely člověka jsou trojrozměrná modelová zobrazení skutečnosti. Nejpoužívanější modely člověka jsou: [7]

- Delmia V5 Human
- Tecnomatix Jack
- Ramsis

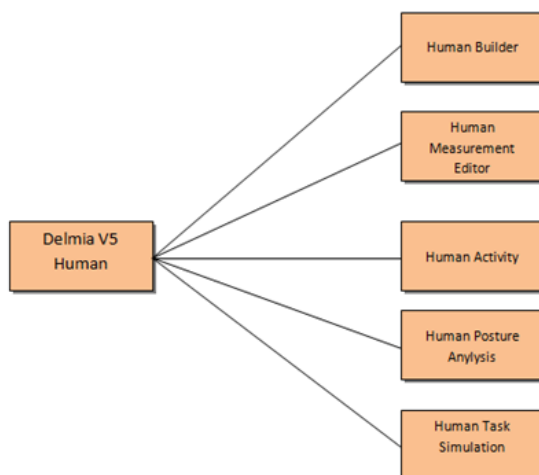
3.1. Delmia V5 Human

Delmia V5 Human je ergonomický modul, který umožňuje možnost dynamického zachycení procesů pomocí simulace. Můžeme zde provádět různé antropometrické databáze a upravovat 104 antropometrických proměnných. Pro ukázkou je zde obrázek č. 3-1., kde je vidět, jak vypadá model člověka zpracovaný v tomto softwaru.



Obrázek 3-1 - model člověka vytvoření v programu Delmia V5 Human

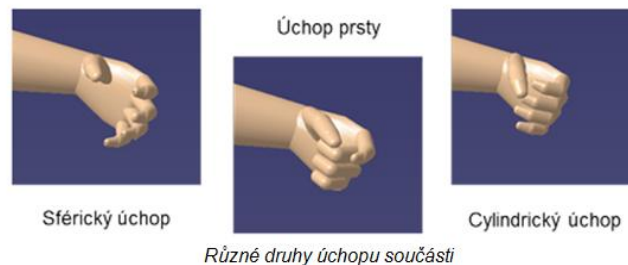
Modul V5 Human se skládá z následujících pěti oblastí: Human Builder, Human Measurements Editor, Human Activity Analysis, Human Posture Anylisis a Human Task Simulation. Struktura tohoto modelu je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 3-2 - struktura modelu V5 Human

První oblast což je Human Builder umožňuje uživateli vytvářet a manipulovat s modelem člověka. K manipulaci složí jednoduché menu pomocí, kterého je uživatel schopen

nadefinovat, zda se jedná o ženu nebo muže, percentil postavy i konkrétní rozměry jednotlivých částí těla. V této oblasti je výhoda, že můžeme z databází vybírat pro model z několika populací, takže například můžeme vybrat pro model Američana, Evropana, Asiata. Především u Asiata a Evropana je výška postavy rozdílná. V této oblasti je možno manipulovat se 148 stupni volnosti. Díky tomu zde máme plně ohebné ruce včetně prstů viz. obrázek č. 3-3.



Obrázek 3-3 - úchopy rukou Zdroj: www. digipod.zcu.cz

Dále je zde plná ohebnost rukou, trupu, krku a ramen. Tím pádem se model chová přesně tak jako skutečný člověk. Tento modul však nevyužíváme samostatně, ale ve spojení s dalšími moduly například s druhým modelem což je modul Human Measurements Editor.

Human Measurements Editor

Tento modul umožňuje tvorbu složitějších modelů člověka. Celkem je zde možno upravovat až 104 antropometrických proměnných. To znamená, že je využíván matematický algoritmus díky, kterému se při změně jedné části změní proporcionálně i ostatní části modelu. Můžeme tedy analyzovat funkční vazby mezi jednotlivými antropometrickými parametry.

Human Activity Anylysis

Human Activity Anylysis je další část softwaru, která nám umožňuje maximalizovat pohodlí pracovníka a jeho bezpečnost při práci. Jedná se v podstatě o analýzy, které umožňují vyhodnocovat vazby, mezi pracovištěm a pracovníkem. Jako příklad těchto analýz můžeme uvést metodu Niosh, Snook&Ciriello a metodu Rula, která bude v této práci také řešena.

Human Posture Anylysis

Předposlední oblastí je Human Posture Anylysis. Tato oblast umožňuje analyzovat kvalitativně a kvantitativně všechny postoje pracovníka. Jsou zde vyhodnocovány postoje pracovníka. Je zde možné zjišťovat zatížení pracovníka při různých polohách během výkonu při jeho pracovním úkolu například při manipulace s břemeny.

V5 Human je Human Task Simulation

Human Task Simulation je poslední verzi V5 Human. Oblast slouží k simulaci jednotlivých aktivit modelu. Provádíme zde simulace chůze, zvedání a přemísťování předmětu a další. Velkou výhodou je, že můžeme sledovat i více pracovníků najednou a pomocí paralelní simulace hodnotit interakce pracovníků.

3.2. Tecnomatix Jack

Tecnomatix Jack je software, který je zaměřený na ergonomii a lidský faktor. Tento software vznikl v 80. letech za podpory NASA. Umožňuje uživateli umístit do virtuálního prostředí přesný biomechanický model člověka, přiřadit mu různé úkoly a poté sledovat jeho výkonnost. Model muže je nazýván Jack a model ženy je nazýván Jill. Tyto modely člověka jsou schopny odpovídat na otázky typu: co vidí, kam dosáhnou, jestli se cítí pohodlně nebo zda nejsou při výkonu své práce přetěžováni. V Tecnomatix Jack můžeme vytvořit postavu

libovolných rozměrů a proporcí Biomechanický model člověka má celkem 69 segmentů a 68 kloubů. Segmentů pro ruce je zde celkem 16 a pro páteř, která je tvořena nejdětalněji, je k dispozici 17 segmentů. Tudiž máme možnost manipulace až se 135 stupni volnosti ve 2-3 osách. Pro názornost je zde přiložen obrázek č. 3-4, který znázorňuje model člověka, který byl zpracován v Tecnomatix Jack. Při polohování člověka můžeme buď využít jednu z 30 základních tzv. startovacích pracovních poloh, které jsou uloženy v knihovně, nebo můžeme model člověka nastavit manuálně.



Obrázek 3-4 - model člověka vytvořený v programu Tecnomatix Jack

Software dále poskytuje pět předdefinovaných typů uchopení. Další velkou výhodou je možnost u modelu zobrazit zorné pole. Díky této analýze jsme schopni vidět to samé co náš virtuální model. Kromě zobrazení zorného pole zde můžeme u modelu vyhodnocovat dosahové vzdálenosti, díky kterým jsme pak schopni říci, zda model dosáhne na určité předměty nebo jak daleko se od tohoto předmětu nachází. Pokud potřebujeme dělat složitější analýzy, je nutné použít doplňkové modely. Mezi doplňkové moduly patří Task Analysis Toolk (TAT) a Occupant Packaging (OPT).

OPT je používán hlavně pro návrhu vnitřních prostorů aut, letadel atd. Pomocí tohoto balíčku jsou designeři schopni hodnotit pohodlí pasantů v těchto dopravních prostředcích. Hlavní důvod, proč se OPT využívá je finanční úspora (pro hodnocení nemusíme mít k dispozici fyzické figuríny). OPT se pak ještě dále skládá z šesti konkrétních analýz, který už zde nebudou detailně popisovány.

TAT je analýza, která je schopna zhodnotit riziko potencionálního zdravotního ohrožení, které je založeno na využití svalů, na postoji, zátěži atd. To znamená, že tato analýza nám ukazuje například, jak těžké břemeno může pracovník zvednout, přenést, tlačit.

4. Charakteristika výrobního systému

4.1. Představení společnosti



Fujitrans (EUROPE) B.V. je japonská společnost, která působí na trhu již od roku 1952. Jednu pobočku má Fujitrans i v Plzni, kde je zpracovávána tato diplomová práce. Mezi hlavní činnosti společnosti Fujitrans patří: skladování, celní odbavení, vnitrostátní doprava, námořní doprava, agentury na pojištění proto ztrátě, nákladní manipulace, balení atd. Plzeňská pobočka společnosti se zabývá především kompletací dílů.

Firma využívá dvě metody průmyslového inženýrství. Jedná se o metody JIT a Kanban. Tyto dvě metody jsou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách.

4.2. JIT

JIT je anglická zkratka pro metodu zvanou Just in time. V češtině se často překládá jako „právě v čas“. Just in time umožňuje podniku vyrábět výrobky v určitém množství, v určitém čase podle požadavků zákazníka. Hlavním předpokladem při zavádění této metody je, aby každý výrobek byl ihned na poprvé vyroben bez jakýchkoliv chyb, aby nebylo nutné celý výrobní proces opakovat. Každá chyba v této metodě znamená zpoždění. Dále musí být zajištěn přísun potřebného materiálu nebo nedokončených výrobků k jednotlivým linkám a strojům. V případě, že by tento aspekt nebyl splněn, mohlo by docházet k prostojům. Nikdy se však nedělají velké zásoby. Dodávky jsou uskutečňovány v přesných termínech neoperativního plánu. Dodávky mohou být s přesností na hodiny nebo i na minuty. Tato metoda má velkou výhodu a to, že radikálně minimalizuje vázané zásoby a to jak v dokončené tak i nedokončené výrobě. Má však i nevýhody jednou z nich je například to, že vyžaduje, aby dodávky do výrobního procesu dorazily přesně podle plánovaných potřeb, tj. v malých množstvích a včas, aby nebylo nutné vytvářet mezisklady. Což ale způsobuje zvýšení nároků na dopravu, především automobilovou. Ve firmě je tato metoda aplikována ke vztahu firmy Daikin, pro kterou dodává.

4.3. Kanban

Druhou metodou o, které bych se ráda zmínila a která je ve firmě též používána je metoda Kanban. Tato metoda je známá z Japonska, kde byla také poprvé zavedena a vyzkoušena. Systém Kanban je realizován především ve velkosériové výrobě, kde dochází k neustálému odběru výrobků. Nevhodný je tam, kde dochází k častým požadavkům na změnu finálních výrobků. To znamená, že Kanban vyrábí jen to, co je nezbytně nutné pro operativní potřebu zákazníka to znamená, že se jedná o tažný systém. Dodávka materiálu na linku se sleduje a řídí pomocí oběhu sběrných skladových karet neboli kanbanových karet. Při realizaci systému Kanban je třeba dodržovat následující zásady:

- Nevyrábět na sklad, to znamená vyrábět jen na základě objednávky, která je uvedena na kanbanové kartě.
- Dodavateli předat kanbanovou kartu jako objednávku a objednané množství s touto kartou opět převzít.
- Kartu vrátit jako další objednávku s potřebným předstihem.
- Na základě objednávky navazujícímu pracovišti předat požadované množství opět s kanbanovou kartou.

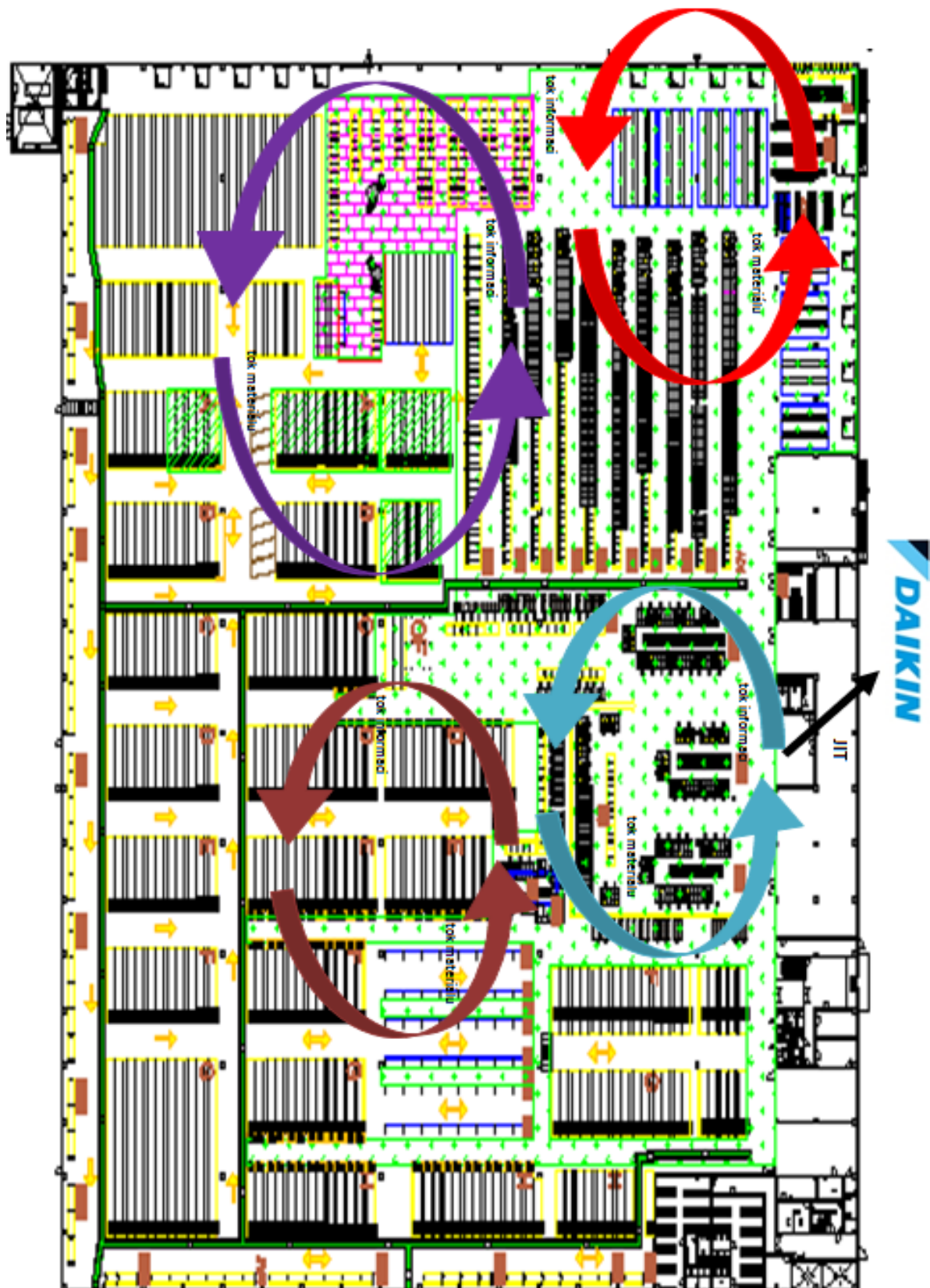
Díky kanbanovým kartám, které jsou v oběhu, můžeme velice jednoduše zkontrolovat stav zásob. Na základě přidání nebo odebrání karet lze testovat pružnost výrobního systému a následně tím sledovat kritická místa. Díky tomu je pak možné odhalit rezervy nebo nedostatky a případně učinit patřičné nápravy vedoucí ke zlepšení stávajícího stavu. [8]

4.4. Charakteristika pracoviště

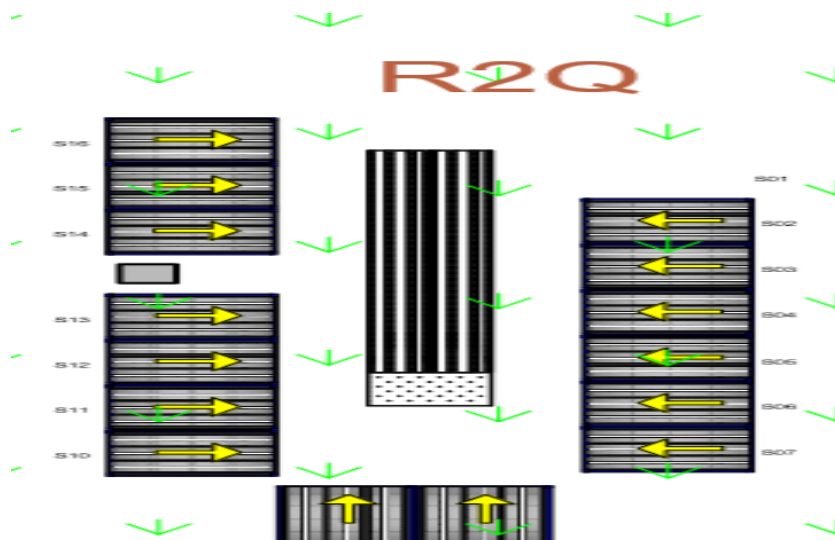
Díly jsou kompletovány na lince Kenso R2Q. Layot linky je zobrazen na obrázku č. 4-1. Reálný pohled na linku je pak na obrázku č. 4-3. Na lince pracují celkem čtyři pracovníci. První pracovnice zajišťuje administrativu, dvě pracovnice dávají jednotlivé díly do přepravek a poslední pracovník na konci linky tyto přepravky odebírá a následně vkládá do připraveného vozíku. Sebanga, které jsou na této lince zpracovávány, jsou i s jejich hmotnostmi uvedeny v příloze č. 1. Jednotlivé závozy na linku probíhají v půl hodinových intervalech. Na lince je za směnu vyrobeno cca 250 beden. Na lince je využívána metoda Pick by Light, která je blíže popsána v následující kapitole. Zásobování linky jednotlivými díly je prováděno metodou Kanban, která byla podrobně popsána v předchozí podkapitole.

Nyní bych popsala, jak tato metoda konkrétně funguje ve firmě Fujitrans. Jsou zde celkem čtyři oblasti, které jsou naznačeny na obrázku č. 4-1. Pro lepší orientaci jsou šipky znázorněny barevně. Jedna šipka v obrázku vždy reprezentuje tok informací a druhá šipka reprezentuje tok materiálu. První trasa (červené šipky) znázorňuje kanban **picking-DICz**. Mezi Pekingem a DICz. Při této trase je používán elektronický kanbanový štítek. Druhá kanbanová trasa (fialové šipky) zobrazuje vztah mezi **zadní lokace – picking**. V této oblasti je používána plechová kanbanová karta. Další trasa (modré šipky) zobrazuje **zadní lokace – kenso picking**. V této oblasti je opět používána plechová kanbanová karta. Poslední trasa (růžové šipky) je trasa, která znázorňuje vztah **kenso picking – kenso**. Zde kanban probíhá na základě prázdného (spotřebovaného) boxu.

Firma Fujitrans dodává firmě Daikin pomocí metody JIT, která byla již popsána výše. Metoda je též jako kanbanové oblasti znázorněna v obrázku č. 4-1.



Obrázek 4-1 - Layout haly - znázornění kanbanu



Obrázek 4-2 - linka Kenso Zdroj: interní materiály společnosti



Obrázek 4-3 - reálný pohled na linku Kenso

4.4.1. Pick by light

Díly na lince Kenso R2Q jsou vychystávány pomocí metody Pick by Light. Při této metodě operátora navádí světelné indikátory u skladových pozic. Pro názornou ukázkou je zde obrázek č. 4-4. Zaměstnanec je nasměrován systémem na místo vychystávání, kde odebere požadované množství dle pokynů na panelu. Na každé skladovací jednotce je signální světlo s displejem a alespoň jedno potvrzovací tlačítko. Odebrání dílu se potvrdí potvrzovacím tlačítkem. Pick by Light se vyznačuje modulární strukturou, kterou lze kdykoli rozšířit a spojit s dalšími dílčími technologiemi.



Obrázek 4-4 - světelný systém u metody Pick by Light Zdroj: [14]

- Pick by Light nabízí řadu výhod, mezi ně patří například:
- Snadná obsluha
- Spolehlivé vedení uživatele
- Vyšší kvalita třídění ve srovnání s tříděním podle objednávkového seznamu
- Kontrola stavu zásob pomocí inventárních funkcí

Systémy Pick-by-Light jsou vhodné pro produkty s frekvencí obratu 5 až 10 položek za den. Multilight (více míst třídění na jedno vyzvednutí) s atraktivní cenou je optimalizován pro provozy s nízkou frekvencí obratu. [9]

4.4.2.3D modely

Na začátek bylo nutné si namodelovat jednotlivé druhy regálů, dopravník a vozík. Tyto modely budou následně použity do programu Tecnomatix Jack. Prvním typem regálů, které se nacházejí na pracovišti, jsou regály, které mají tři police. Tyto regály mají mírný sklon polic cca 5 cm. Vzhled těchto regálů ukazuje obrázek č. 4-5.



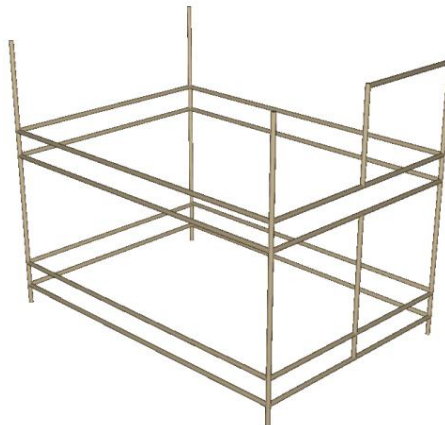
Obrázek 4-5 – Regál se třemi policemi Zdroj: vlastní zpracování

Dále se na pracovišti nachází regál, který má pouze jednu polici. Prostor pod regálem slouží jako místo, kde je uložena jedna velká papírová krabice. Tato krabice není umístěna ihned na podlaze, ale je umístěna ještě na paletě. Tento typ regálu je zobrazen na obrázku č. 4-6.



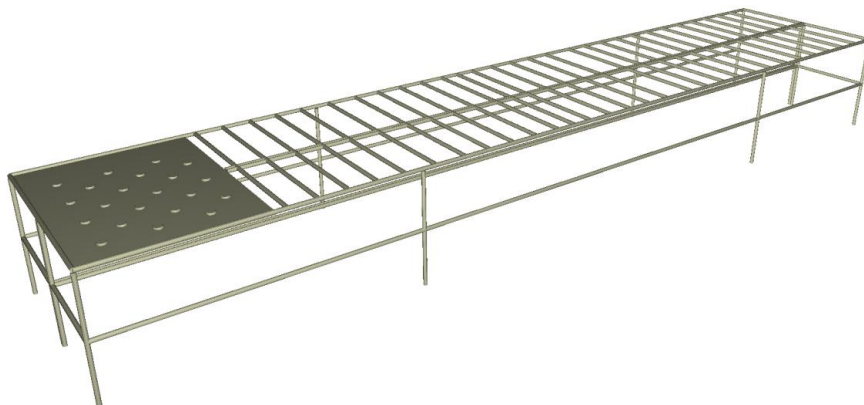
Obrázek 4-6 - regál s jednou polici Zdroj: vlastní zpracování

Poslední typ regálu, který se na tomto konkrétním pracovišti nachází, je vyroben z tyčí. Jeho vzhled opět můžeme vidět na obrázku. Tento typ, má pouze dvě patro pro ukládání.

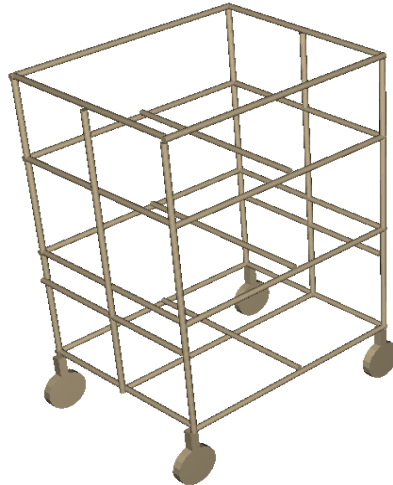


Obrázek 4-7 - tyčový regál Zdroj: vlastní zpracování

Kromě regálů bylo ještě nutné udělat 3D model válečkového dopravníku a model vozíku. Na dopravníku jsou přepravovány přepravky, do kterých jsou pracovníky vkládány jednotlivé díly z regálů. Tyto přepravky jsou následně ukládány na vozík, který je na obrázku č. 4-9.



