

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní obor: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měření fyzické zátěže

Autor: **Jan Volf**
Vedoucí práce: **Ing. Ilona Kačerová**
Konzultant práce: **Ing. Pavel Vránek**

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan VOLF**
Osobní číslo: **S20B0435P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Měření fyzické zátěže**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do problematiky ergonomie
2. Měření fyzické zátěže v České republice
3. Analýza stávajícího stavu pracoviště
4. Identifikace úzkých míst
5. Návrh na změny
6. Závěr a vyhodnocení

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ŠENK, Zdeněk. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci prakticky a přehledně podle normy OHSAS*. 2. vydání. Olomouc: ANAG, 2012. ISBN 078-80-7263-737-9.
2. BUREŠ, Marek. *Toolba a optimalizace pracoviště*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN: 978-80-87539-32-3
3. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3
4. MÁČEK, Miloš. RADVANSKÝ, Jiří a kol. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-726-2695-3.
5. SHORROCK, Steven. WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice*. 1. vydání. CRC Press, 2017. 422 s. ISBN 9781472439253
6. MANOUŠKOVÁ, Marta. MÁLEK, Bohuslav. *Hygiena práce*. Sobotáles, 2015. ISBN 9788086817460

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ilona Kačerová**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Vránek**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **20. září 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Iloně Kačerové za její čas, odborné vedení a cenné připomínky, které mi při zpracování práce poskytla.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Volf	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kačerová	Jméno Ilona	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU – FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Měření fyzické zátěže		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	57	TEXTOVÁ ČÁST	57	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce se zabývá ergonomií pracoviště a následnou racionalizací. První část práce seznamuje z teoretického hlediska s danou problematikou. V praktické části práce jsou provedeny ergonomické analýzy a vyhodnocení získaných dat. Následně jsou navržena nápravná opatření.
KLÍČOVÁ SLOVA	ergonomie, ergonomické analýzy, NV 361/2007 Sb., racionalizace

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Volf	Name Jan		
FIELD OF STUDY	Industrial Engineering and Management			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kačerová	Name Ilona		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Measurement of physical work			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	57	TEXT PART	57	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The bachelor thesis deals with workplace ergonomics and subsequent rationalisation. The first part of the thesis introduces the issue from the theoretical point of view. In the practical part of the thesis ergonomic analyses and evaluation of the obtained data are performed. Subsequently, corrective measures are proposed.
KEY WORDS	ergonomics, ergonomics analysis, NV 361/2007 Coll, rationalization

Obsah

Úvod.....	10
1 Úvod do ergonomie a její historie	11
1.1 Definice ergonomie	12
1.2 Základní pojmy ergonomie.....	12
1.3 Předmět a cíl zkoumání	13
1.4 Základní oblasti podle IEA (Mezinárodní ergonomické asociace)	14
1.5 Speciální oblasti ergonomie.....	14
2 Ohrožení člověka.....	15
2.1 Vliv pracovního prostředí na zdraví člověka.....	15
2.2 Rizikové faktory	15
3 Kategorizace prací.....	16
4 Fyzická zátěž	17
4.1 Celková fyzická zátěž.....	18
4.2 Lokální svalová zátěž	21
4.3 Ergonomie pracovní polohy	23
5 Ergonomické analýzy	26
5.1 Hodnocení poloh podle Nařízení vlády 361/2007 Sb.....	26
5.2 Měření lokální fyzické zátěže pomocí EMG.....	29
6 Využitý ergonomický software	31
6.1 Tecnomatix Jack	31
6.2 Modul NV 361	32
7 Popis analyzovaného pracoviště.....	33
7.1 Pracoviště letování propojek	33
7.2 Pracoviště letování USB odpory.....	37
8 Analýza fyzické zátěže na pracovištích	40
8.1 Hodnocení pracovní polohy podle NV 361/2008 Sb.....	40
8.1.1 Pracoviště letování propojek – poloha pájení	40
8.1.2 Pracoviště letování odporů USB – poloha manipulace	41
8.2 Měření lokální svalové zátěže pomocí EMG	42
8.2.1 Pracoviště letování propojek	43
8.2.2 Pracoviště letování USB odpory	45
8.3 Měření celkové fyzické zátěže	48
9 Návrh na racionalizaci pracovišť	49
10 Porovnání současného stavu a navrhovaného zlepšení	53
Seznam použité literatury.....	55
Seznam tabulek	56

