

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Možnosti využití moderních ergonomických měřidel

Autor:                    **Bc. Eva Toušová**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

Oficiální zadání – volný list

## **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: 18. 5. 2012

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Touto cestou bych co nejsrdečněji chtěla poděkovat **Ing. Marku Burešovi, Ph.D.**, konzultantovi této diplomové práce za jeho vedení, věnovaný čas a odborné znalosti při zpracování a vedoucímu práce **Doc. Ing. Michalu Šimonovi Ph.D.**, za jeho faktické připomínky.

V Plzni dne: 18. 5. 2012

.....  
podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bc. Toušová	<b>Jméno</b> Eva	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	<b>Jméno</b> Michal	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Možnosti využití moderních ergonomických měřidel		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	80	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	76	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce seznamuje s ergonomickým měřidlem ergoFET společnosti Hoogan Health Industries a jeho praktickým využitím. Cílem je seznámit se s normativními předpisy platnými v ČR. Provést měření v reálných podmínkách a pak porovnat s normami v platném znění.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Ergonomie, ergonomická měřidla, ergonomické metody, ergoFET, svalové zatížení, přetížení končetin, pracovní polohy</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Bc. Toušová	<b>Name</b> Eva	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 „Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	<b>Name</b> Michal	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Possibilities of using modern ergonomic gauges		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	80	<b>TEXT PART</b>	76	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis introduces ergonomic device ergoFET from Hoogan Health Industries Company and its practical use. The aim is to become familiar with the normative regulations that are valid in the Czech Republic. To perform measurements in real conditions and then compare them with the standards as amended.
<b>KEY WORDS</b>	Ergonomics, ergonomic gauges, ergonomic methods ergoFET, muscle load, overload limbs, working position

## Obsah

ÚVOD .....	10
1 Úvod do řešené problematiky .....	11
1.1 Základní terminologie.....	11
1.2 Hodnocení pracovních poloh.....	14
1.2.1 Kritéria pro hodnocení pracovních poloh.....	14
1.3 Ruční manipulace s břemenem.....	17
1.4 Nemoci z povolání.....	18
1.4.1 Přehled nejčastějších nemocí z povolání.....	19
1.4.2 Poškození páteře jako nemoc z povolání .....	20
1.4.3 Prevence nemocí z povolání.....	22
1.5 Kategorizace prací .....	24
2 Popis a využití ergonomického měřidla společnosti HOGGAN Health Industries .....	25
2.1 Společnost HOGGAN Health Industries .....	25
2.2 Popis sady ergoFET .....	25
3 Silové požadavky a limity dle vládních nařízení a norem .....	31
3.1 Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ....	31
3.1.1 Díl 1 – Celková fyzická zátěž .....	32
3.1.2 Díl 2 – Lokální svalová zátěž.....	32
3.1.3 Díl 3 – Pracovní poloha.....	32
3.1.4 Díl 4 – Ruční manipulace s břemenem .....	32
3.2 Nařízení vlády č. 68/2010 Sb. ....	33
3.2.1 Hodnocení a hygienické limity celkové fyzické zátěže .....	33
3.2.2 Hodnocení a hygienické limity lokální svalové zátěže .....	33
3.2.3 Hodnocení zdravotního rizika a hygienických limitů u pracovních poloh .....	34
3.2.4 Hodnocení zdravotního rizika a hygienických limitů při manipulaci s břemenem .....	35
3.2.5 Minimální opatření k ochraně zdraví při práci.....	36
3.3 Vyhláška č. 432/2003 Sb. ....	37
3.3.1 Kategorizace prací.....	37
3.3.2 Kritéria kategorizace prací .....	37
3.4 Evropské směrnice.....	39
4 Případové studie – ukázky měření .....	40
4.1 Společnost WITTE Nejdek, spol. s.r.o. ....	40
4.2 Výsledky měření.....	42
4.2.1 Manipulant .....	42

4.2.2	Pracoviště č. 1 .....	43
4.2.3	Pracoviště č. 2 .....	52
4.2.4	Pracoviště č. 3 .....	55
5	Srovnání se softwary digitální továrny.....	59
5.1	Ergonomické metody vybrané ke srovnání .....	63
5.1.1	RULA (Rapid Upper Limb Assessment) .....	63
5.1.2	OWAS (Ovako Working Posture Assessment System).....	67
5.1.3	ForceSolver .....	68
5.1.4	Manual Handling Limits .....	70
	ZÁVĚR.....	73
	Seznam použité literatury .....	74



## Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Hodnocení pracovní polohy hlavy a krku [14].....	15
Obrázek 1-2 Hodnocení pracovní polohy trupu [14] .....	15
Obrázek 1-3 Hodnocení pracovních poloh horních končetin [14].....	16
Obrázek 1-4 Hodnocení pracovních poloh dolních končetin [14] .....	16
Obrázek 2-1 ergoFET, návaznost jednotlivých komponent v systému.....	25
Obrázek 2-2 Tenzometr malý.....	26
Obrázek 2-3 Tenzometr velký.....	27
Obrázek 2-4 Táhla - popruh, tyč, třmen .....	27
Obrázek 2-5 Inklinometr, Akcelerometr .....	28
Obrázek 2-6 Rozbočovač ergoHub .....	28
Obrázek 2-7 Přijímač s anténou .....	28
Obrázek 2-8 Mechanická rukavice, varianta levá .....	29
Obrázek 2-9 Senzory .....	29
Obrázek 2-10 Kabely s vlastním rozbočovačem.....	30
Obrázek 4-1 Výsledná síla $F_{max}$ obsluhujícího manipulanta .....	42
Obrázek 4-2 Sedačkový zámek GAMMA, 17. operace.....	43
Obrázek 4-3 Sedačkový zámek GAMMA, 18. operace.....	43
Obrázek 4-4 Grafické znázornění měření - Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac.č.1 .....	44
Obrázek 4-5 Náhled na screenshot z SW, Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1 .....	45
Obrázek 4-6 Grafické znázornění měření 2 – Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1 ..	50
Obrázek 4-7 Náhled na screenshot z SW - Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1 .....	50
Obrázek 4-8 Pohled na pracoviště č.2 .....	52
Obrázek 4-9 Grafické znázornění měření - Měření tažných sil na páce, prac. č. 2.....	53
Obrázek 4-10 Náhled na screenshot z SW - Měření tažných sil na páce, prac. č. 2 .....	54
Obrázek 4-11 Pohled na pracoviště č. 3 .....	55
Obrázek 4-12 Náhled na screenshot z SW - Úhlové výchylky v ramen. kloubu, prac. č. 3 ....	56
Obrázek 4-13 Možnosti vychýlení ramenního kloubu dle NV 361/2007 Sb.....	57
Obrázek 5-1 Portfolio produktů Dassault Systemes [5].....	59
Obrázek 5-2 Portfolio produktů společnosti Siemens PLM [5].....	60
Obrázek 5-3 JACK, Nastavení vstupních hodnot analýzy .....	63
Obrázek 5-4 JACK, Výpočet výsledného skóre a zatížení jednotlivých končetin.....	64
Obrázek 5-5 JACK, celkový pohled na pracoviště č.3 .....	65
Obrázek 5-6 Reálné podmínky na prac.č.3 .....	65
Obrázek 5-7 JACK, detailní pohled na prac.č.3 .....	65
Obrázek 5-8 JACK, celkové vyhodnocení metody RULA .....	66
Obrázek 5-9 JACK, celkové hodnocení pomocí analýzy OWAS.....	67
Obrázek 5-10 JACK, hodnocený pracovní postoj.....	68
Obrázek 5-11 JACK, výsledné hodnocení pomocí analýzy ForceSolver .....	68
Obrázek 5-12 JACK, hodnocený pracovní postoj.....	70
Obrázek 5-13 JACK, výsledné hodnocení pomocí analýzy Man. Handling Limits .....	71
Obrázek 5-14 Přepočítání jednotek z kilogramů [kg] na Newtony [N] .....	72

## ÚVOD

Cílem této diplomové práce je představit ergonomické měřidlo společnosti Hoggan Health Industries, ukázat její praktické využití a zhodnotit naměřená data dle zákonů, norem či jiných nařízení a poté následně porovnat digitální a mechanické nástroje v ergonomii.

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou část.

Teoretickou část lze pomyslně rozdělit taktéž na dvě skupiny, kdy první se bude zabývat platnou legislativou v ČR a druhá bude věnována představení ergonomického měřidla ergoFET. Co se týče části věnované legislativě, tak ta bude věnována všem zákonům, vládním nařízením a vyhláškám souvisejících s tématem a jsou platné v České republice. Nejvíce prostoru bude věnováno lokálnímu zatížení svalů při práci horními končetinami, fyzické zátěži celkově a přetěžování v jednotlivých pracovních polohách. Při posuzování a hodnocení fyzické zátěže je významná nejen celková fyzická zátěž, ale i dlouhodobé jednostranné nadměrné zatěžování stále stejných svalových skupin, které vedou ke vzniku nejrůznějších onemocnění šlach, úponů a kloubů, nervů, kostí a tíhových váček. Nepříznivé účinky nastávají při pracovní činnosti, kdy je vyvíjena velká svalová síla nebo když jsou mnohonásobně konány opakované pohyby, zvláště ve fyziologicky nepřijatelných pracovních polohách. V části druhé dojde k představení sestavy ergoFET. Ta je určena k měření tahových a tlakových sil, ale i úhlové zatížení.

Praktická část je věnována samotnému měření pohybů horními končetinami v reálných podmínkách. Měření bude probíhat ve společnosti zaměřené na montáž zamykacích systémů v automobilovém průmyslu, konkrétně ve WITTE Nejdek, s.r.o.

# 1 Úvod do řešené problematiky

V úvodu řešeného tématu se nejprve seznámíme s jednoznačným pojmenováním jednotlivých faktorů, kterými se tato problematika zabývá. Všechny faktory – celková fyzická zátěž, lokální svalová zátěž, pracovní polohy, ruční manipulace s břemeny a kategorizace prací, prošly kromě posledně jmenovaného, v první polovině roku 2010 změnou. Dne 1. 5. 2010 nabyla účinnosti novela nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, provedená nařízením vlády č. 68/2010 Sb.

Veškeré jmenované faktory jsou jednoznačně definovány podle ukazatelů a jsou pro ně stanoveny hygienické limity. Právě tyto limity byly zpřesněny a z původního nařízení vlády se ujasnil pojem tzv. charakteristická směna.

## 1.1 Základní terminologie

### Celková fyzická zátěž

Vymezení celkové fyzické zátěže má mnoho podob:

- „*Za celkovou fyzickou zátěž se považuje zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty.*“ [3]
- Taková činnost, kdy se aktivuje hlavně svalstvo, jehož hlavním rysem je svalový stah, podle kterého dělíme fyzickou práci na práci převážně statickou nebo dynamickou. U dynamické práce po stahu následuje relaxace svalu. U statické práce sval nemění svou délku, ale roste jeho napětí
- „*Fyzická zátěž je pracovní zátěž pohybového systému, srdečně cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu.*“ [1]

Celkovou fyzickou zátěž dělíme na svalovou zátěž dynamickou či statickou.

### Dynamická svalová zátěž

„*U dynamické svalové práce dochází ke střídavému zapojování svalových skupin a střídání napětí a uvolnění svalstva. Při dynamické svalové práci se mění délka svalu při zachovaném napětí (tzv. tonická kontrakce svalu).*“ [1]

### Statická svalová zátěž

„*Při statické svalové aktivitě zůstává zachována délka svalu, ale zvyšuje se jeho napětí. Jde o tzv. izometrickou kontrakci svalu. Z časového hlediska má izomerická kontrakce svalu trvání delší než je 3s.*“ [1]

### Lokální svalová zátěž

Lokální svalová zátěž je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce dolními či horními končetinami.

Definice jak ji cituje nařízení vlády 361/2007 Sb. je stanovena takto: „*Lokální svalová zátěž je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami.*“ [3]

## Pracovní poloha

Pracovní polohy se člení na přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., v příloze jednoznačně definuje jednotlivé pracovní polohy a přípustné doby práce v nich.

- Přijatelná pracovní poloha - Zdravotní riziko je považované za nízké nebo zanedbatelné pro téměř všechny zdravé dospělé osoby. Není potřeba žádná úprava.
- Podmíněně přijatelná pracovní poloha - Existuje zvýšené zdravotní riziko pro celou skupinu pracovníků nebo její část. Riziko, spolu se souvisejícími rizikovými faktory, se musí analyzovat a co nejdříve snížit, nebo není-li to možné, musí se přijmout jiná vhodná opatření, například zajistit přijatelnost použití strojního zařízení odpovídajícími provozními pokyny. Práce v podmíněně přijatelných pracovních polohách nesmí překročit 160 minut za charakteristickou směnu, doba trvání jednotlivých pracovních poloh je 1–8 minut.
- Nepřijatelná pracovní poloha - Zdravotní riziko je nepřijatelné pro jakoukoliv skupinu pracovníků. Je nutná rekonstrukce návrhu vedoucí ke zlepšení pracovního prostoru. Celková doba práce v charakteristické směně v nepřijatelné poloze nesmí překročit 30 minut.

## Ruční manipulace s břemeny

Za ruční manipulaci s břemeny se dle nařízení vlády 361/2007 Sb. rozumí: „*Převážování nebo nošení břemene jedním nebo současně více zaměstnanci včetně jeho zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování nebo přemísťování, při kterém v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo onemocnění z jednostranné nadměrné zátěže. Za ruční manipulaci s břemenem se pokládá též zvedání a přenášení živého břemene.*“ [3]

## Hygienický limit

Hygienické limity jsou základním nástrojem pro hodnocení stavu pracovního prostředí z hlediska zdraví zaměstnanců. Existuje-li hygienický limit (např. pro určité látky, prachy, vibrace, hluk aj.), pak porovnáním zjištěných hodnot rizikového faktoru s jeho limitem získáme představu o závažnosti možného ohrožení zdraví člověka daným faktorem.

## Hygienický limit přípustný

Přípustné hygienické limity jsou ty limity, které se za směnu delší než 8 hodin nenavysují, tj. že platí stejné limity pro všechny délky směn.

## Hygienický limit průměrný

Průměrné hygienické limity jsou ty, které se za osmihodinovou směnu mohou navýšit.

## Kategorizace prací

Kategorizace prací je základním nástrojem pro hodnocení vlivu práce na zdraví. Povinnost kategorizovat je dána zákonem a legislativně jsou dány i základní podmínky pro kategorizaci. Důležitou roli při kategorizaci mají orgány ochrany veřejného zdraví a zdravotní ústavy.

*„Účelem kategorizace je získat objektivní a srovnatelné podklady především pro určení rizikových prací, optimalizaci pracovních podmínek a pro racionální opatření k odstraňování nedostatků v zabezpečení ochrany zdraví při práci.“ [1]*

Podle míry výskytu faktorů, které mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců, jsou zařazovány do kategorií. Dle vyhlášky 432/2003 Sb., která zařazování do kategorií stanovuje, jsou kategorie čtyři:

- **Kategorie 1** – poškození zdraví se nepředpokládá.
- **Kategorie 2** – u některých jedinců se může poškození zdraví vyskytnout.
- **Kategorie 3** – riziko poškození u všech exponovaných jedinců.
- **Kategorie 4** – představuje nejzávažnější riziko, které nelze vyloučit ani při používání ochranných pomůcek.

## Charakteristická směna

Charakteristická směna je definována v § 2, odst. 2, vyhlášky č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií.

*„Za charakteristickou směnu se pokládá směna, která probíhá za obvyklých provozních podmínek, při níž doba výkonu práce s jednotlivými rozhodujícími faktory v daném časovém úseku odpovídá celoročně nebo v rozhodujícím období skutečné míře zátěže těmto faktorům.“ [13]*

## 1.2 Hodnocení pracovních poloh

Hodnocení pracovních poloh je rozděleno do třech oblastí. Hodnotíme oblasti trupu, krku a hlavy a poslední oblastí jsou končetiny. Kritéria pro stanovení hodnocení pracovních poloh jsou stanoveny ve vládním nařízení č.361/2007 Sb.

Při hodnocení trupu nejprve zhodnotíme neutrální polohu, kterou stanovujeme podle polohy páteřního výrůstku sedmého krčního obratle a horní hrany velkého chocholíku. Úhly pro hodnocení polohy trupu jsou pak vztaženy k vertikální rovině. Rozdíl mezi vertikální a neutrální rovinou jsou  $4^\circ$ . Konkrétní rozpětí úhlů pro nepřijatelné a podmíněně přijatelné polohy jsou stanoveny v kapitole 1.2.1.

Při hodnocení polohy hlavy a krku se může vycházet ze dvou možností, tj. buď z úhlu pohledu, nebo z velikosti úhlu sklonu hlavy a krku k vertikální rovině. Úhel pohledu je měřitelný z velikosti úhlu pod horizontální rovinou oka. Stejně jako u hodnocení trupu, tak i u hodnocení hlavy a krku jsou konkrétní kritéria stanovena v následné kapitole.

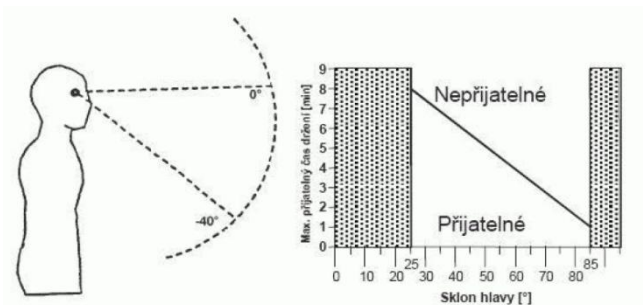
K hodnocení horních končetin je zapotřebí vyjít ze dvou bodů na horní končetině, tj. jedním z nich je vnější část klíční kosti a druhým je loketní kloub. Vzpažení horní končetiny, které nás vzhledem k následnému měření zajímá nejvíce, je definováno jako úhel, který končetina svírá ve stanovené pracovní poloze vzhledem k neutrální rovině. Neutrální poloha je taková, že končetina je volně visící podél těla, tj. končetina je rovnoběžná se svislou osou těla.

### 1.2.1 Kritéria pro hodnocení pracovních poloh

#### Hlava - krk

Podmíněně přijatelná a nepřijatelná poloha je určena předklonem hlavy a krku vůči trupu a úklony v úhlovém odstupňování. Je nutné zohlednit statické a dynamické složky pracovní zátěže, její opakování či délku trvání takových poloh v průběhu směny. Hodnocení pracovní polohy probíhá ve dvou krocích. Při hodnocení pracovní polohy hlavy a krku je zjišťován hlubší předklon s částečnou oporou trupu nebo bez opory, občasné boční úkony. První krok opět řeší, zda podmíněně přijatelná či nepřijatelná pracovní poloha je statická nebo dynamická a úhlové vychýlení. Pokud je předklon hlavy větší než  $25^\circ$  bez opory trupu a úklon a rotace hlavy větší než  $15^\circ$  pak se jedná o práce v nepřijatelných polohách. Podmíněně přijatelné polohy jsou v rozmezí  $25 - 40^\circ$  a musí mít podporu celého trupu, což platí u statických poloh. Dynamické jsou navíc ještě omezené časově, kdy platí podmínka, že pohyb nesmí být opakován 2 a více krát za minutu.

Práce je náročná na koordinaci pohybů horních končetin, prioritou pro pracovníka je vyhovující manipulační rovina pro horní končetiny. Tato pracovní poloha, tj. hlava – krk, má charakter statické zátěže.

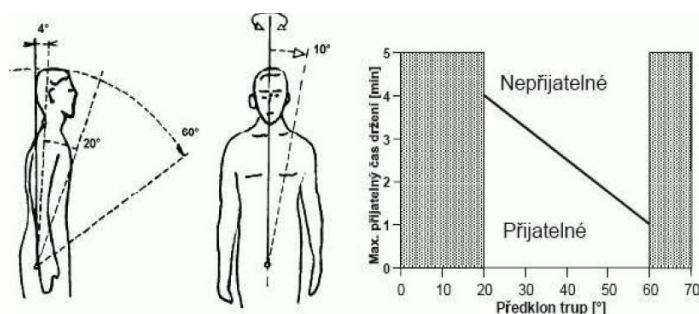


Obrázek 1-1 Hodnocení pracovní polohy hlavy a krku [14]

## Trup

Při hodnocení se vychází z neutrální polohy. Podmíněně přijatelná a nepřijatelná poloha je dána úhlovou odchylkou předklonu, případně záklonu nebo úklonu a možností či nemožností opory trupu.

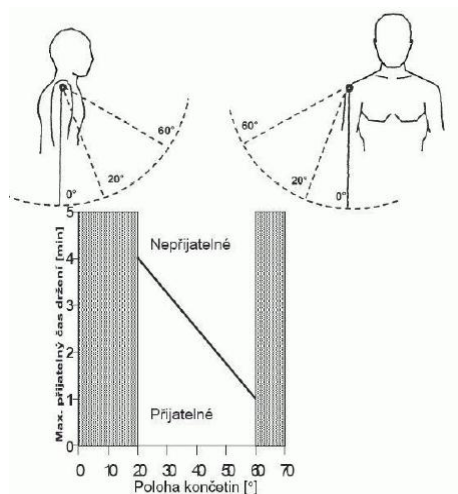
Při práci statické ani dynamické není povolen větší předklon než  $60^\circ$ . U dynamické práce je to ještě omezeno délkou trvání ve stanovené poloze, resp. počtem pohybů za minutu, tj. že při předklonu větším než  $60^\circ$  nesmí pracovní pohyb opakovat dva a více krát za minutu. Výrazný úklon či pootočení trupu, tj. více jak  $20^\circ$ , je nepřijatelný. Hodnocení pracovní polohy probíhá ve dvou krocích, kdy v prvním řeším úhlové vychýlení a ve druhém řeším časový faktor pracovní polohy a zda je pracovník vybaven zádovou opěrou či nikoliv. Jako nejčastější nevhodná pracovní poloha trupu je zjišťován střední nebo hlubší předklon opakovaně ve směně s hraniční nebo mírně převažující statickou složkou zátěže.