Obrázek 4-8 - válečkový dopravník Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 4-9 – vozík Zdroj: vlastní zpracování

Po zpracování jednotlivých 3D modelů mohlo být namodelováno celé pracoviště. Toto pracoviště je zobrazeno na následujících dvou obrázcích. Na pracovišti pracují celkem čtyři pracovníci. Jeden muž a tři ženy. Muž má za úkol vykládání prázdných přepravek z vozíku na válečkový dopravník. Přepravky jsou následně třemi pracovníci naplněny jednotlivými díly. Plné přepravky jsou ukládány (tentýž mužem) zpátky na připravený vozík. Na tomto pracovišti byly následně prováděny dvě analýzy a to analýza Rula a Niosh. Na tomto pracovišti bylo kromě dvou uvedených analýz provedeno také hodnocení hmotnostních limitů a v programu ErgoPak bylo provedeno měření tažných sil. Výsledky z těchto hodnocení jsou popsány v praktické části této práce.



Obrázek 4-10 - pohled na pracoviště



Obrázek 4-11 - pohled na pracoviště

5. Ergonomické metody a analýzy

Pro hodnocení existuje celá řada ergonomických metod a analýz. Mezi nejznámější patří následující metody:

- Dotazníky
- Checklisty
- Rula
- Niosh
- Owas
- KIM
- Snook8Ciriello

V mojí práci se zabývám pouze dvěma metodami. Jedná se o metodu Niosh a Rula jak již bylo dříve zmíněno. První metoda se zaměřuje na ruční zvedání a pokládání břemen, druhá metoda se zaměřuje na hodnocení pracovního postoje.

5.1. Rula

Název této metody je odvozen z počátečních písmen anglického názvu Rapid Upper Limb Assessment. Rula je snímkovací nástroj pro hodnocení polohových zátěží na celém těle, důraz je, ale kladen především na horní končetiny, trup a krk. Výsledkem je vypočítané skóre, které indikuje úroveň potřeby provedení změny. Nástroje, které se pro tuto metodu používají, jsou papír, tužka a hodnotící tabulka. Někdy se u této metody může používat ještě kamera a fotoaparát. [6] Hodnotiteli metody na seznámení se s metodou a tabulkami stačí obvykle 1-2 hodiny. Čas na změření polohy eventuelně focení a čas na vyhledávání v tabulkách se pohybuje okolo 1-2 minut. Postup metody by se dal shrnout do tří základních kroků:

- 1) Pozorování a výběr postoje k hodnocení
- 2) Hodnocení a záznam postojů
- 3) Finální vyhodnocení

V prvním kroku musí být prozkoumán pracovní cyklus. Pokud je pracovní cyklus dlouhý nebo pracovní postoje jsou velmi rozdílné, je nutné provádět hodnocení v pravidelných intervalech. V následujícím kroku se rozhodujeme, jestli budeme hodnotit pravou, levou nebo obě horní končetiny. V tomto kroku je vypočítáno skóre pro jednotlivé části těla. V posledním kroku se provádí výpočet celkového skóre a následně se provede přiřazení do příslušné kategorie. Pro horní končetiny existuje mnoho poloh. Polohy jsou ukázány na následujících obrázcích. První obrázek ukazuje možné polohy pro pravou stranu a druhý pak ukazuje polohy pro levou stranu.

Pravá strana:						
Pravé nadloktí						<input type="checkbox"/> Zvednuté rameno 1 <input type="checkbox"/> HK v abdukcí 1 <input type="checkbox"/> Sklonění nebo podpora váhy paže -1
Pravé předloktí						<input type="checkbox"/> Činnosti přes střednici těla nebo na stranu 1
Pravé zápěstí						<input type="checkbox"/> Zápěstí vytočeno mimo střednici 1
Pravé zápěstí otočené			Síla & Zátěž pro pravou ruku VYBERTE JEDNU Z NABÍZENÝCH MOŽNOSTÍ: <input type="checkbox"/> Žádná překážka • méně než 2 kg přerušované zátěže nebo síly 0 <input type="checkbox"/> 2-10 kg přerušované zátěže nebo síly 1 <input type="checkbox"/> 2-10 kg statická zátěž • 2-10 kg opakující se zátěž nebo síla • 10 kg či více přerušované zátěže nebo síly 2 <input type="checkbox"/> 10 kg statická zátěž • 10 kg opakovaná zátěž nebo síla • náraz nebo prudké zvyšování síly 3			
Užití svalů	<input type="checkbox"/> Poloha převážně statická, např. držení více jak 1 min. nebo opakování více než 4krát za min. 1					

Obrázek 5-1 - pravá strana Zdroj [6]

Levá strana:						
Levé nadloktí						<input type="checkbox"/> Zvednuté rameno 1 <input type="checkbox"/> HK v abdukcí 1 <input type="checkbox"/> Sklonění nebo podpora váhy paže -1
Levé předloktí						<input type="checkbox"/> Činnosti přes střednici těla nebo na stranu 1
Levé zápěstí						<input type="checkbox"/> Zápěstí vytočeno mimo střednici 1
Levé zápěstí otočené			Síla & Zátěž pro levou ruku VYBERTE JEDNU Z NABÍZENÝCH MOŽNOSTÍ: <input type="checkbox"/> Žádná překážka • méně než 2 kg přerušované zátěže nebo síly 0 <input type="checkbox"/> 2-10 kg přerušované zátěže nebo síly 1 <input type="checkbox"/> 2-10 kg statická zátěž • 2-10 kg opakující se zátěž nebo síla • 10 kg či více přerušované zátěže nebo síly 2 <input type="checkbox"/> 10 kg statická zátěž • 10 kg opakovaná zátěž nebo síla • náraz nebo prudké zvyšování síly 3			
Užití svalů	<input type="checkbox"/> Poloha převážně statická, např. držení více jak 1 min. nebo opakování více než 4krát za min. 1					

Obrázek 5-2 - levá strana Zdroj [6]

Pro vyhodnocení se používají následující tabulky. Vzorec pro nalezení správné hodnoty skóre je následující: skóre A + svalové skóre + silové a zátěžové skóre = skóre C.

		zápěstí							
		1		2		3		4	
		základní pozice	stočení	základní pozice	stočení	základní pozice	stočení	základní pozice	stočení
paže	předloktí	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Obrázek 5-3 - hodnotící tabulka pro polohu rukou Zdroj [6]

Pro hodnocení polohy trupu, nohou a krku opět existuje několik poloh. Tyto polohy jsou znázorněny na obrázku č. 5-4.

Krk				
Oběhový křk				
Krk nakloněný na stranu				
Trup				
Trup ohýbaný				
Trup nakloněn na stranu				
Dolní končetiny		DK a chodidla jsou dobře podepřena a v rovnoměrně vyvážené poloze. 1		DK a chodidla NEJSOU rovnoměrně vyvážené a podepřené. 2
Síla & Zátěž pro krk, trup a dolní končetiny	VYBERTE JEDNU Z NABÍZENÝCH MOŽNOSTÍ: <input type="checkbox"/> Žádná překážka + méně než 2 kg přerušované zátěže nebo síly 0 <input type="checkbox"/> 2-10 kg přerušované zátěže nebo síly 1 <input type="checkbox"/> 2-10 kg statická zátěž + 2-10 kg opakující se zátěž nebo síla + 10 kg 2 <input type="checkbox"/> 10 kg statická zátěž + 10 kg opakovaná zátěž nebo síla + náraz nebo prudké zvyšování síly 3			
Užití svalů	<input type="checkbox"/> Poloha převážně statická, např. držení více jak 1 min. nebo opakování více než 4krát za min. 1			

Obrázek 5-4 - pozice trupu, krku a nohou Zdroj [6]

Pro vyhodnocení se opět využívá následující uvedená tabulka. Vzorec pro vyhodnocení je: skóre B + svalové skóre + silové zátěžové skóre = skóre D.

trup												
	1		2		3		4		5		6	
	nohy		nohy		nohy		nohy		nohy		nohy	
krk	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9

Obrázek 5-5 - hodnotící tabulka pro krk a trup Zdroj [6]

Další tabulku používáme pro vyhodnocení celkového skóre. Celkové skóre se zjistí tak, že sečteme skóre C a skóre D. Pokud by hodnoty skóre C a D byly vyšší než 9, pracovní poloha je ihned automaticky zařazena do 4. kategorie. Tato situace se však moc nevyskytuje.

celkové skóre									
	Skóre D								
Skóre C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

Obrázek 5-6 - tabulka pro vyhodnocení celkového skóre Zdroj [6]

Podle výsledného skóre pak můžeme činnost zařadit do kategorií. Jednotlivé kategorie jsou uvedeny v následující tabulce. Z tabulky je vidět, že pokud činnost spadá do první kategorie, jedná se o přijatelnou práci, a tudíž zde není nutné provádět žádné nápravné opatření. Naopak pokud činnost spadá do čtvrté kategorie, musí být provedeno nápravné opatření ihned.

Tabulka 3- Jednotlivé kategorie pro metodu Rula

Kategorie	Skóre	Vyhodnocení
1.	1-2	Přijatelná práce, jestliže není prováděna po dlouhou dobu
2.	3-4	Potřeba dalšího hodnocení. Jsou zde možné požadavky na změny
3.	5-6	Je vyžadována brzká změna
4.	7	Změna je vyžadována okamžitě

5.2. Niosh

Název této metody je opět jako předchozí metoda Rula poskládan z počátečních písmen anglického názvu National Institute for Occupational Safety and Health. Metoda vznikla

v roce 1981 a někdy kolem roku 1993 došlo k rozšíření postupu. Výsledkem metody Niosh je doporučený hmotnostní limit (RWL). Hmotnostní limit dostaneme tak, že vynásobíme koeficienty s hmotnostní konstantou, která je 23 kg. RWL představuje maximální hmotnost břemene, které může člověk zvedat nebo pokládat minimálně 99% mužských pracovníků a 75% ženských pracovníků. U této metody je ještě používán tzv. zvedací index (LI), který určuje míru relativního fyzického stresu. [12] Index vypočteme jako poměr mezi zvedanou hmotností (L) a hmotnostním limitem RWL. Vzoreček pro výpočet RWL je následující:

$$RWL(kg) = LC * HM * VM * DM * AM * CM * FM$$

$$LI = \frac{L(kg)}{RWL(kg)}$$

LC: hmotnostní konstanta, která je 23 kg

HM: horizontální multiplikátor

$HM = \frac{25}{H}$, kde H je horizontální vzdálenost od kotníků k těžišti břemene měřená na počátku zvedání (min. 25 cm max. 63 cm)

VM: vertikální multiplikátor

$VM = 1 - 0,003 * |V - 75|$, kde V je vertikální vzdálenost od podlahy k těžišti břemene měřená na počátku zvedání (max. 175 cm)

DM: vzdálenostní multiplikátor

$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D}$, kde D je vertikální vzdálenost těžiště při zvedání břemene (25-175 cm)

AM: asymetrický multiplikátor

$AM = 1 - 0,0032 * A$, kde A je úhel natočení od sagitální roviny měřený při zvedání břemene (0° - 135°)

CM: multiplikátor spojení

- popisuje vazebné podmínky mezi předmětem a rukama
- údaje pro multiplikátor spojení se berou z tabulky č. 4

Tabulka 4- hodnoty pro multiplikátor spojení

CM		
kvalita úchopu	V<75 cm	V≥75 cm
dobrá	1,00	1,00
průměrná	0,95	1,00
špatná	0,90	0,90

Kvalita úchopu má celkem tři možnosti a to dobrá, průměrná a špatná. Za dobrou kvalitu úchopu se dá považovat přepravka, která má optimální tvar s úchopy nebo otvory, které jsou rovněž optimálního tvaru. Do této skupiny se dají též zařadit nepravidelné předměty, které jsou komfortně uchopitelné. Do kategorie průměrné kvality úchopu se řadí přepravky s úchopy nebo otvory, které nejsou optimálního tvaru a dále se sem řadí také nepravidelné předměty, které jsou uchopitelné při ohnutí ruky o 90°. Poslední je skupina, kde je kvalita

úchopu malá. Řadí se sem přepravky špatného tvaru, předměty, které jsou těžko uchopitelné, nebo mají ostré hrany, nebo se jedná o předměty, které jsou kluzké.

FM: frekvenční multiplikátor

- frekvenční multiplikátor určujeme podle tabulky číslo 5
- četnost zdvihacích úkonů v rámci jedné minuty (min. 0,2 zdvihy za minutu) [4]

Tabulka 5 – hodnoty pro frekvenční multiplikátor

FM	Pracovní doba					
	<=1h		<=2h		<=8h	
F	V<75	V>=75	V<75	V>=75	V<75	V>=75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Metodu Niosh nemůžeme použít vždy. Pokud se vyskytuje nějaká z následující situací nelze tuto metodu použít:

- pokládání/zvedání v sedě nebo v kleče
- pokládání/zvedání nestabilních objektů
- pokládání/zvedání po dobu delší než 8 hodin
- pokládání/zvedání pouze jednou rukou
- pokládání/zvedání za současného přenášení, tlačení nebo tažení
- pokládání/zvedání s rychlostí větší než 75 m/s
- pokládání/zvedání nestabilních objektů
- pokládání/zvedání pomocí pomůcek
- pokládání/zvedání v nepříznivém prostředí – za nepříznivé prostředí se považuje takové, prostředí, kde je teplota mimo 19-26 °C a relativní vlhkost mimo 35-50%

6. Měření a analýzy

6.1. Měření tažných sil v programu ergoPak

Při roztahování vozíku dochází k tahu, neboli je zde vyvinuta tzv. tažná síla. K měření tažných sil byl použit tenzometr. Tento přístroj byl připojen pomocí wifi k notebooku, kde se výsledky vyhodnocovaly pomocí programu ergoPAK.

Základní sada ergoPAK poskytuje nástroje potřebné pro vybraná měření, analýzu a sběr dat jak v oblasti ergonomie, tak i v dalších oblastech jako jsou strojní inženýrství, biomechanika. Zařízení v této základní sadě slouží především k testování a analýze sil, zrychlení a úhlů. Zařízení je přesné a především flexibilní a právě díky tomu se měření může provádět

v reálných pracovních procesech prováděných v reálných časech, aniž by je zásadně narušovalo. [10] Další výhodou této sady je především to, že je bezdrátová, tím pádem je umožněn volný pohyb pracovníka. Rozsah bezdrátového připojení je třiceti metrů. „Plug and Play“ měřidla s kompaktním rozhraním umožňují provádět měření při současné kombinaci zapojení několika měřících snímačů naráz. To znamená, že je možné provádět několik různých analýz při jednom pracovním úkonu.

6.1.1. Tenzometrická sada ergoPak

V této podkapitole budou popsány jednotlivé součásti této sady [11]. Sada obsahuje:

- Inface Device Hub
- Bezdrátový přijímač
- digiFET 50 libra siloměr s testovacími přílohami
- ergoFET 500 liber siloměr s testovacími přílohami
- vodováhy
- zrychlení, ergoPAK sběr dat Software



Obrázek 6-1 - sada ergoPAK

Velký tenzometr - ergoFET (500 lb.)

Velký tenzometr je určen pro měření a analýzy velkých pracovních tahových a tlakových zatížení. Já jsem ho ve své práci využila pouze pro měření tahových sil.

Tenzometrem je možné měřit jen axiální přenos. Pokud bychom chtěli měřit jiné zatížení tak bychom museli použít přídatnou sadu příslušenství. Velký tenzometr je možné axiálně zatěžovat do hmotnosti 2270 N.



Obrázek 6-2 – ergoFET

Třmenový popruh a táhlo

Táhlo a třmenový popruh zajišťují přenos zatížení při měření tažných sil. Táhlo je jednoruční. Třmenový popruh byl při měření tažné síly připevněn k vozíku. S třmenovým popruhem byl dále spojen tenzometr, který byl pak ještě následně spojen s táhlem. Oba tyto díly jsou vyobrazeny na následujících obrázcích.



Obrázek 6-3 - třmenový popruh



Obrázek 6-4 - táhlo

Rozbočovač

Rozbočovač umožňuje využití bezdrátového radiofrekvenčního přenosu. Bezdrátově lze zaznamenávat data do třiceti metrů od přijímačů což znamená, že se s rozbočovačem můžeme volně pohybovat. Na rozbočovači je celkem 8 propojovacích „plug and play“. Prvek „plug and play“ poskytuje větší flexibilitu pro testování. Díky tomu lze propojit jakoukoliv kombinaci. Na rozdělovači je dioda, která svítí v případě, že je zařízení zapnuté. Najdeme tady ještě další tlačítka, jakou jsou: Off – toto tlačítko slouží pro vypnutí zařízení, On/Reset – je tlačítko sloužící pro zapnutí zařízení. Pokud toto tlačítko stiskneme dvakrát, dojde k obnovení funkce. Mark – je poslední tlačítko, které se na rozdělovači nachází. Po stisknutí tohoto tlačítka dojde k označení konkrétního začátku testování a následně jeho záznamu.



Obrázek 6-5 – rozdělovač

Bezdrátový přijímač

Bezdrátový přijímač lze propojit s počítačem pomocí USB kabelu nebo bezdrátově. Princip spočívá v tom, že přijímač shromažďuje data, která jsou vyslána rozbočovačem, a poté následně odesílána do počítače. V počítači jsou data zpracovávána pomocí již dříve zmíněného programu ergoPAK.



Obrázek 6-6 - bezdrátový přijímač

6.1.2. Předmět měření

Po představení programu ergoPak bych ráda přešla k praktické části, které se týká hodnot, které byly pomocí tenzometru naměřeny. Při měření se zjišťovalo, jak velkou tažnou sílu musí pracovník vynaložit pro roztažení a následné tažení naplněného vozíku do expedice. Jedná se o vozík, který je znázorněný na obrázku č. 4-7. Pro lepší představivost jsem ještě přiložila obrázek č. 6-7, který znázorňuje, jak vozík vypadá ve skutečnosti.



Obrázek 6-7 - tyčový vozík

Měření probíhalo následovně. Vzhledem k tomu, že pracovník ne vždy tahá jen jeden vozík (hmotnost prázdného vozíku je 68 kg), ale tahá v závěsu více vozíků za sebou, někdy se jedná až o čtyři vozíky za sebou, se tažné síly měřili jak pro jeden tak následně pro dva, tři a pak dokonce čtyři vozíky za sebou. Na následujících obrázcích jsou vyobrazeny výsledky z mého měření. U každé varianty jsem udělala více náměrů (viz. příloha B.), aby nedocházelo k velkému zkreslení informací. Z jednotlivých hodnot byl pak vypočítán průměr. Na základě těchto výsledků bylo provedeno hodnocení, zda tažné síly nepřekračují normy.

Každý set se skládá z jednotlivých dílů. Jednotlivé díly jsou různých hmotností, proto bylo nutné poznamenat si, jaké sety s jakou hmotností byly uloženy v jednotlivých vozících.

Jeden vozík

Tabulka 6 – Hmotnosti partsboxů pro první vozík

partsbox	hmotnost [kg]
440	18,36
420	17,40
408	23,18
456	21,54
445	18,08
407	23,20
	121,76

V této tabulce je vidět, jaké partsboxy byly na vozíku naloženy, v druhém sloupci je pak vidět kolik jednotlivé partsboxy váží. Po sečtení jednotlivých hmotností byla celková hmotnost na tomto vozíku vypočtena na **121,76 kg**.

Dva vozíky za sebou

Tabulka 7 – Hmotnosti partsboxů pro druhý vozík

partsbox	hmotnost [kg]
440	18,36
427	17,52
408	23,18
439	18,62
456	21,54
407	23,20
	122,42

Jak bylo již dříve zmíněno, měření bylo prováděno postupně v různých variantách. U této varianty (dva vozíky za sebou) proto byla nejdříve vypočtena celková hmotnost vozíku, která činila 122,42 kg a následně k této hodnotě byla ještě připočtena hodnota prvního vozíku. Po sečtení těchto dvou hodnot byla celková hmotnost tedy **244,18 kg**.

Tři vozíky za sebou

Tabulka 8 – Hmotnosti partsboxů pro třetí vozík

partsbox	hmotnost [kg]
440	18,36
427	17,52
407	23,20
445	18,08
456	21,54
408	23,18
	121,88

Stejný způsob výpočtu byl použit i pro variantu, kdy za sebe byly zapojeny celkem tři vozíky. Opět nejdříve byla vypočtena hodnota třetího vozíku, která dosáhla hodnoty 121,88 kg. Tato hodnota pak byla připočtena k hmotnosti prvního a druhého vozíku. Výsledná hmotnost pro tuto variantu byla **366,06 kg**.

Čtyři vozíky za sebou

Tabulka 9 – Hmotnosti partsboxů pro čtvrtý vozík

partsbox	hmotnost [kg]
440	18,36
420	17,22
407	23,20
454	21,76
439	18,62
408	23,18
	122,34

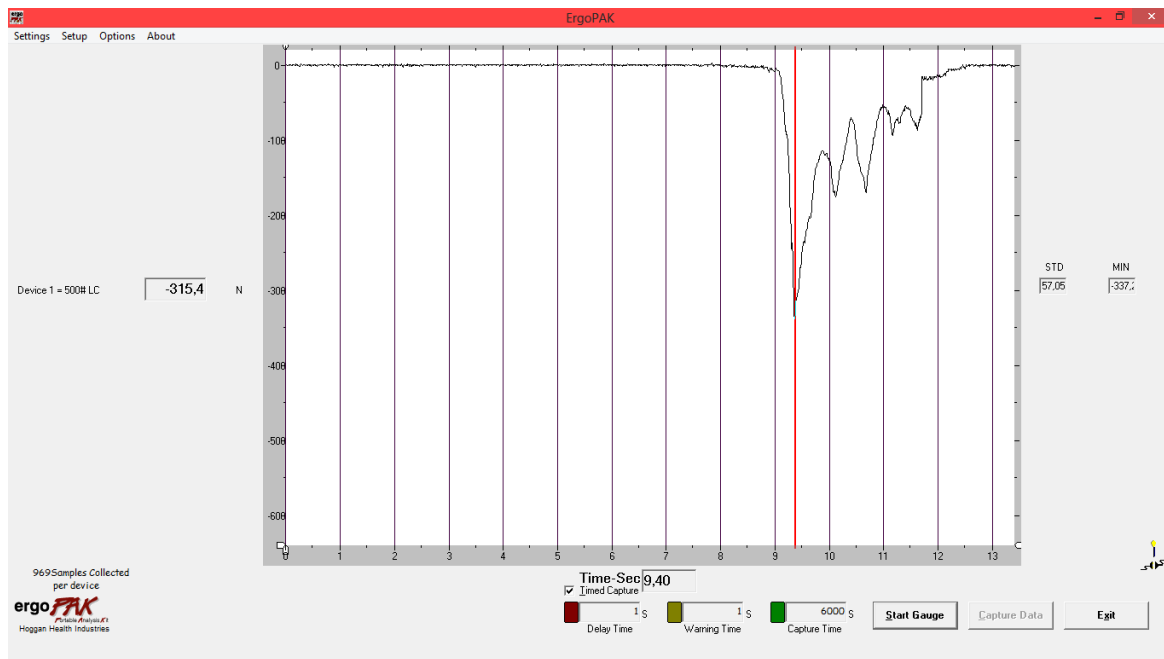
Poslední variantou bylo zapojení čtyř vozíků. Čtyři vozíky za sebou je maximální množství, které pracovník tahá. Opět byla vypočtena hmotnost čtvrtého vozíku a to 122,34 kg. Tato hodnota byla opět přičtena k hmotnosti prvního, druhého a třetího vozíku. Po sečtení všech čtyř hmotností byla spočítána celková hmotnost na **488,5 kg**.