Seznam obrázků 56

Úvod

V posledních letech, díky stále rychlejšímu vývoji vědy a techniky, je kladen čím dál větší důraz na optimalizaci pracovního prostředí a samotné pracovní činnosti. I přes velkou snahu automatizace a robotizace, je člověk nedílnou součástí pracovního procesu a jsou na něj kladeny čím dál větší nároky. Využitím poznatků z vědního oboru ergonomie vede ke snížení rizika či k úplné eliminaci úrazů a nemocí z povolání. V současné době se klade důraz především na uspořádání pracoviště, použité pracovní prostředky a pracovní polohy. Nevhodné pracovní podmínky vedou také ke snížení pracovní efektivity výroby a tím snížení zisku společnosti a konkurenceschopnosti. Právě touto problematikou se bude tato bakalářská práce zabývat.

Bakalářská práce s názvem „Měření fyzické zátěže“ se bude zabývat analýzou současného stavu pracoviště ve vybrané společnosti, následným vyhodnocením získaných dat a případným návrhem na racionalizaci pracoviště.

Práce je rozdělena celkem do deseti kapitol. Prvních šest kapitol přibližují teoretický základ tématu, který následně byl využit pro praktické vypracování ve zbylých čtyřech kapitolách.

První kapitola obsahuje přiblížení problematiky ergonomie, její historie, definice a cíle. Dále obsahuje základní pojmy a rozdělení do hlavních a speciálních oblastí. Kapitola ohrožení člověka obsahuje jednotlivé rizikové faktory a vliv pracovního prostředí na zdraví člověka. Třetí kapitola seznamuje s kategorizací prací a s limity fyzické zátěže. Následující čtvrtá kapitola, která pojednává o fyzické zátěži a dělí ji na celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž a ergonomii pracovní polohy. Jsou zde popsány metody hodnocení, měření a profesionálně podmíněné onemocnění končetin a páteře. Pátá kapitola popisuje ergonomické analýzy, které jsou dále využity v druhé polovině práce. Patří mezi ně hodnocení poloh dle NV 361/2007 Sb. a měření lokální fyzické zátěže pomocí EMG. Následuje kapitola, která obsahuje popis softwaru, který se používá pro analýzu pracovní polohy. Dále obsahuje představení modulu Nařízení vlády, které udává limitní hodnoty pro veškeré měření v této práci. Následná sedmá kapitola obsahuje popis společnosti, ve které byl zhotoven sběr použitých dat, základní údaje o biomechanickém modelu pracovníka a představuje nám pracoviště a jeho jednotlivé součásti. V osmé kapitole nalezneme samotnou analýzu pracovišť a vyhodnocení změřených hodnot. Předposlední devátá kapitola představuje návrhy na racionalizaci pracoviště, které by měly vést k ergonomickému zlepšení stavu pracovišť. V poslední kapitole je shrnuto porovnání současného stavu pracoviště a stav po zavedení navržených opatření.

1 Úvod do ergonomie a její historie

Pojem ergonomie je odvozený z anglického slova „Ergonomics“, které vzniklo spojením dvou řeckých slov ergon (práce) a nomos (zákon). Toto slovní spojení vymyslel polský přírodovědec Wojciech Jastrzębowski v roce 1857, který také napsal první knihu o ergonomii. Je to obor, který se zabývá komplexní optimalizací činností člověka a jeho vazeb s technikou a prostředím. Jeho cílem je především ochrana zdraví člověka, optimalizace psychofyzické zátěže a celkové zkvalitňování pracovního výkonu. Díky neustálému pokroku vědy i techniky, přichází nové stroje, technologie, zařízení i metody prací. Zavedením do provozu může vzniknout disproporce mezi požadavky a nároky, které nová technika či činnosti přináší. Následkem může být přetížení člověka (tj. únava, nepozornost, ...), snížení efektivnosti činností (např. větší zmetkovost) nebo selhání celého systému, který může mít fatální následky nejen pro výrobu, ale především na zdraví člověka. A to je úlohou ergonomie, aby se tímto nepříznivým vlivům vyhlá. [3][5]