Obrázek 1-2 Hodnocení pracovní polohy trupu [14]

## Horní končetiny

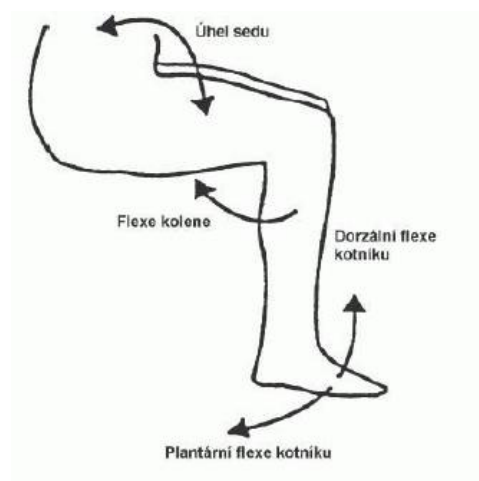
*„V definici podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh je opět zhodnocena statická a dynamická složka zátěže, úhlové vychýlky v ramenním kloubu od svislé osy a časový faktor. Pro hodnocení loketních a zápěstních kloubů se používá tabulka definující ostatní části těla. Nejčastěji nepříznivá poloha horních končetin je elevace v ramenních kloubech, případně krajní extenze v loktech při nevhodné manipulační rovině. Méně často jsou zjišťovány nefyziologické polohy zápěstí (opakovaná torze, dorzální a ventrální flexe).“ [14]*



Obrázek 1-3 Hodnocení pracovních poloh horních končetin [14]

### Dolní končetiny

Při hodnocení pracovní polohy, kterou vykonávají dolní končetiny, se vychází z polohy, kdy je úhel mezi stehnem a lýtkem  $90^\circ$ . Rozlišení podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy je dáno úhlovým sevřením mezi stehnem a lýtkem. Statická a dynamická zátěž je, jako u předcházejících případů, odlišena časovým setrváním v poloze. Taktéž je zohledněn časový průběh zaujímané polohy v charakteristické směně. Nepřijatelné polohy statické jsou: extrémní flexe<sup>1</sup> kolena, extrémní dorzální flexe<sup>2</sup> či plantární flexe<sup>3</sup> v kotníku.



Obrázek 1-4 Hodnocení pracovních poloh dolních končetin [14]

<sup>1</sup> ohnutí

<sup>2</sup> = retroflexe; ohnutí dozadu

<sup>3</sup> = lateroflexe; ohnutí do strany



### 1.3 Ruční manipulace s břemenem

*„Podle evropských statistik 62% pracovníků ve 27 zemích EU je více než čtvrtinu pracovní doby vystaveno opakovaným pohybům rukou a paží, 46% pracovníků bolestivým nebo únavným polohám a 35% pracovníků nošení nebo přemístování těžkých břemen.“ [15]*

Statistiky ukazují samá nevalná čísla, což s sebou přináší i důsledky, a to jak pro pracovníka samotného, zaměstnavatele, tak v neposlední řadě i pro národní ekonomiku.

Mezi dopady na pracovníka se řadí:

- zhoršující zdravotní stav,
- nižší výkonnost a horší kvalita práce, z toho je vyplývající ztráta zaměstnání,
- ohrožení materiální situace pracovníka a jeho rodiny,
- strádání – fyzická i psychická, která může vyústit až v sociální izolaci.

Mezi dopady na zaměstnavatele se řadí:

- špatná výkonnost a kvalita práce vykonané pracovníky, kteří jsou poškozeni v důsledku ruční manipulace s břemeny,
- zvýšená absence pracovníků,
- zvýšené náklady na nemocenskou,
- organizační problémy při nadměrných zakázkách a absenci pracovníků,
- náklady v souvislosti se vznikem pracovních úrazů,
- náklady na zaškolování nových pracovníků,

Mezi důsledky ohrožující národní ekonomiku (sociální náklady) se řadí:

- náklady dodatečné zdravotní péče na obtíže a rekonvalescenci pracovníků,
- náklady na kompenzace pracovních úrazů,
- náklady na důchod nebo jiné sociální dávky díky pracovní neschopnosti a nemocem z povolání,
- ztráta schopných kvalifikovaných lidí – jejich potenciálu, znalostí a profesionálních dovedností
- náklady za pracovní rehabilitaci postižených osob.

Vykonávání práce spojené s ruční manipulací s břemeny, jako např.: zvedání, tlačení nebo tahání předmětů, může mít za následek bolestivé poškození především stavby páteře, od které se odvíjejí další typy nemocí. Muskuloskeletální onemocnění související s ruční manipulací břemen mohou také zasáhnout dolní a horní končetiny. Více v kapitole 1.4.

## 1.4 Nemoci z povolání

Nemoci z povolání jsou, byly a bohužel budou nadále průvodním negativním jevem některých pracovních činností a odrážejí složité vztahy mezi technologií práce, zdravotnictvím a zodpovědností jak zaměstnavatelů, tak zaměstnanců. Přestože jde o nemoci, které čistě z lékařského hlediska jsou život nezkracující, velmi často vedou k vyřazení pracovníka z jeho dosavadní práce, což má pro něho a pro společnost nesmírný význam:

1. **finanční náročnost** - vyrovnání ušlého příjmu až do starobního důchodu
2. **ztráta pracovního a často kvalifikovaného potenciálu**
3. **dopad na samotného pracovníka** - kompletní změna dosavadních zvyklostí, možnosti práce, výdělku, apod.

*„Profesní onemocnění z přetěžování pohybového aparátu a periferních nervů končetin představuje medicínsky ne zcela homogenní skupinu onemocnění neurologické, ortopedické či revmatologické povahy. Jediným jednotícím faktorem je primární etiopatogenetická souvislost s pracovním přetěžováním horních nebo dolních končetin. Onemocnění jsou následkem nerovnováhy mezi biologickou odolností tkání organismu a fyzickými nároky, které na ně konkrétní práce klade. Jednostranné nadměrné a dlouhodobé zatěžování (JNDZ) pohybového ústrojí a nervů končetin na a za hranice jejich biologické odolnosti, nadměrný tlak, tah nebo torze na některé tkáně, či vysoká opakovaná četnost týchž pohybů vykonávaných lokálními svalovými skupinami za podmínek, kdy po zátěži nedojde k plnému zotavení, vedou k mikrotraumatizaci s plíživě vznikajícími projevy poškození šlach a jejich úponů, kloubů a nervů.“ [4]*

### Podstata strukturálních a funkčních změn – patologická medicína

Pracovněprávní lékařství vidí příčiny vzniku nemocí z povolání hlavně ve třech stěžejních bodech. Přetěžování pohybového ústrojí a nervů končetin je posuzováno komplexně dle tří kritérií:

- **nadměrnosti** – *„Nadměrnost je charakterizována vynakládanou svalovou silou. Vyjadřuje se v %  $F_{max}$ , což je podíl svalové síly vynakládané na danou pracovní činnost a maximální síly příslušné svalové skupiny ve stejné pracovní poloze. Nadměrnost musí být vždy hodnocena v souvislosti s časem, po který je síla vynakládána. Čím větší je %  $F_{max}$ , tím kratší doba trvání svalového stahu a menší počet pohybů stačí ke vzniku onemocnění; naopak u dlouho trvajících svalových stahů nebo u velmi často se opakujících pohybů může vzniknout poškození i při velmi malém %  $F_{max}$ .“ [4]*
- **jednostrannosti** – *„Jednostrannost je charakterizována opakováním úkonů, při nichž jsou exponovány stejné struktury myoskeletálního systému v průběhu převažující části směny.“ [4]*
- **dlouhodobosti** – *„Dlouhodobost znamená přetěžování - poškozování výše uvedených struktur v čase jinak než úrazovým mechanismem.“ [4]*

### 1.4.1 Přehled nejčastějších nemocí z povolání

#### A. Nemoci periferních nervů charakteru úžinového syndromu

- **Syndrom karpálního tunelu** – je tzv. útlakový syndrom. Způsobuje ho postižení či poškození středního nervu (nervus medianus) v karpálním tunelu.
- **Pronátorový syndrom** – onemocnění předloktí, poškození středového nervu mezi dvěma hlavami.
- **Syndrom kubitálního tunelu** – jednostranné a dlouhodobé přetěžování oblasti lokte. Neléčení syndromu vede k nešikovnosti a neobratnosti v jemné motorice.
- **Syndrom Guyonova kanálu** – onemocnění ruky, projevuje se brněním a necitlivostí prsténíčku a malíčku na ruce.
- **Syndrom supinátorového kanálu** - onemocnění předloktí

#### B. Nemoci povahy ortopedických nozologických jednotek

##### a) Ramenní kloub

- **Lokalizovaná artróza**
- **Impingement syndrom III. stupně (= syndrom rotátorovy manžety)** - velmi bolestivé onemocnění, kdy dochází k zúžení pohybového prostoru v rameni. Dochází k otěru rotátorovy manžety až k jejímu proděravění.

##### b) Loketní kloub

- **Lokalizovaná artróza**
- **Entezopatie humeru radiální, ulnární**

##### c) Předloktí, zápěstí a ruka

- **Lokalizovaná artróza radiokarpální**
- **Rhizartróza**
- **Artróza drobných kloubů ruky**

##### d) Kolenní kloub

- **Lokalizovaná artróza**
- **Poškození menisku** – opakovaný a dlouhodobý nadměrný tlak v menisku, který má za následek vznik degenerativních změn. K poškození dochází pouze při práci v kleče či v podřepu.

e) **Nemoci tíhových váček z tlaku (= bursitida)** – nemoc, která vzniká v takové pracovní poloze, kdy dochází k tlačení na poškozenou oblast převážnou část pracovní směny. Zduření tíhového váčku vadí pouze mechanicky či kosmeticky. V místech otlaků mohou vzniknout mozoly. Z hlediska nemocí z povolání mohou vzniknout tíhové váčky pouze v případě klečení či práce za pomoci podpírání loktů.

f) **Ostatní nemoci z povolání pohybového aparátu končetin způsobené JNDZ ortopedické povahy**

### 1.4.2 Poškození páteře jako nemoc z povolání

Riziko poškození páteře se zvyšuje, pokud je břemeno příliš těžké a nepřiměřeně velké pro ruční přesun. Pro většinu jedinců je již břemeno mezi 20-25 kilogramy těžké. Nesouměrné, vratké či obtížně uchopitelné břemeno může vyústit v upuštění předmětu a následnému poranění sebe či ostatních spolupracovníků. Velmi důležité je i prostředí, ve kterém pracovník manipulaci vykonává. Prostor, který je nedostatečný, může způsobovat nepřiměřené držení těla s následným úrazem. Riziko úrazu taktéž zvyšuje nerovná, nepevná či kluzká podlaha. Poslední faktor z oblasti prostředí, který ještě zmíním je teplo a chlad. Teplo způsobuje rychlejší únavu a pot, který ztěžuje obsluhu a držení nástrojů. Chlad naopak necitlivost rukou, což taktéž ztěžuje uchopení nástrojů. O tom všem podrobněji v následujících podkapitolách.

Za poškození páteře jsou zodpovědné tyto typy faktorů:

- lidské faktory – věk, pohlaví, tělesné rozměry (tj. výška a váha), aktuální výkonnost jedince, nedostatečná praxe či proškolení jedince atd.,
- faktory spojené s fyzickým napětím při práci – četnost opakovaných činností, statické polohy a manipulace, namáhavé úkoly či vyžaduje nepřirozené držení těla.
- organizační faktory.

Na následujících řádcích dojde k podrobnějšímu seznámení s rizikovými faktory.

#### Rizikové faktory vyplývají ze způsobu vykonávané pracovní polohy

Nejvhodnější pracovní poloha je ve stoje, resp. je to pozice, která s ohledem na zatížení meziobratlových plotének a vazů, rovnoměrně zatížena. Veškeré další pozice prováděné ve stoje, ale obohacené o úklon, úchop či jiné vychýlení páteře, mohou být zdraví nebezpečné, obzvláště dolním částem páteře. Riziko se ještě zvyšuje, pokud se pozice několikrát opakují nebo se provádějí delší dobu (statická pozice).

Mezi rizikové pozice se řadí:

1. **Předklon se zakulacenými zády** – může vést k poškození zadní části plotének. Práce v této pozici způsobuje sevření v přední části meziobratlové ploténky a napínání právě zadní části.
2. **Otáčení do stran při předklánění** – nejrizikovější poloha, protože trup se současně ohýbá i otáčí.
3. **Držení břemene přes ramenní kloub, kdy je trup břemenem zatěžován dopředu a současně se trup sám vzpírá zpět** – při této poloze mluvíme o tzv. „pákovém účinku“: *„Ten spočívá ve zvyšování tlaku na meziobratlovou ploténku, zatímco se současně zvětšuje vzdálenost mezi trupem a manipulovaným břemenem (břemeno, které pracovník nese). Čím je větší vzdálenost břemene od trupu (při stejné hmotnosti), tím je delší rameno břemene a větší síla sevření, což má za následek zvýšení tlaku na ploténky.“* [15]
4. **Klečení nebo podřep se zakulacenými zády** – tato pozice je náročná pokud pracovník nemá možnost odpočinku v jiné pracovní poloze nebo bez dostatečných ochranných pracovních pomůcek. Zatíženy jsou nejen klouby, ale také svaly a srdce.

## Rizikové faktory vycházejí z typu manipulovatelného břemene

Mezi rizikové faktory se řadí:

- 1. Nepřiměřená hmotnost břemene** – Evropská ustanovení jednoznačně nestanovují přípustné hodnoty břemen, které při přemísťování lze považovat za bezpečné, ale doporučují, jak alespoň orientačně určit hmotnost břemene a nezpůsobili nežádoucí účinky na zdraví sobě či svému okolí. Doporučuje se posoudit nejen hmotnost, ale taktéž četnost úkonů, vzdálenost přemístění a velikost břemene.
- 2. Stabilita/nestabilita břemene** – Zde je evidentní riziko pádu. Nestabilní břemeno se může otáčet kolem trupu pracovníka a tím způsobit, že pracovník bude chtít okamžitě změnit svoji polohu. To může negativně ovlivnit jak kosterní, tak svalový systém. Je zde značné nerovnoměrné zatěžování. Čím větší vzdálenost břemene od trupu dělníka, tím větší možnost poranění plotének a vazů.
- 3. Velikost břemene** – Svoji velikostí může břemeno způsobit, že je daleko od těla. V takových případech způsobuje závažné napínání meziobratlových plotének a vazů.
- 4. Tvar břemene** – Vážné riziko při manipulaci v této kategorii představují hlavně břemena bez rukojetí či jiných úchopů. Vyklouznutí břemena může způsobit vážná zranění.

## Rizikové faktory vycházejí z charakteru pracovního prostředí

- 1. Nedostatečný prostor pro provádění úkolů- jak vertikálně, tak horizontálně** – prostorové uspořádání pracoviště určuje jedinci polohu, ve která bude pracovat. Pokud je prostor nedostatečný, musí pracovník zaujmout polohu, která je jeho tělu škodlivá. Zaujme nucenou polohu, která mu může způsobit poranění spodní části zad.
- 2. Nerovnoměrný a kluzký povrch**
- 3. Příliš velká vzdálenost přemístění břemene** - dochází zde k únavě, hlavně v důsledku délky stráveného v jedné poloze při přesunu břemena, a jak je známo, únava je jedním z hlavních negativních příčin vedoucích ke zranění.
- 4. Vysoká či nízká teplota pracovního prostředí** – Teplota má dozajista vliv na vznik nebezpečných situací na pracovišti. Teplota příliš vysoká způsobuje nadměrné pocení dlaní a to způsobuje, že je pro pracovníka obtížné uchopit břemeno, a je tedy nutné použít větší síly k jeho uchopení. Nicméně opačná teplota, tj. nízká teplota, způsobuje ztuhnutí rukou, což také vede ke stejnému efektu uchopení břemen.
- 5. Nedostatečné osvětlení a jiné okolní podmínky** - Úrazy mohou být způsobeny nedostatečným osvětlením místa, kde pracovník přemísťuje břemeno. Mezi další faktory patří mechanické vibrace, vysoká úroveň prašnosti a hluku.

## Rizikové faktory souvisí s vlastnostmi pracovníka

Tato skupina, která zvyšuje riziko muskuloskeletálních onemocnění, obsahuje:

1. **Snížená fyzická schopnost pracovníka** – předešlé poruchy pohybového systému, špatná tělesná kondice vyplývající z nedostatku fyzické aktivity, věk – mládež a starší pracovníci mají jiné podmínky.
2. **Nedostatek adekvátní přípravy pro výkon činností ruční manipulace** – nedostatečné školení ze strany organizace.
3. **Stres** – způsobuje stále napětí svalů a v důsledku toho dochází k zvýšenému tlaku na meziobratlové ploténky, což oslabuje jejich řádné fungování.

### 1.4.3 Prevence nemocí z povolání

Přetěžování jednotlivých částí pohybového aparátu může vést k jejich poškození. Nejsou-li opakované drobné alterace tkání, které nadměrnou zátěží vznikají, kompenzovány přiměřenou tkáňovou regenerací, vyústí posléze ve vznik nemoci. Mezi preventivní činnost lze zařadit odstranění rizik, snížení rizik a pravidelné hodnocení rizik.

Mezi nejúčinnější metodu, jak se vyhnout nemocem, je vyhýbat se ruční manipulaci s břemeny. To ovšem vyžaduje mechanizaci nebo automatizaci úkolů, s nimiž je ruční manipulace spojena. S tím je spojeno zvýšení nákladů na uspořádání a vybavení pracoviště. Náklady na nákup zvedacího zařízení se mohou vyrovnat tomu, že se sníží doba provedení daného úkonu. Dále dojde ke snížení nákladů nutných k úhradě nemocenských dávek.

Výše uvedenou nejúčinnější metodu nelze použít v každém případě, někdy je ruční manipulace naprosto nezbytná. V takových případech musíme zavést technická nebo organizační opatření, která by měla vést ke snížení poškození. Mezi technická opatření se řadí používání dopravníků, vozíků, výtahů, podtlakových zvedacích systémů, náradí (uchopovací prostředky). Organizační opatření mohou zahrnovat změnu pracovních metod nebo pořadí, objednávání zboží ve vhodnějším balení, zajištění optimálních dob odpočinku v práci či střídání jednotlivých pracovníků na pracovištích.

Všeobecně platí, že nemoci z přetěžování vznikají nejspíše, je-li vyvíjena velká svalová síla nebo když jsou konány mnohonásobně opakované pohyby, zvláště v krajních nebo nezvyklých pozicích. Některé prameny uvádí, že onemocnění z přetížení se častěji objevují u lidí subtilnější tělesné konstituce či u starších, netrénovaných, nezaučených osob na konkrétním pracovním místě, nebo u osob s nemocemi, které zpomalují regeneraci tkání. Všechny nemoci nelze jednoznačně vyloučit, ale po dodržování preventivních opatření lze následky výrazně snížit.

Prevenenci lze rozdělit do čtyř hlavních skupin:

#### 1. Technická a technologická

- **Snížování zdrojů nebezpečí** – na bezpečnost při práci je nutné myslet již ve fázi plánování a příprav. Například při objednání zboží budeme objednávat zboží v balení s ohledem na dopravní a manipulační prostředky ve společnosti.

- **Úprava pracoviště pro potřeby pracovníka** – pracoviště by mělo být ergonomicky vybaveno s ohledem na vykonávané úkoly pracovníka.
  - **Aplikace nových řešení a technologií**
2. **Ergonomická**
  3. **Organizační a režimová**
    - **Instruktaž pracovníků** – člověk je nejslabším a zároveň nejdůležitějším prvkem v procesu práce. Proto musí být dostatečně školen a to o všech činnostech jeho práce, materiálech, se kterými pracuje, o ochranných pomůckách atd.
    - **Podporování ochrany zdraví na pracovišti** – zaměstnavatel by měl podpořit své zaměstnance ve zdravém způsobu života, tzn. přestat kouřit, snížit nadváhu, zdravě se stravovat atd.
    - **Nahrazení nebezpečných postupů práce bezpečnějšími postupy** – vznik a zvyšování únavy nepatří mezi bezpečné postupy práce a proto je nutné zavést v podniku řádné přestávky na pracovišti.
    - **Promyšlený a komplexní přístup** – zaměstnavatel je povinen věnovat se otázkám bezpečnosti práce.
  4. **Zdravotnická**
    - **Primární** – vstupní prohlídky, nácviky relaxačních cviků, masáže a lázně.
    - **Sekundární** – periodické prohlídky nebo včasné přeřazení na jinou pracovní pozici.
    - **Terciální** – vhodné opětovné zařazení do pracovní činnosti.

Jako poslední v tomto bloku budu hovořit o pravidelném hodnocení rizik, jejichž cílem je neustálé zlepšování pracovních podmínek. Kontroly se provádí po zjištění vzniku nových nebezpečí a stanovují se pro ně metody jak tyto nebezpečí řešit. Pravidelné kontroly bezpečnosti mají také vliv na formování kultury bezpečnosti práce a dostání se do většího podvědomí jednotlivých pracovníků.

#### **Hodnocení pracovních rizik se provádí ve třech krocích:**

1. **Zjistit a vyhodnotit rizika** – k jednoznačnému vyhodnocení rizik a posouzení jejich vlivu na zdraví pracovníků je nezbytné pozorovat pracovní postup, školit jednotlivce, aby vedli hodnocení pracovních rizik a identifikovat rizika, jejich příčiny a účinky.
2. **Preventivní opatření** – cílem preventivního opatření je odstranit nebo alespoň snížit rizika. Cíl je možné dosáhnout několika způsoby:
  - *„Zavedením mechanického zařízení,*
  - *zabezpečením řádného pomocného vybavení pro činnost související s ruční manipulací (zvedací a manipulační pomůcky),*
  - *organizováním pracovního postupu tak, aby se zabezpečila optimální pracovní rychlost a doby odpočinku,*
  - *začleněním ochrany zdraví a bezpečnosti práce jako součásti řízení firmy,*
  - *školením pracovníků, jak mají správně používat zvedací pomůcky a techniky pro ruční manipulaci,*

- *informováním pracovníků o vlastnostech břemene, zvyšováním znalostí pracovníků o rizicích, která souvisí s činností spojenými s ruční manipulací.*“ [15]

**3. Pravidelné hodnocení rizik** – hodnocení rizik je nutné vyhodnocovat. Hodnocení provádíme několikrát, abychom zabránili stupňování. Hodnocení provedené pouze jedenkrát je nedostatečné.

## 1.5 Kategorizace prací

Výchozím předpisem, podle kterého se musí kategorizace prací posoudit, je ustanovení § 37 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a jeho prováděcí předpis - vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.

*„Zdraví zaměstnanců může ovlivnit mnoho faktorů a podle míry výskytu těchto faktorů a jejich rizikovosti pro zdraví se práce rozdělují do čtyř kategorií. Všechna kritéria jsou stanovena prováděcím předpisem.*“ [16]

Všechny práce, které nebyly zařazeny do skupin druhé až čtvrté, jsou řazeny do nejméně rizikové kategorie jedna. O zařazení do kategorie druhé, třetí či čtvrté rozhoduje příslušně správní orgán, tj. hygienická stanice. Na hygienickou stanici předkládá návrh osoba, která zaměstnává fyzické osoby v pracovněprávním či obdobném vztahu. Jeho povinností je podat žádost nejdéle do 30 kalendářních dnů ode dne zahájení výkonu prací. Návrh zaměstnavatele musí obsahovat uvedení jednotlivých prací do kategorií, počet zaměstnanců pracujících v jednotlivých kategoriích a výsledky hodnocení možných rizik včetně výsledků měření koncentrací a intenzit faktorů pracovních podmínek, pro něž jsou stanoveny hygienické limity, a zjištění typu biologického činitele, který je uveden na zvláštním předpise a může ohrozit zdraví. Práce se zabývá pouze činiteli fyzickými, nikoli biologickými. Je zmíněno pouze pro úplnost podávané žádosti. Měření může provádět pouze osoba akreditovaná podle zvláštních předpisů.