6.1.3. Výsledky měření

Nyní jsem mohla přistoupit k samotnému měření. Pro ukázkou zde bude vždy jen jeden výsledek měření z jednotlivých variant. Všechny hodnoty z měření jsou pak uvedeny v příloze č. 2. Nejdříve bylo provedeno měření pro variantu, kdy pracovník tahá jen jeden vozík. Jak bylo výše již zmíněno, pro jednotlivé varianty bylo provedeno více náměrů. Hodnoty, které jsem pro měření jednoho vozíku dostala, jsou uvedeny v tabulce č. 6. Z těchto hodnot byl pak vypočítán průměr, který byl – **287,1 N**.

Tabulka 10- Naměřené hodnoty pro jeden vozík

	síla [N]
	-408,0
	-172,6
	-315,4
	-316,7
	-250,1
	-205,6
průměr	-278,1

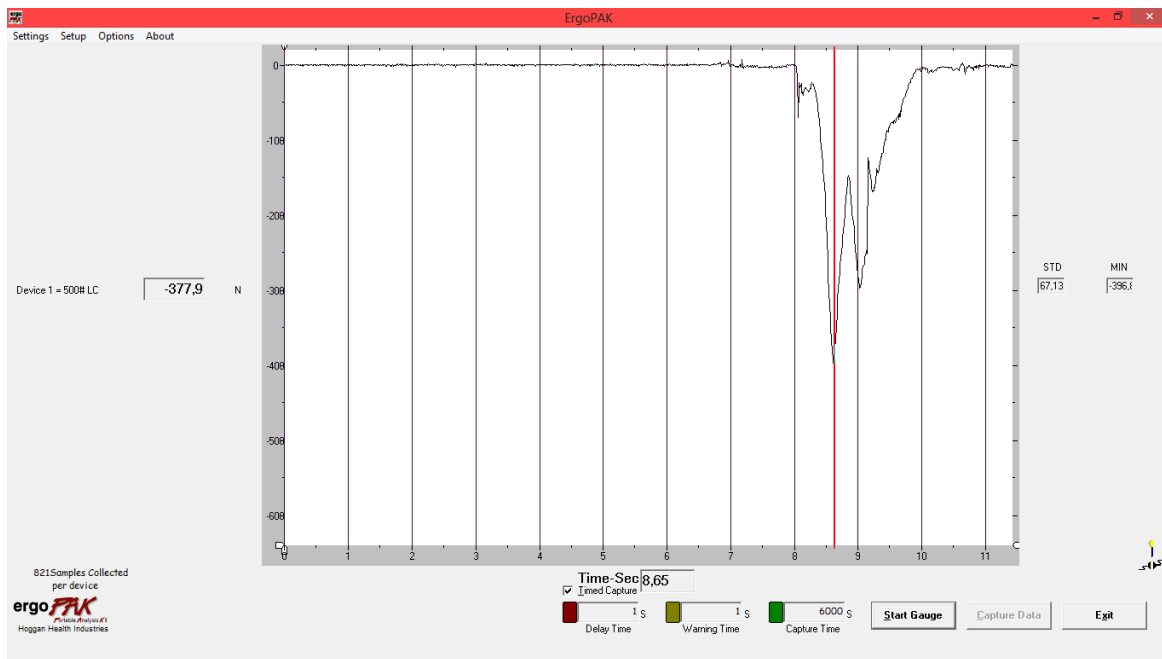


Obrázek 6-8 - hodnota měření pro jeden vozík

Dále bylo provedeno měření pro dva vozíky, které byly tahány za sebou. Hodnoty, které jsem dostala, jsou opět uvedeny v tabulce č. 11. I zde jsem z jednotlivých hodnot vypočítala průměr. Vypočítaný průměr byl - 329,9 N.

Tabulka 11 – Naměřené hodnoty pro dva vozíky

	síla [N]
	-285,6
	-467,0
	-497,1
	-211,7
	-257,7
	-260,8
	-281,1
	-377,9
průměr	-329,9

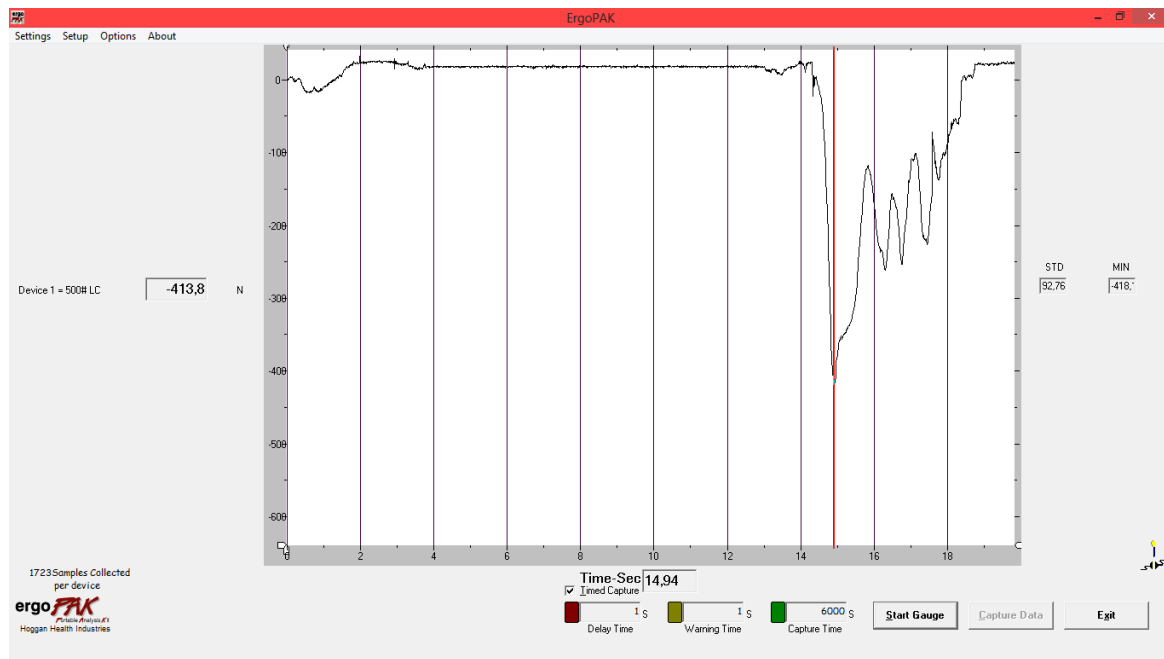


Obrázek 6-9 – hodnota měření pro dva vozíky

Dále za tyto dva vozíky byl zapojen ještě jeden vozík a tím pádem mohlo být provedeno měření tažných sil pro tři vozíky v závěsu. Dílčí hodnoty, z kterých byl následně vypočítán průměr, jsou opět uvedeny v tabulce č. 12. Při tomto měření jsem dostala průměr **-418 N**.

Tabulka 12 – Naměřené hodnoty pro tři vozíky

	síla [N]
	-413,8
	-543,0
	-584,5
	-323,8
	-307,2
	-335,5
průměr	-418,0

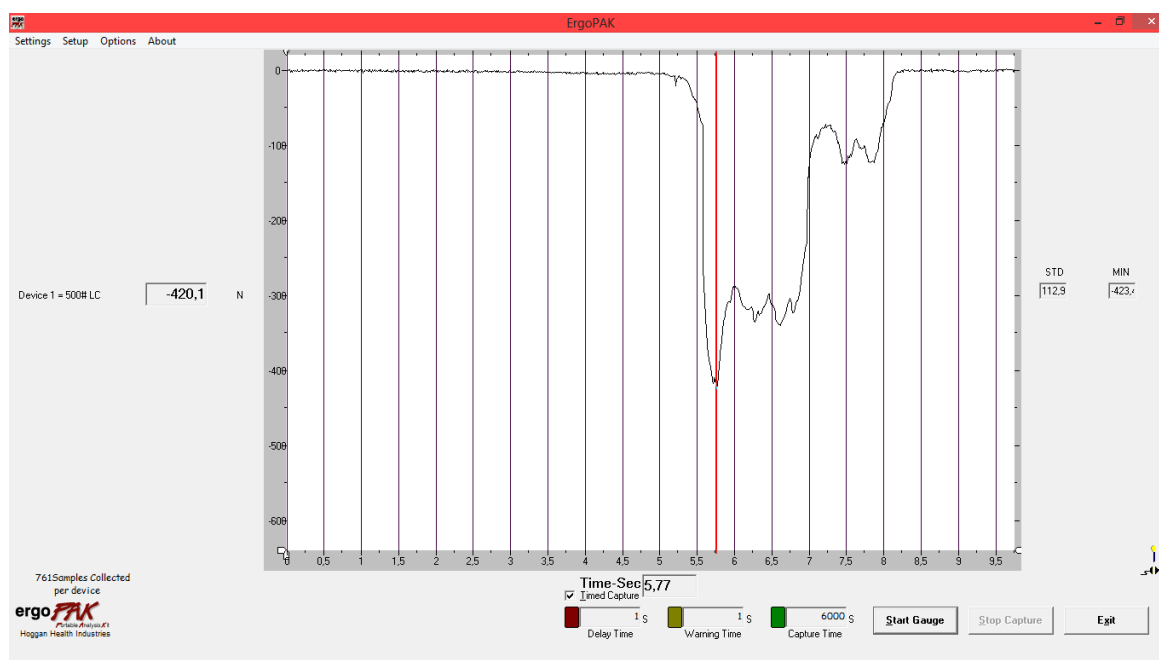


Obrázek 6-10 – hodnota měření pro tři vozíky

Po tomto měření bylo provedeno poslední měření a to se čtyřmi vozíky najednou. Hodnoty, které jsem získala, jsou opět uvedeny v následující tabulce č. 13. Zde byl průměr na hodnotě -412,3 N, což je průměr velice podobný průměru z předchozího měření.

Tabulka 13 – Naměřené hodnoty pro čtyři vozíky

	síla [N]
	-430,6
	-393,9
	-365,6
	-420,1
	-334,5
	-391,4
	-550,3
průměr	-412,3



Obrázek 6-11 – Hodnota měření pro čtyři vozíky

Z tabulek č. 10-13, kde jsou uvedeny dílčí hodnoty z měření, je vidět, že docházelo k větším výkyvům hodnot. Tyto výkyvy mohly být například způsobeny tím, že u jednotlivých vozíků byla jednotlivá kolečka různě nastavena (stočena). Dalším důvodem proč docházelo k výkyvům, mohlo způsobit to, že pracovník při každém roztažení vozíků vynaložit jinou sílu (někdy mohl vozík roztahovat plynule a někdy naopak mohl za vozík na začátku měření více zatáhnout a tím pádem se pak síla zvyšovala).

Všechny naměřené hodnoty a následně pak i průměry vyšly v záporných hodnotách. Je to z toho důvodu, že byly měřeny tahové síly. V případě, že by byly měřeny tlakové síly, by hodnoty vycházely v kladných číslech.

Přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku je a) pro muže tlačné 310 N a tažné 280 N, b) pro ženy tlačné 250 N a tažné 220 N. [4] Pro moji práci jsem se řídila údaji, které jsou platné pro muže a to z toho důvodu, že tuto činnost vykonává vždy jen muž. To znamená, že v tomto případě nemohla hodnota tažné síly překročit **280N**.

Po provedení tohoto měření je vidět, že pracovník tuto hodnotu překračuje a proto bych doporučovala, aby pracovník tahal vždy jen jeden vozík, neboť čím více vozíků za sebou táhá tím více je překračována povolená hodnota.

6.2. Měření hmotnostních limitů

Další věcí, kterou bylo nutné u pracovníka, který tahá vozíky na expedici zjistit, zda při nakládání jednotlivých přepravků na vozík nedochází k překročení hmotnostních limitů. Pro výpočet hmotností byla sestavena následující tabulka.

Tabulka 14 – Výpočet hmotností

Partsbox	Hmotnost jednoho ks (kg)	Týden															
		44						45									
		ST		ČT		PÁ		PO		ÚT		ST		ČT		PÁ	
		Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)
0407	23,20	10	232	9	208,8	9	208,8	41	951,2	41	951,2	41	951,2	40	928	40	928
0408	23,18	13	301,34	14	324,52	13	301,34	64	1483,52	63	1460,34	63	1460,34	64	1483,52	63	1460,34
0420	17,22	25	430,5	25	430,5	26	447,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0460	21,67	1	21,67	1	21,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0462	21,65	1	21,65	1	21,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0315	20,90	4	83,6	4	83,6	4	83,6	10	209	10	209	10	209	10	209	10	209
0454	21,76	27	587,52	27	587,52	25	544	10	217,6	10	217,6	9	195,84	9	195,84	9	195,84
0455	21,56	26	560,56	25	539	26	560,56	4	86,24	4	86,24	4	86,24	4	86,24	3	64,68
0456	21,54	30	646,2	29	624,66	29	624,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0429	21,60	19	410,4	18	388,8	19	410,4	51	1101,6	51	1101,6	51	1101,6	51	1101,6	50	1080
0249	13,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0246	13,60	3	40,8	2	27,2	2	27,2	8	108,8	7	95,2	7	95,2	7	95,2	7	95,2
0247	13,40	2	26,8	2	26,8	3	40,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0458	21,72	15	325,8	15	325,8	15	325,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0459	21,66	22	476,52	22	476,52	21	454,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0431	21,52	5	107,6	5	107,6	4	86,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0445	18,08	0	0	0	0	0	0	18	325,44	18	325,44	18	325,44	18	325,44	18	325,44
0427	17,36	57	989,52	56	972,16	56	972,16	25	434	25	434	25	434	25	434	25	434
0161	21,08	1	21,08	2	42,16	1	21,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0158	21,10	4	84,4	4	84,4	4	84,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	397,19	265	5367,96	261	5293,36	257	5192,86	231	4917,4	229	4880,62	228	4858,86	228	4858,84	225	4792,5

Týden																	
46									47								
PO		ÚT		ST		ČT		PÁ		ÚT		ST		ČT		PÁ	
Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)	Počet ks	Hmotnost celkem (kg)
61	1415,2	61	1415,2	61	1415,2	60	1392	60	1392	48	1113,6	48	1113,6	48	1113,6	47	1090,4
44	1019,92	43	996,74	43	996,74	44	1019,92	43	996,74	57	1321,26	56	1298,08	56	1298,08	56	1298,08
9	154,98	8	137,76	8	137,76	8	137,76	8	137,76	14	241,08	13	223,86	13	223,86	13	223,86
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	209	10	209	10	209	10	209	10	209	5	104,5	4	83,6	4	83,6	4	83,6
49	1066,24	49	1066,24	49	1066,24	49	1066,24	48	1044,48	34	739,84	34	739,84	33	718,08	33	718,08
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	409,64	19	409,64	19	409,64	19	409,64
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	258,48	11	236,94	12	258,48	11	236,94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78	2	26,78
3	40,8	2	27,2	3	40,8	3	40,8	3	40,8	3	40,8	3	40,8	3	40,8	3	40,8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13,4	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	344,32	15	322,8	15	322,8	15	322,8	15	322,8	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	868	50	868	50	868	50	868	49	850,64	45	781,2	45	781,2	44	763,84	44	763,84
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	126,6	6	126,6	6	126,6	5	105,5
244	5145,24	240	5069,72	241	5083,32	241	5083,3	238	5021	246	5177,18	241	5080,94	240	5063,36	237	4997,52

Na začátek bylo nutné si nejdříve vypočítat hmotnosti, které pak následně byly porovnávány s dovolenými hodnotami, které jsou uvedeny v tabulce č. 2. Hodnoty byly vypočítány ze čtyř po sobě jdoucích týdnů konkrétně ze 44. – 47. týdnu. Vstupní informace jako je vyrobené množství a konkrétní partsbox byly brány z interních materiálů společnosti. Z těchto údajů, byla vypočítána vždy hmotnost pro jednotlivé dny v jednotlivých týdnech, viz tabulka č. 14 a příloha C.

Po vypočítání jednotlivých hmotností byly porovnány s hodnotami, které jak bylo dříve již zmíněno, dovoluje předpis pro hmotnostní limity. V tabulce č. 2 je uvedeno, že kumulativní hmotnost u ženy nesmí překročit hodnotu 6 500 kg a u muže pak 10 000 kg. Vzhledem k tomu, že při manipulaci s přepravkami se jedná o občasnou manipulaci, tzn., že činnost

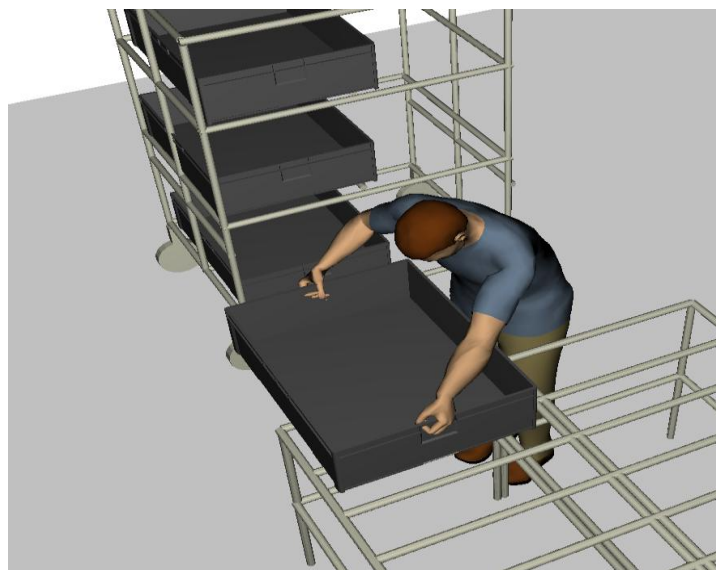
probíhá souhrnně do 30 minut za směnu. Pro tuto manipulaci platí limit 50 kg, ale vzhledem k tomu, že pracovník vždy zvedá partsboxy s hmotností cca 20 kg se vejde i do limitů pro častou manipulaci. Manipulace probíhá na vzdálenost 1,5 metru. Z tohoto důvodu musí být maximální kumulativní limit ponížěn na hodnotu 6667 kg. Porovnáme-li, tedy výsledky z tabulky č. 14 s hodnotou upravené kumulativní hmotnosti zjistíme, že ve všech případech se do této hodnoty vejde, tudíž hmotnostní limit není překročen ani v jednom případě.

6.3. Hodnocení pomocí analýzy Niosh a Rula

6.3.1. Niosh

Jako první z analýz byla provedena metoda Niosh. Tato metoda byla již blíže popsána v páté kapitole, proto zde budou už uvedeny jen výsledky a následné zhodnocení těchto výsledků. Výsledkem této metody je zjistit RWL (doporučený hmotnostní limit). Výpočet se může buď provádět dle nařízení vlády, nebo pak za pomoci programu Tecnomatix Jack. Výpočet za pomoci programu je oproti výpočtu dle nařízení vlády podrobnější a hlavně přesnější.

Postup při provádění analýzy metodou Niosh byl následující: nejprve musela být namodelována výchozí poloha, ze které se vždy vycházelo. Tato poloha je zobrazena na obrázku č. 6-12. Tato metoda zachycuje pracovníka v poloze, kdy bere prázdnou přepravku z vozíku a dává ji na válečkový dopravník. Tato přepravka je pak naplněna jednotlivými díly ostatními pracovníky, kteří pracují u linky a naplněná přepravka je pak následně odebírána a opět ukládána do připraveného vozíku. Odběr prázdné přepravky a následné ukládání plné přepravky zpět do vozíku je prováděnou stále stejným pracovníkem.



Obrázek 6-12 - výchozí poloha

Vzhledem k tomu, že na vozíku jsou tři patra, do kterých jsou přepravky ukládány, bylo nutné provést analýzu pro každé patro zvlášť. Nejprve byla provedena analýza pro první patro. Pozice byla namodelována dle reálné polohy pracovníka. Koncová poloha pro první patro je vyobrazena na obrázku č. 6-13. Při této poloze se musí pracovník ohnout. To znamená, že tato poloha není z pohledu ergonomie zrovna ideální a dochází zde k většímu zatížení v oblasti zad.



Obrázek 6-13 - první patro - koncová poloha

Na následujícím obrázku je zobrazen formulář, který je nutný na začátku před provedení analýzy vyplnit. Do řádku Lift Origin byla vždy zadávána výchozí poloha, která je zobrazena na obrázku č. 6-13. Jedná se tedy o pracovní polohu, kdy pracovník vkládá prázdné přepravky na válečkový dopravník a následně pak zde i odebírá plné přepravky a vkládá je na připravený vozík. Tato poloha zůstala nezměněna pro všechny tři patra. Byl vždy měněn pouze řádek Lift Destination. Tento řádek se měnil podle konkrétní koncové pracovní polohy pracovníka. Nejdříve byla hodnocena pracovní poloha, kterou zaujímá pracovník pro vykládání a ukládání přepravek ze spodního (prvního) patra. Poté bylo stejným způsobem provedeno hodnocení pracovní polohy pracovníka pro druhé a třetí patro.

Task#	Description	Avg Load	Max Load	Origin H
-------	-------------	----------	----------	----------

Obrázek 6-14 - formulář pro metodu Niosh

Aby mohla být analýza provedena, musel být vyplněn ještě jeden formulář se vstupními parametry. Tento formulář je zobrazen na obrázku č. 6-15. Tyto hodnoty zůstaly stejné po celou dobu hodnocení metodou Niosh.

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human1

Task Input

Task Number: 301 Units: Dist: cm, Angle: deg, Mass: kg

Description: manipulace 1. patro

Posture | Frequency | Coupling

Job consists of non-continuous work cycle (heavy work alternating with rest periods)

Minutes of lifting in 15 min cycle: 0.2

Lift rate in the 15 min cycle (lifts/min): 0.3

Work Schedule

Uninterrupted work time (hrs): 7.5

Recovery Time (hrs): 0.5 Ex: sitting at desk, light assembly

Derived work time ratio: 0.067

Derived work duration rating: long

Task List

Task#	Description	Avg Load	Max Load	Origin H

Buttons: Include/Exclude, Save Tasks, Load Tasks, Renumber, Edit, Delete

LI: [] RWL: []

Obrázek 6-15 - vstupní hodnoty pro metodu Niosh

Po vyplnění obou předchozích formulářů bylo již možné provést vyhodnocení pracovních poloh. Nejdříve bylo provedeno vyhodnocení pracovní polohy, kterou pracovník zaujímá při vykládání a nakládání přepravky, které jsou umístěny v prvním (spodním) patře. Výsledky jsou zobrazeny na následujícím formuláři. Doporučený hmotnostní limit (RWL) zde dosáhl hodnoty **6,97 kg** zvedací limit (LI) **2,84**.