Historie této vědy sahá až do starověku. Nejstarší archeologické nálezy ukázali, že člověk si přizpůsoboval nástroje podle tvaru ruky, obydlí k svému tělu, ale i své pracovní prostředí. Jeden z dochovaných příkladů je datován až do Starého Řecka, kde v jedné ze svých publikací Hippokrates popsal, jak by mělo být navrženo chirurgické pracoviště včetně rozmístění jednotlivých nástrojů. Další archeologické záznamy poukazují na počátek egyptské dynastie, kde byly používány ilustrace, které ukazovaly poznatky o používání pracovního nářadí, vybavení domácností, či jednotlivé postupy činností. Postupnou specializací práce docházelo ke zdokonalování nástrojů, pracovního prostředí, nebo k vývoji strojů a řemesel.

První novodobé ergonomické pojmy se začaly objevovat na počátku 20. století, kdy důsledkem průmyslové revoluce, narůstaly stále větší nároky na fyzickou zdatnost zaměstnanců. V této době se rostla ergonomie na populárnosti, ale stále nebyla ve světě příliš známá a nebral se na ní takový ohled. Majitelé továren nebrali v potaz zdraví a pracovní pohodu svých zaměstnanců. Věděli, že plnohodnotný pracovní výkon může podat pouze zdravý, odpočínutý a zaškolený pracovník. Pokud pracovník začal mít problémy se zdravím, nebo přestal stíhat pracovnímu tempu, byl jednoduše propuštěn a nahrazen novým zaměstnancem.

Počátkem první světové války, se konstruktéři začali věnovat ergonomii válečných letadel a přizpůsobení dle požadavků pilota. Především ke konstrukci kokpitu, jednotlivých ovládacích prvků, displejů a vlivu nadmořské výšky na pilota. Postupně vznikl první aero medicínský výzkum, který studoval chování pilotů. Zjistilo se, že tyto metody jsou velmi efektivní, prospěšné a začínají být čím dál tím více potřebné. Tyto metody začal následně používat Henry Ford, který byl ve své době jeden z největších výrobců a prodejců automobilů americké značky Ford. V této době se také začaly zkoumat vlivy prostředí, jako například účinky osvětlení, na produktivitu práce. Následovalo objevení tzv. Hawthorského efektu, které pojednává o změnách chování pracovníků s ohledem na technické podmínky (fyzické překážky, osvětlení, hygiena a čistota na pracovišti atp.) a tím i změně efektivity práce.

Moderní pojetí ergonomie nacházíme v období druhé světové války. Zde dochází hlavně ve vojenském odvětví k určité formulaci ergonomie. Kdy v důsledku nové špičkové vojenské techniky docházelo k převyšování psychofyzilogických možnostem člověka, a proto se tato technika nemohla efektivně využívat. Díky tomu se poprvé bral ohled na lidské schopnosti a limity. Hledal se způsob, jak snížit selhání a nespolehlivost používání vojenských zbraní a sledovala se schopnost bezpečného ovládnání přepravní techniky. Toto období odstartovalo hlavní rozvoj zkoumání lidských schopností a ergonomie jako takové.

V roce 1949 vznikla první výzkumná ergonomická společnost Ergoomics Research Society ve Velké Británii a v roce 1957 americká Human Factor Society. Spolu tytot společnosti vyvolali

vznik Mezinárodní ergonomické společnosti – International Ergonomics Association (IEA). Tato společnost zajišťuje mezinárodní spolupráci v odvětví vědy a praktické aplikace ergonomie.

Revoluce v oblasti IT v 60. letech 20. století znamenala rozkvět počítačových systémů a první interakci člověka s počítačem. To velmi kladně přispělo k vývoji ergonomie. Důraz byl kladen hlavně na fyziologii člověka. Čím více lidí seděli u počítače, tím více měli zdravotní problémy spojeny např. s pohybovým aparátem. To byl další impulz k rozvoji ergonomie práce.