*„Rizikovou prací, kterou se pro účely tohoto zákona rozumí práce, při níž je nebezpečí vzniku nemocí z povolání nebo jiné nemoci související s prací, je práce zařazená do kategorie třetí a čtvrté a dále práce zařazená do kategorie druhé, o níž takto rozhodne příslušný orgán ochrany veřejného zdraví.*“ [16]

Na základě předchozí citace je zaměstnavatel povinen:

- neprodleně zajistit mimořádná měření faktorů pracovních podmínek,
- zjistit příčinu překročení limitních hodnot,
- zabezpečit bezpečné skladování a zacházení s nebezpečnými chemickými látkami.



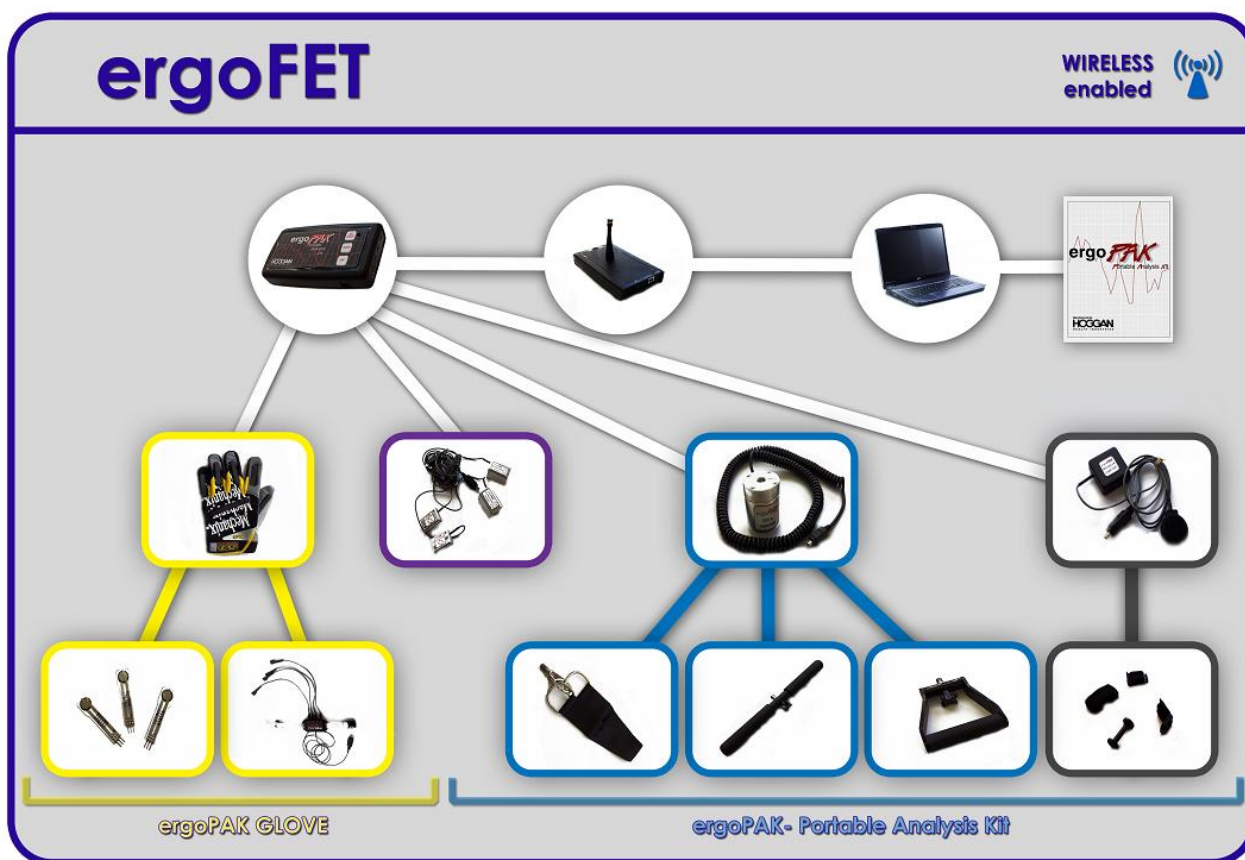
## 2 Popis a využití ergonomického měřidla společnosti HOGGAN Health Industries

### 2.1 Společnost HOGGAN Health Industries

Byla založena v roce 1961, Hoggan Health Industries, vyrábí a prodává široké spektrum výrobků – od komerčních wellness zařízení až po lékařské a průmyslové diagnostické nástroje. Jejich výrobky lze nalézt v mnoha wellness centrech, zdravotních střediscích či univerzitách po celém světě. Společnost se snaží inovovat, sledovat design a držet krok s výrobními odbornými znalostmi.

### 2.2 Popis sady ergoFET

ErgoFET je ergonomický systém, který je vysoce variabilní a může se skládat z několika sestav, které společnost vyrábí. Základem toho je sestava ergoPAK – Portable Analysis Kit, což je základní přenosná sada pro ergonomické testování, která obsahuje rozbočovač, který je schopen přenášet výsledky měření až z osmi čidel či jiných senzorů z dalších čtyř sestav. Pomocí tohoto rozbočovače a bezdrátového přijímače s anténou jsou data přenášena do počítače, kde jsou díky softwaru FDC FET vyhodnocována.



Obrázek 2-1 ergoFET, návaznost jednotlivých komponent v systému

**ErgoPAK** je tedy základní sestava pro provoz systému. Sada poskytuje potřebné nástroje pro měření, testování a analýzu silových požadavků, úhlů a rychlostí. Sběr dat a následná analýza těchto dat probíhá v reálných pracovních podmínkách. Tato sada pro ergonomické měření je přenosná, flexibilní a nenápadná. Nástroje, které tato sada obsahuje, jsou běžně využitelné k testování v širokém spektru odvětví reálného světa – ergonomie, zdravotnictví, ve výzkumu či při testování kvality. Bezdrátové připojení umožňuje volný pohyb a sběr dat v okruhu 30 metrů, což představuje maximální dosažitelnost signálu od připojení. Centrální konzole umožňuje díky kompaktnímu rozhraní provádět zkoušky a analýzy pro libovolné kombinace zařízení. Vzorkovací frekvence popisované sady je na vysoké úrovni, tj. nastavitelná frekvence 100 až 500 vzorků za sekundu.

Software, který je používán pro sběr dat je velmi jednoduchý a zachycené výsledky lze poté otevřít v jakémkoli tabulkovém editoru – např. MS Excel. Software je schopen zachytit údaje ze zkoušek pro libovolnou kombinaci měřidel současně.

#### **ergoPAK – Portable Analysis Kit obsahuje:**

- **Tenzometr malý** - miniaturní snímač pro měření komprese a tzv. „pinch testů“, což je měření pomocí jednoho prstu, několika prstů či v kombinaci předchozích s palcem. Rozsah teplot, při kterých je zařízení schopno pracovat, je 11-33 °C. Pro správný chod musí být vlhkost 10-40%. Maximální rozsah zatížení je 22,7kg, tj. 227N. Přesnost je kolem 2%.



Obrázek 2-2 Tenzometr malý

- **Tenzometr velký** – univerzální snímač, který je vysoce odolný a používá se k měření komprese (tlaku) a napětí (tahu). Je nutné, udržet snímač kolmo k měřenému bodu a zajistit mu tak axiální zatížení. Měřidlo je určeno pouze pro axiální zatížení. Boční zatížení zde není možné. Veškeré specifikace týkající se rozsahu teplot a vlhkosti jsou

stejně jako u malého tenzometru, liší se pouze v maximálním zatížení. Kdy u velkého tenzometru dosahuje zatížení 100x větších hodnot, tj. 227kg (cca 2270N = 2,27kN)



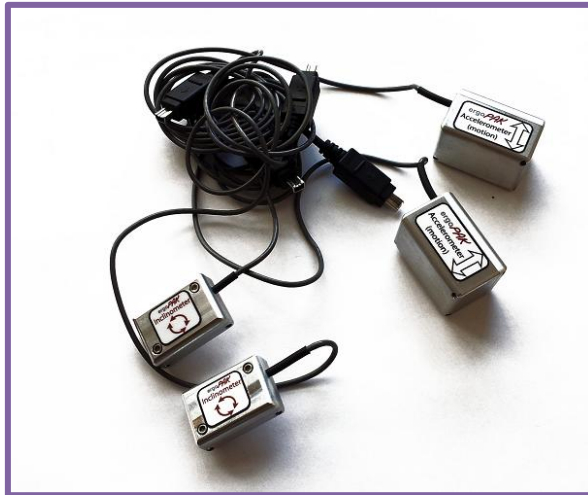
Obrázek 2-3 Tenzometr velký

- **Táhla** – popruh, třmen, tyč. Používají se ve spojení s tenzometry. K testování komprese nebo napětí.



Obrázek 2-4 Táhla - popruh, tyč, třmen

- **Akcelerometr** – měření pouze s pomocí jedné osy, měření ve směru x. Ačkoli je teplota skladování zařízení v rozsahu -54 až +121°C, rozsah teplot, při kterých je zařízení schopno pracovat je menší, tj. -54 až +85°C. Vlhkost je stejná jako u ostatních komponent v sadě.
- **Inklinometr** – měření pomocí dvou os. Používají se k měření úhlu či k měření úhlového naklonění. Specifikace stejné jako u předcházejících, tj. rozsah teplot 11-33°C, vlhkost 10-40%, přesnost kolem 1%. Specifikace jedinečná pro toto zařízení je doba odezvy, která je menší než 1 sekunda. Rozsah měření je v tomto případě +/- 360°.



Obrázek 2-5 Inklinometr, Akcelerometr

- **Rozbočovač** - umožňuje komunikaci až s 8 porty najednou, zařízení je variabilní a dle potřeby je možné ho rozšířit pomocí dvou či více dalších rozbočovačů. Rozsah teplot, při kterých je zařízení schopno pracovat, je 11-33 °C.



Obrázek 2-6 Rozbočovač ergoHub

- **Přijímač s anténou** – je možné ho zapojit bezdrátově či pomocí kabelu k PC.



Obrázek 2-7 Přijímač s anténou

- **SW „FDC FET“** - software pro sběr dat může být instalován na notebook, stolní počítač či mobilní telefon s potřebnou aplikací.

**ErgoPAK GLOVE** je inovační novinka sloužící ke zlepšení lidské výkonnosti a pracovních podmínek. ErgoPAK GLOVE je samostatně fungující systém, kdy hlavní komponentou je rukavice, která pomocí efektivních, nenákladných a snadno použitelných senzorů snímá tlak mezi tělem, (tj. ruce, prsty), a vnějšími povrchy nástrojů či strojů. Sensory jsou nenápadné, tedy pouze s minimálním rušením při pracovním výkonu. Rukavice je propojitelná s rozbočovačem ze základní řady. Kabely se k rukavici připojují pomocí speciálních úchytlů, které jsou připevněné na lícové straně rukavice a senzory jsou zasazeny do pouzder na konečcích prstů z rubové strany. Látková rukavice, která je součástí sady, není pro funkčnost systému podstatná. Sensory a kabely je možné použít pouze s obyčejnou latexovou rukavicí nebo s latexovými návleky na jednotlivé prsty. Látková rukavice, která je součástí sady, nám pouze zjednodušuje obslužnost při práci.

Bezdrátové rádiové frekvence umožňují volný pohyb a sběr údajů v rámci 30 metrů. Sběr dat může být naistalován do notebooku, stolního PC, tabletu či mobilního telefonu. Software ze základní řady umožňuje nastavit měrnou jednotku produkce v librách, kilogramech či newtonech. Rukavice je vyráběna jak v pravé, tak v levé variantě a ve čtyřech velikostech – S, M, L, XL. Obě varianty jsou v sadě ergoPAK GLOVE obsaženy.

Systém je jednoduše využitelný pro měření pracovních podmínek a lidské výkonnosti v reálném čase nejen v průmyslovém inženýrství, ale i v mnoha dalších odvětvích.

**ergoPAK GLOVE obsahuje:**

- **mechanická látková rukavice** – pravá varianta, levá varianta



Obrázek 2-8 Mechanická rukavice, varianta levá

- **4 senzory** - ty jsou propojeny pomocí kabelů do rozbočovače



Obrázek 2-9 Senzory

specifikace senzoru:

- aktivní plocha senzoru:  $\varnothing 9,53$  mm
  - délka senzoru: 5,08 cm (snímací plocha včetně těla senzoru)
  - šířka senzoru: 14mm
  - tloušťka senzoru: 0,208mm
  - maximální rozsah zatížení: 100 kg
- **4 kabely** – pro propojení výše zmíněných senzorů



Obrázek 2-10 Kabely s vlastním rozbočovačem

- **rozbočovač** – rukavice má svůj vlastní rozbočovač, do kterého vstupují maximálně 4 kabely, tj. maximální možnost využití 4 senzorů, a vystupuje z něj kabel jeden, který vede do hlavního rozbočovače, který přenáší data do PC.
- **2 latexové návleky na prsty** – slouží jako náhrada látkové rukavice při měření v těžko dostupných místech.

### 3 Silové požadavky a limity dle vládních nařízení a norem

Síla je fyzikální veličina. Silové účinky mohou být statické a dynamické. Rozdělení na statické a dynamické silové účinky je velmi důležité pro konečné zhodnocení pracovních poloh dle vládních nařízení a norem. Rozdělení je časově závislé. Všechna zatížení, která trvají déle než 3 vteřiny, jsou statická. Nelze jednoznačně říci, která zatížení jsou více nebezpečná pro zdraví a bezpečnost pracovníků. Výskyt všech poruch lze snížit správným organizováním v souladu s legislativou. Všechny směrnice Evropské Rady hovoří o zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a poukazují na to, že lepší bezpečnost práce, zlepšení hygieny a ochrany zdraví pracovníků by nemělo podléhat pouze ekonomickým důvodům. Zaměstnavatelé by měli klást důraz na poslední novinky a technologický pokrok v oblasti ergonomického upořádání pracovišť, vybavení a zlepšujících systémů práce.

Norem, zákonů a jejich prováděcích předpisů, tj. vyhlášek a vládních nařízení, týkajících se silových požadavků a limitů v oblasti bezpečnosti práce a pracovních poloh je celá řada. Mezi významné, ze kterých čerpala tato práce, je možné zařadit:

- **Zákon č.309/2006 Sb.** ze dne 23. května 2006, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy, a jeho prováděcí předpis, tj. **nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, který byl novelizován nařízením vlády **č. 68/2010 Sb.** Poslední novela proběhla k datu 1. 5. 2010.
- **Zákon č. 258/2000 Sb.**, ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů a vyhláška s tímto zákonem související **č. 432/2003 Sb.** ze dne 4. prosince 2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.
- Rámcová směrnice – Směrnice Rady **89/391/EHS** o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Směrnice Rady **90/269/EHS** – upravuje minimální požadavky, které souvisejí s ruční manipulací břemene.

#### 3.1 Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Pro účely této práce je podstatná hlava IV, která stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží. Hlava IV se skládá ze 4 dílů, které jsou postupně nazvány: Celková fyzická zátěž, Lokální svalová zátěž, Pracovní poloha a Ruční manipulace s břemenem. Hlava IV je zakončena neméně důležitým §30, který jednoznačně stanovuje minimální opatření k ochraně zdraví při práci, bližší hygienické požadavky na pracoviště a požadavky na pracovní postupy.

V § 30 je stanoveno: zaměstnanec by měl být seznámen s přesnými údaji o hmotnosti a vlastnostech břemene ještě před zahájením ruční manipulace s ním. Dále by měl být seznámen s dalšími faktory, kterými jsou umístění jeho těžiště, o nejtěžší straně břemene, o

jeho správném uchopení a zacházením s ním a v neposlední řadě o riziku, kterému se při nesprávně manipulaci vystavuje. Mezi tyto rizika se řadí:

- Možnost poškození bederní páteře při otáčení trupu, prudkém pohybu břemene či vratkém postoji. Páteř je možno poškodit i při excentrickém umístění břemene.
- Nedostatky stěžující manipulaci, převážně nedostatečný prostor pro manipulaci nebo práce vykonávané na nerovném, vratkém či kluzkém povrchu.
- Příliš dlouho trvající stavy fyzické námahy, nedostatečného odpočinku či nemožnost dostatečné doby na zotavení.

### 3.1.1 Díl 1 – Celková fyzická zátěž

Tento díl se zabývá jednoznačným vymezením celkové fyzické zátěže, která již byla vymezena v kapitole 1.1. Hygienickým limitem celkové fyzické zátěže se rozumí „*hodnoty energetického výdeje směnové průměrné, směnové přípustné, roční a minutové přípustné a hodnoty srdeční frekvence průměrné, nejvyšší přípustné a zvýšené nad výchozí hodnotu přepočtené na osmihodinovou směnu.*“ [3]

Všechny hygienické limity jsou stanoveny v přílohách této práce.

### 3.1.2 Díl 2 – Lokální svalová zátěž

Lokální svalová zátěž je stanovena v kapitole 1.1, dále stanovuje její hodnocení. Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťuje a posuzuje vynakládaná svalová síla, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce v charakteristické směně.

„*Hygienickými limity lokální svalové zátěže se rozumí přípustní hodnoty lokální svalové zátěže s převahou dynamické nebo statické složky, která se vyjadřuje v procentech maximální svalové síly  $F_{max}$  přepočtené na osmihodinovou směnu. Hygienickým limitem lokální svalové zátěže jsou dále počty pohybů drobných svalů prstů a ruky a průměrné minutové počty pohybů drobných svalů prstů a ruky za osmihodinovou směnu.*“ [3]

### 3.1.3 Díl 3 – Pracovní poloha

Pracovní poloha je stanovena v kapitole 1.1, dále je zde stanoveno její hodnocení. „*Při hodnocení pracovní polohy se používá dvou krokový systém. První krok zahrnuje hodnocení polohy jednotlivých částí těla pomocí úhlů, druhý krok zahrnuje podmínky, za kterých lze polohu označenou v prvním kroku za podmíněně přijatelnou zařadit mezi polohy přijatelné nebo polohu nepřijatelnou mezi polohy podmíněně přijatelné.*“ [3]

Všechny hygienické limity jsou stanoveny v přílohách této práce.

### 3.1.4 Díl 4 – Ruční manipulace s břemenem

Vymezení je řečeno v kapitole 1.1. Její hodnocení a minimální opatření, čili § 29 a § 30 byl novelizován vládním nařízením. O tom následující kapitola.



## 3.2 Nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Tímto předpisem je novelizováno vládní nařízení 361/2007 Sb., které stanovuje limity, hodnocení a minimální opatření celkové fyzické zátěže, lokální fyzické zátěže a pracovní polohy. Týká se to paragrafů, § 22 - § 29, které prošly změnami.

### 3.2.1 Hodnocení a hygienické limity celkové fyzické zátěže

Celková fyzická zátěž se posuzuje z hlediska energetické náročnosti práce pomocí hodnot energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách a pomocí hodnot srdeční frekvence. Hygienickými limity celkové fyzické zátěže se rozumí hodnoty energetického výdeje:

- směnové průměrné,
- směnové přípustné,
- minutové přípustné,
- průměrné roční,
- přípustné hodnoty srdeční frekvence.

Všechny limity hygienické zátěže jsou přepočtené na průměrnou osmihodinovou směnu. Osmihodinovou směnou rozumíme směnu, která probíhá za obvyklých pracovních podmínek, při níž doba výkonu práce jednotlivých pracovních operací odpovídá skutečné míře zátěže. Jde-li o práci ve směnách, která jsou delší než 8 hodin, hodnota limitu odpovídá navýšení v procentech skutečné době výkonu práce. Hodnoty nesmí být navýšeny o více než 20 %, což platí i u směn dvanáctihodinových a delších.

Průměrné a přípustné hygienické limity pro hodnotu energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží jsou stanoveny odděleně podle pohlaví a věku.

Průměrné hygienické limity pro hodnotu srdeční frekvence při práci s celkovou fyzickou zátěží nejsou dle zákona stanoveny pro mladistvé.

Přípustnými hygienickými limity se rozumí limity, které nesmí být překročeny v žádné směně bez ohledu na její délku.

### 3.2.2 Hodnocení a hygienické limity lokální svalové zátěže

Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťují a posuzují vynakládané svalové síly, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce při práci v průměrné osmihodinové směně. Mezi hygienické limity lokální svalové zátěže se řadí hodnoty:

- směnové průměrné,
- směnové přípustné,
- hodnoty lokální svalové zátěže s převahou dynamické nebo statické složky, která se vyjadřuje v procentech maximální svalové síly ( $F_{max}$ ) přepočtené na osmihodinovou směnu,
- počet pohybů drobných svalů ruky a předloktí,

- průměrné minutové počty pohybů drobných svalů prstů a ruky.

Všechny hygienické limity jsou opět přepočteny na průměrnou osmihodinovou směnu.

Přípustný hygienický limit pro použitou svalovou sílu jako pravidelnou součást výkonu práce u práce s převažující dynamickou složkou je 70 %  $F_{max}$  a u práce s převažující statickou složkou je 45 %  $F_{max}$ . Průměrný hygienický limit je stanoven v rozmezí 55 až 70%  $F_{max}$ .

Přípustný hygienický limit pro průměrné minutové počty pohybů drobných svalů ruky a prstů při průměrné směnové hodnotě vynakládaných svalových sil 3 %  $F_{max}$  je 110 pohybů za minutu a při průměrně směnové hodnotě vynakládaných svalových sil 6 %  $F_{max}$  je 60 pohybů za minutu. Průměrným hygienickým limitem pro průměrné minutové počty pohybů drobných svalů ruky a prstů se rozumí hodnoty stanovené v příloze. Průměrný hygienický limit pro počet vynakládaných svalových sil v rozmezí 55 až 70 %  $F_{max}$  u práce s převahou dynamické složky je 600krát za průměrnou osmihodinovou směnu. Průměrnými hygienickými limity lokální svalové zátěže se rozumí průměrné minutové počty pohybů ruky a předloktí v průměrné osmihodinové směně vztažené na průměrnou směnovou časově váženou hodnotu procentně vyjádřené maximální svalové síly ( $F_{max}$ ).

Jde-li o práci ve směnách delších než osmihodinových, odpovídá hodnota navýšení v procentech skutečné době výkonu práce; u směny dvanáctihodinové a delší nesmí být průměrný celosměnový počet vynakládaných svalových sil v rozmezí 55 až 70 %  $F_{max}$  a směnové hodnoty celosměnových a minutových počtů pohybů ruky a předloktí navýšeny o více než 20 %.