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human1

Task Input

Task Number: 201 Units: Dist: cm, Angle: deg, Mass: kg

Description: manipulace 1. patro

Posture | Frequency | Coupling

Object Type

Container Loose Object

Container

Size

Optimal Container Poor Container

Grasping

Optimal Handles Optimal Handholds/cutouts 90deg. fingers

Derived hand coupling rating: good

Task List

Task#	Description	Avg Load	Max Load	Origin H
101	manipulace 1. patro	19.8	24.5	58.340

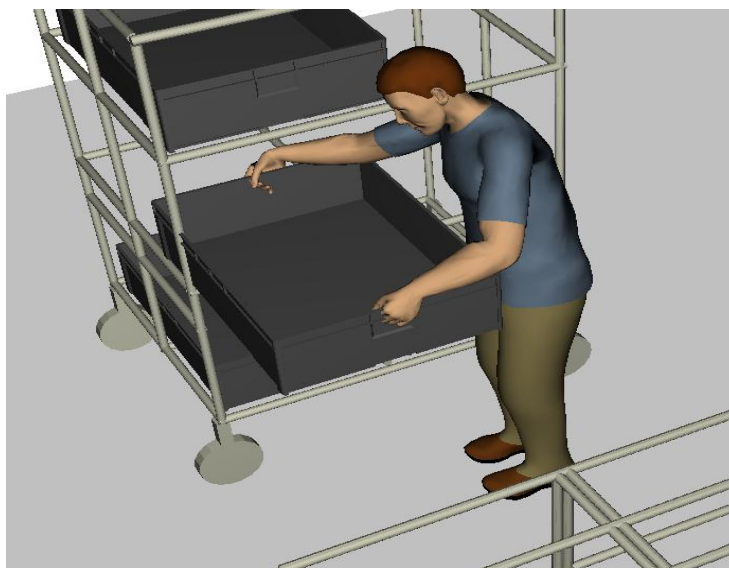
Buttons: Include/Exclude, Save Tasks, Load Tasks, Renumber, Edit, Delete

LI: 2.840 RWL: 6.97

Obrázek 6-16 - výsledek analýzy pro první patro

Po vyhodnocení pracovní polohy pro první patro byla provedena následně analýza pro druhé patro. V této poloze už pracovník nemusí provádět tak velký předklon jako v předchozí pozici. Tím pádem, už nedochází k tak velkému zatížení zad. Jako výchozí poloha i zde byla použita poloha, která byla použita v předchozím případě. Jako koncová poloha byla použita

poloha, která je zobrazena na obrázku č. 6-17. Jak je i z obrázku vidět, opravdu, zde už nedochází u pracovníka k tak velkému předklonu pracovníka.



Obrázek 6-17 - koncová poloha pro druhé patro

Při hodnocení zůstali také stejné úchopové vlastnosti i frekvence jako v předchozím případě. Po provedení analýzy byl zjištěn doporučený hmotnostní limit **7,63 kg** a hodnota zvedacího indexu byla **2,59**. Porovnáním výsledků při hodnocení první pracovní polohy a této pracovní polohy je vidět, že při této poloze se zvýšil doporučený hmotnostní limit o 0,66 kg a naopak se snížil zvedací index o 0,25.

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human2

Task Input

Task Number: 301 | Units: Dist: cm, Angle: deg, Mass: kg

Description: manipulace 2. patro

Posture | Frequency | Coupling

Average Load: 19.8 | Maximum Load: 24.5

Lift Origin: V: 100.485 | H: 58.340 | Asymmetry: 4.772

Lift Destination: V: 106.547 | H: 53.523 | Asymmetry: 6.692

Computed Vertical Lift Distance: 6.057999999999993

Verticle dist. out of range, analysis will clip to 25cm(10in) / 175cm(70in)

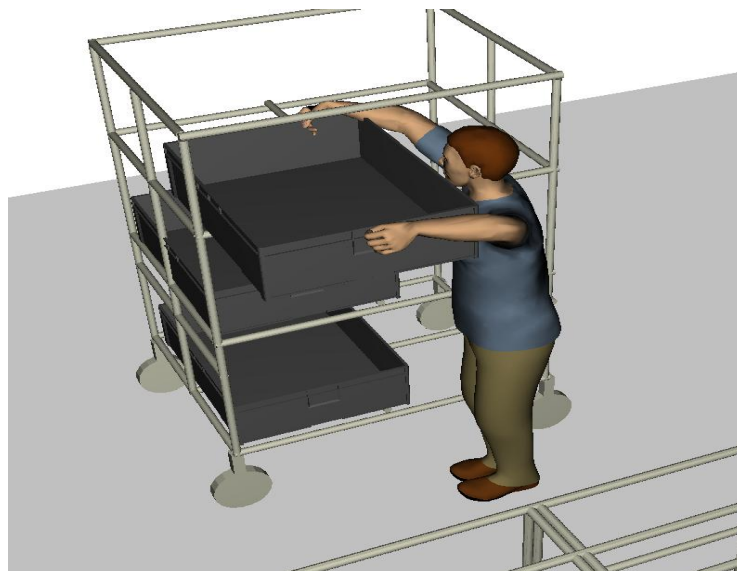
Task#	Description	Avg Load	Max Load	Origin H
201	manipulace 2. patro	19.8	24.5	58.340

LI: 2.590 | RWL: 7.63

Obrázek 6-18 - výsledek analýzy pro druhé patro

Poslední co bylo pomocí metody Niosh hodnoceno, bylo zhodnocení pracovní pozice pro ukládání přepravek do třetího (nejvyššího) patra vozíku. I v tomto případě zůstali stejné úchopové vlastnosti a frekvence. Opět jako v předchozích dvou případech byla namodelována pracovní pozice, kterou zaujímá pracovník při ukládání přepravek do třetího patra. Při této pozici musí pracovník, při manipulaci s přepravkou zvednout horní končetiny do vyšší polohy, čímž musí vynaložit větší sílu například než při předchozí hodnocené pracovní pozici.

Po provedení této poslední polohy byl zjištěn následující výsledek, který je zobrazen na obrázku č. 6-20. Při této analýze bylo zjištěno, že hodnota doporučeného hmotnostní ho limitu, činila **6,87 kg** hodnota zvedacího indexu pak **2,88**. Pokud, provedeme srovnání výsledků k první a druhé analýze zjistíme, že hmotnostní limit u této analýzy, oproti druhé se snížil o 0,76 kg a naopak zvedací index se zvýšil o 0,29. Ve srovnání s první analýzou, byl pak hmotnostní limit nižší o 0,1 kg a zvedací limit vyšší o 0,04.



Obrázek 6-19 - koncová poloha pro třetí patro

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human3

Task Input

Task Number: 501 Units: Dist: cm | Angle: deg | Mass: kg

Description: manipulace 3. patro

Posture | Frequency | Coupling

Average Load: 19.8 Maximum Load: 24.5

Lift Origin: Use Posture V: 100.485 H: 58.340 Asymmetry: 4.772

Lift Destination: Use Posture V: 156.864 H: 47.351 Asymmetry: 0.001

Significant control required at destination

Computed Vertical Lift Distance: 56.375

Add

Task List

Task#	Description	Avg Load	Max Load	Origin H
401	manipulace 1. patro	19.8	24.5	58.340

Include/Exclude Save Tasks Load Tasks Renumber Edit Delete

LI: 2.880 RWL: 6.87

Obrázek 6-20 - výsledek analýzy pro třetí patro.

Po provedení analýz pro všechny tři patra bylo provedeno zhodnocení výsledků. Pro lepší přehlednost jsem přiložila následující tabulku s výsledky vyhodnocení.

Tabulka 15 - Shrnutí výsledků z hodnocení metodou Niosh

Patro	RWL [kg]	LI [-]
první (spodní)	6,97	2,84
druhé (prostřední)	7,63	2,59
třetí (horní)	6,87	2,88

Průměrná hmotnost jedné přepravky byla 19,8 kg. Z tabulky je vidět, že nejnižší hmotností limit byl naměřen u třetí prováděné analýzy. Nejnižší zvedací limit byl pak zjištěn u druhé analýzy. Proto, aby pracovní poloha byla vyhovující, musí zvedací index být **menší než 1**. Jak je vidět z výsledků ve všech třech případech byl hmotnostní limit překročen a tudíž všechny pracovní pozice jsou nevyhovující. Při hodnocení první pracovní polohy byl tento limit překročen o 1,84 kg, u druhé o 1,59 kg a u poslední o 1,88 kg. Jak je vidět z tohoto pohledu se jako nejméně vhodná pozice jeví pozice, kde pracovník ukládá přepravky do posledního (třetího) patra vozíku.

6.3.2. Rula

Jako druhá byla provedena analýza metodou Rula. Tato metoda se zaměřuje na hodnocení polohových zátěží na celém těle, ale důraz je kladen především na horní končetiny, krk a trup. Výsledkem této metody je vypočítané skóre, které indikuje úroveň potřeby provedení změny. V případě, že vyjde skóre takové, že vyhovuje požadavkům, není nutné provedení žádné změny. I při této metodě byly pracovní polohy modelovány dle skutečné pracovní polohy pracovníka. Vzhledem k tomu, že u linky pracují ženy, byly následující analýzy prováděny jen pro ženy. Výsledkem z každé hodnocené pracovní polohy pracovníce bylo zjištěno výše skóre, podle kterého byla následně pracovní poloha zařazena do jedné ze čtyř kategorií. Tyto kategorie jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 16 - tabulka pro vyhodnocení metody Rula

Kategorie	Skóre	Vyhodnocení
1.	1-2	Přijatelná práce, jestliže není prováděna po dlouhou dobu
2.	3-4	Potřeba dalšího hodnocení. Jsou zde možné požadavky na změny
3.	5-6	Je vyžadována brzká změna
4.	7	Změna je vyžadována okamžitě

První poloha, která byla namodelována, je zobrazena na obrázku č. 6-21. Jedná se o takovou pozici, kdy pracovníce sahá pro díl v nejvyšším patře regálu. Vzhledem k tomu, že v tomto patře jsou většinou ukládány díly s nižší hmotností, pracovníce většinou k uchopení daného dílu z krabice používá jen jednu ruku.



Obrázek 6-21 - první pozice hodnocená metodou Rula

I při této metodě bylo nutné na začátek před samotným provedením analýzy vyplnit vstupní parametry. Tyto parametry jsou na následujícím obrázku. Jako jeden z parametrů bylo nutné vyplnit hmotnost zvedaného dílu. Při odebírání dílů z nejvyššího patra díl nepřekračuje svojí hmotností 2 kg. Pro skupinu A, ve které jsou parametry pro paže a zápěstí, bylo zvoleno normální používání svalů a hmotnost menší než 2 kg. Ve skupině B, která obsahuje parametry pro záda a trup bylo vybráno opět normální používání svalů pro hmotnost menší než 2 kg. Poslední, co bylo nutné zhodnotit, bylo postavení nohou.

Task Entry Reports Analysis Summary	
Human: human	
Body Group A Loading (Arm, Wrist)	
Muscle Use	Forces and Loads
<input checked="" type="radio"/> Normal, no extreme use	<input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load
<input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute	<input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load
<input type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute	<input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
Arm Support: <input type="checkbox"/> Arm Supported	<input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces.
Legs and Feet	
<input type="radio"/> Seated, Legs and feet well supported. Weight even.	
<input checked="" type="radio"/> Standing, weight even. Room for weight changes.	
<input type="radio"/> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.	
Body Group B Loading (Neck, Trunk)	
Muscle Use	Forces and Loads
<input checked="" type="radio"/> Normal, no extreme use	<input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load
<input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute	<input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load
<input type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute	<input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
	<input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 6-22 - vstupní parametry

Po zadání jednotlivých parametrů bylo možné přejít k provedení analýzy. Výsledek z této analýzy je na následujícím obrázku.

Task Entry	Reports	Analysis Summary	
Job Title:	<input type="text"/>	Job Number:	<input type="text"/>
Location:	<input type="text"/>	Analyst:	<input type="text"/>
Comments:	<input type="text"/>	Date:	<input type="text"/>
Body Group A Posture Rating			
Upper arm:	5	Body Group B Posture Rating	
Lower arm:	3	Neck:	2
Wrist:	3	Trunk:	1
Wrist Twist:	2	Total:	2
Total:	7	Muscle Use: Normal, no extreme use	
Muscle Use: Normal, no extreme use		Force/Load: < 2 kg intermittent load	
Force/Load: < 2 kg intermittent load		Arms: Not supported	
Legs and Feet Rating			
Standing, weight even. Room for weight changes.			
Grand Score: 5			
Action: Investigation and changes are required soon.			
<input type="button" value="Update Analysis"/>			

Obrázek 6-23 - výsledek analýzy pro první pracovní polohu

Je zde vidět postoj hodnocení ze skupiny A, která hodnotila polohu paží a zápěstí a postoj pro hodnocení ze skupiny B, která hodnotila polohu zad a trupu. Ve skupině A bylo hodnoceno nadloktí, rameno a zápěstí. Každá část byla hodnocena jednotlivým skórem. Celkové skóre pro skupinu A bylo ohodnoceno číslem 7. Ve skupině B byli, jak bylo již už i dříve řečeno hodnoceny záda a trup. I tyto části měli po vyhodnocení své skóre. Celkové skóre pro tuto skupinu bylo číslo 2. Za celkové skóre je pak považováno skóre 5. To znamená, že je nutné provést v nejbližší době nápravná opatření, neboť tato pracovní poloha není pro pracovníka ideální. Proto bych, zde jako jedno z možných řešení navrhovala například snížit výšku krabice.

Další pracovní poloha, která byla metodou Rula hodnocena, je zobrazena na obrázku č. 6-24.



Obrázek 6-24 - pracovní poloha pro sahání do velké papírové bedny

Tato pracovní poloha je pracovní poloha, kdy pracovnice odebírá díly z velké papírové bedny, která je umístěna pod regálem. Tato papírová bedna není umístěna přímo na podlaze, ale je

ještě postavena na paletě, čímž se zvyšuje celková výška papírové krabice. Vzhledem, k tomu, že je tato krabice poměrně dost vysoká, předpokládá se, že zde bude nejvíce namáhána oblast zad. Konkrétně bederní oblast. Nejdříve byla provedena analýza pro díly, kde byl předpoklad, že díly, které budou z této krabice odebírány, nepřesáhnou svoji hmotnosti 2 kg.

The screenshot shows the 'Task Entry' tab of a software interface. It includes a dropdown menu for 'Human' set to 'human4'. Below this are sections for 'Body Group A Loading (Arm, Wrist)' and 'Body Group B Loading (Neck, Trunk)'. Each section has 'Muscle Use' and 'Forces and Loads' sub-sections with radio button options. In the 'Body Group A' section, 'Normal, no extreme use' is selected under muscle use, and '< 2 kg intermittent load' is selected under forces and loads. The 'Arm Support' checkbox is unchecked. In the 'Body Group B' section, 'Normal, no extreme use' is selected under muscle use, and '< 2 kg intermittent load' is selected under forces and loads. The 'Legs and Feet' section has 'Standing, weight even. Room for weight changes.' selected.

Obrázek 6-25 - vstupní parametry pro hmotnost menší než 2 kg

Poté bylo provedeno vyhodnocení této pracovní polohy. Dílčí hodnoty z jednotlivých skupin jsou vidět na následujícím obrázku.

The screenshot shows the 'Analysis Summary' tab. It contains input fields for 'Job Title', 'Location', 'Comments', 'Job Number', 'Analyst', and 'Date'. Below these are 'Body Group A Posture Rating' and 'Body Group B Posture Rating' sections. Body Group A ratings are: Upper arm: 3, Lower arm: 3, Wrist: 1, Wrist Twist: 1, Total: 4. Body Group B ratings are: Neck: 3, Trunk: 3, Total: 4. A summary box shows: Muscle Use: Normal, no extreme use; Force/Load: < 2 kg intermittent load; Arms: Not supported. The 'Legs and Feet Rating' section shows: Standing, weight even. Room for weight changes. At the bottom, a yellow box displays 'Grand Score: 4' and 'Action: Further investigation needed. Changes may be required.' with an 'Update Analysis' button below it.

Obrázek 6-26 - vyhodnocení pracovní polohy pro díly do 2 kg

Celkové skóre dosáhlo hodnoty 4, což dle tabulky č. 16 znamená, že jsou zde požadavky na určitou změnu, ale pro provedení změny by bylo nutné provést ještě další podrobnější

hodnocení. Pro srovnání byla provedena na této pracovní poloze ještě analýza, za předpokladu, že by díly zvedané z papírové krabice byly v hmotnostním rozsahu 2-5 kg.

The screenshot shows the 'Analysis Summary' tab of a software interface. It contains the following sections:

- Human:** human4
- Body Group A Loading (Arm, Wrist):**
 - Muscle Use:**
 - Normal, no extreme use
 - Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
 - Action repeated more than 4 times per minute
 - Forces and Loads:**
 - < 2 kg intermittent load
 - 2-10 kg intermittent load
 - 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
 - More than 10 kg static. Shock forces.
 - Arm Support:** Arm Supported
- Legs and Feet:**
 - Seated, Legs and feet well supported. Weight even.
 - Standing, weight even. Room for weight changes.
 - Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.
- Body Group B Loading (Neck, Trunk):**
 - Muscle Use:**
 - Normal, no extreme use
 - Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
 - Action repeated more than 4 times per minute
 - Forces and Loads:**
 - < 2 kg intermittent load
 - 2-10 kg intermittent load
 - 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
 - More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 6-27- vstupní parametry pro hmotnost 2-5 kg

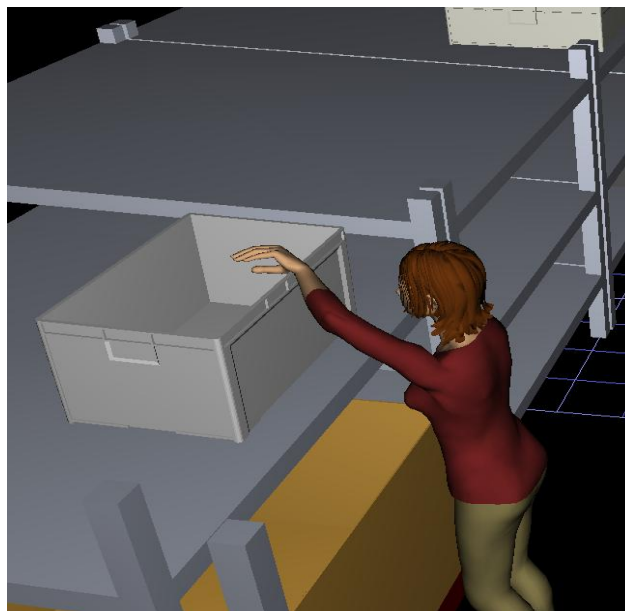
The screenshot shows the 'Analysis Summary' tab of the software interface, displaying the results of the analysis:

- Job Information:** Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, Date (all fields are empty).
- Body Group A Posture Rating:**
 - Upper arm: 3
 - Lower arm: 3
 - Wrist: 1
 - Wrist Twist: 1
 - Total: 5
- Body Group B Posture Rating:**
 - Neck: 3
 - Trunk: 3
 - Total: 5
- Muscle Use:** Normal, no extreme use
- Force/Load:** 2-10 kg intermittent load
- Arms:** Not supported
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Grand Score: 6** (highlighted in red)
- Action:** Investigation and changes are required soon.
- Update Analysis** button

Obrázek 6-28 - vyhodnocení pracovní polohy pro díly s hmotností 2-5 kg

Pokud by v krabici byly uloženy díly, které by byly těžší než 2 kg, znamenalo, by to zvýšení celkového skóre a to až na hodnotu 6. V tomto případě by dle tabulku č. 16 bylo nutné provést brzkou změnu. Proto bych doporučovala do této, krabice ukládat pouze díly, které svoji hmotností nepřekračují 2 kg.

Dále byla hodnocena taková pracovní poloha, kdy pracovnice odebírá díly z horního patra regálu. Díly jsou uloženy v menší krabici. Poloha, kdy pracovnice sahá pro díly do horního patra regálu, byla už hodnocena dříve, ale nyní se jedná o specifickou polohu. Při této poloze musí pracovnice ještě navíc překonávat překážku v podobě mírně vysunuté papírové krabice, která je umístěna přímo pod regálem. Pro lepší představivost je přiložen následující obrázek.



Obrázek 6-29 - pracovní poloha pro vyndávání dílů z horního patra

Vzhledem, k tomu, že v horním patře jsou ukládány především díly o hmotnosti do 2 kg. Byla provedena jen analýza pro tuto hmotnost a ne vyšší.

Task Entry	Reports	Analysis Summary
Human: human5		
Body Group A Loading (Arm, Wrist)		
Muscle Use	Forces and Loads	
<input checked="" type="radio"/> Normal, no extreme use	<input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load	
<input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute	<input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load	
<input type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute	<input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load	
Arm Support: <input type="checkbox"/> Arm Supported	<input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces.	
Legs and Feet		
<input type="radio"/> Seated, Legs and feet well supported. Weight even.		
<input checked="" type="radio"/> Standing, weight even. Room for weight changes.		
<input type="radio"/> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.		
Body Group B Loading (Neck, Trunk)		
Muscle Use	Forces and Loads	
<input checked="" type="radio"/> Normal, no extreme use	<input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load	
<input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute	<input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load	
<input type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute	<input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load	
	<input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces.	

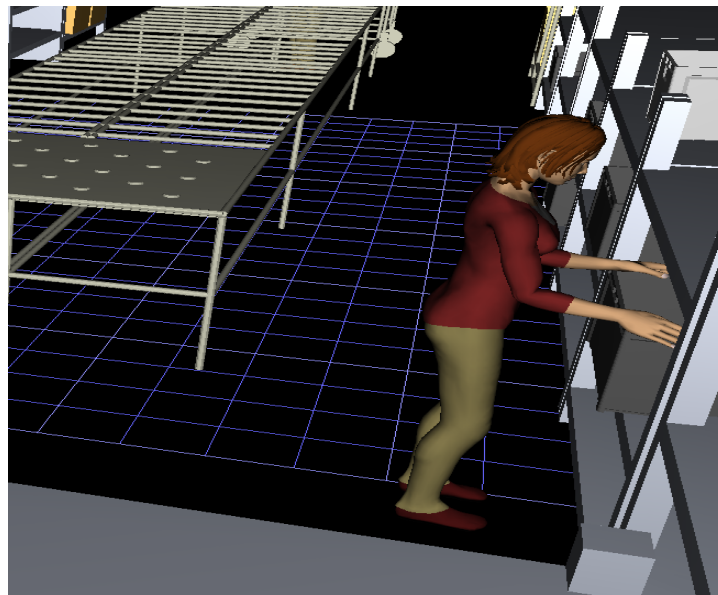
Obrázek 6-30 – vstupní parametry pro hmotnost do 2 kg

Task Entry	Reports	Analysis Summary	
Job Title:	<input type="text"/>	Job Number:	<input type="text"/>
Location:	<input type="text"/>	Analyst:	<input type="text"/>
Comments:	<input type="text"/>	Date:	<input type="text"/>
Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	3	Neck:	1
Lower arm:	2	Trunk:	1
Wrist:	2	Total:	1
Wrist Twist:	1		
Total:	4		
Muscle Use:	Normal, no extreme use	Muscle Use:	Normal, no extreme use
Force/Load:	< 2 kg intermittent load	Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Arms:	Not supported		
Legs and Feet Rating			
Standing, weight even. Room for weight changes.			
Grand Score: 3			
Action: Further investigation needed. Changes may be required.			
<input type="button" value="Update Analysis"/>			

Obrázek 6-31 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z horního patra regálu

Při tomto vyhodnocení vyšlo celkové skóre 3 a tudíž tato poloha je hodnocena jako poloha, kde mohou být vyžadovány změny, ale před zavedením změny by bylo ještě nutné provést další hodnocení.

Po provedení analýzy pro horní patro regálu byla provedena analýza pro polohu, kdy pracovnice odebírá díly ze středního (druhého) patra regálu.