V současnosti se ergonomie stala nepostradatelnou disciplínou. Skládá se z mnoha odvětví, které studují ergonomii z mnoha pohledů. Například fyzická ergonomie se zabývá pracovním prostředím, pracovištěm, bezpečnostní práce apod a Psychická „kognitivní“ ergonomie je zaměřená na psychologické aspekty člověka

Moderní život je dnes plný použití ergonomického designu. Psací stoly, kancelářské židle, interiéry automobilů, pracovní nástroje, domácí spotřebiče a další často používané přístroje jsou vyráběny, aby se vám s nimi pohodlně, bezpečně a efektivně pracovalo. [5][8]

1.1 Definice ergonomie

Existuje velký počet definicí a formulací ergonomie. Ve starších publikacích se nejčastěji uvádí definice: „Ergonomics = making work human“ co v překladu znamená Ergonomie – polidštění práce. Pro přiblížení problematiky jsem vybral následující dvě definice.

Chundelova definice z roku 1981 říká: „Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnosti člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.“ [3]

Oficiální definice ergonomie, která byla přijata Mezinárodní Ergonomickou Asociací (IEA) v roce 2001 zní: „Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci.“ [3]

1.2 Základní pojmy ergonomie

Člověk je chápán jako rozhodující, limitující složka systému, která ovlivňuje celkový chod systému.

Technikou rozumíme jako termín, pro všechno, co člověk používá k usnadnění činností a k vytváření užitečných hodnot či k uspokojení potřeb. Jsou to například výrobní stroje, dopravní prostředky, nářadí, spotřebiče, sportovní náčiní, oblečení, pracovní vybavení atp.

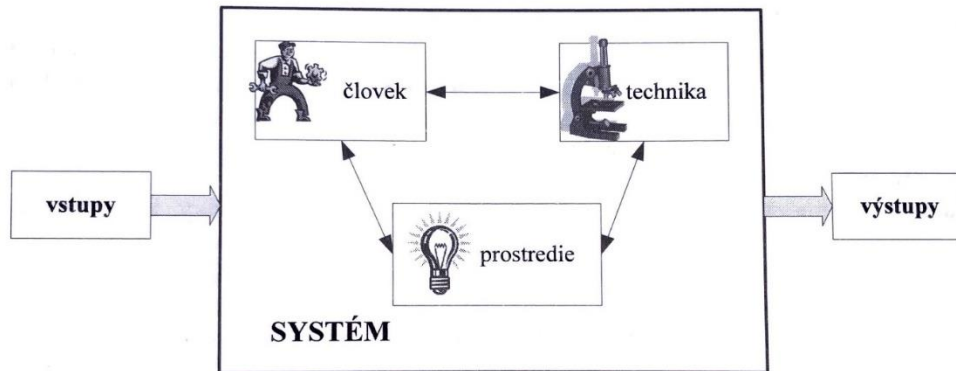
Prostředí je všechno, co člověka obklopuje, co ho dokáže ovlivnit, nebo je jeho činnost. Je to rozmístění pracoviště, organizace práce, bezpečnost a hygiena práce, ale také fyzikální faktory jako je světlo, hluk, teplota, vlhkost atp.

Systém člověk – technika – prostředí je chápán jako dynamický, otevřený systém. Člověk se součástí systému.

Interdisciplinárnost ergonomie spočívá v tom, že pro analýzu a řešení ergonomických úloh využívá tento obor znalosti celé řady jiných věd a vědních disciplín. Prolínají se poznatky humanitní oblasti, jako je antropometrie, fyziologie práce, sociologie, psychologie a technické – konstruování, designe, kybernetika, normování, statistika atp.

Komplexnost chápeme jako prostorovou – řešení systému jako celku se všemi jeho subsystemy, dále také jako časovou – systém analyzujeme a řešíme od počátku problému až po likvidaci, tak jako problémovou – kdy musíme přistupovat k řešení s hlubokými znalostmi.