### **3.2.3 Hodnocení zdravotního rizika a hygienických limitů u pracovních poloh**

Zdravotní riziko pracovní polohy se hodnotí při trvalé práci vykonávané zaměstnancem na stejném pracovním místě, nebo provádí-li zaměstnanec opakující se úkony, při nichž si nemůže volit pracovní polohu sám, ale jeho pracovní poloha je přímo závislá na konstrukci stroje, uspořádání pracovního místa a prostorového uspořádání pracoviště. Hodnocení zdravotního rizika pracovních poloh se provádí ve dvou krocích. První krok zahrnuje hodnocení polohy jednotlivých částí těla pomocí úhlů, druhý krok zahrnuje podmínky, za kterých lze polohu označenou v prvním kroku za podmíněně přijatelnou, zařadit mezi polohy přijatelné nebo polohu nepřijatelnou mezi polohy podmíněně přijatelné.

Postup měření je jednoznačně spojen s průběhem směny, kdy je pořízen záznam o jednotlivých pracovních polohách. Poté jsou odečítány doby trvání jednotlivých podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh, které pracovník zaujímá během sledovaných pracovních činností. Záznam se soustředí na celou postavu sledovaného pracovníka z různých směrů a úhlů. Jednotlivé části těla jsou hodnoceny zvlášť. Tímto hodnocením jsou stanoveny podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, krku, trupu, horních a dolních končetin. Poté porovnáme s časovým záznamem a vypočtu celkovou dobu trvání pracovních poloh v minutách za směnu. Výstupem měření je doporučení zařazení do kategorizace prací podle vyhlášky č. 432/2003 Sb.

V nepříjemné pracovní poloze je průměrný hygienický limit 30 minut v osmihodinové průměrné směně. Doba trvání jednotlivých nepříjemných pracovních poloh nesmí být delší než 1 až 8 minut, závisí na typu pracovní polohy. Průměrný hygienický limit v podmíněně přijatelné pracovní poloze je 160 minut v osmihodinové průměrné směně. Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních poloh pak nesmí být delší než 1 až 8 minut v závislosti na typu pracovní polohy. Hodnocení doby trvání jednotlivých pracovních poloh se provádí podle tabulkových hodnot, které jsou přílohou.

Opět zde platí, to co v předcházejících případech, jde-li o práci ve směnách osmihodinových a delších, odpovídá hodnota navýšení v procentech skutečné době výkonu práce, pokud je směna dvanáctihodinová a delší nesmí být průměrný hygienický limit práce v polohách podmíněně přijatelných i nepříjemných navýšen o více než 20 % nad stanovený časový limit.

### **3.2.4 Hodnocení zdravotního rizika a hygienických limitů při manipulaci s břemenem**

Hodnocení zdravotního rizika při ruční manipulaci s břemenem zahrnuje mimo posouzení hmotnosti ručně manipulovaného břemene, kumulativní hmotnosti a vynakládaného energetického výdeje i vyhodnocení pracovních podmínek, za kterých k ruční manipulaci dochází. Hygienickými limity ruční manipulace s břemenem se rozumí hodnoty:

- směnové průměrné,
- směnové přípustné přepočtené na průměrnou osmihodinovou směnu.

Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného mužem při občasném zvedání a přenášení je 50 kg, při častém zvedání a přenášení 30 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene mužem 5 kg. Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně mužem je 10 000 kg.

Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného ženou při občasném zvedání a přenášení je 20 kg, při častém zvedání a přenášení 15 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene ženou 3 kg. Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně ženou je 6 500 kg.

Občasným zvedáním a přenášením břemene se rozumí přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Uvedená celková doba přenášení a zvedání břemene v průměrné osmihodinové směně je průměrným hygienickým limitem.

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.

Průměrný hygienický limit se nestanovuje.

Opět zde platí, že jde-li o práci ve směnách delších než osmihodinových, odpovídá hodnota navýšení v procentech skutečné době výkonu práce; je-li doba výkonu práce 12 hodin a delší, nesmí být průměrný hygienický limit pro práci s ruční manipulací s břemenem navýšen o více než 20 %.

Hygienické limity pro přípustné hodnoty energetického výdeje při ruční manipulaci s břemeny pro muže a ženy jsou upraveny v příloze nařízení vlády a jsou přílohou této práce. Hygienické limity pro těhotné ženy jsou upraveny zvláštním předpisem, tj. vyhláškou 288/2003 Sb., základní hygienické předpisy se na ně nevztahují. Ty samé limity platí pro mladistvé, kojící ženy a matky do 9-ti měsíců po porodu.

### 3.2.5 Minimální opatření k ochraně zdraví při práci

Při pracovních polohách s lokální svalovou zátěží překračujících stanovené hygienické limity musí být práce přerušována přestávkami, které musejí trvat alespoň 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností či zajistit dostatečný počet zaměstnanců pro výkon jednotlivých činností.

Při pracovních polohách podmíněně přijatelných i nepřijatelných poloh překračujících stanovené hygienické limity musí být práce přerušována bezpečnostními přestávkami, které musejí trvat alespoň 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností či zajistit dostatečný počet zaměstnanců pro výkon jednotlivých činností.

Před zahájením prací spojených s ručními manipulacemi s břemeny by měl být zaměstnanec seznámen s následujícími skutečnostmi:

- s přesnými údaji o hmotnosti a vlastnostech břemene,
- umístění jeho těžiště,
- nejtěžší straně břemene,
- s jeho správným uchopením a zacházením s břemenem a s rizikem, hrozícím při nesprávné ruční manipulaci s břemenem:
  - a) s možností poškození bederní páteře při otáčení trupu, prudkém pohybu břemene, při vratkém postoji, při zvýšené fyzické námaze nebo při excentrickém umístění těžiště břemene,
  - b) s nedostatky, které ztěžují manipulaci, zejména nedostatkem prostoru ve svislém směru, s prací na nerovném, kluzkém nebo vratkém povrchu nebo v nevyhovujících mikroklimatických podmínkách,
  - c) se stavy, které zvyšují riziko poškození páteře vlivem příliš časté nebo příliš dlouho trvající fyzické námahy, nedostatečného tělesného odpočinku, nedostatečné doby na zotavení nebo práce ve vnuceném pracovním tempu.

Práce, které překračující stanovené hygienické limity musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v intervalech 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání při jednotlivých činnostech dostatečným počtem zaměstnanců.

### **3.3 Vyhláška č. 432/2003 Sb.**

#### **3.3.1 Kategorizace prací**

##### **Kategorie první**

Ve smyslu §2, vyhl.432/2003 Sb. se za práce kategorie první považují práce, při nichž podle současného poznání není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví.

##### **Kategorie druhé**

Ve smyslu §2, vyhl.432/2003 Sb. se za práce kategorie druhé považují práce, při nichž podle současné úrovně poznání lze očekávat jejich nepříznivý vliv na zdraví jen výjimečně, zejména u vnímavých jedinců, tedy práce, při nichž nejsou překračovány hygienické limity faktorů stanovené zvláštními právními předpisy, a práce naplňující další kritéria pro jejich zařazení do kategorie druhé dle příloh.

##### **Kategorie třetí**

Ve smyslu §2, vyhl.432/2003 Sb. se za práce kategorie třetí považují práce při nichž jsou překračovány hygienické limity, a práce naplňující další kritéria pro zařazení práce do kategorie třetí podle přílohy č. 1, přičemž expozice fyzických osob, které práce vykonávají (dále jen „osob“), není spolehlivě snížena technickými opatřeními pod úroveň těchto limitů, a pro zajištění ochrany zdraví osob je proto nezbytné využívat osobní ochranné pracovní prostředky, organizační a jiná ochranná opatření, a dále práce, při nichž se vyskytují opakovaně nemoci z povolání nebo statisticky významně častěji nemoci, jež lze pokládat podle současné úrovně poznání za nemoci související s prací.

##### **Kategorie čtvrtá**

Ve smyslu §2, vyhl.432/2003 Sb. se za práce kategorie čtvrté považují práce, při nichž je vysoké riziko ohrožení zdraví, které nelze zcela vyloučit ani při používání dostupných a použitelných ochranných opatření. [16]

#### **3.3.2 Kritéria kategorizace prací**

Kritérii kategorizace prací se zabývá příloha č. 1, vyhlášky č.432/2003 Sb. Příloha se zabývá třinácti kritérii, mezi která patří:

- prach,
- chemické látky,
- hluk,
- vibrace,
- neionizující záření a elektromagnetická pole,

- fyzická zátěž,
- pracovní poloha,
- zátěž teplem,
- zátěž chladem,
- psychická zátěž,
- zraková zátěž,
- práce s biologickými činiteli,
- práce ve zvýšeném tlaku vzduchu.

S ohledem na téma diplomové práce se v této kapitole budu věnovat pouze kritériím: fyzická zátěž a pracovní poloha.

Fyzickou zátěž řeší kategorie druhá a třetí. Nejvíce omezujících limitů je v kategorii druhé, do kategorie třetí totiž spadají práce vykonávané za podmínek, kdy jsou překračovány limity stanovené kategorií druhou. Limity stanovené pro zařazení prací do druhé kategorie jsou založeny na rozdělení složek práce, tj. na složku dynamickou a složku statickou. Limity stanovené zákonem jsou:

- práce převážně dynamická, vykonávaná velkými svalovými skupinami,
- práce převážně dynamická, vykonávaná malými svalovými skupinami,
- práce převážně statická, vykonávaná malými svalovými skupinami,
- práce spojená s ručním přenášením břemen.

Pracovní polohou se, stejně jako v předcházejícím případě, zabývá pouze kategorie druhá a třetí. A opět zde platí, že kategorie druhá klade větší nároky na limity než kategorie třetí. Tam spadají práce, při nichž jsou stanovené limity pro kategorii druhou překračovány.

*„Do kategorie druhé se zařazují práce vykonávané převážně v základní pracovní poloze vstoje, vsedě nebo při střídání těchto poloh, kdy v průběhu práce se vyskytují i podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy. Přitom součet doby prací vykonávaných v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách je delší než 100 minut za osmihodinovou směnu, ale nepřesáhne 160 minut za osmihodinovou směnu a doby trvání jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních poloh nepřekračují limit stanovený zvláštním právním předpisem. Celková doba práce v jednotlivých nepřijatelných pracovních polohách je vyšší než 20 minut, ale nepřekračuje 30 minut za osmihodinovou směnu. Zátěž prací v podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních polohách se hodnotí pro jednotlivé části těla samostatně. Celková doba práce v podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních polohách nesmí překročit polovinu osmihodinové směny.“ [16]*

### **3.4 Evropské směrnice**

#### **Směrnice Rady 89/391/EHS**

Směrnice zavádí devět zásad prevence pracovních rizik:

- předcházet rizikům,
- vyhodnotit rizika, kterým nelze předcházet,
- vypořádat se s riziky přímo u zdroje,
- přizpůsobit práci jednotlivci,
- přizpůsobit se technickému pokroku,
- nahradit nebezpečné bezpečnými nebo méně nebezpečnými,
- rozvíjet promyšlenou politiku celkové prevence, která se týká technologie, organizace práce, pracovních podmínek, sociálních vztahů a vlivu faktorů souvisejících s pracovním prostředím,
- upřednostnit kolektivní ochranná opatření nad osobními ochrannými opatřeními,
- poskytnout pracovníkům vhodné pokyny.

#### **Směrnice Rady 90/269/EHS**

Podle této směrnice, je zaměstnavatel povinen vyhnout se ruční manipulaci s břemenem. Pokud je toto nevyhnutelné, je jeho povinností zajistit:

- vyhodnotit rizika,
- provést nápravná opatření za účelem snížit rizika,
- vybavit pracoviště technickými prostředky,
- informovat a školit pracovníka v tom, jaké jsou bezpečné pracovní metody.

Hlavní zásady a pravidla obsažená v těchto evropských směrnicích jsou přetransformována do naší vládní legislativy v již dříve zmíněných nařízeních vlády a vyhlášek.

## 4 Případové studie – ukázky měření

### 4.1 Společnost WITTE Nejdek, spol. s.r.o.

Společnost WITTE Nejdek, spol. s.r.o. je členem skupiny WITTE Automobile a je největším členem skupiny. Zaměstnává cca 1400 zaměstnanců a je tudíž největším zaměstnavatelem v Karlovarském kraji. Zaměstnanci mají rozsáhlé kompetence v sériové montáži zámků výhradně pro automobilový průmysl. Toto spektrum činností je doplněno o úsek plastů, nástrojárnu, TOV i vlastní vývoj.

V montáži v Nejdku jsou zamykací systémy kompletovány z jednotlivých dílů, které jsou dodávány ostatními členy skupiny WITTE. Dodavatelský řetězec je řešen pomocí vlastních dopravních linek.

Portfolio výroby:

#### 1. Klíčové koncepty dveří

- dveřní moduly,
- vnější kliky dveří,
- výztuhy dveří,
- vnitřní ovládání,
- klíče/klíčové garnitury,
- keyless/Passive Entry (bezklíčové otevírání dveří),
- passive go,
- zámký,
- poháněné zavírání,
- zamykací čepy,
- brzdy,
- panty.

Dveřní zámký mají patentovaný západkový systém, který umožňuje robustní spojení dílů zámký, a tím zvyšují bezpečnost a současně umožňují zmenšení vestavěného prostoru. Všechny zámkové garnitury odpovídají vysokému stupni zabezpečení proti krádeži.

#### 2. Klíčové koncepty pro kapoty

- moduly zadních dveří,
- bezpečnostní kapoty motoru,
- zámký,
- uzavírací servomechanismus,
- bezpečnostní zachycovací hák,
- zamykací čepy,
- multifunkční lišty,
- ovládání,
- panty,
- pohony pantů,
- zámký skel,



- poháněné zavírání,
  - uzávěr ke sklápěcím střechám.
3. Klíčové koncepty sedadel
- aktivní bezpečnostní systémy opěradel,
  - sedačkové zámky,
  - zámky opěradel s multipozičním nastavením,
  - ukotvení sedadel,
  - uzamykatelné blokovací mechanismy,
  - ovládání s indikátory,
  - zamykací čepy.

V této oblasti se společnost hodně realizuje i ve fázi výzkumu a vývoje, kdy rozsáhlé vývojové studie na téma bezpečnosti sedadel, pomohly firmě vyvinout zámky opěradel, které garantují vysoký stupeň ochrany cestujících. Zámky opěradel a zamykací třmeny absorbují energii a při nárazu minimalizují zatížení opěradla.

Společnost se dlouhodobě zabývá zdokonalováním výrobního procesu, počínaje od vývoje a inovací výrobku, kde se snaží neustále zlepšovat a uspokojit tím stále narůstající požadavky zákazníka, konče kvalitou výrobku samotného. Ale jak sama připouští, v oblasti ergonomie jejich znalosti a zkušenosti nejsou na stejné úrovni jako v oblasti výrobní. A protože je to společnost, která má touhu se neustále zlepšovat, být schopnější a získat tím konkurenční výhodu na trhu, o ukázkou zkušebního měření měla eminentní zájem. Proto mi bylo v rámci mé diplomové práce umožněno provést zkušební měření ve výrobním procesu.

Managementem byly vybrány 4 pracoviště, u kterých byl pravděpodobný předpoklad, že jak komplexní, tak lokální svalové zatížení může překračovat normu. Výsledky měření budou předvedeny v následujícím textu. Na základě zjištěných výsledků má společnost zájem se dále v této oblasti zlepšovat a provádět další výzkum v podobě měření na ostatních výrobních linkách a jednotlivých pracovištích s ním souvisejících.

## 4.2 Výsledky měření

Ve společnosti byla změřena 3 pracoviště, každé situované na jiné výrobní lince. Výběr pracoviště nebyl možný ovlivnit, byla vybrána managementem společnosti na základě jejich úvah o možném svalovém přetížení pracovníků na těchto pracovních pozicích.

### 4.2.1 Manipulant

První pracoviště bylo obsluhováno manipulantom, tj. pohlavím muž, věk 40 let, ve společnosti je zaměstnán v nevýrobním procesu, čili obsluha výrobní linky není jeho denní pracovní náplní.

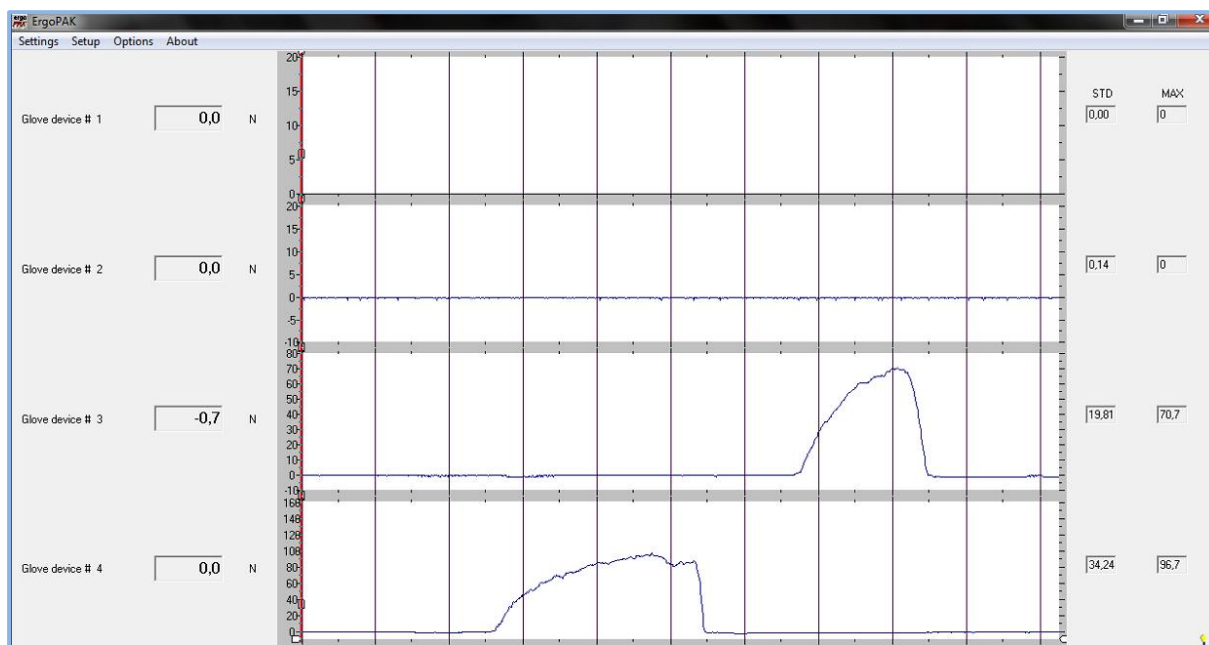
Na obrázku, Obrázek 4-1, je možné vidět maximální sílu  $F_{max}$  výše zmiňovaného manipulanta, která je potřebná pro konečné hodnocení svalového zatížení obsluhy na výrobní lince a potřebná ke stanovení konečného výsledku.

Na obrazovku jsou přenášeny 4 senzory. Jeden senzor znamená jedno lokální zatížení na prstu. Z obrázku je vidět snímání pouze 2 senzorů, což je z toho důvodu, že manipulant využívá ke své práci převážně prostředníček a palec. Jiné části ruky jsou využívány zanedbatelně. Senzor 3 náleží palci na levé ruce, senzor 4 přísluší prostředníčku opět na levé ruce.

#### **Výsledná maximální síla $F_{max}$ [N] manipulanta:**

Senzor č.3 (palec) = 70,7 N

Senzor č.4 (prostředníček) = 96,7 N



Obrázek 4-1 Výsledná síla  $F_{max}$  obsluhujícího manipulanta

#### 4.2.2 Pracoviště č. 1

Prvním měřeným pracovištěm bylo pracoviště, které je obsluhováno jedním pracovníkem. Pracoviště je součástí výrobní linky, kde se v současné době montuje sedačkový zámek GAMMA. Zámek se zde vyrábí jak v pravé, tak levé variantě. Výrobní linka je složena ze 4 pracovišť a každé z nich je obsluhováno pouze jedním pracovníkem. Montáž jednoho kusu kompletního sedačkového zámku trvá 85,45 sec. Operátoři jsou schopni za 1 hodinu práce vyrobit 150 ks výrobků, za celou směnu pak 1123 ks, pokud uvažujeme standardní průběh a čas směny, který je 450 minut.

Naše měření probíhalo pouze na části jedné z operací. Ke zhotovení kompletní sestavy sedačkového zámku je zapotřebí 38 montážních operací. Naše měření probíhalo při sedmnácté a osmnácté operaci. Při 17. operaci dochází k navlečení grifu pružiny na grif čepu. V následné, 18. operaci, dochází k zasazení grifu do domku. A právě toto dotlačení pružiny do těla celého zámku se jevílo jako problémové. Normou stanovený manuální čas práce na 17., resp. 18. operaci je 3,60 sec., resp. 4,68 sec.