Obrázek 6-32 - pracovní poloha pro vyndávání dílů z druhého patra regálu

Pracovní pozice byla hodnocena jak pro díly do hmotnosti 2 kg tak i pro hmotnost dílů, která se pohybuje v rozmezí 2-10 kg. Nejprve byla provedena analýza pro díly do 2 kg.

Obrázek 6-33 – vstupní parametry pro díly do 2 kg

Obrázek 6-34 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z druhého patra regálu pro díly do 2 kg

Vyhodnocením bylo zjištěno celkové skóre 2. Díky tomuto skóre se tato pracovní poloha opět řadí do kategorie, kde je možné provést určitou změnu, ale opět i jako v předchozích případech je ještě nutné provést další hodnocení. Oproti předchozím hodnoceným pozicím, které patří do stejné kategorie je vidět, že toto skóre se víceméně blíží ke kategorii, která odpovídá přijatelné pozici tedy kategorii jedna. Z tohoto důvodu bych, zde zatím, žádné nápravné opatření nedoporučovala.

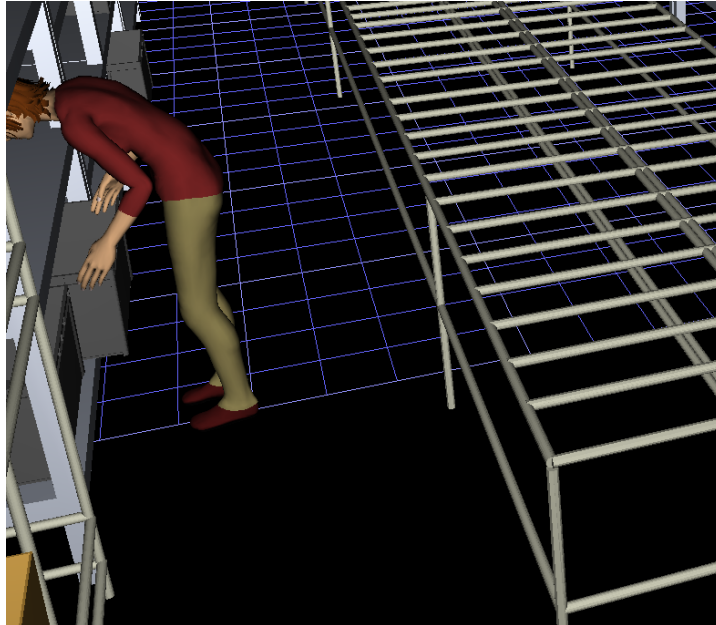
Jak bylo již výše zmíněno, bylo provedeno ještě následně hodnocení pro díly, které svojí hmotností přesahují 2 kg.

Obrázek 6-35 – vstupní parametry pro díly 2-5 kg

Obrázek 6-36 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů z druhého patra regálu pro díly 2-5 kg

Po srovnání s předchozí provedenou polohou bylo zjištěno skóre vyšší. Vyšší skóre se zde dalo díky vyšší hmotnosti předpokládat. Avšak i přes zvýšenou hmotnost se tato poloha ještě také řadí do druhé kategorie, což znamená, že není zatím nutné zavádět nápravné opatření.

Poslední poloha, která byla metodou Rula hodnocena, je poloha, kdy pracovnice sahá do krabice pro díly, které jsou uloženy v nejspodnějším patře regálu, viz obrázek č 6-37. Nejdříve bylo i tady opět provedeno vyhodnocení pro díly, které svoji hmotností nepřesahují dvě kila.



Obrázek 6-37 - pracovní poloha při zvedání dílů ze spodního patra regálu

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human7

Body Group A Loading (Arm, Wrist)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

Arm Support: Arm Supported

Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Legs and Feet

- Seated, Legs and feet well supported. Weight even.
- Standing, weight even. Room for weight changes.
- Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Body Group B Loading (Neck, Trunk)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 6-38 - vstupní parametry pro díly do 2 kg

Task Entry | Reports | **Analysis Summary**

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
 Lower arm: 2
 Wrist: 1
 Wrist Twist: 1
 Total: 3

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
 Trunk: 4
 Total: 5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 4
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Obrázek 6-39 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů ze spodního regálu s hmotností do 2 kg

Po vyhodnocení, poslední pracovní polohy, bylo zjištěno skóre 4. Skóre s touto hodnotou dle tabulky č. 16 je zařazeno do druhé kategorie, což znamená, že by zde bylo vhodné časem učinit nápravná opatření, ale není to nutné provádět v nejbližší době. Následně bylo provedeno ještě druhé hodnocení, a to pro díly, které svojí hmotností přesahují 2 kg ne však 10 kg.

Human: human7

Body Group A Loading (Arm, Wrist)

Muscle Use

Normal, no extreme use
 Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
 Action repeated more than 4 times per minute

Arm Support: Arm Supported

Forces and Loads

< 2 kg intermittent load
 2-10 kg intermittent load
 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
 More than 10 kg static. Shock forces.

Legs and Feet

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.
 Standing, weight even. Room for weight changes.
 Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Body Group B Loading (Neck, Trunk)

Muscle Use

Normal, no extreme use
 Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
 Action repeated more than 4 times per minute

Forces and Loads

< 2 kg intermittent load
 2-10 kg intermittent load
 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
 More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 6-40 - vstupní parametry pro díly s hmotností 2-5 kg

The screenshot shows a software interface for ergonomics analysis. At the top, there are tabs for 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. Below the tabs, there are input fields for 'Job Title', 'Location', 'Comments', 'Job Number', 'Analyst', and 'Date'. The main section is divided into two columns for posture ratings. The left column is titled 'Body Group A Posture Rating' and lists: Upper arm: 3, Lower arm: 2, Wrist: 1, Wrist Twist: 1, and Total: 4. The right column is titled 'Body Group B Posture Rating' and lists: Neck: 1, Trunk: 4, and Total: 6. Below these ratings, there are two boxes showing 'Muscle Use' and 'Force/Load' for both groups. For Group A, Muscle Use is 'Normal, no extreme use', Force/Load is '2-10 kg intermittent load', and Arms are 'Not supported'. For Group B, Muscle Use is 'Normal, no extreme use' and Force/Load is '2-10 kg intermittent load'. At the bottom, there is a 'Legs and Feet Rating' section with the text 'Standing, weight even. Room for weight changes.' A prominent red box displays 'Grand Score: 6' and 'Action: Investigation and changes are required soon.' An 'Update Analysis' button is located at the very bottom.

Obrázek 6-41 - vyhodnocení pracovní polohy při vyndávání dílů ze spodního regálu s hmotností 2-5 kg

Jak se dalo předpokládat, při tomto vyhodnocení, se skóre zvedlo a to až na hodnotu šest. Tím pádem se tato pracovní poloha zařadila do třetí kategorie. U pracovních poloh, které spadají do této kategorie, je vyžadována nutná změna, neboť tato poloha je z pohledu ergonomie už po vykonávání v delším časovém horizontu nevyhovující. Proto bych tady doporučovala jako opatření ukládat jen ty díly, které svojí hmotností nepřesahují dvě kila.

7. Zhodnocení

V této kapitole shrnuji všechny výsledky z měření a analýz. Nejdříve byly měřeny pomocí programu ergoPak tažné síly. Tažné síly nesměly překročit hodnotu 280 N. Bylo zjištěno, že pokud pracovník tahá více vozíků než jeden je to nevyhovující stav jak je vidět i v následující tabulce. Proto bych doporučovala, aby pracovník vždy tahal jen jeden vozík.

Počet vozíků v závěsu	Hmotnost [kg]	Síla [kg]
jeden	121,76	-278,10
dva	244,18	-329,90
tři	366,06	-418,00
čtyři	488,50	-412,30

Po měření tažných sil bylo provedeno měření hmotnostních limitů. Po vypočítání jednotlivých hmotností viz. tabulka č. 14, byly porovnány s hodnotami, které dovoluje předpis pro hmotnostní limity. V tabulce č. 2 je uvedeno, že kumulativní hmotnost u ženy nesmí překročit hodnotu 6 500 kg a u muže pak 10 000 kg. Vzhledem k tomu, že při manipulaci s přepravkami se jedná o občasnou manipulaci, tzn., že činnost probíhá souhrnně do 30 minut

za směnu. Pro tuto manipulaci platí limit 50 kg, ale vzhledem k tomu, že pracovník vždy zvedá partsboxy s hmotností cca 20 kg se vejde i do limitů pro častou manipulaci. Manipulace probíhá na vzdálenost 1,5 metru. Z tohoto důvodu musí být maximální kumulativní limit ponížena na hodnotu 6667 kg. Porovnáme-li, tedy výsledky z tabulky č. 14 s hodnotou upravené kumulativní hmotnosti zjistíme, že ve všech případech se do této hodnoty vejde, tudíž hmotnostní limit nebyl překročen ani v jednom případě.






Poté co byly změřeny hmotnostní limity byla provedena analýza Niosh. Při této analýze byly hodnoceny pracovní polohy pracovníka, který vyndává prázdné přepravky z vozíku na dopravník a následně plné přepravky vrací zpět. Vzhledem k tomu, že vozík má tři patra, bylo nutné provést analýzu pro každé patro zvlášť. Průměrná hmotnost jedné přepravky byla stanovena na hodnotu 19,8 kg. Pro lepší názornost je zde následující tabulka.

Patro	RWL [kg]	LI [-]
první (spodní)	6,97	2,84
druhé (prostřední)	7,63	2,59
třetí (horní)	6,87	2,88

Z tabulky je vidět, že nejnižší hmotnostní limit byl naměřen u třetí prováděné analýzy. Nejnižší zvedací limit byl pak zjištěn u druhé analýzy. Proto, aby pracovní poloha byla vyhovující, musí zvedací index být vždy **menší než 1**. Jak je vidět z výsledků ve všech třech případech byl hmotnostní limit překročen a tudíž všechny pracovní pozice jsou nevhovující. Při hodnocení první pracovní polohy byl tento limit překročen o 1,84 kg, u druhé o 1,59 kg a u poslední o 1,88 kg. Z tohoto pohledu se jako nejméně vhodná pozice jeví pozice, kde pracovník ukládá přepravky do posledního (třetího) patra vozíku.

Po provedení analýzy metodou Niosh byla provedena analýza metodou Rula. Metodou Rula bylo hodnoceno celkem pět různých pracovních poloh. Všechny polohy kromě polohy, kdy pracovník sahá pro díly do třetího (nejvyššího) patra byly hodnoceny, jak pro díly s hmotností do 2 kg, tak i pro díly, které svojí hmotností přesahují 2 kg. Ve třetím patře se nepředpokládá ukládání dílů s hmotností nad 2 kg, a tudíž nebylo nutné provést hodnocení pro vyšší hmotnost dílů. Pro lepší přehlednost jednotlivých výsledků byla vypracována následující tabulka č. 17. V této tabulce jsou ještě pro lepší vizuální přehlednost vyhodnocení použity barvy, které znázorňují jednotlivé kategorie, do kterých byly pracovní polohy zařazeny. Pokud pracovní poloha pracovníka spadá do první až druhé kategorie má políčko tabulky zelenou barvu, kategorie tři až čtyři má barvu žlutou a nejhorší kategorie což je kategorie pět a šest má pak políčko červené.

Tabulka 17 - Výsledky vyhodnocení metodou Rula

Patro		Hmotnost		Kategorie	
		do 2 kg	2-5 kg	do 2 kg	2-5 kg
První (spodní)		4	6	Yellow	Red
Druhé (prostřední)		2	3	Green	Yellow
Třetí (horní)		5	-	Red	White
Třetí (horní)		3	-	Yellow	White
Papírová krabice		4	6	Yellow	Red

Z tabulky je vidět, že největšího skóre pro hmotnosti dílů do 2 kg, bylo dosaženo při pracovní pozici, kdy pracovnice sahá pro díly ve třetím (nejvyšším) patře regálu. Naopak nejnižšího a tím pádem nejlepšího výsledku bylo dosaženo při pracovní pozici, kdy pracovnice odebírá díly z druhého (prostředního) patra regálu. Při následném vyhodnocení pracovních poloh, kdy by hmotnost jednotlivých dílů přesahovala hmotnost přes 2 kg, byla vyhodnocena jako nejhorší pracovní pozice, pozice kdy pracovnice sahá to prvního (spodního) patra regálu. Při této pracovní pozici bylo dosaženo stejné skóre jako při hodnocení pracovní pozice, kdy pracovnice sahá do velké papírové krabice, která je umístěna pod regálem na paletě. Tato pozice je zobrazena jako poslední v přiložené tabulce. Jako nejlepší při hmotnosti nad 2 kg byla vyhodnocena pracovní pozice při vyndávání dílů z krabice, které jsou umístěny v druhém patře regálu.

Dle tabulky č. 16 se pracovní pozice dle hodnoty svého skóre rozdělují do jedné ze čtyř kategorií. Do první kategorie se řadí takové pracovní polohy, kde není vyžadována žádná změna. V druhé kategorii také ještě není nutné provádět změnu, ale je zde třeba provést další hodnocení, zda by v budoucnu nebyla změna vhodná provést. Do další kategorie jsou zařazeny pracovní polohy, u kterých je vyžadována brzká změna. Čtvrtá kategorie je poslední kategorie, do které mohou být pracovní polohy zařazeny. Do této kategorie jsou zařazeny takové pracovní polohy, u kterých je vyžadována okamžitá změna. Při mém hodnocení do této kategorie spadají pracovní polohy, kdy pracovnice sahá do velké papírové krabice, která je umístěna pod regálem, dále sem také spadá pracovní poloha, kdy pracovnice sahá pro díl do prvního (spodního) patra regálu. Pokud tyto polohy porovnáme s totožnými pracovními polohami, ale s nižší hmotností a to do 2 kg zjistíme, že je zde mnohem nižší skóre. U těchto poloh dosáhneme hodnoty skóre čtyři. Tato hodnota je zařazena do druhé kategorie a tím pádem zde není potřeba provádět ihned nápravné opatření. Proto bych doporučovala, do prvního (spodního) patra regálu ukládat jen díly s hmotností do 2 kg. Co se týká ukládání dílů do papírové krabice pod regálem, navrhovala bych snížit výšku této krabice a umístit jí na vyšší podklad než je paleta, na které je umístěna nyní. Díky tomu by bylo docíleno takové pracovní pozice, ve které není vyžadován tak velký předklon pracovnice a tím pádem by nedocházelo k takovému zatížení zad jako v současné době.

Pokud se zaměříme na výsledky, které byly zjištěny pro hodnocení pracovních poloh při manipulaci s hmotností dílů do 2 kg, je vidět, že u pracovních poloh se skórem do hodnoty čtyři není nutné provádět ihned nápravné opatření, neboť tyto pracovní polohy patří dle tabulky č. 16 do druhé kategorie. Změna je však nutná provést u pracovní polohy, kde dosáhlo hodnoty pět. Jedná se o pracovní polohu, kdy pracovnice sahá pro díly do krabice, která je umístěna ve třetím (horním) patře. Zde bych jako jedno u možných nápravných zařízení navrhovala snížení výšky krabice a ukládat sem jen ty díly (do 2 kg), které by se do této bedny vešly i přes její sníženou výšku.

V této diplomové práci bylo ještě kromě analýz Rula, Niosh a měření tažných sil provedeno měření hmotnostních limitů. Cílem tohoto měření bylo, zjistit zda hodnoty nepřesahují dovolený limit. Vzhledem k tomu, že vykládání a následné ukládání plných přepravek vykonává vždy jen muž, bylo provedeno porovnání jen s povolenými hodnotami, které jsou stanoveny pro muže. Další předpoklad, který byl při hodnocení důležitý, byl fakt, že se jedná o občasnou manipulaci, tzn., že činnost probíhá souhrnně do 30 minut za směnu. Pro tuto manipulaci platí limit 50 kg, ale vzhledem k tomu, že pracovník vždy zvedá partsboxy s hmotností cca 20 kg se vejde i do limitů pro častou manipulaci. Manipulace probíhá na vzdálenost 1,5 metru. Z tohoto důvodu musí být maximální kumulativní limit ponížěn na hodnotu 6667 kg. Tato hodnota byla porovnána s dovoleným limitem a bylo zjištěno, že ani v jednom případě tento limit překročen nebyl.

Pokud bych měla zhodnotit nápravná opatření z ekonomicko-technického hlediska, dospěla bych k tomuto závěru. Vzhledem k tomu, že v této práci nebyla navrhována žádná nová metoda, která by ovlivňovala jak ekonomickou tak technickou stránku společnosti, není zde možné vyčíslení z ekonomického hlediska. V této práci byly pouze hodnoceny pracovní polohy jednotlivých pracovníků a tím pádem v důsledku nápravných opatření může docházet jen ke zlepšení pracovních podmínek na pracovišti. Pokud bych, ale přece jen chtěla zhodnotit tuto situaci z ekonomického hlediska, viděla bych možné ušetření takto: pokud dojde ke zlepšení pracovních podmínek na pracovišti, dojde k eliminaci nemocí z povolání a tím pádem společnost ušetří na placení nemocenské.

8. Závěr

Diplomová práce se zabývá ergonomickou analýzou pracoviště na kompletační lince. Práce je rozdělena na dvě části a to na část teoretickou a na část praktickou. Teoretická část byla věnována především představení ergonomie a pojmům s ní souvisejících. Dále zde byla představena společnost, ve které byla práce zpracovávána. Současně bylo také nutné v teoretické části práce představit program ergoPak a Tecnomatix Jack neboť právě v těchto dvou programech bylo provedeno hodnocení.

Po teoretické části následovala část praktická. Zde bylo jako první provedeno měření tažných sil v již zmíněném programu ergoPak. Po vyhodnocení výsledků jsem dospěla k názoru, že bude nejlepší, když bude pracovník tahat vždy jen jeden vozík. Po provedení měření tažných sil bylo provedeno další měření a to měření hmotnostních limitů. Cílem tohoto měření bylo, zjistit zda hodnoty nepřesahují dovolený limit. Vzhledem k tomu, že vykládání a následné ukládání plných přepravek vykonává vždy jen muž, bylo provedeno porovnání jen s povolenými hodnotami, které jsou stanoveny pro muže. Vzhledem k tomu, že se jedná o občasnou manipulaci, tzn., že činnost probíhá souhrnně do 30 minut za směnu. Pro tuto manipulaci platí limit 50 kg, ale vzhledem k tomu, že pracovník vždy zvedá partsboxy s hmotností cca 20 kg se vejde i do limitů pro častou manipulaci. Manipulace probíhá na vzdálenost 1,5 metru. Z tohoto důvodu musí být maximální kumulativní limit ponížena na hodnotu 6667 kg. Tuto hodnotu jsem porovnávala s dovoleným limitem a zjistila, že ani v jednom z případů nebyl tento limit překročen. Po provedení měření tažných sil a zjišťování hmotnostních limitů byly provedeny analýzy Niosh a Rula. Výsledky z těchto analýz jsou podrobně okomentovány v předchozí kapitole. Pro lepší názornost je diplomová práce doplněna tabulkami, obrázky a přílohami.

Seznam literatury

- [1] ŠEDIVÝ, V.: *Ergonomie* [online] [cit. 2014-10-23]. Dostupné z [www.http://www.aee-sedivy.cz/ergonomie/](http://www.aee-sedivy.cz/ergonomie/)
- [2] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti*. GRADA PUBLISHING a.s., Praha, 2002, 237 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [3] NV 361/2007 Sb
- [4] BUREŠ, M. ŽIVDIG : *Tvorba a optimalizace pracoviště, e-book*. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3
- [5] CHUNDELA, Lubor., *Ergonomie*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1990, 219 s. ISBN 80-010-0327-2.
- [6] Stanton N., Hedge A., Brookhuis K., Salas E., Hendrick H., *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, CRC Press, USA, 2005, ISBN 0-415-28700-6.
- [7] DIGITAL FACTORY: *Software Support* [online] [cit. 2014-11.15.]. Dostupné z: www.digipod.zcu.cz
- [8] MANAGEMENTMANIA: *Kanban* [online] [cit. 2015-01-13]. Dostupné z: www.managementmania.com
- [9] SSI-SCHAEFER: *Pick by light* [online] [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.ssi-schaefer.cz/logisticke-systemy/bezpapirove-trideni-objednavek/pick-by-light.html>
<http://www.ssi-schaefer.cz/logisticke-systemy/bezpapirove-trideni-objednavek/pick-by-light.html>
- [10] HOGGAN HEALTH INDUSTRIES: *Ergonomics: ergoPak* [online] [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.hogganhealth.com/welcome/ergonomics.php>
- [11] HOGGAN HEALTH INDUSTRIES: *ergoPak - User manual* [online] [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.hogganhealth.com/welcome/ergonomics.php>
- [12] SVETPRODUKTIVITY: *Niosh* [online] [cit. 2015-02-25] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/NIOSH-Lifting-Index.htm>

Seznam příloh

Příloha A: Hmotnosti jednotlivých setů

Příloha B: Výsledky měření

Příloha C: Měření hmotnostních limitů

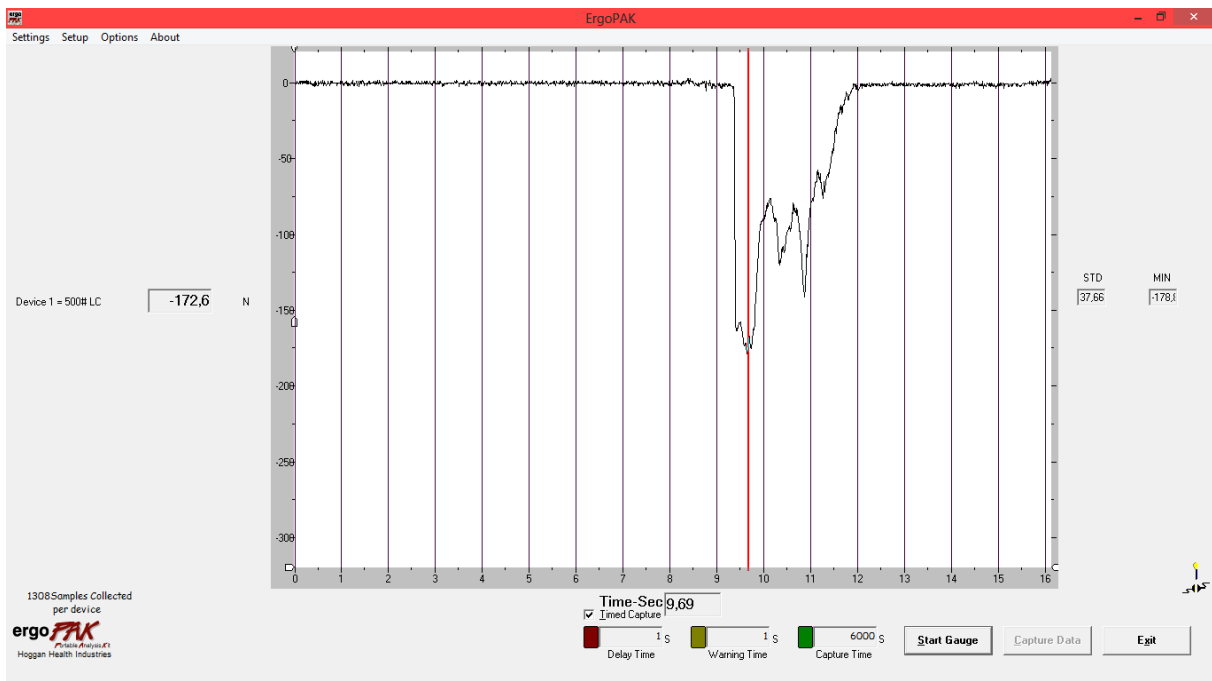
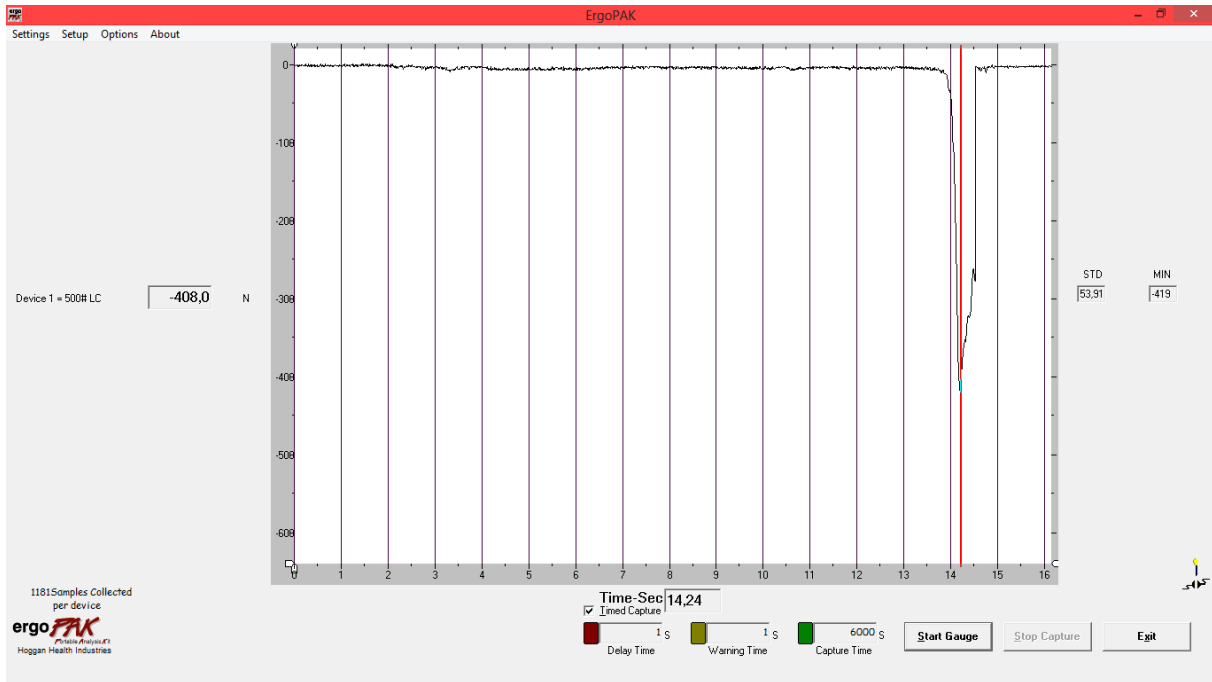
Přílohy