Ergatika je termín pro komplexní pojetí systému člověk – technika – prostředí. Nízkou ergaticností se označuje stav systému, kdy dochází k vysokému ohrožení člověka, a naopak vysoká úroveň ergaticnosti značí, že v systému jsou bezpečnostní, ergonomická, hygienická a estetická kritéria splněna správně. [5][1]



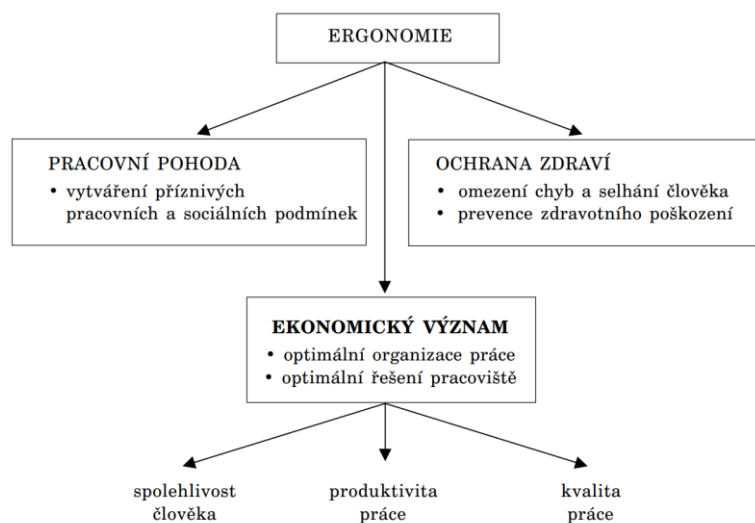
Obrázek 1.1 Systém člověk – technika – prostředí [2]

1.3 Předmět a cíl zkoumání

Předmět ergonomie je komplexně vymezený pracovní činností člověka v systému člověk – technika – prostředí. Tento systém chápeme jako jeden celek a v ergonomii analyzujeme veškeré jeho subsystémy.

Hlavním cílem je vytvoření technických a organizačních podmínek pro efektivní lidskou práci, zvyšování pracovní pohody, snižování nepříjemné pracovní zátěže, omezení výskytu chyb a zdravotní ohrožení člověka.

Ergonomie sleduje především dva cíle. Na jedné straně je humánní cíl, kdy práce musí být přizpůsobena člověku a na druhé straně cíl ekonomický, který obstarává, aby byla práce efektivní, produktivní a spolehlivá. Výsledkem ergonomie jsou také návrhy na upravení pracovních podmínek, které snižují námahu fyzickou i psychickou a má pozitivní vliv na všestranný rozvoj lidských schopností a vlastností. [5]



Obrázek 1.2 Cíle ergonomie [4]

1.4 Základní oblasti podle IEA (Mezinárodní ergonómické asociace)

Ergonomie využívá spoustu odvětví vědy a studií. Mezi tři základní oblasti ergonomie řadíme:

- **Fyzická ergonomie** se zabývá především vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Jsou zde využity poznatky z různých odvětví vědy a výzkumu jako je například anatomie, antropometrie, fyziologie, biomechaniky apod.
- **Psychická (kognitivní) ergonomie** se zaměřuje na psychologické aspekty pracovní činnosti. Mezi ně patří například rozhodování, paměť, úsudek, reakčnost apod. Zkoumají dopad pracovní činnosti na psychickou zátěž, pracovní výkonnost, dovednosti apod.
- **Organizační ergonomie** zkoumá a optimalizuje sociotechnické systémy. Jako je například rozmístění pracovníků, pracovní postupy, strategie atd. Patří sem zajištění pocitu komfortu na pracovišti, sociální klima, komunikace mezi pracovníky, režim práce, týmová práce apod. [5][1]