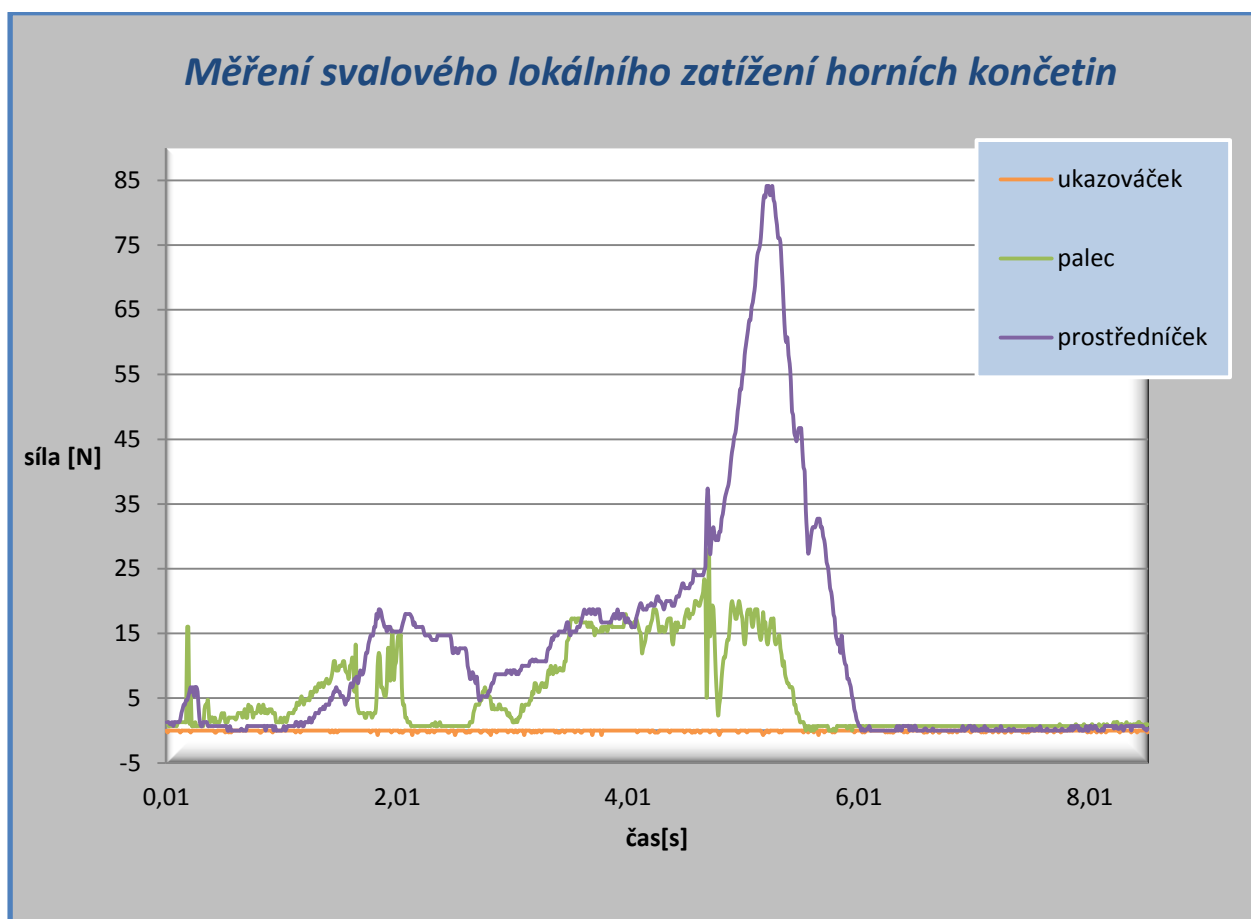
Obrázek 4-2 Sedačkový zámek GAMMA, 17. operace



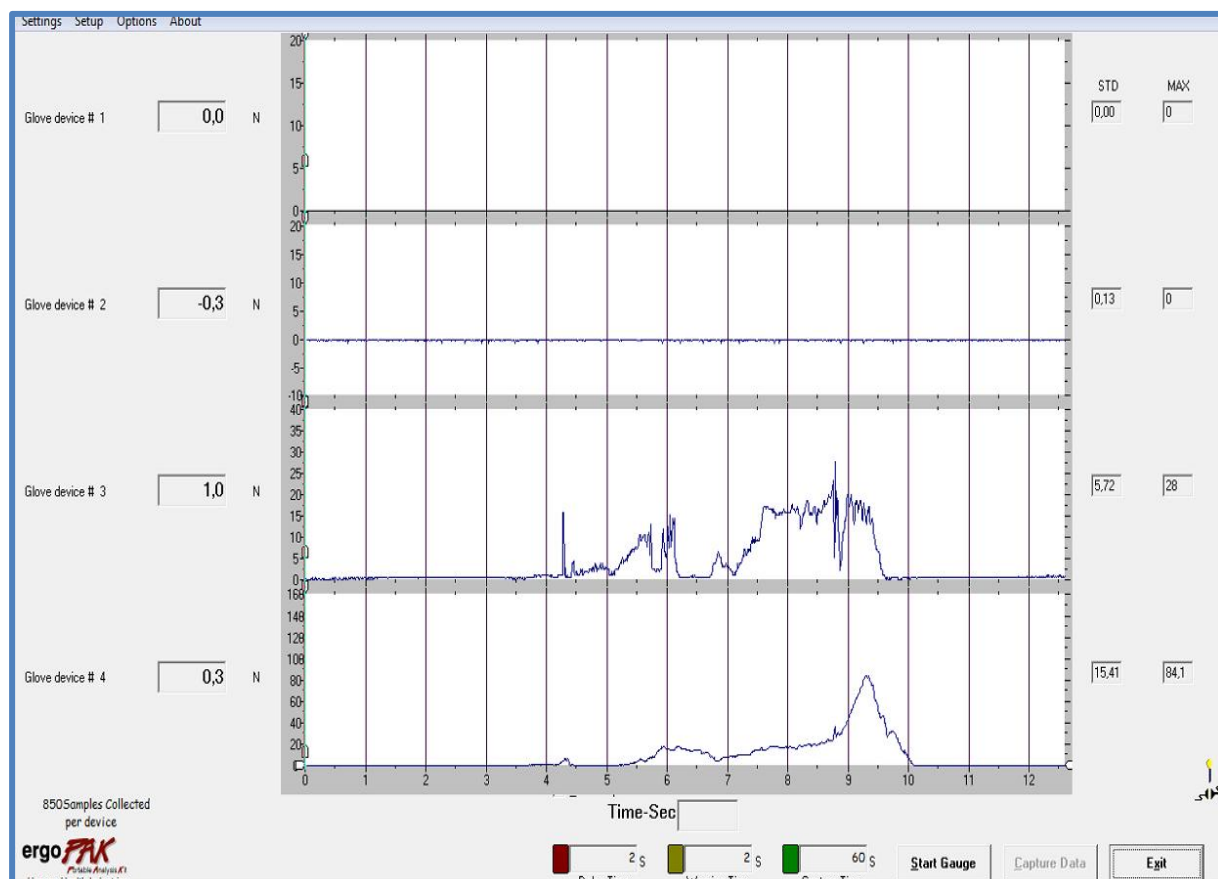
Obrázek 4-3 Sedačkový zámek GAMMA, 18. operace

Obrázky, Obrázek 4-4 a Obrázek 4-5, graficky znázorňují výsledek měření. Ačkoliv manipulátor, který měření prováděl, není stálá obsluha linky, ale pouze zaškolený pracovník, podnikem stanovená časová norma pro manuální práci, tj. 8,25 sec za obě operace, byla dodržena. Manipulátorovi byly snímány pouze 3 prsty – palec ukazováček, prostředníček, které jím byly zapojeny pro správné vykonání montážní práce.

Při první operaci, tj. časový interval 0 – 4 sekundy, je vidět, že křivka je pozvolnějši a nevykazuje náhlé svalové zatížení jednotlivých prstů. Při operaci druhé, tomu již tak není. Z grafu je jednoznačně vidět, že předpoklad managementu byl správný a zasazení pružiny na grifu do těla zámku je velmi zatěžující pro horní končetinu manipulátora. Při největším vypětí byl prostředníček manipulátora zatížen silou 84,1 N. Maximální zatížení netrvá ani 2 sekundy, ale naskytá se další otázka k řešení, jak často za směnu tento úkon pracovník provede a zda jeho ruka není přetěžována přes přípustný limit?



Obrázek 4-4 Grafické znázornění měření - Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac.č.1



Obrázek 4-5 Náhled na screenshot z SW, Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1

„ $F_{max}$  (maximální svalová síla) je síla, kterou je schopen zaměstnanec/osoba dosáhnout při maximálním volném úsilí, vynakládaném konkrétními svalovými skupinami v definované poloze.“ [1]

Z fyziologického hlediska rozdělujeme svalovou sílu na dynamickou a statickou svalovou sílu. Při **dynamické svalové síle** dochází ke střídavému zapojování svalových skupin a střídání napětí a uvolnění svalstva. Mění se tonická kontrakce svalů, což znamená, že se mění délka svalů při zachovaném napětí. U **statické svalové síly** zůstává zachována délka svalů, ale zvyšuje se jeho napětí, jedná se o tzv. izometrickou kontrakci svalů. Rozdíl mezi těmito dvěma silami je i v časovém hledisku, kdy statická svalová síla trvá déle než 3 sekundy.

Základním kritériem hodnocení celkové fyzické zátěže při práci je spotřeba energie, jejíž orientační hodnoty jsou uvedeny v následném shrnutí. Hodnoty jsou rozděleny dle pohlaví. Celková fyzická zátěž není předmětem této práce a informace je udávána pouze pro komplexnost celé problematiky.

Energetický výdej	Jednotky	Muži	Ženy
Směnový průměrný <sup>4</sup>	MJ	6,8	4,5
Směnový přípustný <sup>5</sup>	MJ	8,0	5,4
roční <sup>6</sup>	MJ	1600	1060
Minutový přípustný <sup>78</sup>	kJ.min <sup>-1</sup>	34,5	23,7

Hodnocení lokální svalové zátěže probíhá vždy ve 2 krocích, tj. v analýze pracovních podmínek a ve vyhodnocení prostorových podmínek při práci, kde je nutné se zaměřit na manipulační rovinu a pohybový prostor, umístění ovládacích prvků stroje či na používané pracovní stroje a nářadí. Analýzou pracovních podmínek je myšleno, zejména časové faktory práce, režim práce a odpočinku, plnění výkonových norem a vytipování nárazových prací s velkou silovou zátěží. „Hodnocení lokální svalové zátěže musí vždy zahrnovat údaje, zda:

- v průběhu pracovní doby nepřesahují svalové síly krátkodobé limitní hodnoty (v % maximální svalové síly, %  $F_{max}$ ),
- hodnota celosměnově časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesahuje limitní hodnoty,
- četnost pohybů za minutu a za pracovní dobu v závislosti na velikosti vynakládaných svalových sil nepřekračuje dané limitní hodnoty.“ [1]

„Počet pohybů za pracovní směnu (480minut) se stanovuje vždy v závislosti na %  $F_{max}$  trvání stahu svalu.

**Pracovní úkony s vynaložením síly nad 70%  $F_{max}$ , při práci převážně dynamické jako pravidelné součásti hlavní operace, jsou nepřijatelné.**

**Počet pohybů drobných svalů prstů a ruky:**

- při vynakládaných svalových silách 3%  $F_{max}$  **nesmí překročit hodnotu 110 za minutu;**
- při vynakládaných svalových silách 6%  $F_{max}$  **nesmí překročit hodnotu 90 za minutu.**“ [1]

<sup>4</sup> Vyjadřuje hodnotu energetického výdeje, která nesmí být překročena v průběhu směny při rovnoměrném rozdělení pracovní doby.

<sup>5</sup> Určuje horní přípustnou hranici směnového energetického vývoje v případě nerovnoměrného rozložení zátěže v rámci týdne, měsíce nebo roku s tím, že průměrný energetický výdej za daný interval nesmí překročit energetický výdej směnový průměrný.

<sup>6</sup> Určuje nejvyšší přípustný energetický výdej, vynaložení na práci v průběhu roku a odpovídá množství energie vynaložené na 235 pracovních dnů, při průměrném směnovém energetickém výdeji.

<sup>7</sup> Určuje energetický výdej, který nesmí být v průběhu směny překročen ani při krátkodobých operacích.

<sup>8</sup> Hodnota může být překročena za výjimečných situací u vybraných, fyzicky velmi zdatných skupin pracovníků (např.: hasiči), kteří se podrobili preventivním prohlídkám a splňují zdravotní požadavky.

Přípustné hodnoty v %  $F_{\max}$  pro muže a ženy při práci s převahou:

- převážně dynamické složky práce: 30%
- převážně statické složky práce: 10% [1]

### **Shrnutí hygienických limitů a přípustných hodnot**

Hygienickými limity celkové fyzické zátěže jsou hodnoty energetického výdeje směnové průměrné, směnové přípustné, roční a minutové přípustné a hodnoty srdeční frekvence průměrné, nejvyšší přípustné a zvýšené nad výchozí hodnotu, přepočtené na osmihodinovou směnu. Hygienický limit pro minutovou hodnotu srdeční frekvence je nejvýše 150 tepů za minutu. Všechny zmiňované limity jsou v příloze této práce.

## KONKRÉTNÍ VÝPOČET PRO PRACOVÍŠTĚ Č. 1 VE SPOLEČNOSTI WITTE

### Nejdek, s.r.o.:

Maximální síla  $F_{\max}$  manipulanta:

- palec = 70,7N
- prostředníček = 96,7N

Manipulant vykonával převážně dynamickou složku práce, tj. že dochází ke střídavému zapojování jednotlivých svalových skupin a z časového hlediska má tonická kontrakce svalu trvání kratší než 3 sekundy.

Naměřené hodnoty musí dle normy vyhovět dvěma podmínkám, aby šlo zcela jistě prohlásit, že není ohroženo zdraví a bezpečnost zaměstnance, což by mohlo snížit jeho výkonost, vést k pracovní neschopnosti či ho zcela vyřadit z pracovního procesu v důsledku trvalých následků pracovního úrazu. Pokud alespoň jedna podmínka není splněna, musíme pracovní operaci prohlásit za nevyhovující, bezodkladně zastavit práci a hledat možnosti nápravy a rychlé znovu uvedení výroby do provozu.

Na pracovišti této výrobní linky byla provedena 2 měření:

### 1. Měření

#### **VYHODNOCENÍ PRVNÍ PODMÍNKY – procentuální zatížení z maximální možné síly $F_{\max}$ :**

##### **Pro palec:**

- zatížení palce odpovídá hodnotě 28 N, což je v procentuálním vyjádření přibližně 40%, konkrétně 39,6%. Lokální svalové skupiny, které jsou zapojeny do výkonu práce, nejsou přetěžovány. Spadají do limitu, jen je nutné vyhodnotit druhou podmínku, tj. splnění počtu pohybů.

##### **Pro prostředníček:**

- prostředníček byl při pracovní operaci zatížen 84,1 N, což přibližně odpovídá hodnotě 87% z celkové maximální síly  $F_{\max}$ , konkrétně (86,97%). Lokální svalové zatížení této svalové skupiny je nepřijatelné. Přípustná hodnota je 70% z  $F_{\max}$  a je stanovena pro celosměnovou průměrnou pracovní zátěž svalů za standardního předpokladu, že délka změny je maximálně 480 minut.

#### **VYHODNOCENÍ DRUHÉ PODMÍNKY – počet pohybů:**

Počet pohybů drobných svalů prstů a ruky nesmí překročit 7 - 110 pohybů za minutu, pokud jsou vynakládány síly pro zhotovení pracovní operace v intervalu 3 - 70% z  $F_{\max}$ . Síly menší než 3% nejsou třeba podrobovat větší pozornosti a zkoumání, síly nad 70% z  $F_{\max}$  jsou již nepřijatelné. Počty pohybů jsou hodnoceny podle tabulky<sup>9,10</sup>.

<sup>9</sup> Počty pohybů a průměrné minutové počty pohybů drobných svalů prstů a ruky jsou upraveny v příloze č. 5 NV 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, části A, tabulce č.6.

<sup>10</sup> Tabulka je zařazena v kapitole PŘÍLOHY.



Tato podmínka pro konkrétní výrobek, sedačkový zámeček GAMMA, nebude splněna v jako v předchozím případě u podmínky první. Zatížení prostředníčku je nepřijatelné, proto i druhá podmínka bude hodnocena negativně, protože při zatížení 70%  $F_{max}$  se musí práce okamžitě zastavit a počet pohybů musí být nulový. Co se týče palce, tak tam podmínka bude splněna. Při zatížení 40%  $F_{max}$  je možné zopakovat 10 pohybů při stejném zatížení za minutu nebo 4800 pohybů za osmihodinovou pracovní směnu. Obsluha výrobní linky je schopna smontovat 150 kusů za hodinu, z čeho jednoznačně vyplývá, že i operátor výrobní linky zopakuje pohyb 150krát za hodinu. Dle tabulkové hodnoty je možné pohyb za hodinu vykonat 600 krát pokud uvažují standardní osmihodinovou směnu. Podmínka pro palec je splněna.

Celkově ale nelze považovat pohyb těchto svalových skupin za bezproblémový. Aby tomu tak bylo, musely by být obě podmínky 100% splněny.

## 2. Měření

### **VYHODNOCENÍ PRVNÍ PODMÍNKY – procentuální zatížení z maximální možné síly $F_{max}$ :**

#### **Pro palec:**

- zatížení palce bylo 35,4 N. Zatížení je 50,07% z  $F_{max}$  čili tato zatížení této svalové skupiny odpovídá intervalu, ve kterém musíme posoudit i počet pohybů jak za minutu, tak za celou směnu. Pokud bude i tato podmínka splněna, práce není ohrožena ani z hlediska zdraví ani z hlediska bezpečnosti.

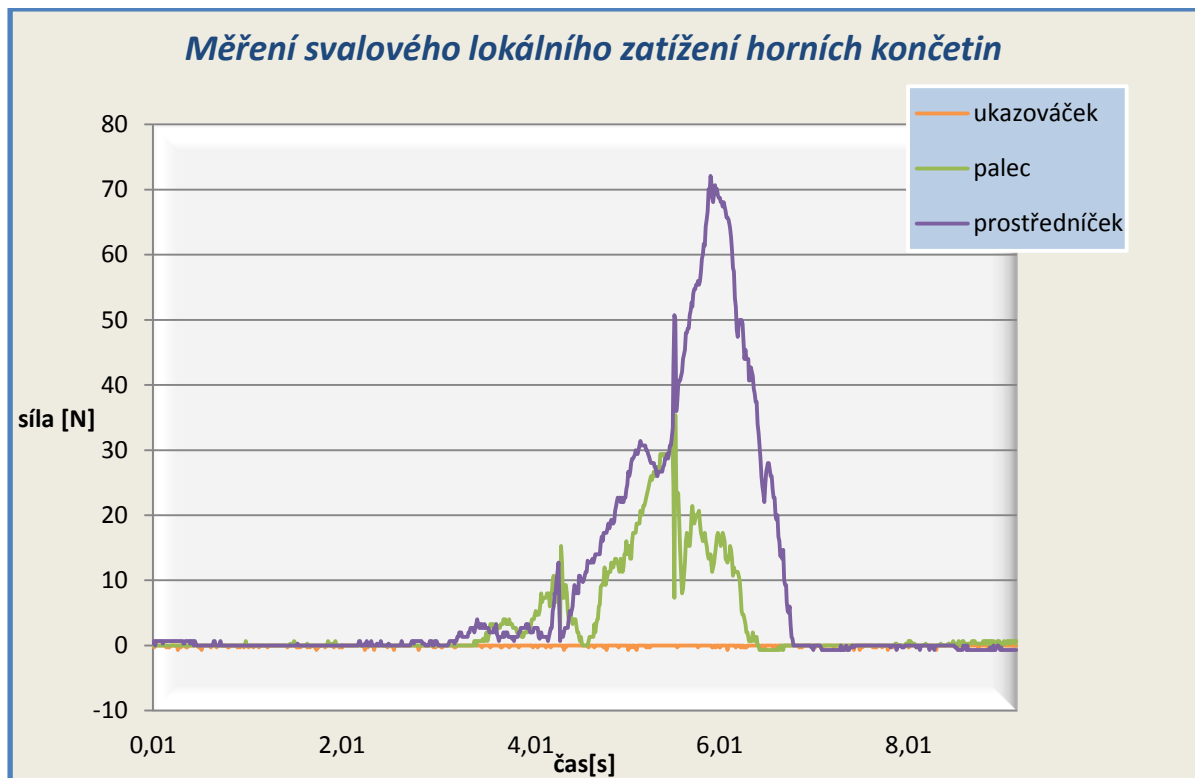
#### **Pro prostředníček:**

- prostředníček byl při pracovní operaci zatížen 72,1 N, což odpovídá hodnotě 74,56% z celkové maximální síly  $F_{max}$ . Síla zatížení je nepřijatelná pro další práci.

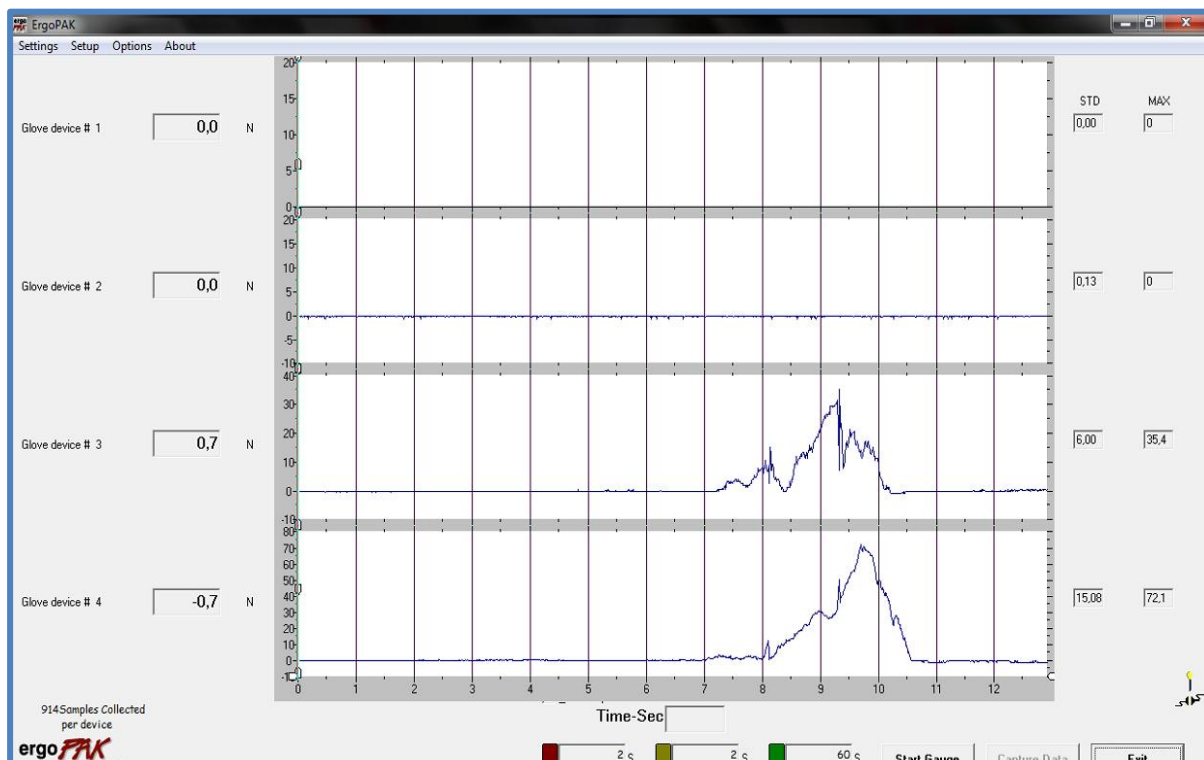
### **VYHODNOCENÍ DRUHÉ PODMÍNKY – počet pohybů:**

Při 50% zatížení  $F_{max}$  můžeme vykonat průměrně 7 pohybů za minutu, tj. 2700 pohybů za osmihodinovou směnu. I v tomto případě bude podmínka splněna. Jak již bylo řečeno, výrobní linka vyrobí 150ks/hodinu, při tomto zatížení mohou svalové skupiny opakovat pohyb až 337 krát za hodinu. Až po překročení tohoto limitu se stane z bezproblémové a zdraví neškodné práce, práce nevyhovující.

Pro prostředníček platí, jako v případě prvního měření, že práce jsou nevhodné a nesplňují ani jednu podmínku.



Obrázek 4-6 Grafické znázornění měření 2 – Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1



Obrázek 4-7 Náhled na screenshot z SW - Svalové lok. zatížení hor. končetin, prac. č.1

## **Závěrečné hodnocení pracoviště na výrobní lince pro výrobu sedačkového zámku GAMMA**

Měření bylo provedeno pouze na 2 výrobních operacích z 38 možných, které jsou nutné ke smontování sedačkového zámku GAMMA a byly vybrány jen podle zkušenosti normovačů a vedoucích pracovníků. Jejich očekávání se naplnila, a proto by bylo vhodné přeměřit všechny ostatní pracoviště a na nich prováděné výrobní operace. Byla provedena 2 měření na stejném pracovišti, se stejným manipulátem, takže je možné porovnat výsledky. V obou měřených případech jsem vždy došla ke stejnému závěru, tj. palec vyhovující, prostředníček silně přetěžován. Ukazováček měl v obou případech funkci pouze přídržovacího charakteru a jeho silové zatížení je zanedbatelné.