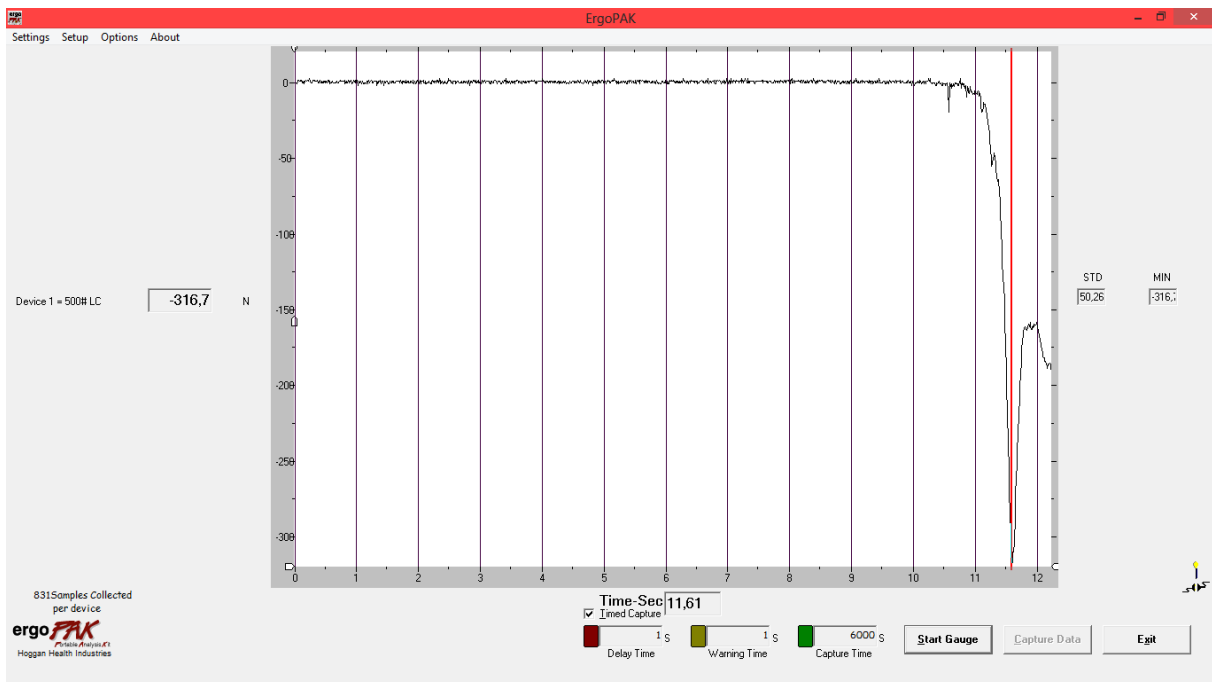
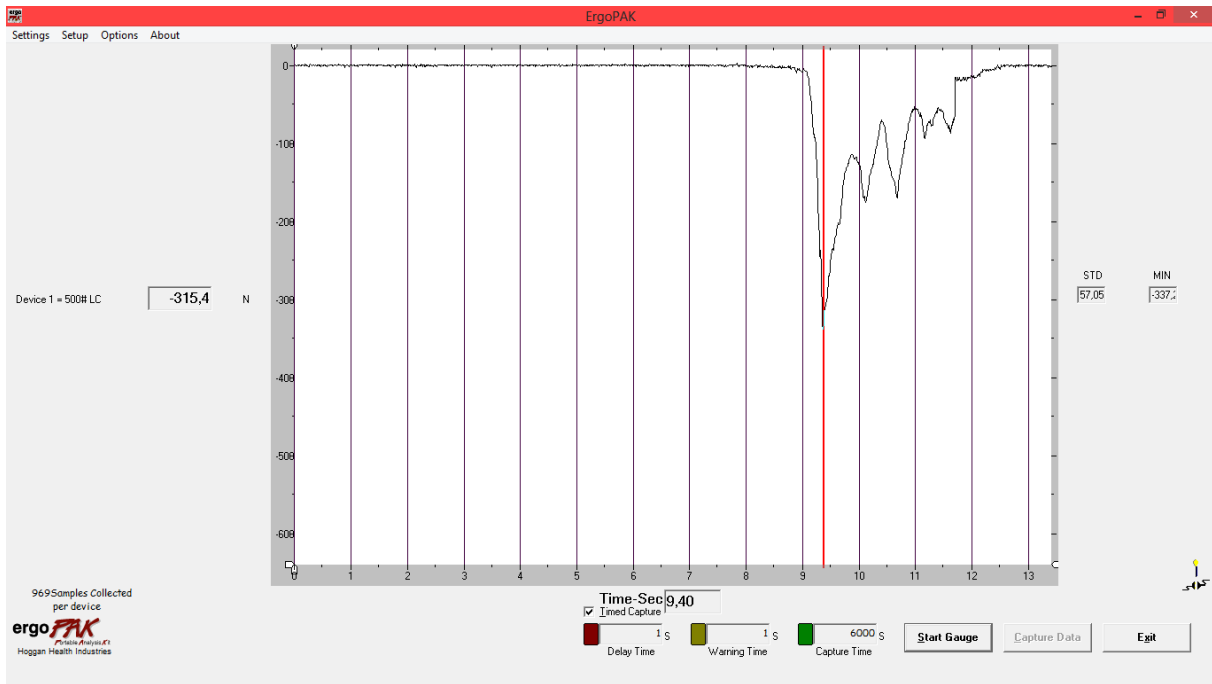
Příloha A: Hmotnosti jednotlivých setů

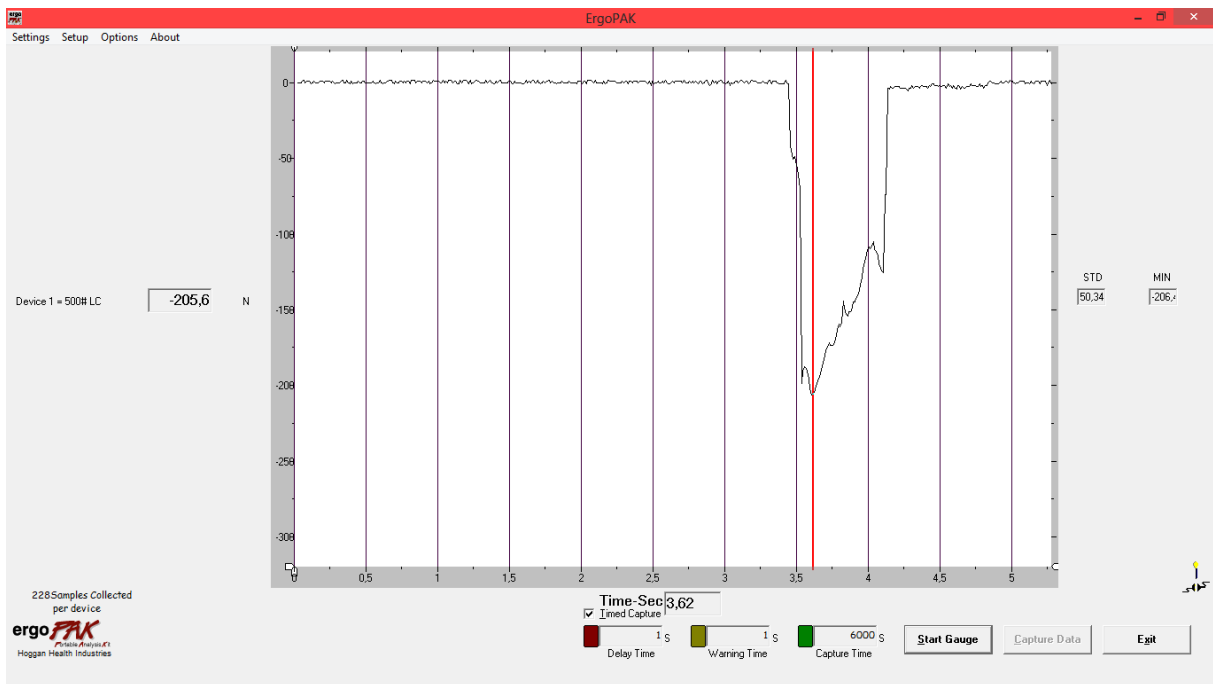
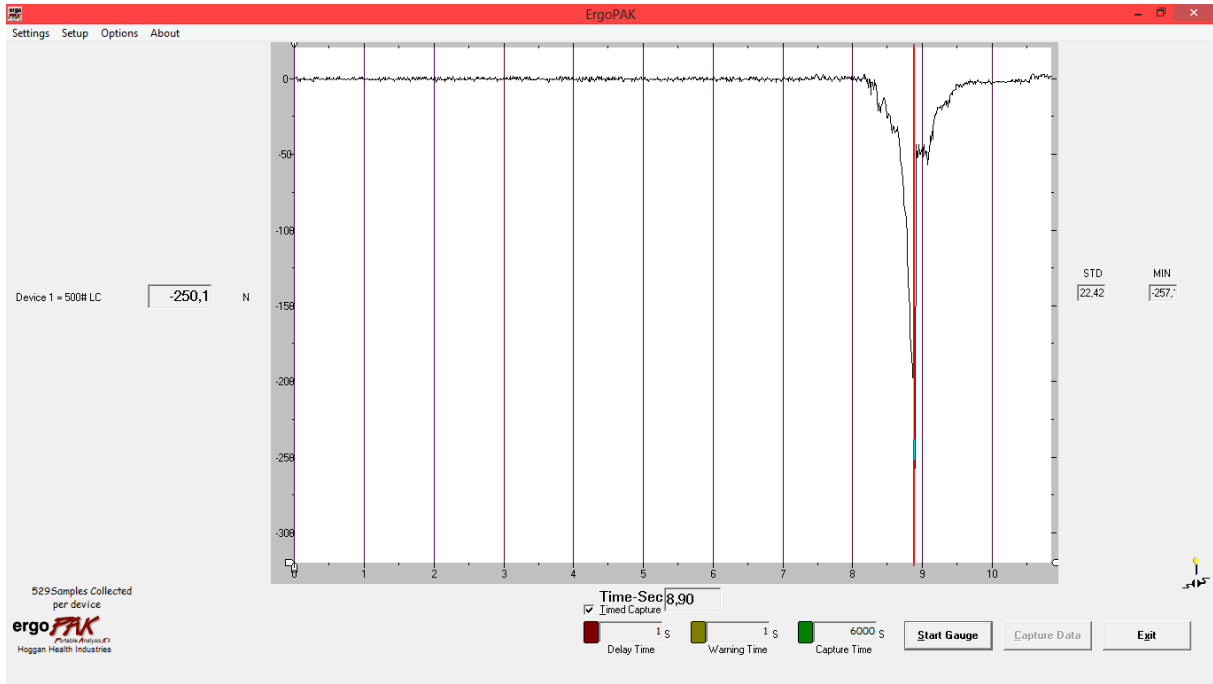
Číslo	Hmotnost (kg)
456	24,54
427	14,52
429	21,70
315	20,90
458	21,86
427	17,26
455	21,56
408	23,18
246	13,60
459	21,60
454	21,76
420	17,22
429	21,60
454	21,84
427	12,36
431	21,52
247	13,40
456	21,62
420	17,40
459	21,66
407	23,20
455	21,58
458	21,72
427	17,54
161	21,08
460	21,67
461	21,65
462	21,65
428	21,59
249	13,39
404	18,60
158	21,10

Příloha B: Výsledky z měření

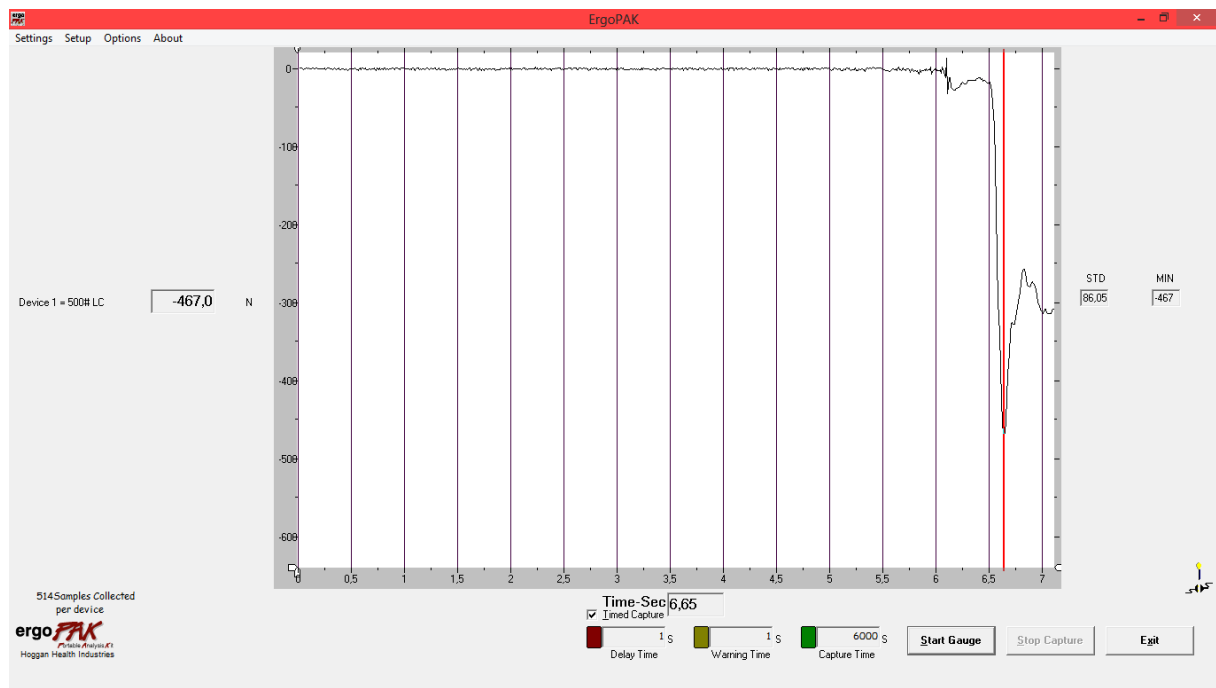
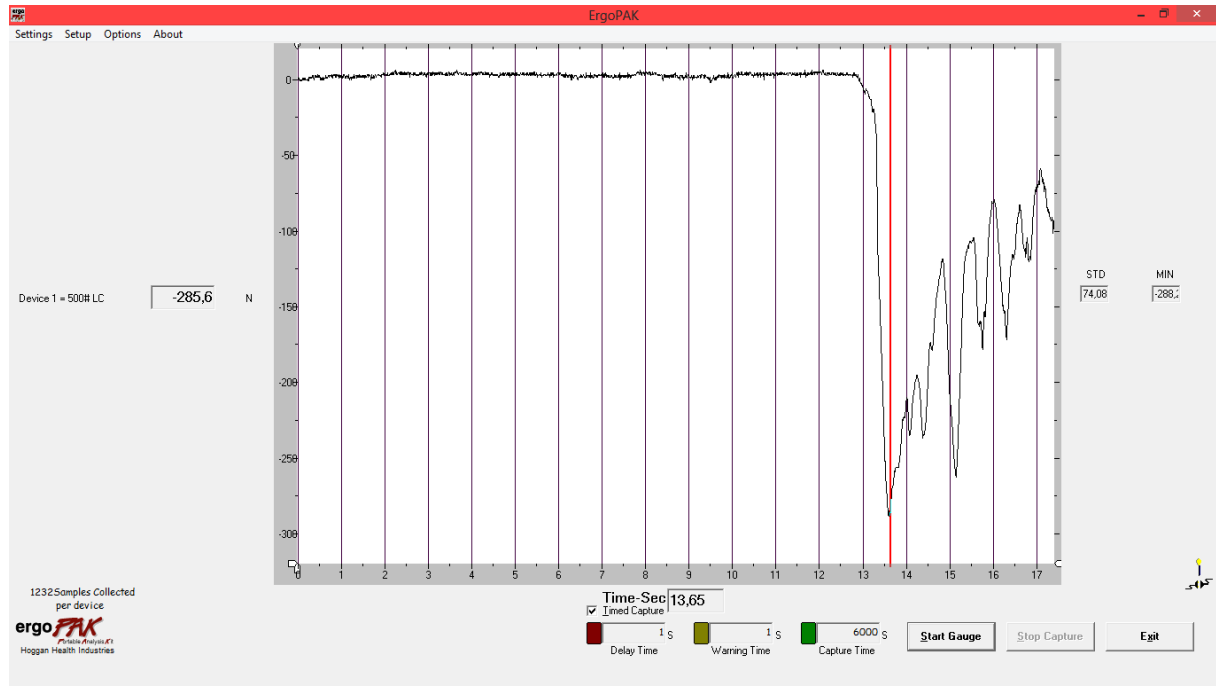
Výsledky měření pro jeden vozík

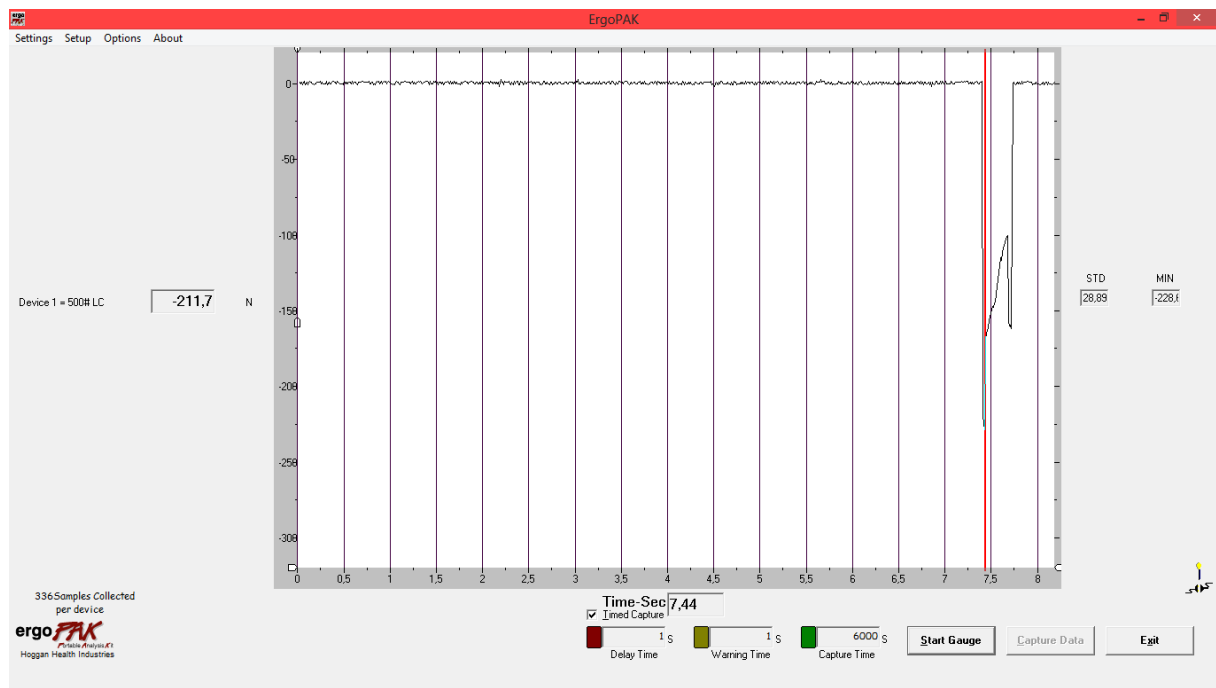
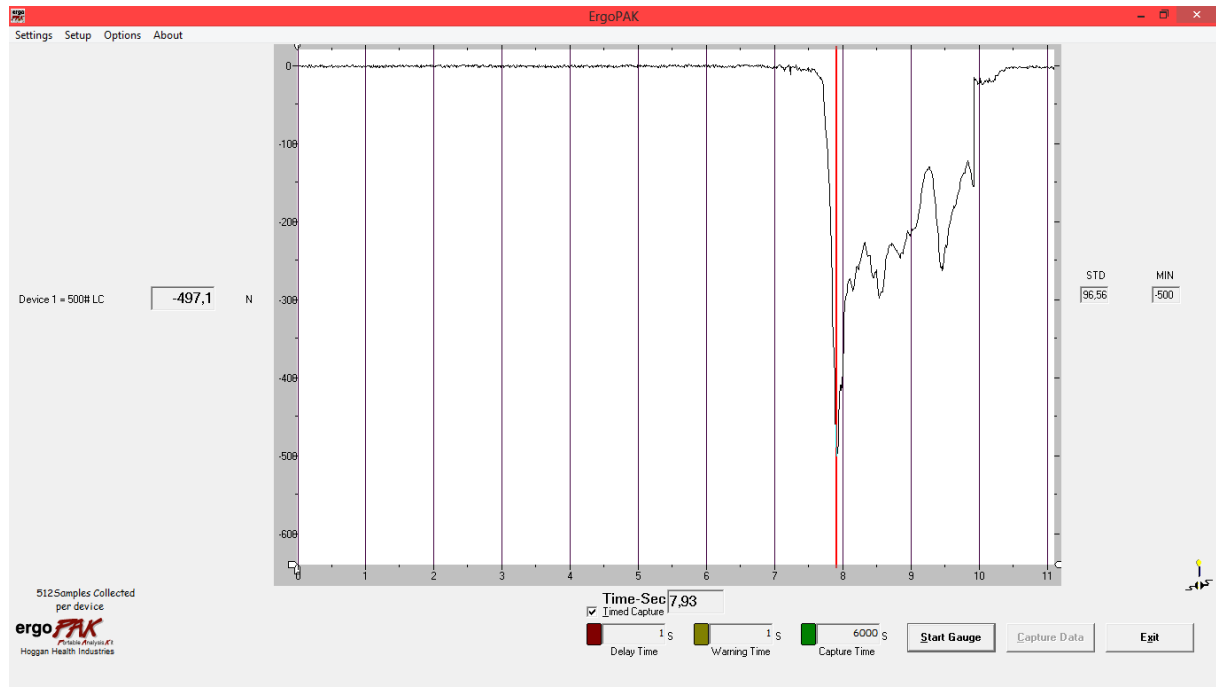