1.5 Speciální oblasti ergonomie

- **Psychosociální ergonomie** se zabývá psychologickými požadavky při pracovní činnosti a stresovým faktorem. Výše stresu při práci je závislá na psychologických požadavkách pracovní činnosti a mírou rozhodování, kontroly pracovníka apod. Psychika člověka je velmi individuální, a proto se psychosociální ergonomie podílí na výběru pracovníků na adekvátní pracovní místa. Stres, psychologické a sociální faktory mají také výrazný dopad na onemocnění pohybového aparátu.
- **Myoskeletární ergonomie** se zabývá prevencí profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu. Nejčastěji onemocněním páteře a horních končetin z důvodu přetížení. Charakterizují se pozvolným náběhem onemocnění a jejich relativní riziko se zvyšuje např. nepřirozenou pracovní polohou, silovým přetěžováním, opakovatelnou činností.
- **Participační (účastnická) ergonomie** využívá spojení více organizačních a manažerských aktivit. Podstatou je, že změny v uspořádání pracovišť jsou navrhovány a realizovány samotnými zaměstnanci. Zaměstnanci sami posuzují rizikové faktory včetně jejich etiologie.
- **Rehabilitační ergonomie** se používá k profesní zařazenosti handicapovaných osob, jednak pomocí technického opatření – konstrukční úpravy pracovního místa, strojů, používaných nástrojů, pracovních přípravků a vybavením pracoviště, tak, aby byly ve výkonových možnostech handicapovaného pracovníka a v souladu s daným tělesným a psychickým stavem. [5][1]

2 Ohrožení člověka

Vědní obor, který se věnuje a zajišťuje bezpečí člověka na pracovišti se nazývá Ergatika.

Chundelova definice ergatiky z roku 1986: „Ergatika je vědní obor, kterým optimalizuje systém člověk – technika – prostředí s cílem zajistit pohodu člověka a zabránit ohrožení jeho zdraví úrazem či nemocí, při optimalizaci výkonnosti systému.“

Z definice ergatiky vychází, že nesmí docházet k jakémukoli ohrožení člověka zdraví a pracovní pohody člověka.

Jako pracovní pohodu chápeme stav člověka, kdy existuje jeho optimální psychofyzická zátěž a podmínky při práci prospívají rozvoji jeho osobnosti. [3]

2.1 Vliv pracovního prostředí na zdraví člověka

Při výkonu práce působí na pracovníka rizikové faktory, které vždy v určité míře negativně ovlivňují jeho zdraví. Jako rizikový faktor rozumíme každou okolnost, podmínku, činitele či vlastnost pracovního systému, který může vést k pracovnímu úrazu, nemoci z povolání či jinému poškození zdraví. Proto je nutné, tyto faktory vyhledávat a eliminovat. Pokud to není možné, musí se učinit opatření, které v jisté míře omezí jejich působení. Za tyto opatření můžeme považovat i uspořádání pracoviště nebo jiné aspekty související s pracovní činností včetně organizačních opatření. [4]

2.2 Rizikové faktory

Zdraví a pohoda pracovníka může být narušena tzv. faktorem ohrožení. Ten můžeme rozdělit na nebezpečný činitel nebo nebezpečný jev. Mezi rizikové faktory řadíme například:

- Nepříznivé mikroklimatické podmínky – zátěž teplem a chladem
- Biologické a chemické činitele
- Fyzikální faktory – hluk, vibrace, světlo
- Fyzickou zátěž
- Celkovou fyzickou zátěž (nadměrné zatěžování)
- Lokální svalovou zátěž (jednostranná a opakovaná zátěž)
- Pracovní polohy (nevhodná pracovní pozice těla nebo jeho části při pracovních činnostech)
- Ruční manipulace s břemeny (překračování limitů kladených na hmotnosti přenášených břemen)
- Psychická zátěž
- Zraková zátěž [4]

Poškození zdraví může být dvojího druhu:

Úraz je poškození zdraví či usmrcení, které bylo pracovníkovi způsobeno krátkodobým, náhlým a násilným působením vnějších vlivů. O pracovní úraz se jedná tehdy, jestliže se úraz pracovníkovi stal při plnění pracovních úkolů nebo v přímé souvislosti s nimi.