Již z tohoto ukázkového měření lze prohlásit, že výrobní linka nesplňuje všechny požadované normy z oblasti ergonomie a lze tedy předpokládat, že postupem času může docházet ke zvýšené pracovní neschopnosti jednotlivých pracovníků a v konečném důsledku i k trvalé invaliditě s poruchami horních končetin.

### 4.2.3 Pracoviště č. 2

Toto pracoviště je umístěno na jiné výrobní lince, než tomu bylo v předcházejícím případě. Na rozdíl od předcházejícího měření, kde byly měřeny pouze 2 výrobní operace, při tomto měření dochází ke zjišťování požadovaných hodnot všech operací na jednom kompletním pracovišti. Na tomto pracovišti se setkáváme ještě s jedním výrazným rozdílem a to, že měření na prvním pracovišti bylo prováděno pomocí fiktivního manipulanta, kdežto na tomto pracovišti jsou měřeny hodnoty skutečného operátora. Operátorem je muž, věková kategorie 20 – 25 let.

Součástí pracoviště je nýtovačka, která je obsluhována jedním operátorem a byly zkoumány tažné síly na páce, které vykonával pomocí opakovaného pohybu horní končetinou.

Samotné měření bylo prováděno pomocí tenzometru určeného k měření větších sil a táhla v podobě třmenu. Obě tyto komponenty byly pomocí kabelu propojeny do rozbočovače a následně přenášeny do PC.

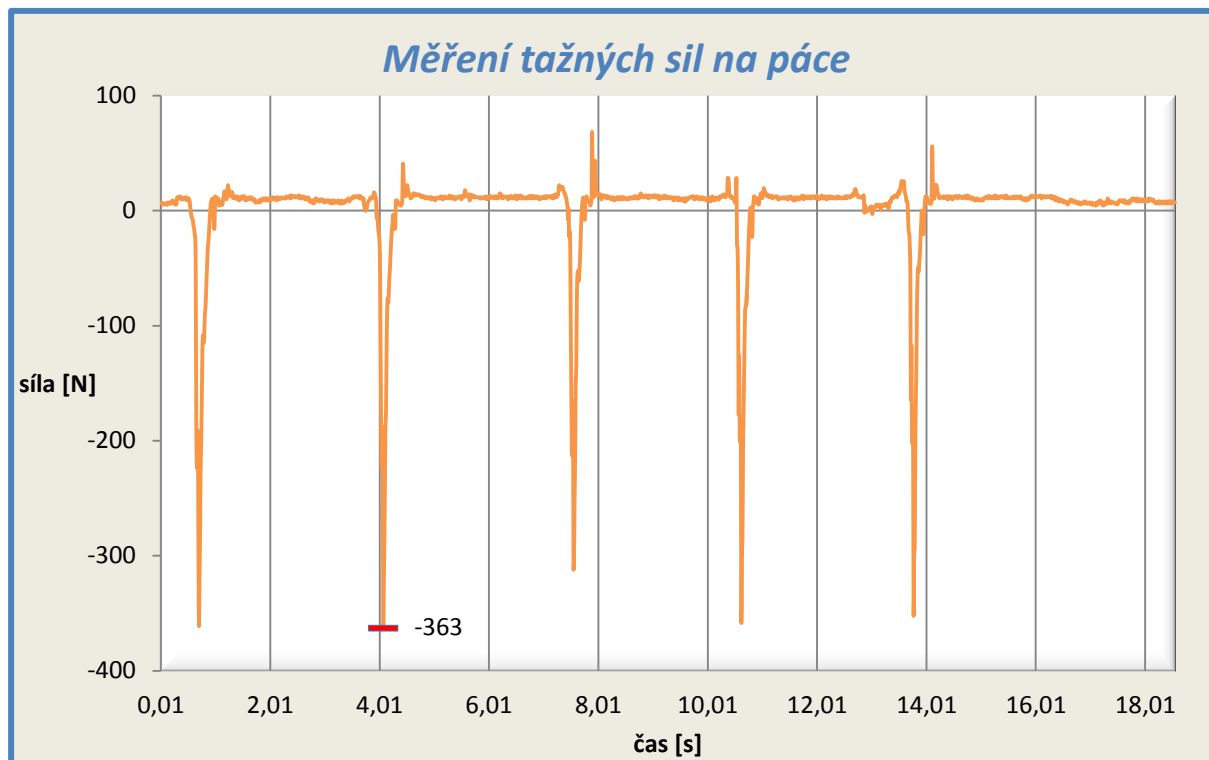


Obrázek 4-8 Pohled na pracoviště č.2

I v tomto případě jsou získané výsledky hodnoceny podle vládního nařízení č. 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, jako u předcházejícího pracoviště. Jen zde není zjišťováno procentuální zatížení maximální silou a počet pohybů za minutu, ale velikost tažných a tlačných sil při pohybu horní končetinou. Výsledné hodnoty nám vykazuje graf jak v záporných, tak kladných hodnotách. Zde je nutné říci, že hodnoty záporné jsou tažné síly a hodnoty kladné jsou tlačné síly.

Měření probíhalo 18 sekund. Z obrázku, Obrázek 4-9, je možné vysledovat, že přibližně po 4 sekundách docházelo k rapidnímu nárůstu tažných sil. Při každém extrémním vychýlení byla páka nýtovačky ve své nejnižší poloze a docházelo k uchycení plechu k tělu zámku.

V čase 4,01 sekunda došlo k nejvyššímu extrému, tj. k zatížení pravé ruky silou 363 N. Hodnotu mohou uvažovat v absolutní hodnotě. Mínus před hodnotou určuje pouze, zda byla síla tlačná nebo tažná. V tomto případě byla síla záporná, tj. tažná.



Obrázek 4-9 Grafické znázornění měření - Měření tažných sil na páce, prac. č. 2

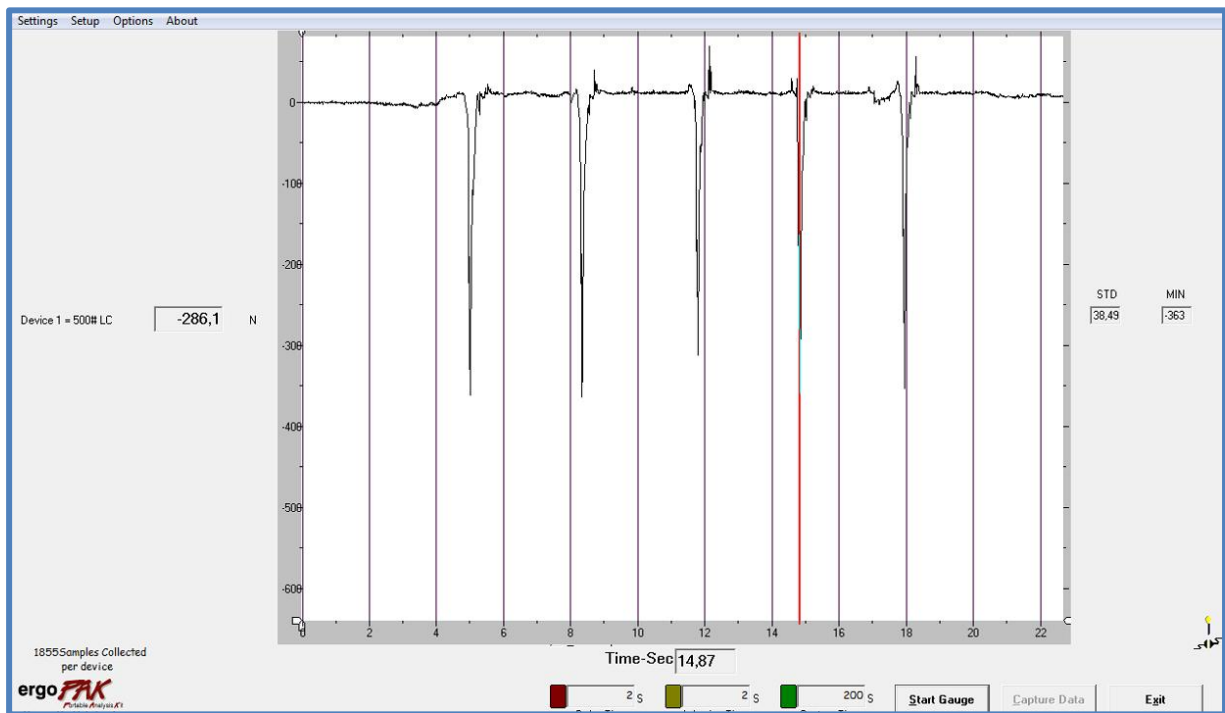
Působení tažných a tlačných sil je možné vyhodnotit dle nařízení č. 68/2010 ze dne 22. února 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. V nařízení je jednoznačně stanoveno, že:

přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci je:

- a) pro muže tlačné 310 N a tažné 280 N,
- b) pro ženy tlačné 250 N a tažné 220 N. [2]

V našem případě, se nás týká podmínka a), protože manipulátem byl muž. Z grafu je vidět, že všechny tažné síly, vykonávané zhruba po 4 sekundách, přesáhly přípustný hygienický limit 280 N. V nejextrémnějším případě se jedná o překročení 83 N.

Nejjednodušším, nejrychlejším a zároveň i nejlevnějším řešením při pracovních činnostech, které překračující stanovené hygienické limity, je přerušit práci bezpečnostními přestávkami v intervalech 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce či zajistit střídání při jednotlivých činnostech dostatečným počtem zaměstnanců. Pokud tomuto společnost nebude věnovat zvýšenou pozornost, může dojít, jako v předcházejícím případě, k nebezpečí úrazu, zvýšení pracovní neschopnosti, snížení výkonosti atd.



Obrázek 4-10 Náhled na screenshot z SW - Měření tažných sil na páce, prac. č. 2

#### 4.2.4 Pracoviště č. 3

Posledním pracovištěm, které bylo zkoumáno ve společnosti WITTE Nejdek, s.r.o., byl jejich firemní sklad. Sklad je součástí montážní haly, je umístěn v jejím centru. Sklad je regálový a každý regál má čtyři výškové pozice. Jednotlivé součástky určené k montáži jsou uskladněny v KLT krabicích a jsou systematicky vzestupně řazeny od nejtěžších a objemných kusů po nejmenší KLT krabice s nejlehčími spojovacími prvky.

Ve skladu je zaveden systém kanbanu, což je bezzásobová technologie, která byla poprvé vyvinuta japonskou firmou Toyota Motors Company. Systém funguje na principu tzv. samořídícího regulačního okruhu – tzn. na principu objednávacího a odebírajícího. Odběratel zašle dodavateli prázdný přepravní prostředek se štítkem, japonsky kanban. To je výrobní průvodka, která má funkci objednávky. Po doručení zahájí dodavatel výrobu příslušné dávky. Po naplnění přepravního prostředku, v našem případě KLT krabice, touto vyrobenou dávkou a pak se odesílá zpátky k odběrateli. Sklad je zásoben pomocí kanbanového vláčku, který jezdí v pravidelném taktu.

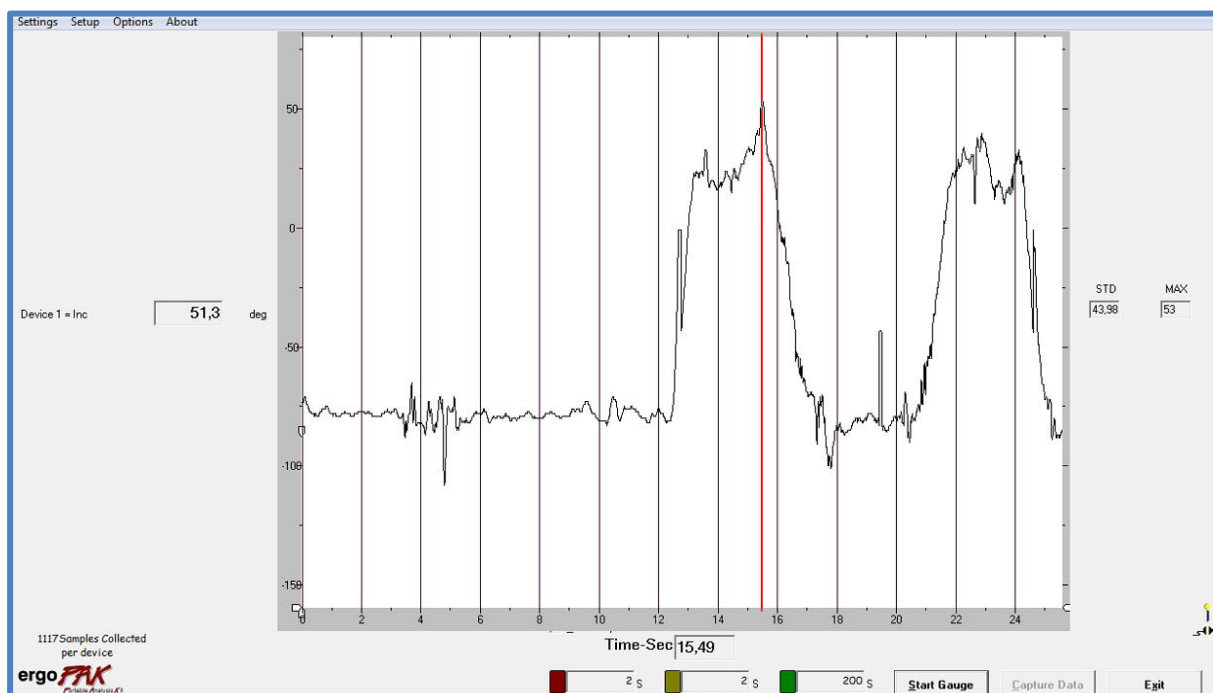
Systém skladu plně vyhovuje výrobě, ale nabízí se otázka, zda také plně vyhovuje ergonomickému hledisku, které ve společnosti není na takové úrovni jako všechny ostatní oblasti.



Obrázek 4-11 Pohled na pracoviště č. 3

V rámci měření jsem zkoumala přetěžování horních končetin ve stanovené pracovní poloze. Cílem tohoto měření je zjistit úhlové výchylky v ramenním kloubu od svislé osy těla v závislosti na čase. Stejně tak jako při lokální svalové zátěži je hodnocena statická a dynamická složka zátěže.

Manipulant na obrázku, Obrázek 4-11 Pohled na pracoviště č. 3 názorně ukazuje průběh měření. Pohyb jeho horních končetin, na kterých měl připevněn akcelerometr k měření úhlového výchylky, můžeme vidět díky grafickému znázornění na Obrázek 4-12. Při prvním výrazném vychýlení křivky můžeme sledovat jeho pohyb rukama do regálu pro přepravku a její položení na zem. Druhé vychýlení křivky je pohyb opačný, tj. přepravka ze země zpět do regálu. Z obou pohybů je vidět, že mezi nimi není výrazný rozdíl. Maximální vychýlení ramenního kloubu od svislé osy těla bylo v tomto konkrétním případě 53°.



Obrázek 4-12 Náhled na screenshot z SW - Úhlové výchylky v ramen. kloubu, prac. č. 3

### Podmínky pro vyhodnocení zátěže:

Pracovní polohu při práci s horními končetinami hodnotíme ve dvou krocích. V prvním kroku řešíme otázku, zda pracovní poloha je nepřijatelná či podmíněně přijatelná a zároveň zda je dynamická či statická. V kroku druhém řešíme časový faktor.

#### 1 KROK a) : Nepřijatelná pracovní poloha

- **Statická poloha** – nevhodná poloha paže a extrémní polohy horních končetin. Vzpažení paže je větší než 60°.
- **Dynamická poloha** - Vzpažení paže je větší než 60° při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2/minuta. Polohy kloubů v rozsahu, který se blíží maximálním rozpětím s frekvencí pohybů větší nebo rovné 2/minuta. [3]

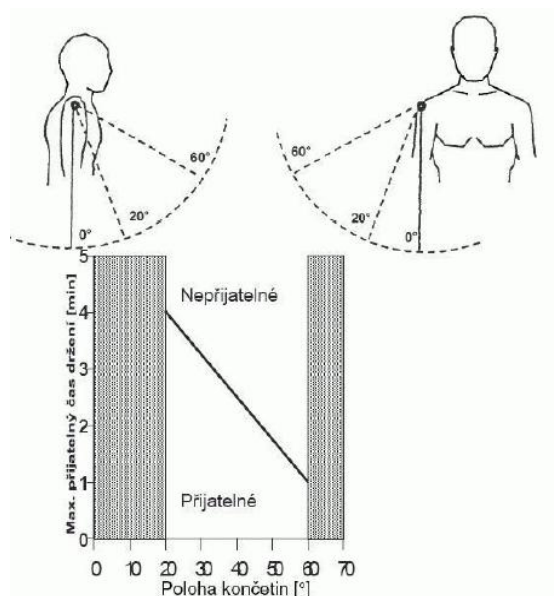


## 1 KROK b) : Podmíněně přijatelná poloha

- **Statická poloha** – Vzpažení paže 40-60°, jestliže paže není podepřena (podmíněně krokem 2a)
- **Dynamická poloha** - Vzpažení paže 40-60° při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2/minuta. (podmíněně krokem 2b). Zapažení při frekvenci pohybů menší než 2/minuta (podmíněně krokem 2b). Polohy kloubů v rozsahu, který se blíží maximálním rozpětím s frekvencí pohybů menším než 2/minuta. [3]

## 2 KROK Časový faktor

- a) Musí být dodržen maximálně přijatelný čas držení.
- b) Není přijatelná při frekvenci pohybů větších nebo rovných 10 pohybů/minuta. [3]



Obrázek 4-13 Možnosti vychýlení ramenního kloubu dle NV 361/2007 Sb.

Jak je zřejmé z obrázku, Obrázek 4-13, všechny podmínky stanovené vládním nařízením jsou vztažené k základní rovině, rovnoběžné se svislou osou těla. Odtud je počítána nula. Hodnotící program, který používáme my, má ale základní rovinu o 90° otočenou, tzn. kolmo k svislé ose těla.

Dle obrázku je také zřejmé, že vychylka v ramenním kloubu by neměla být větší než 60°, ostatní další polohy jsou již nepřijatelné. Při našem pohybu, vzetí krabice mimo regál a vrácení zpět, měl náš manipulát ramenní kloub otočen o 143°. Musíme brát totiž v úvahu, že základní roviny jsou otočené o 90°. Proto k hodnotě 53° musím ještě 90° přičíst, abychom získali přepočtený úhel od základní roviny jako ve vládním nařízení.

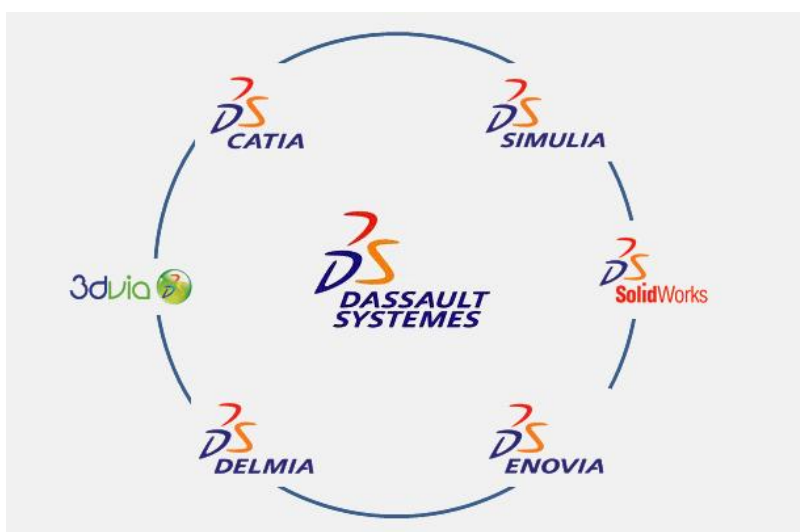
Dle obou hodnotících kroků je tato poloha dynamická a nepříjemná. Dynamická nepříjemná poloha není podmíněna druhým krokem. Při nedostatečných přestávkách či střídání pracovníků může v těchto nepříjemných polohách vzniknout vážné a nevratné pracovní onemocnění. Jako jsou zánět rotátorovy manžety, artróza ramenního kloubu, onemocnění spojená s loktem či předloktím.

## 5 Srovnání se softwary digitální továrny

Zde se nabízí otázka: Jaký je rozdíl mezi měřením pomocí tenzometrické řady a co vše nám nabízí softwary digitální továrny? Trend digitalizace se nevyhnul ani moderní vědní disciplíně, jakou ergonomie bezesporu je. Tato kapitola bude věnována porovnání výstupů ze sady ergoFET a ze softwarů digitální továrny.

Softwarů orientovaných na ergonomii je celá řada. Mezi hlavní společnosti, které určují směr na trhu v tomto odvětví, se řadí Siemens a Dassault Systemes. Prvně jmenovaný přichází s německo–izraelským produktem Tecnomatix a druhý s americkým produktem Delmia. Obě společnosti jsou úzce spjaty s leteckým a automobilovým průmyslem a provázaněji spojují jednotlivé projekční kroky převážně zaměřené na ekonomické a výrobní ukazatele.