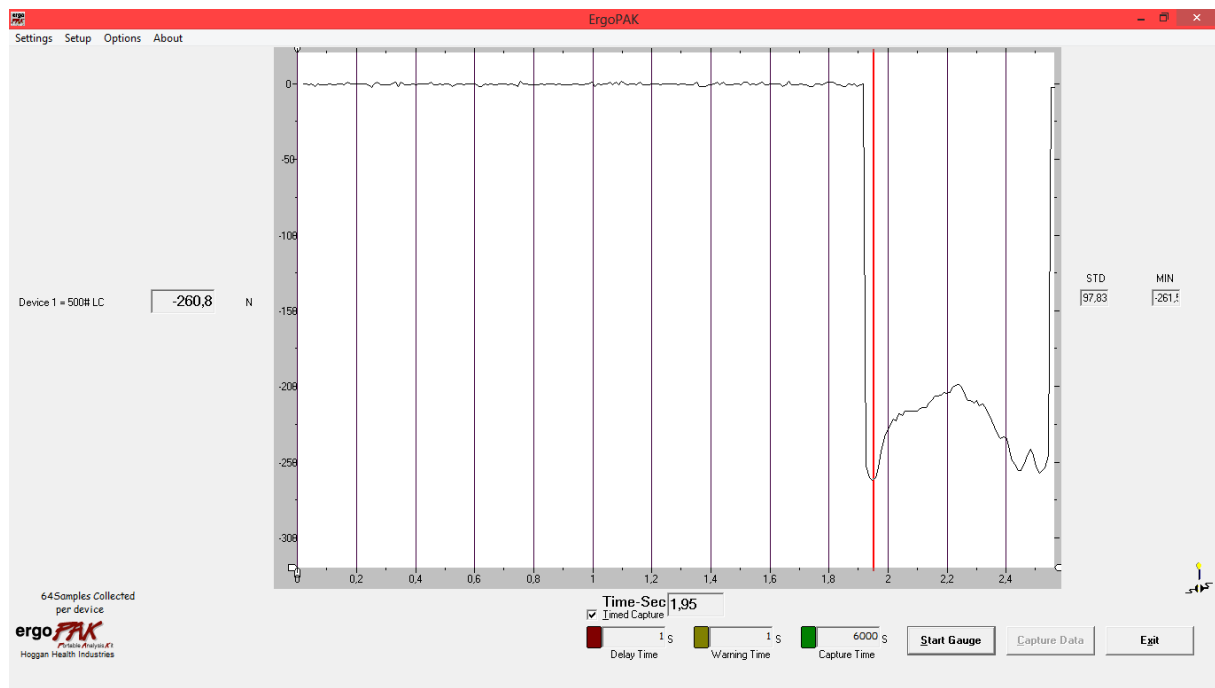
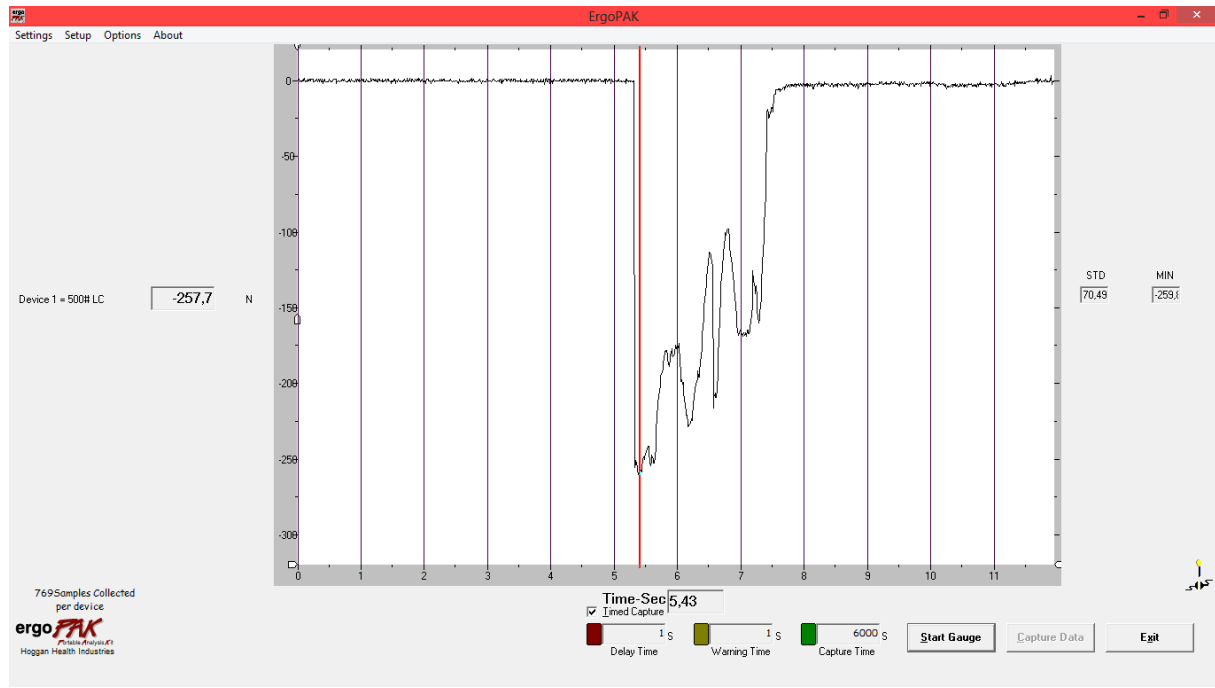


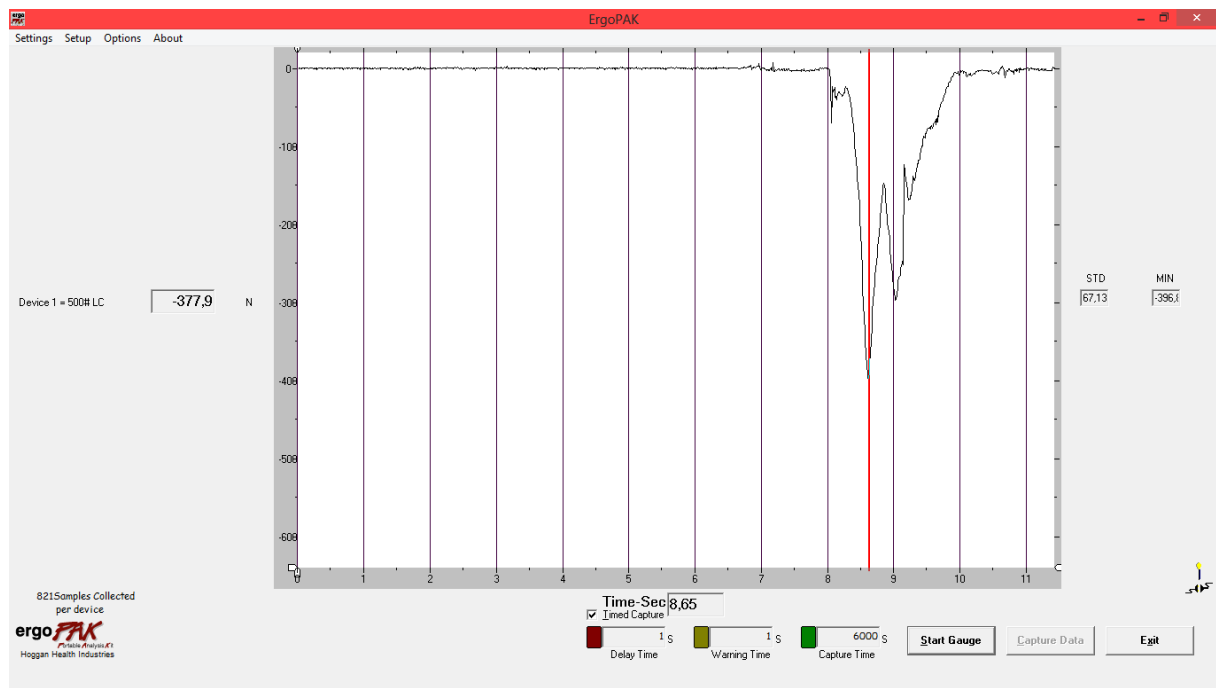
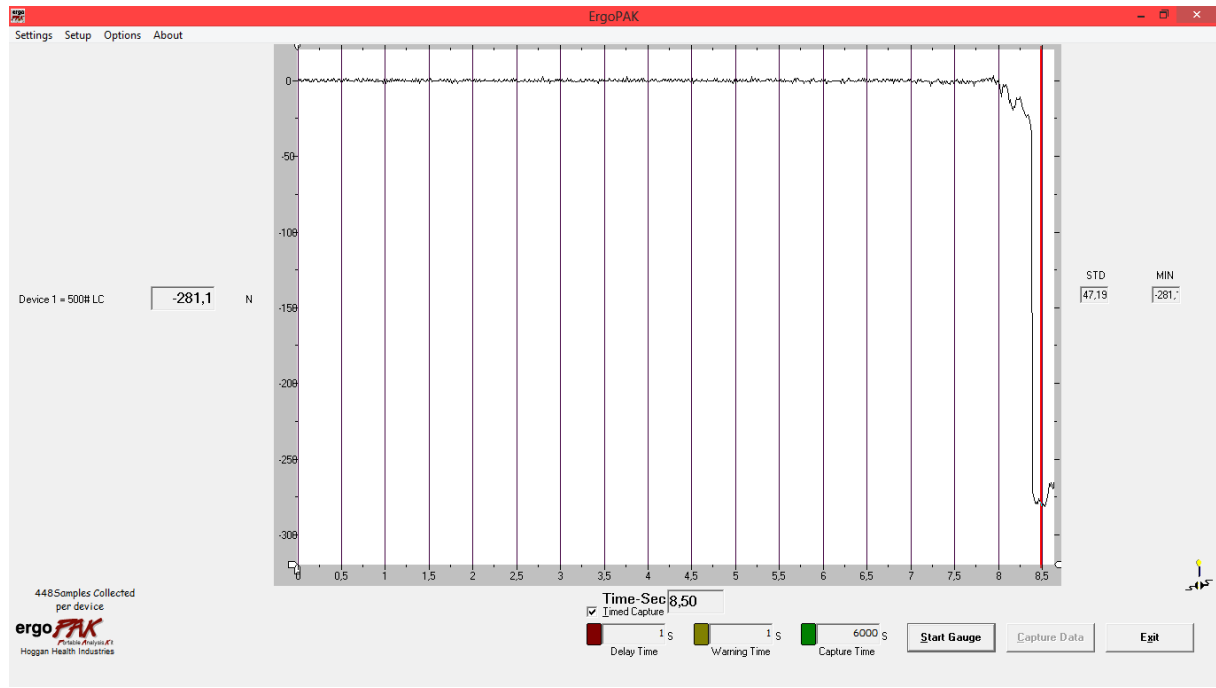


Výsledky měření pro dva vozíky

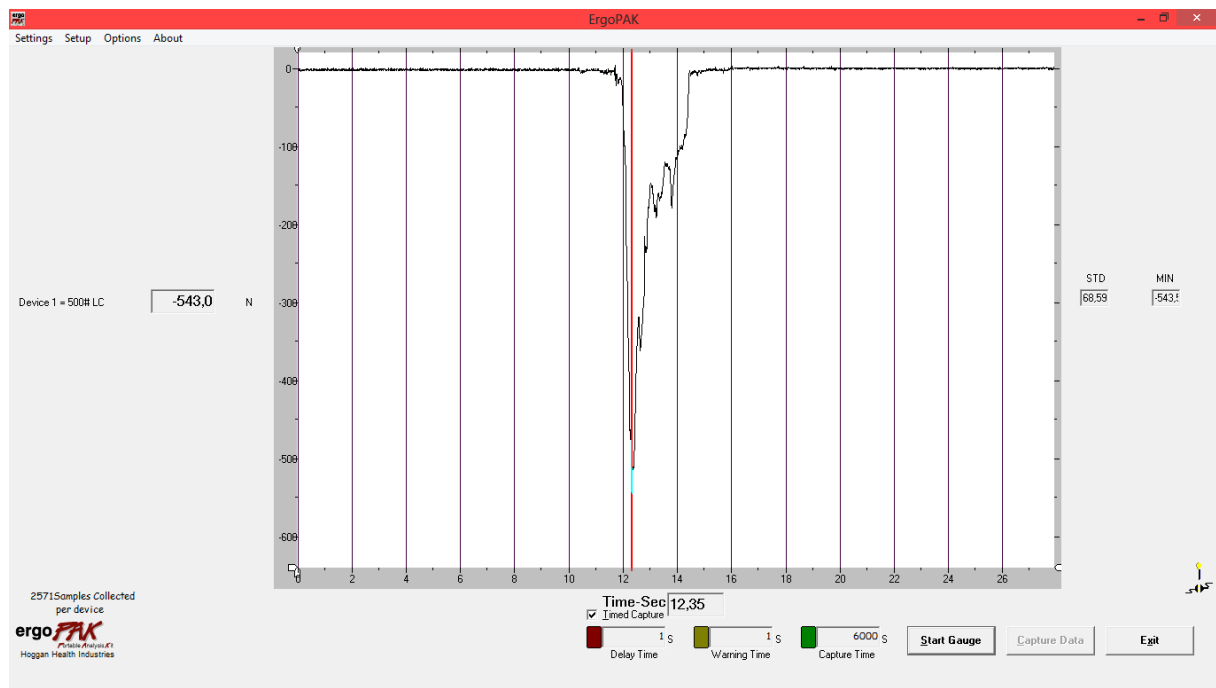
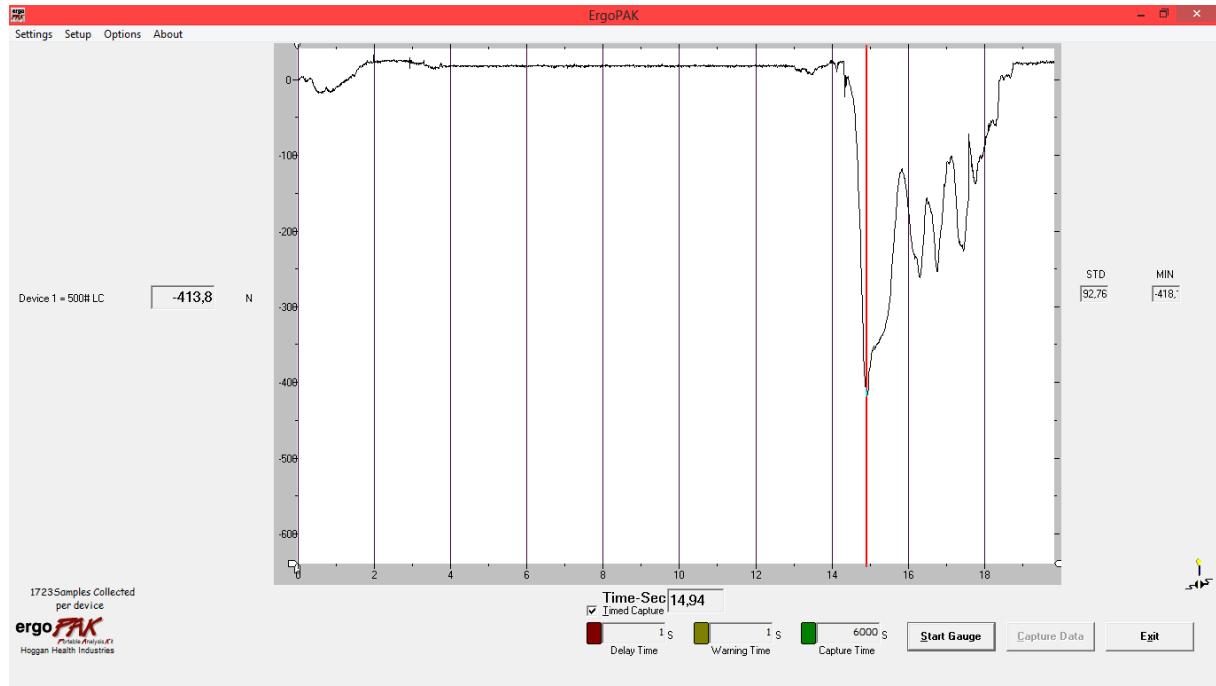


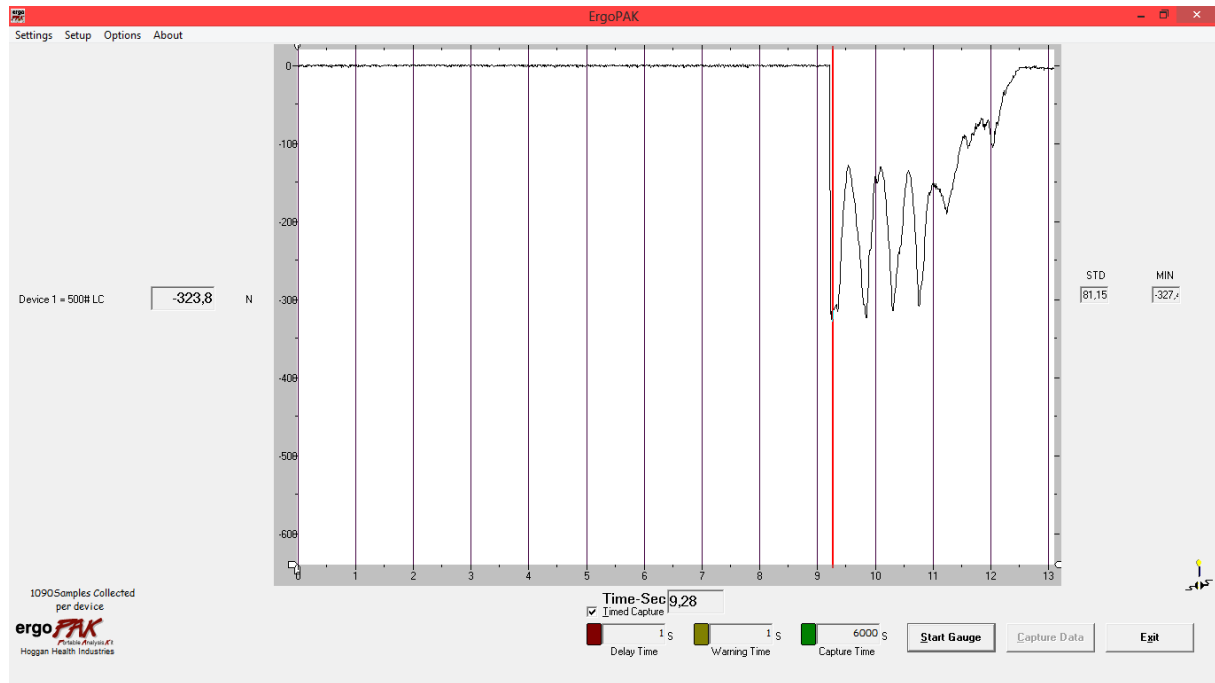
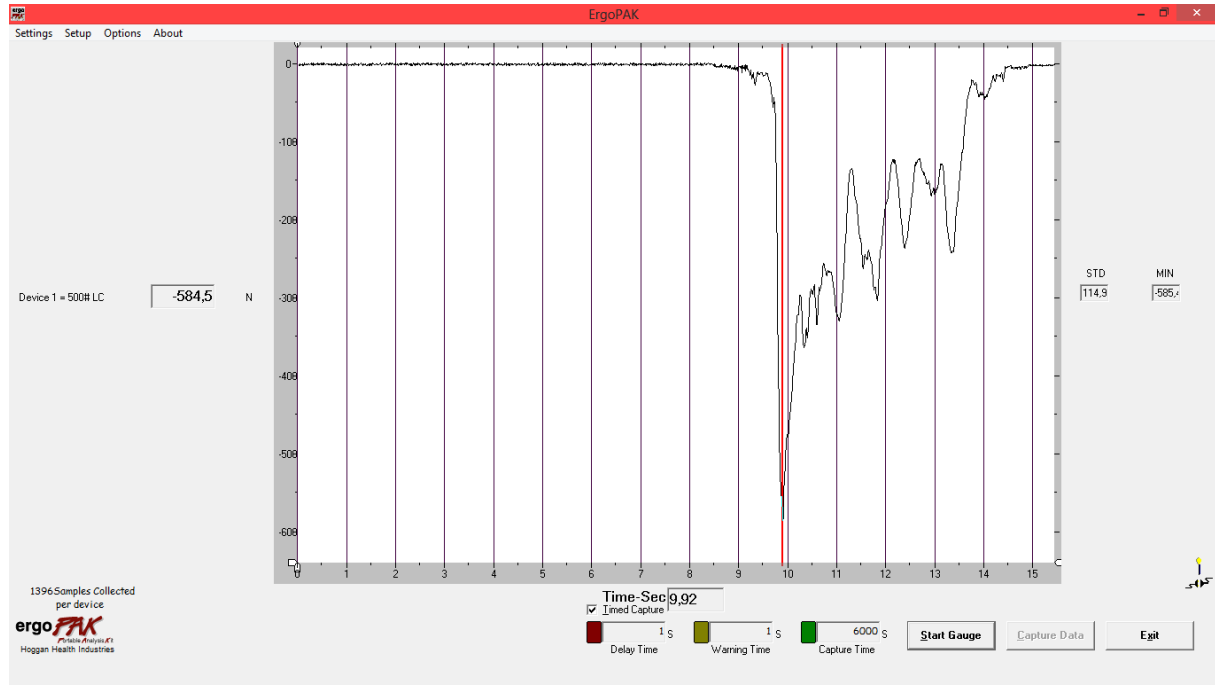