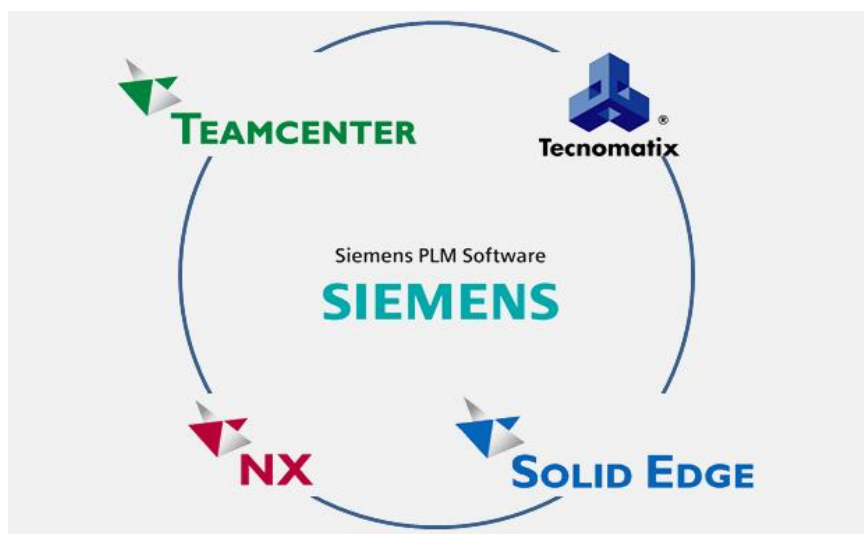
*„Francouzská společnost Dassault Systèmes, vedoucí světová firma z oblasti CAD/CAM/CAE/PLM systémů, se sídlem v Paříži nabízí pro oblast digitálního plánování výroby americký produkt Delmia. V centru zájmu společnosti je hledání cest k úplným procesně orientovaným digitálním řešením pro výrobní sektor a to v celé šíři životního cyklu výrobku (PLM) - od 3D definice produktu, přes specifikaci výrobních podmínek a procesní tvorbu výrobního systému, prostorovou strukturu výrobní základny, optimalizaci a simulaci procesů, až po regulaci a řízení výrobního provozu. Na následujícím obrázku je vidět portfolio produktů společnosti Dassault Systèmes.“ [5]*



Obrázek 5-1 Portfolio produktů Dassault Systemes [5]

Tato práce se bude podrobněji zabývat produktem od konkurenční společnosti, tj. Siemens Tecnomatix, neboť tento produkt poskytuje větší množství výstupů z ergonomických analýz, a je proto vhodnějším kandidátem na srovnání. *„Německá firma Siemens PLM nabízí pro oblast digitálního plánování výroby německo-izraelský produkt Tecnomatix. Kromě tohoto produktu, nabízí firma Siemens další produkty nepostradatelné pro pokrytí celého životního cyklu výrobku - od prvního návrhu, přes konstrukci, simulace, technickou přípravu výroby až po projektování výrobní základny, ergonomii pracovišť a následnou údržbu a opravy.“ [5]*

A právě modul Tecnomatix Jack, podporující ergonomii pracoviště, bude předmětem mého dalšího zájmu.



Obrázek 5-2 Portfolio produktů společnosti Siemens PLM [5]

*„Jack je komplexní 3D simulační nástroj pro hodnocení lidského chování při práci. Umožňuje simulovat, kontrolovat a vyhodnocovat působení pracovní činnosti a pracovního místa na člověka. S pomocí části Digitální továrny TECNOMATIX Jack, určené pro simulaci lidské činnosti, to dokážete již ve virtuálním světě bez investic do zařízení a technologií.“ [6]*

Jack je hlavně ergonomickým nástrojem určeným pro simulaci, ale také k optimalizaci ovládání výrobku, pracovního prostředí či přizpůsobení práce člověku. Tento software nabízí velmi propracovaný digitální model člověka, který byl původně vyvinut za podpory NASA. Vyznačuje se zejména reálným fyziologickým rozsahem pohybů kloubů a antropometrií. Rychlé vytváření simulace pohybů je umožněno prostřednictvím inverzní kinematiky. SW je vybaven rozsáhlou databází populačních průzkumů pomocí nichž definujeme rozsah velikosti digitálního modelu člověka, případně jsme schopni definovat virtuálního člověka dle vlastních rozměrů.

Jack Tecnomatix je velmi silným nástrojem hlavně pro ergonomu, pracovní lékařské odborníky či techniky BOZP, kteří pomocí něhož jsou schopni předcházet poškození zdraví při práci a optimalizovat pracovní výkon. Neméně schopným pomocníkem je i pro konstruktéry a technology, kteří pomocí něj provádějí důkladné analýzy pracoviště v CAD prostředí ještě před výrobou fyzických komponent, snižuje náklady na výrobky a jejich konstrukci a současně vytváří uživatelsky příjemnější výrobky.

Proaktivní ergonomie, kterou tento produkt podporuje, přináší řadu výhod - zvýšení účinností, využití prostředků či bezpečnosti nebo naopak určité procesy snižuje, např.: počet zranění a nemoci z povolání či náklady na výcvik. K dalším pozitivním faktorům se řadí eliminace nákladů na přepracování plánu díky včasnému odkrytí problémů s výkonem lidí a zvládnutelností úkonů.

### Mezi další pozitiva jsou zejména řazeny:

- snížení fluktuace a nákladů na zácvik nových lidí,
- snížení ztrátových časů – optimalizace rozložení pracoviště,
- zvýšení produktivity, kvality, snížení nákladů na dodatečné opravy/úpravy,
- snížení počtu výrobních problémů ještě před stavbou fyzického prototypu/produktu
- minimalizace problémů s nástroji, vybavením, rozložení výrobních zařízení na pracovišti.

### Možnosti analýz v digitálním prostředí

- Proveditelnost pracovních operací a ergonomicky přijatelná poloha pracovníka,
- nebezpečí zranění, únavy, nepříznivých poloh, porovnání s ergonomickými standardy,
- vzdálenost pracovních pomůcek, dosažení či nedosažení a co uvidí nebo neuvidí,
- zda je v konstrukci dostatek prostoru pro montáž dílu a nedošlo případně ke kolizi,
- analýza nebezpečí poranění z přetížení, biomechanické zatížení zad a částí těla, spotřeba metabolické energie, nutné odpočinkové časy. [6]

### Konkrétní metody, které je možné provádět v SW Tecnomatix JACK

- **Fatigue Analysis** – tato analýza hodnotí únavu pracovníka v pracovních polohách. Pomocí tohoto nástroje se spočítá čas, který je potřebný k vykonání určité práce a srovnává ji s dobou, která je možná na odpočinek v rámci pracovního cyklu. Pokud není dostatek času na odpočinek, je nutné tomu přizpůsobit pracovní cyklus, v opačném případě je vysoké riziko únavy.
- **ForceSolver**
- **Lower Back Analysis** – je analýza zaměřená na zjišťování tlakových sil, smykových sil a momentů působící mezi obratli L4 a L5 v oblasti bederní páteře. Výsledky jsou porovnávány s doporučenými limity dle metody NIOSH.
- **Manual Handling Limits** - Manual Handling Limits je vhodná pro analýzu úkolů spojených s manipulací s břemeny, resp. zvedání, pokládání, tažení, tlačení a přenášení. Funguje na základě metody Snook & Ciriello a jako jedna z mála k vyhodnocení nepotřebuje postavu modelu člověka.
- **Metabolic Energy Expenditure** – pomáhá zhodnotit metabolické požadavky, tj. energetický vývoj při pracovní činnosti jedince. Vše odhaduje na základě jednoduchých pracovních charakteristik.
- **NIOSH** – je metoda zaměřená na hodnocení manipulace s materiálem, konkrétně na analýzu zdvihacích a pokládacích úkonů. Výsledkem metody jsou doporučené hmotnostní limity.
- **Ovako Working Posture Analysis (OWAS)** - analýza OWAS je zaměřená na hodnocení pracovního postoje. Kritéria, která se hodnotí, jsou váha zvedaného

břemene (tři kategorie), pozice zad (čtyři pozice), pozice rukou (tři pozice) a pozice dolních končetin (sedm pozic). Výsledkem je 252 možných kombinací, které byly zařazeny do čtyř akčních kategorií, které udávají nutnost ergonomické změny

- **Predetermined Time Standards** – tento nástroj se často používá k nastavení pracovních norem, ke kvantifikaci času potřebného k naplnění specifických úkolů.
- **Rapid Upper Limb Assessment (RULA)** - metoda, která hodnotí silové poměry a postoje pracovníků se zaměřením na horní končetiny, tj. paže, předloktí, zápěstí, krk, trup. Jednotlivé části obduje, a na základě těchto bodů jsou jednotlivé polohy hodnoceny. Polohy jsou hodnoceny s ohledem na odklon od neutrální polohy
- **Static Strength Prediction** – procentuálně zhodnotí tu část populace, která je schopna vykonat jistý pracovní úkon na základě pracovní polohy a antropometrických údajů.

Na základě zevrubného prostudování jednotlivých analýz jsem pro srovnání výstupů se sadou ergoFET vybrala následující analýzy:

- **Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**
- **Okako Working Posture Analysis (OWAS)**
- **Manual Handling Limits**
- **ForceSolver**

Výše zmíněné nástroje jsou svojí povahou, resp. zaměřením, možné srovnat s mechanickým měřidlem ergoFET.

## 5.1 Ergonomické metody vybrané ke srovnání

### 5.1.1 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Rula je metoda, která hodnotí silové poměry a postoje pracovníků se zaměřením na horní končetiny. Rula byla poprvé zveřejněna univerzitními pracovníky v anglickém Nottinghamu.

Metoda je zaměřena na jednotlivé části těla jako jsou paže, předloktí, zápěstí, krk, trup a dolní končetiny, které jednotlivě boduje, a na základě těchto bodů jsou jednotlivé polohy hodnoceny. Polohy jsou hodnoceny s ohledem na odklon od neutrální polohy. U každé části těla jsou popsány tzv. základní polohy k získání základního skóre. Základní skóre je popsáno pro různé rozsahy flexí a extenzí. Čím větší odklon od neutrální osy, tím více se zapíše bodů do základního skóre. Základní skóre není jediné bodování. Pro rotace a úklony je definováno proměnné skóre, tzv. dodatečné body. Jedním z hlavních sledovaných faktorů v ergonomii je hmotnost zvedaného břemena a proto i tato metoda zohledňuje hmotnost manipulovaného břemene. Posledním skóre, které je zohledněno v této metodě, je skóre aktivity. Skóre aktivity řeší, zda je poloha statická či dynamická.

Řadí se mezi posturální analýzy, které hodnotí biomechanické a polohové zatížení jednotlivých částí lidského těla. Jedná se o metodu rychlou, jednoduchou a velmi levnou, protože vyžaduje pouze tužku a papír. Metoda je velmi ceněná, protože umožňuje hodnotit i různé kombinace rizikových faktorů, což do této doby nebylo se stávajícími metodami vůbec možné. [7]

The image shows a screenshot of the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software interface. The window title is 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)'. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Task Entry' tab is active. The 'Human' dropdown is set to 'human'. The 'Body Group A Loading (Arm, Wrist)' section has 'Muscle Use' with 'Normal, no extreme use' selected, and 'Forces and Loads' with '< 2 kg intermittent load' selected. 'Arm Support' is unchecked. The 'Legs and Feet' section has 'Seated, Legs and feet well supported. Weight even.' selected. The 'Body Group B Loading (Neck, Trunk)' section has 'Muscle Use' with 'Normal, no extreme use' selected, and 'Forces and Loads' with '< 2 kg intermittent load' selected. At the bottom right are 'Usage' and 'Dismiss' buttons.

Obrázek 5-3 JACK, Nastavení vstupních hodnot analýzy

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active. The interface is divided into several sections:

- Job Information:** Fields for Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, and Date.
- Body Group A Posture Rating:** A list of body parts with their respective scores: Upper arm: 3, Lower arm: 2, Wrist: 2, Wrist Twist: 2, and a Total score of 4.
- Body Group B Posture Rating:** A list of body parts with their respective scores: Neck: 3, Trunk: 3, and a Total score of 4.
- Muscle Use and Force/Load:** Two boxes showing 'Muscle Use: Normal, no extreme use' and 'Force/Load: < 2 kg intermittent load'. The 'Arms' field is set to 'Not supported'.
- Legs and Feet Rating:** A text box stating 'Seated, Legs and feet well supported. Weight even.'
- Grand Score:** A prominent yellow box displaying 'Grand Score: 4' and the action 'Action: Further investigation needed. Changes may be required.'
- Buttons:** 'Update Analysis', 'Usage', and 'Dismiss' buttons are located at the bottom.

Obrázek 5-4 JACK, Výpočet výsledného skóre a zatížení jednotlivých končetin

### Srovnání se sadou ergoFET

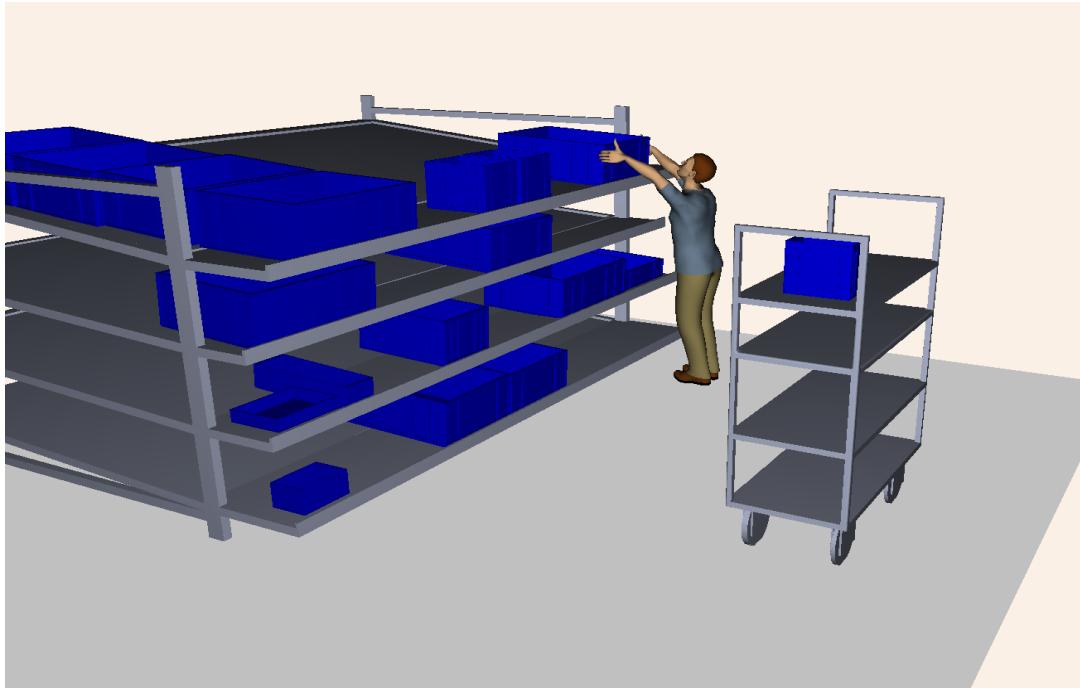
Jednou z možností sady ergoFET je měření úhlů v různých pracovních polohách pomocí inklinometru. Metoda RULA je též schopna stanovit výchylky v kloubu, rep. úhly končetin v pracovních polohách. Postupně stanovuje skóre jednotlivých tělesných partií na základě úhlového rozpětí pro optimální polohy. A na základě výsledného součtu skóre je možno určit zda je poloha vyhovující či nikoli.

Můžeme si zde uvést příklad. Dle obrázku, Obrázek 5-3, je hodnocená pracovní poloha nadloktí (na obrázku označená jako „upper arm“) hodnocena skórem 4, tzn. že, tato poloha se nachází v rozmezí  $90^\circ +$ . V softwaru Jack můžeme tedy na modelu provést analýzu nejvhodnějších pracovních poloh a následně za pomoci sady ergoFET v reálných podmínkách ověřit příslušné úhlové rozsahy, které mají být dodrženy dle norem a vládních nařízení.



### Konkrétní případ srovnání – ruční manipulace s břemenem

V konkrétním případě srovnávám pracoviště č.3 – regálový sklad. Analyzuji pohyb horními končetinami, konkrétně manipulaci s břemenem nad úrovní ramen. Je zde předpoklad, že dochází k přetížení ramenního kloubu, které je povolené do maximální výše 60°, což je zde překročeno.



Obrázek 5-5 JACK, celkový pohled na pracoviště č.3



Obrázek 5-7 JACK, detailní pohled na prac.č.3



Obrázek 5-6 Reálné podmínky na prac.č.3

Konečné hodnocení metody RULA je rozděleno na 2 skupiny – skupina A a skupina B. Ve skupině A jsou hodnoceny jednotlivé pozice horních končetin – nadloktí, předloktí a zápěstí. Celkově je skupina A hodnocena skórem 6. Ve skupině B se hodnotí poloha krku a trupu. Tyto pozice jsou hodnoceny celkovým skórem 6. Celkové skóre skupin A a B je 7, což tuto polohu řadí mezi nepříjemné polohy.

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active. The interface contains several input fields and summary sections:

- Task Entry:** Job Title: skladník 3, Job Number: (empty), Location: sklad WITTE, Analyst: (empty), Comments: (empty), Date: (empty).
- Body Group A Posture Rating:** Upper arm: 4, Lower arm: 3, Wrist: 2, Wrist Twist: 2, Total: 6.
- Body Group B Posture Rating:** Neck: 4, Trunk: 1, Total: 6.
- Muscle Use:** Normal, no extreme use.
- Force/Load:** 2-10 kg intermittent load.
- Arms:** Supported.
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Grand Score: 7** (highlighted in red).
- Action:** Investigation and changes are required immediately.
- Buttons:** Update Analysis, Usage, Dismiss.

Obrázek 5-8 JACK, celkové vyhodnocení metody RULA

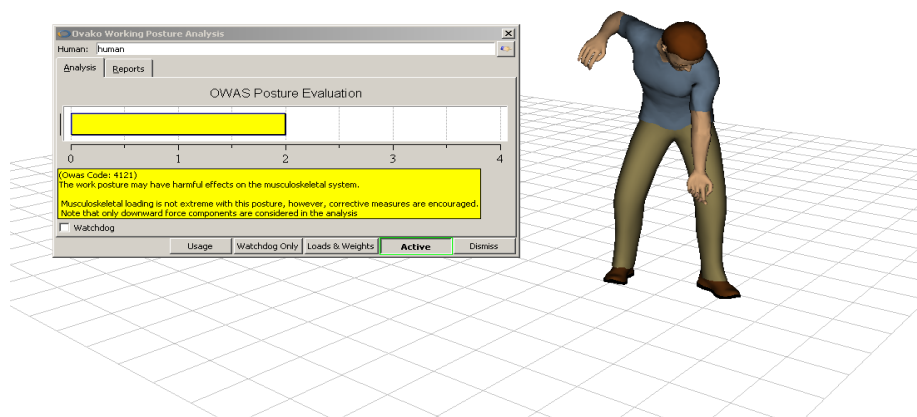
Metodu RULA lze ověřit pomocí sestavy ergoFET. Měření s využitím podsestavy ergoPAK probíhalo za použití inklinometru. Byl měřen pohyb vzetí krabice mimo regál a vrácení zpět stejně jako v předcházejícím případě metodou RULA. Mechanickým měřením bylo zjištěno, že manipulát měl ramenní kloub vytočen o 143° od svislé osy těla. Musíme brát totiž v úvahu, že roviny dle normy a v programu jsou otočené o 90°. Proto k naměřené hodnotě 53° musím ještě 90° přičíst, abychom získali přepočtený počet od základní roviny jako ve vládním nařízení.

V obou případech analyzování pohybu horní končetinou jsem dospěla k závěru, že poloha je dynamická a nepříjemná. Dynamická nepříjemná poloha není podmíněna časovým faktorem. Měření pomocí ergoPAK byl závěr, který byl zjištěn ze softwaru Tecnomatix Jack, potvrzen.

### 5.1.2 OWAS (Ovako Working Posture Assessment System)

Metoda OWAS prvně spatřila světlo světa v ocelárně Ovako ve Finsku, psal se rok 1973. Pracovníci ocelárny ji tehdy popsali jako metodu vhodnou pro analyzování držení těla během vykonávané práce. V tomto duchu se užívá dodnes, tj. jako rychlá kontrola pracovní pozice a postoje z hlediska pohodlí a hodnotí jak naléhavé je stanovení nápravních opatření. Toto vše hodnotí na základě polohy zad, horních a dolních končetin a úrovně zatížení. Danému pracovnímu postoji, který může být kombinací mnoha pracovních poloh, se přiřadí číslo, dle kterého bude uskutečněno následné hodnocení.

Metoda OWAS je vhodná jako rychlá kontrola pracovní pozice a postoje z hlediska komfortu a zhodnocení naléhavosti korektivních opatření. Hlediska, která se hodnotí, jsou váha zvedaného břemene (tři kategorie), pozice zad (čtyři pozice), pozice rukou (tři pozice) a pozice dolních končetin (sedm pozic). Výsledkem je 252 možných kombinací, které byly zařazeny do čtyř akčních kategorií, které udávají nutnost ergonomické změny. Pozorování bylo provedeno pomocí fotografických snímků a měření je provedeno v pevných časových intervalech. [8]



Obrázek 5-9 JACK, celkové hodnocení pomocí analýzy OWAS

#### Srovnání se sadou ergoFET

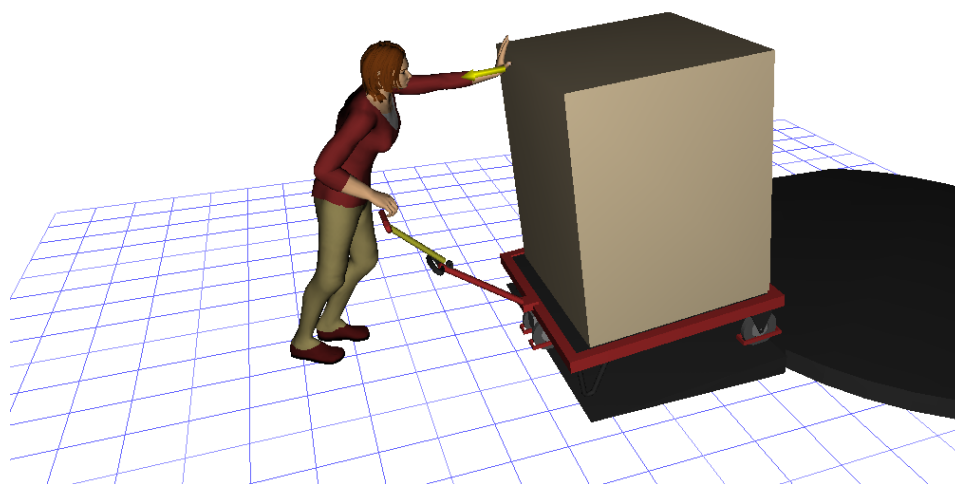
Jak již bylo výše řečeno, OWAS hodnotí 4 hlediska - váhu zvedaného břemene, pozici zad, pozici rukou a pozici dolních končetin. V podstatě nabízí komplexní pohled na pracovní polohu i se silovým zatížením zvedaného břemene.

U sady ergoFET není takto komplexní pohled na pracovní polohu možný. Váhu zvedaného břemene neřeší, pozici dolních končetin a polohu zad též ne. Srovnávat lze v tomto případě pouze zhodnocení horních končetin.