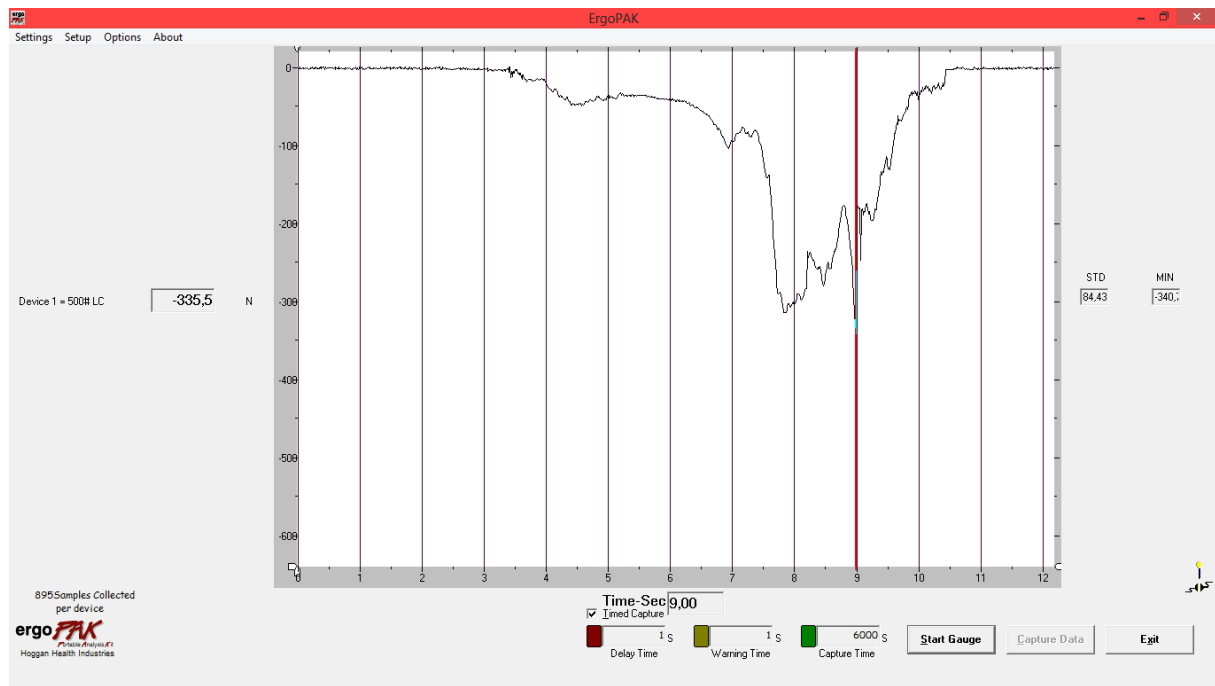
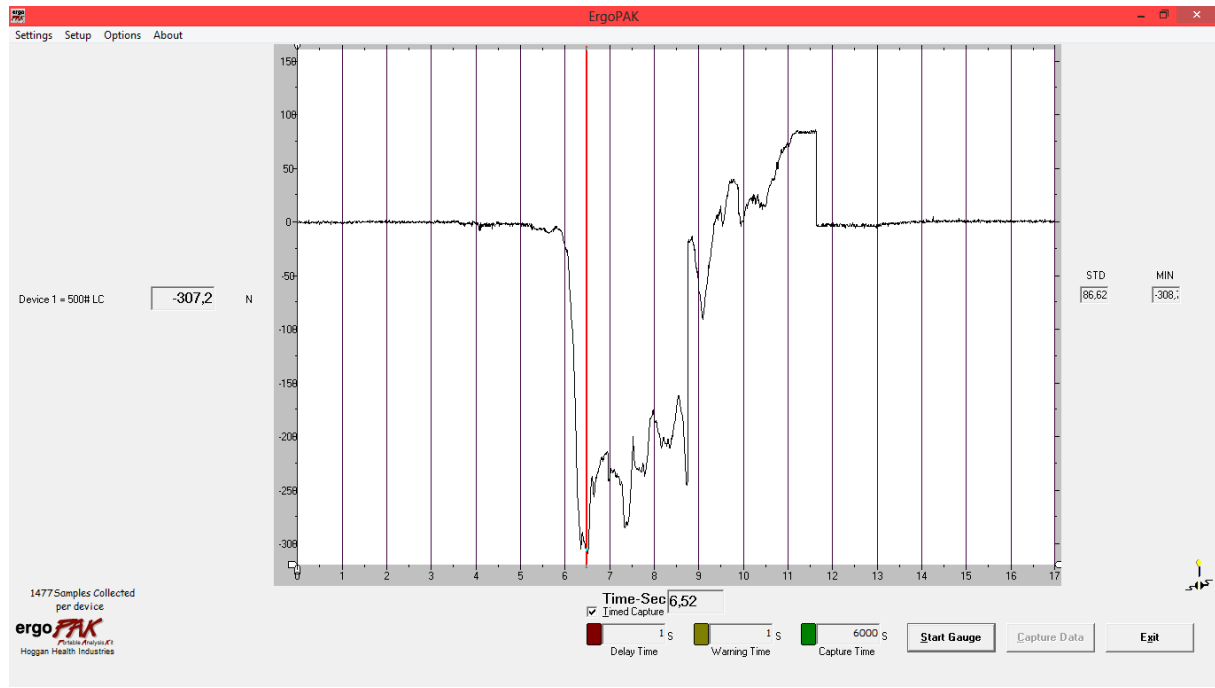




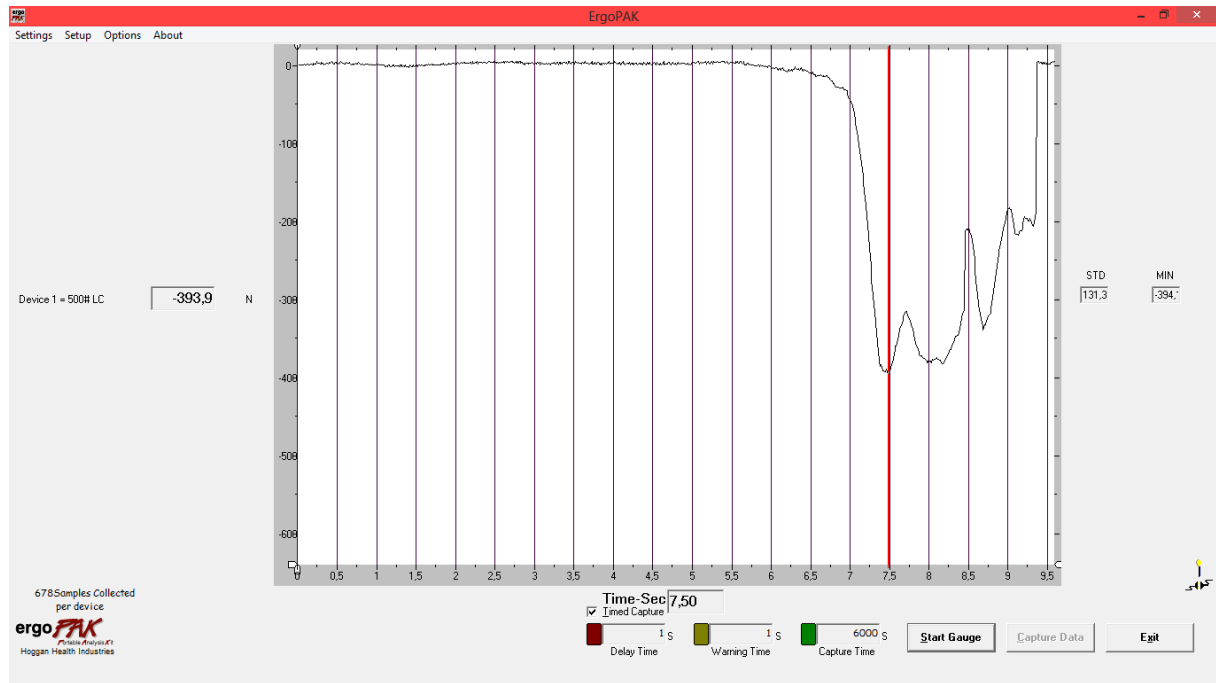
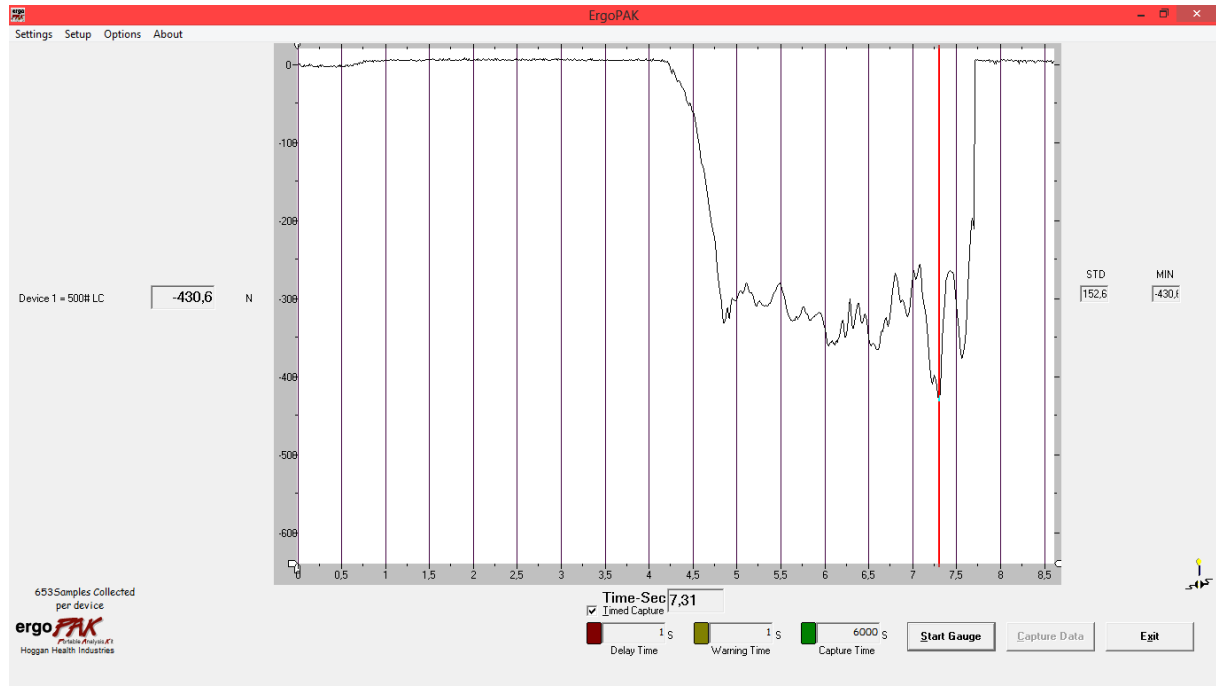
Výsledky měření pro tři vozíky

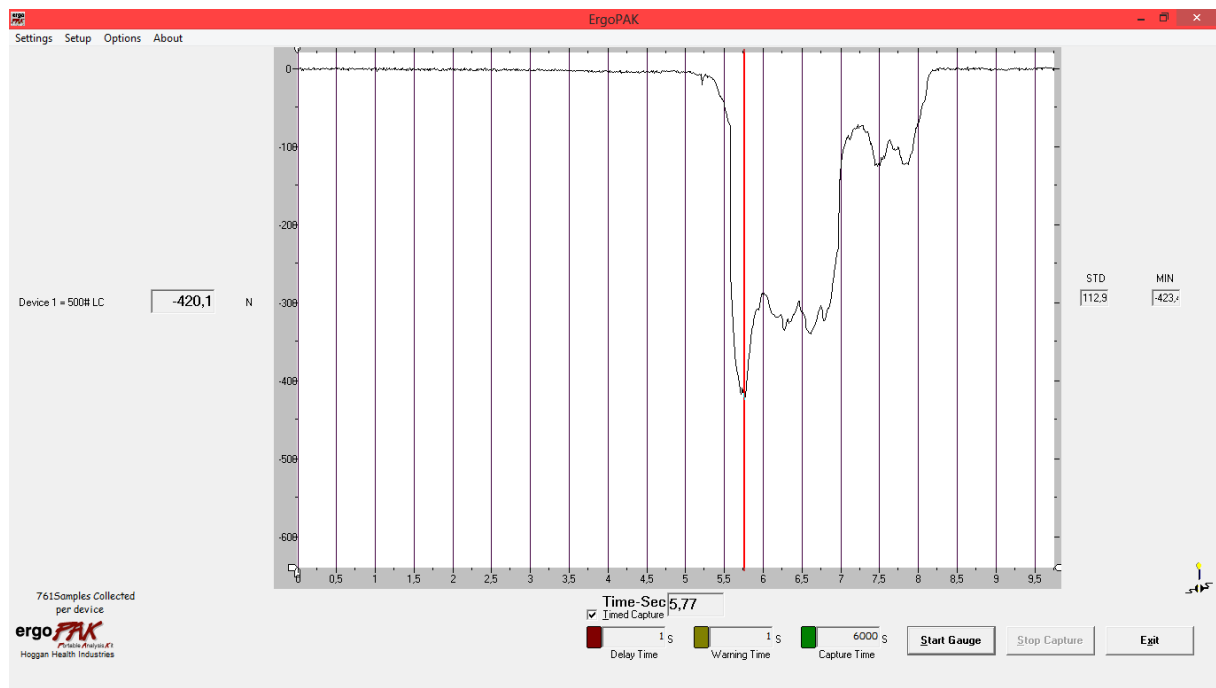
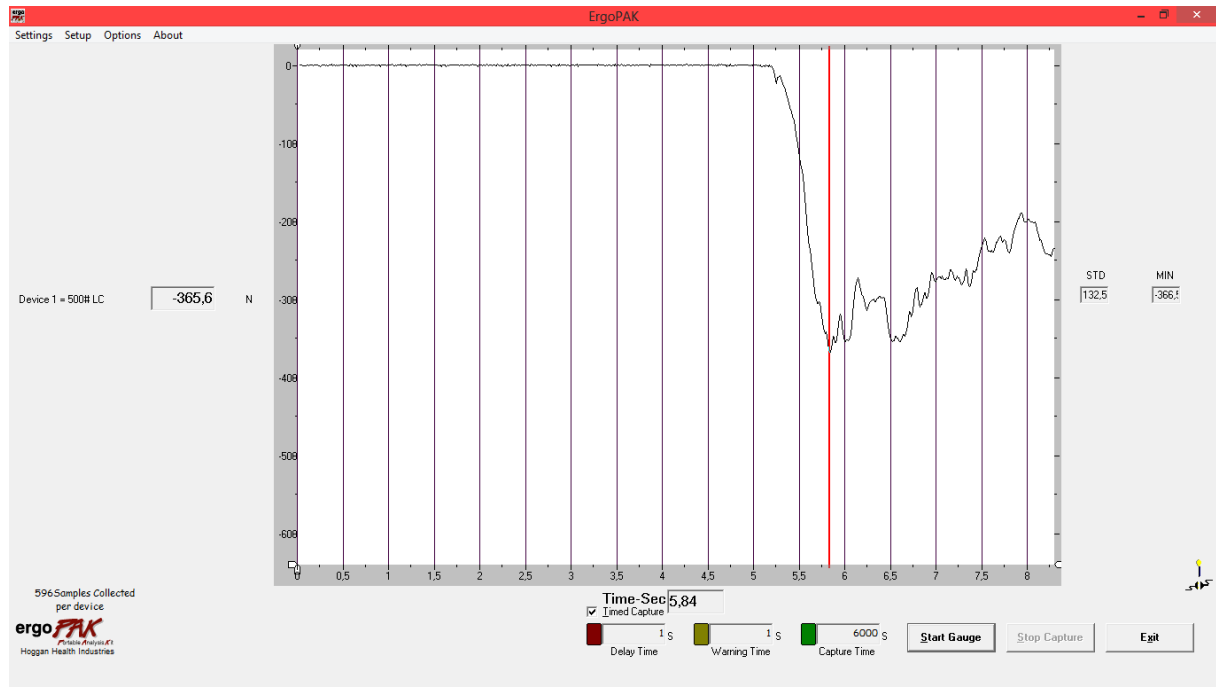


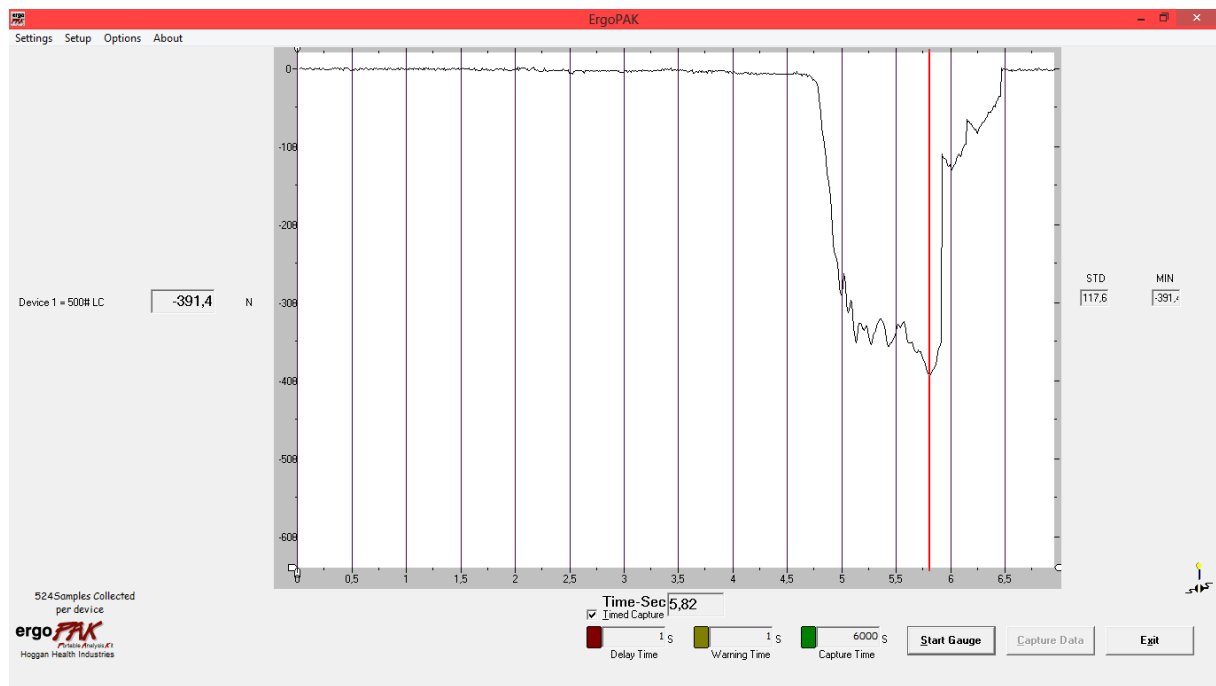
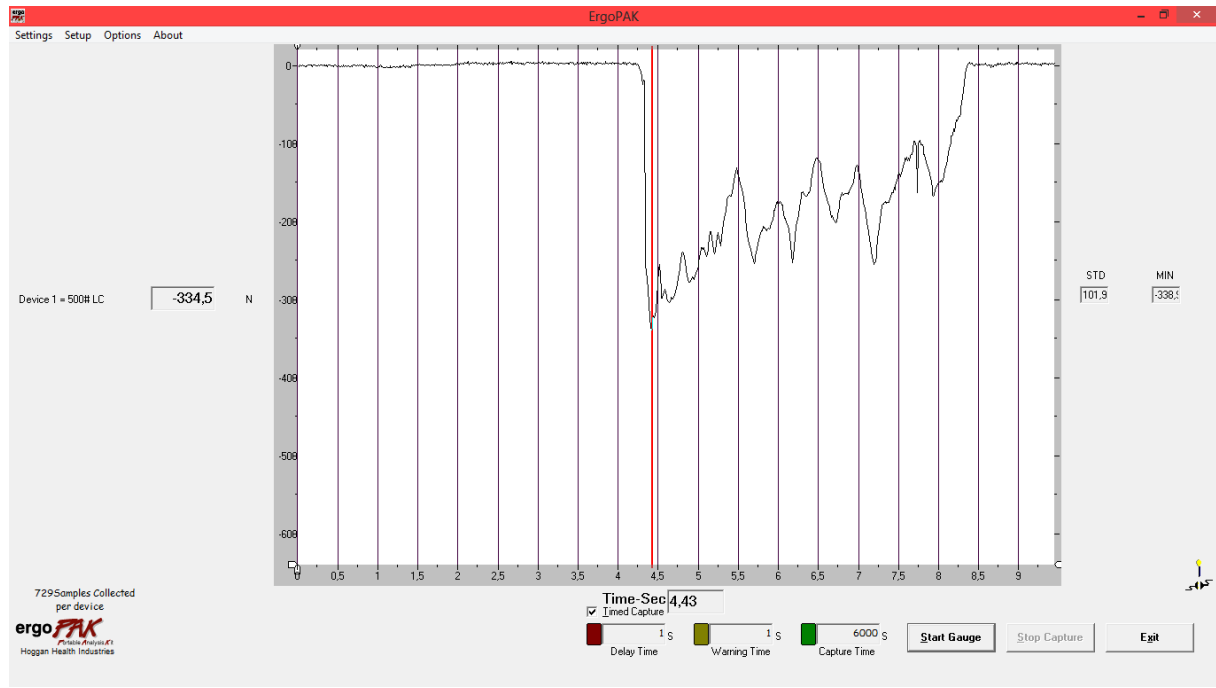


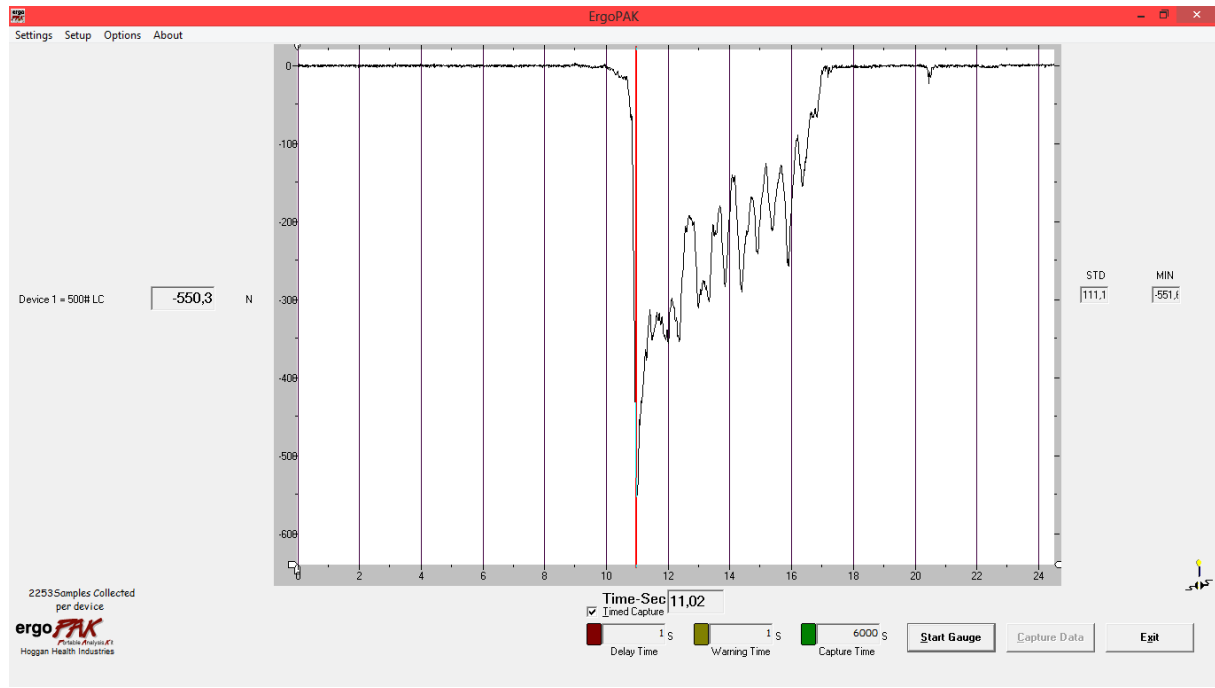


Výsledky měření pro čtyři vozíky









Příloha C: Měření hmotnostních limitů

Tabulka pro výpočet hmotností viz příložený soubor (Microsoft Excel).