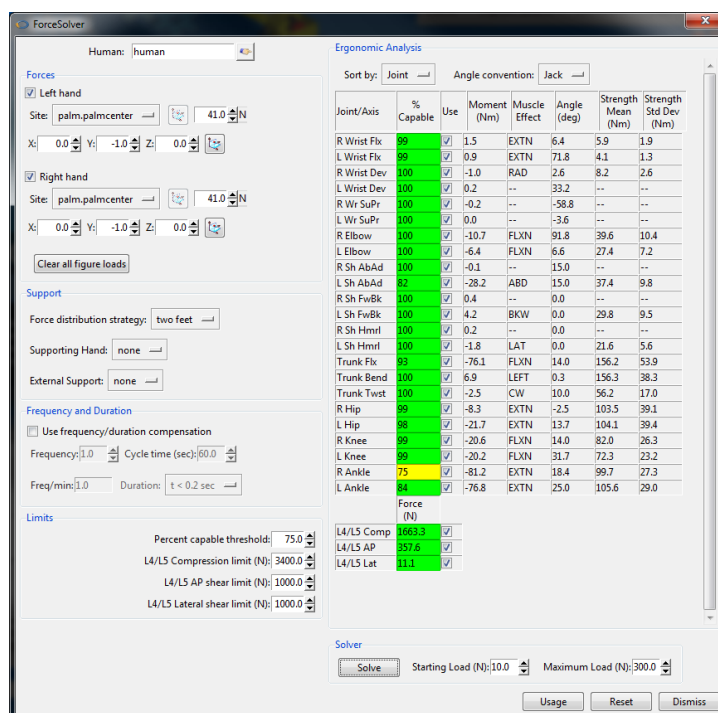
V softwaru lze postupně stanovit skóre jednotlivých partií horních končetin, u ergoFETu lze zjistit úhlové vychýlení horní končetiny v případě, že používám inklinometr. V případě použití ergoGLOVE lze zjistit lokální zatížení konkrétní svalové skupiny. Ovšem konečné zhodnocení není možné porovnat. Jak již bylo řečeno, ergoFET nenabízí komplexní pohled na danou věc, kdežto koncový report z Jacka nám hodnotí všechny 4 hlediska na jednu, tzn., že je to průměr všech možných kombinací pracovních poloh, které byly nastaveny.

### 5.1.3 ForceSolver

Patří mezi nejmladší metody zabývající se pracovními polohami. Tato metoda je kombinací dvou vývojově starších ergonomických metod – Static Strength Prediction (SSP) a Lower Back Analysis (LBA). Cílem je předpovědět maximální přípustnou sílu, kterou může člověk vyvinout za předepsaných podmínek.



Obrázek 5-10 JACK, hodnocení pracovní postoj



Obrázek 5-11 JACK, výsledné hodnocení pomocí analýzy ForceSolver

### **Srovnání se sadou ergoFET**

Stejně tak jako u následující metody, metody Manual Handling Limits, i tady je možná velmi dobrá spolupráce obou porovnávaných nástrojů. Jak metoda ForceSolver, tak sada ergoPAK, se podrobně zabývají zatížením horních končetin.

Jak je možné vidět z obrázku, Obrázek 5-11, v první sekci nastavení parametrů řešíme zatížení pravé a levé ruky. Lze nastavit zatížení celé ruky, dlaně či jednotlivých prstů. Je ale možná pouze jedna z nabízených možností. Poloha ruky se určuje pomocí kartézského souřadného systému, pomocí os x, y, z. Poté určíme vektor, kterým působí síla a jeho velikost zatížení. U rukavice nelze snímat poloha ruky a zatížení jako celku, ale pouze jednotlivých prstů. Konkrétně lze v našich podmínkách snímat 4 prsty pomocí 4 senzorů na jednu. Při dokoupení dalších 4 senzorů, je technicky dobře proveditelné snímání až 8 prstů.

V dalším doplňujícím nastavení určujeme podporu jednotlivých částí těla, tj. zda manipulát je podporován stojem na obou nohou či nikoli a zda jsou ruce přidržovány či podporovány jiným externím zdrojem. Frekvence a trvání pracovní polohy. U mechanického měřidla další doplňkové nastavení v podobě podpůrných zdrojů není možné. Frekvenci a dobu trvání mohou následně odečíst z grafu po ukončení měření.

V posledním kroku lze nastavit limity, které nesmějí být překročeny. Limity si můžeme stanovit sami na základě přeměření pomocí ergoPAK, ale samozřejmě nesmějí překročit hodnoty přípustné uvedené ve vládním nařízení č. 361/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Takže srovnání v tomto případě je taktéž na bázi spolupráce, kdy lze ve zjednodušeném postupu říci: nastavit model a zjistit zatížení polohy na základě digitálního modelu Jacka, změřit pomocí ergoPAK a v posledním kroku dochází na porovnání všech naměřených limitů s vládním nařízením. Obě tyto komponenty se vhodně doplňují.

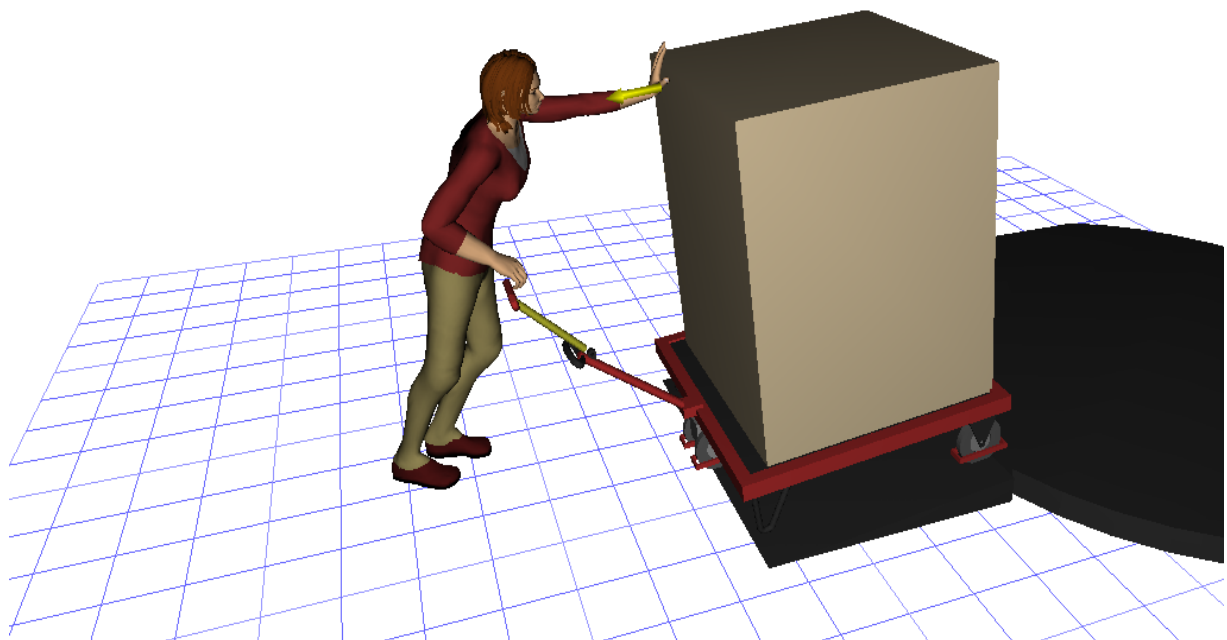
#### 5.1.4 Manual Handling Limits

Manual Handling Limits je vhodná pro analýzu úkolů spojených s manipulací s materiálem, konkrétně pak zvedání, pokládání, tažení, tlačení a přenášení. Tato analýza funguje na základě metody Snook & Ciriello. Ta je založena na tabulkách, které mohou být použity pro hodnocení a návrh úkolů právě pro ruční manipulaci s břemeny.

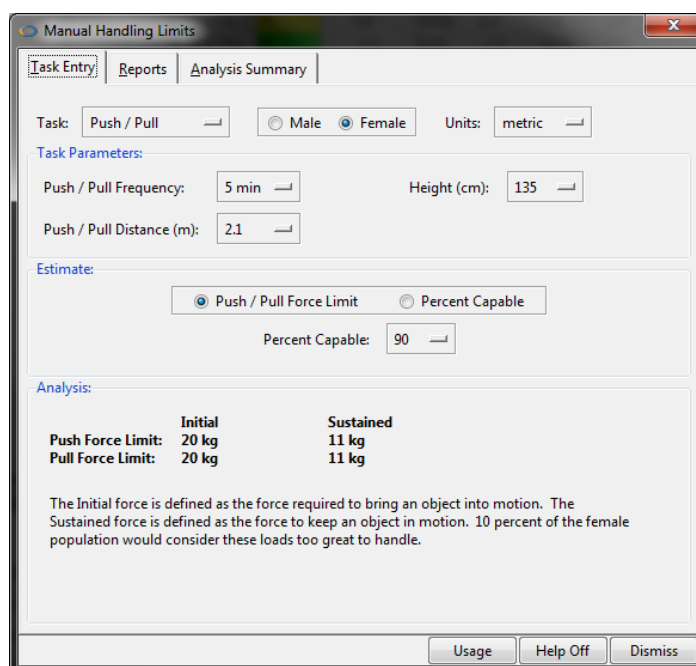
Tyto tabulky jsou založeny na experimentech, při kterých bylo použito tzv. psychofyzické hodnocení. Údaje v těchto tabulkách byly získány prostřednictvím rozsáhlého výzkumu, který obsahoval 11 studií. Při této metodě se bere ohled na:

- dobu trvání úkolu,
- jeho frekvenci,
- počáteční a koncovou pracovní pozici,
- maximální váhu břemene a další ovlivňující veličiny.

Tabulky jsou specifikovány podle pohlaví a schopnosti plnění úkolu. Jako předpoklad se bere maximální přijatelná hmotnost a síla pro 10, 25, 50, 75, 90 procent mužů a žen. V závislosti na hodnotě z tabulek, tyto hodnoty označují konkrétní pohlaví, pracovní schopnosti a omezení pracující populace. [8]



Obrázek 5-12 JACK, hodnocení pracovní postoj



Obrázek 5-13 JACK, výsledné hodnocení pomocí analýzy Man. Handling Limits

### Srovnání se sadou ergoFET

Spolupráce těchto dvou srovnávaných nástrojů se jeví jako velmi účelná, pokud se budeme věnovat konkrétním pozicím, jako jsou tlačení a tažení. V obou dvou případech je lze jednoznačně vyhodnotit.

V softwaru se v základním nastavení stanovuje pracovní poloha (v našem případě tažení/tlačení), pohlaví jedince a jednotky. V parametrech o břemenu je nutné nastavit frekvence, vzdálenost tažení či tlačení a jeho výška. Jako doplňující parametr se u každé analýzy nastavuje procento lidí schopných provádět hodnocenou manipulaci. Shrnutí každé analýzy je pak možné nalézt v záložce Analysis Summary. Zde je zobrazena maximální přijatelná síla (případně procento populace, pokud jsme ho požadovali), se kterou je schopno dané procento mužů a žen pracovat bez zvýšeného rizika poranění. Výsledný hmotnostní limit je stanoven v kilogramech.

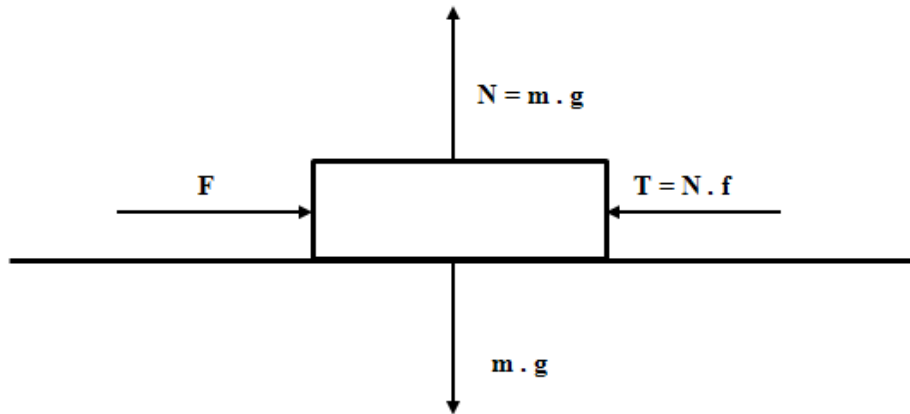
Spolupráce s mechanickým měřidlem ergoFET je možná v následujících krocích:

1. Nastavit parametry a následně zanalyzovat činnost v digitálním modelu.
2. Zjistit přípustné limity dle vládního nařízení č.68/2010, které řeší přípustné tažné a tlačné síly u žen i mužů.
3. A v posledním kroku ověřit pomocí ergoFET zda jsou limity přesaženy či naopak dodrženy v reálných podmínkách.

Při posledním třetím kroku je nutné použít tenzometr pro malá či velká zatížení podle toho jakou předpokládám velikost zatížení a ten spojit s táhlem, popruhem či tyčí. Doplňující prvek vybírám podle konkrétní situace, jaké tažení či tlačení požadují změřit.

Jediným zádrhelem, který brání této spolupráci je, že každá z těchto komponent udává výsledky v jiných jednotkách. ErgoFET měří tlačné a tažné síly v newtonech, kdežto metoda

Manual Handling Limits počítá limity tlačných a tažných sil v kilogramech. Tento fakt je nutné přepočítat, a až poté porovnávat výsledky spolupráce. Přepočet a vzájemně spolu související síly jsou znázorněny na obrázku, Obrázek 5-14.



Obrázek 5-14 Přepočet jednotek z kilogramů [kg] na Newtony [N]



## ZÁVĚR

Závěrem bych ráda shrnula podstatu práce a zpětně se poohlédla za tím, zda byly dodrženy všechny požadované zásady pro vypracování práce, kdy cílem bylo představit měřicí soustavu ergoFET určenou k měření tahových a tlakových sil či úhlového zatížení končetin a ověřit tyto skutečnosti v reálných podmínkách.

Tento stanovený cíl byl splněn v počátečních kapitolách, které jsou věnované teoretické části. Kapitola první seznamuje s pojmy, které jsou podstatné pro celou problematiku. V kapitole druhé je popsán princip fungování sestavy a její možnosti měření. Nejobsáhlejší kapitolou teoretické části je kapitola třetí, která seznamuje s povolenými limity při přetěžování a jinými podstatnými fakty této problematiky. Tato kapitola je nutná pro jednoznačné zhodnocení praktického měření.

Kapitola čtvrtá je věnována praktické stránce věci, kde jsem se snažila aplikovat veškeré vyzískané informace. Měření v reálných podmínkách proběhlo ve společnosti WITTE Nejdek, s.r.o., kde pro účely měření byla managementem společnosti vybrána tři pracoviště.

Podstatou kapitoly poslední bylo srovnání digitálních a mechanických nástrojů hodnotící ergonomické faktory, bezpečnost a pohodu na pracovišti. Došla jsem k závěru, že tyto nástroje nelze jednoznačně porovnat. Sice slouží v konečném důsledku pro věc stejnou, tj. k ergonomickému hodnocení, ale bližší porovnání není možné z důvodu jiného zaměření. Digitální nástroje pojímají celou problematiku komplexně, mechanická rukavice ergoFET se zaměřuje na hodnocení lokálního svalového zatížení. Oba nástroje mají své silné a slabé stránky. Jeden nástroj může sloužit jako podpůrný tomu druhému. Je možné je použít provázaně. Vhodně se doplňují.

## Seznam použité literatury

- [1] HANÁKOVÁ, E., KRÁL, M., MALÝ, S. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0
- [2] Sbírka zákonů č. 68/2010, 68. *nařízení vlády, ze dne 22. února 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.*
- [3] Sbírka zákonů č. 361/2007 Sb., 361. *Nařízení vlády, ze dne 12. prosince 2007, který se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.*
- [4] BRHEL, P. Doc., MUDr., CSc. aj. *Profesionální nemoci pohybového aparátu a nervů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování.* [http://www.nemocizpovolani.cz/doppost\\_JNDZ.pdf](http://www.nemocizpovolani.cz/doppost_JNDZ.pdf) ČLS JEP, 2001
- [5] [www.digipod.zcu.cz](http://www.digipod.zcu.cz) [online]. [citace 2012-04-08]. Softwarová podpora. Dostupné z www: <http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/softwareva-podpora/siemens>
- [6] [www.axiomtech.cz](http://www.axiomtech.cz) [online]. [citace 2012-04-08]. Tecnomatix Jack. Dostupné z www: <http://www.axiomtech.cz/page/68100.digitalni-tovarna-tecnomatix-jack/>
- [7] VALEČKOVÁ, Alena. [www.bozpinfo.cz](http://www.bozpinfo.cz) [online]. 2008 [citace 2012-04-08]. Moderní metody v hodnocení ergonomických rizik. Dostupné z www: [http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2008/nove\\_metody\\_valeckova.html](http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2008/nove_metody_valeckova.html)
- [8] HODR, F. *Vybrané ergonomické metody a nástroje*. Plzeň, Bakalářská práce. Západočeská univerzita, FST, katedra KPV
- [9] ŠAMÁNEK, Jaromír. [www.szu.cz](http://www.szu.cz) [online]. 2007 [citace 2012-04-08]. Kategorizace prací. Dostupné z www: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/kategorizace-praci>
- [10] <http://www.hogganhealth.com>
- [11] <http://www.witte-automotive.cz/>
- [12] [www.digipod.zcu.cz](http://www.digipod.zcu.cz) [online]. [citace 2012-04-08]. Softwarová podpora. Dostupné z www: <http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/softwareva-podpora/dessault-systemes>
- [13] ŠAMÁNEK, Jaromír. [www.szu.cz](http://www.szu.cz) [online]. 2008 [citace 2012-04-08]. Hygienické limity v pracovním prostředí – Obecná informace. Dostupné z www: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hygienicke-limity-v-pracovnim-prostredi-obecna-informace>
- [14] PETROVOVÁ, Markéta. [www.nemocizpovolani.cz](http://www.nemocizpovolani.cz) [online]. 2010 [citace 2012-04-08]. Pracovní poloha jako rizikový faktor pracovního prostředí a způsoby hodnocení pracovních poloh. Dostupné z www: [www.nemocizpovolani.cz/pracovni\\_polohy.pdf](http://www.nemocizpovolani.cz/pracovni_polohy.pdf)
- [15] GLÓWCZYŃSKA-WOELKE, Karolína., Wzorek, Roman. [www.suip.cz](http://www.suip.cz) [online]. 2008 [citace 2012-04-08]. Posviťme si na břemena, Informace pro zaměstnavatele a pracovníky ve stavebnictví. Dostupné z www: <http://www.suip.cz/files/suip-d217ec17b91a0c06c63b1583a4e7cf8a/posvitme-si-na-bremena1.pdf>, překladatel Polášková Kateřina, Opava: Státní úřad inspekce práce, 2008
- [16] Sbírka zákonů 432/2003 Sb., 432. *Vyhláška, ze dne 4. prosince 2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro*

*provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.*

- [17] Sbírka zákonů č. 258/2000 Sb., 258. Zákon, ze dne 14. Července 2000, který stanoví podmínky obecného zdraví.
- [18] LEHOČKÁ, Hana. [www.zuova.cz](http://www.zuova.cz) [online]. [citace 2012-04-08]. Fyzická zátěž, její hygienické limity a postup jejich stanovení. Dostupné z [www: http://www.zuova.cz/sluzby/autorizovane-mereni-a-posouzeni-celkove-fyzicke-zateze-vcetne-fyzicke-zateze-tehotnych-zen-a-mladistvych.php](http://www.zuova.cz/sluzby/autorizovane-mereni-a-posouzeni-celkove-fyzicke-zateze-vcetne-fyzicke-zateze-tehotnych-zen-a-mladistvych.php)
- [19] HLAVÁČ, Pavel. [www.bozpinfo.cz](http://www.bozpinfo.cz) [online]. 2007 [citace 2012-04-08]. Postup pro hodnocení zdravotních rizik v podniku. Dostupné z [www: http://www.bozpinfo.cz/win/knihovnabozp/citarna/clanky/ochrana\\_zdravi/zdrav\\_rizik\\_a\\_zjednodus\\_nzp.html](http://www.bozpinfo.cz/win/knihovnabozp/citarna/clanky/ochrana_zdravi/zdrav_rizik_a_zjednodus_nzp.html)
- [20] DANDOVIČ, Eva. [www.bozpinfo.cz](http://www.bozpinfo.cz) [online]. 2010 [citace 2012-04-08]. Manipulace s předměty pomocí ručního paletového vozíku. Dostupné z [www: http://bozpinfo.cz/rady/otazky\\_odpovedi/ochrana\\_pred\\_riziky/manipulace\\_vozik1010\\_13.html](http://bozpinfo.cz/rady/otazky_odpovedi/ochrana_pred_riziky/manipulace_vozik1010_13.html)

# **PŘÍLOHA č. 1**

## **Hygienické limity**

Fyzická zátěž, její hygienické limity a postup jejich stanovení

ČÁST A

Hygienické limity energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží

Tabulka č. 1

Energetický výdej	Jednotky	Muži	Ženy
Směnový průměrný	MJ	6,8	4,5
Směnový přípustný	MJ	8	5,4
Roční	MJ	1600	1060
Minutový přípustný	$\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$ W	34,5 575	23,7 395

Tabulka č. 2

Chlapci

Energetický výdej	Jednotky	Věková skupina		
		15 až 16	16 až 17	17 až 18
Směnový průměrný	MJ	5,9	6,9	7,9
Směnový přípustný	MJ	6,2	7,3	8,5
Roční	MJ	1390	1620	1860
Minutový přípustný	$\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$ W	26,4 440	30 500	32,4 540

Tabulka č. 3

Dívky

Energetický výdej	Jednotky	Věková skupina		
		15 až 16	16 až 17	17 až 18
Směnový průměrný	MJ	3,7	3,8	4,8
Směnový přípustný	MJ	4,4	4,6	5,0
Roční	MJ	870	890	1130
Minutový přípustný	$\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$ W	20,9 350	22,2 370	22,5 375

Hygienické limity hodnot srdeční frekvence při práci s celkovou fyzickou zátěží

Tabulka č. 4

Průměrná <sup>a)</sup>	102
Nejvyšší přípustná <sup>b)</sup>	110
Zvýšení nad výchozí hodnotu <sup>c)</sup>	28

Tabulka č. 5

Přípustné hodnoty v % Fmax pro muže a ženy při práci s převahou:	
Převážně dynamické složky	Převážně statické složky
Celosměnově průměrné	Celosměnově průměrné
30	10

## Hygienické limity pro počty pohybů

Tabulka č. 6

% Fmax	Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu	Průměrný minutový počet pohybů za osmihodinovou směnu <sup>a)</sup>
7	27 600	56
8	24 300	50
9	21 800	44
10	19 800	41
11	18 100	37
12	16 700	34
13	15 500	32
14	14 000	28
15	13 500	27
16	12 700	26
17	12 000	25
18	11 400	24
19	10 900	23
20	10 400	22
21	10 000	21
22	9 600	21
23	9 300	20
24	9 000	19
25	8 700	18
26	8 400	18
27	8 100	17
28	7 800	17
29	7 500	16
30	7 200	15

<b>% Fmax</b>	<b>Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu</b>	<b>Průměrný minutový počet pohybů za osmihodinovou směnu<sup>a)</sup></b>
31	6 900	15
32	6 600	14
33	6 300	14
34	6 000	13
35	5 800	12
36	5 600	12
37	5 400	11
38	5 200	11
39	5 000	10
40	4 800	10
41	4 600	10
42	4 400	9
43	4 200	9
44	4 000	9
45	3 800	8
46	3 600	8
47	3 400	7
48	3 200	7
49	3 000	7
50	2 700	7
51	2 400	7
52	2 100	7
53	1 800	7