Nemoc z povolání je onemocnění, u kterého byla prokázána příčina způsobena negativním působením rizikových faktorů, tedy chemických, fyzikálních, biologických a jiných škodlivých vlivů. Tyto nemoci jsou uvedeny v seznamu nemocí z povolání. [3]

3 Kategorizace prací

Kategorizace je základní nástroj pro hodnocení vlivu pracovní činnosti na zdraví zaměstnance. Každý zaměstnavatel má ze zákona povinnost dle legislativy práci kategorizovat. Orgány ochrany veřejného zdraví a zdravotní ústavy tuto povinnost monitorují a rozhodují, jak je dané pracoviště rizikové a určují speciální pravidla BOZP.

Povinnost kategorizace je dána § 37, ze zákona č. 258/2000 Sb., O ochraně veřejného zdraví, vč. vyhlášky č. 432/2003 Sb. Tato vyhláška stanovuje podmínky pro zařazení dané práce do jedné ze čtyř kategorií. Dále stanovuje limitní hodnoty jednotlivých ukazatelů.

Máme následující 4 kategorie:

Tabulka 3.1 Kategorizace prací

Kategorie 1	jsou práce, které nepředstavují podle současných znalostí pravděpodobně žádné riziko pro pracovníka.
Kategorie 2	jsou práce, kde poškození zdraví vlivem pracovních podmínek nelze vyloučit, kupříkladu u více citlivých lidí.
Kategorie 3	je práce při níž není expozice osob faktorům pracovního prostředí spolehlivě snížena technickými opatřeními na úroveň stanovenou hygienickými limity a pro zajištění ochrany zdraví pracovníků je třeba využívat ochranné prostředky či jiná ochranná opatření.
Kategorie 4	jsou práce s vysokým rizikem poškození zdraví, které nelze vyloučit ani při používání dostupných a použitelných ochranných opatření

Práce kategorie 3 a 4 jsou označovány jako rizikové práce. Kategorie 2 se může stát prací rizikovou, pokud tak rozhodne orgán ochrany veřejného zdraví.

Z výsledku kategorizace vyplívají následující tři postupy:

- Zaměstnavatel kategorizuje práci do kategorie 3 nebo 4, podá návrh na zařazení práce do kategorie orgánu ochrany veřejného zdraví. Tuto funkci vykonává krajská hygienická stanice. Pokud krajská hygienická stanice návrh akceptuje, vydává následně rozhodnutí o zařazení do příslušné kategorie.
- Pokud zaměstnavatel kategorizuje práci do kategorie 2, musí zaměstnavatel následně podat oznámení orgánu ochrany veřejného zdraví (například krajské hygienické stanici)
- Pokud nedojde k zařazení práce do kategorie 2, 3 nebo 4, tak je tato práce automaticky zařazena do kategorie 1.

Informace a údaje o kategorizaci prací se centrálně shromažďují a lze z nich vytvářet souhrnné analýzy a podávají přehled o pracovní činnosti v České republice. [9]

4 Fyzická zátěž

Fyzické, nebo také tělesná zátěž je ovlivněna rozsahem aktivace svalových skupin, protože při každé fyzické práci se jedná o činnost svalů a s ní spojenou spotřebou energie. Tuto energii člověk získává fungováním metabolismu, a to přeměnou živin. Fyzickou zátěž z pohledu na pohyb svalů při činnostech dělíme na:

- **Statickou**
- **Dynamickou**

Statickou zátěží označujeme držení těla nebo jeho části na místě. To znamená, že délka svalu je konstantní, ale zvyšuje se jeho napětí. Příkladem statické zátěže je stlačení pružiny a setrvání v této poloze. Tati zátěž se v praxi vyskytuje například u držení nástrojů, předmětů nebo jeho manipulací. Z časového hlediska považujeme zátěž za statickou, když trvání udržování polohy, svalového vztahu, zvýšení svalové síly trvá déle než 3 sekundy. Tato zátěž je z pohledu energie více vysilující než zátěž dynamická, jelikož svaly nemají možnost se zotavit.

Dynamická zátěž je tam, pokud pohyb svalových skupin je zřejmí. Při činnosti se mění délka svalu při zachovaném napětím. Tuto zátěž můžeme chápat, jako natahování a stlačování pružiny. [5]

Oba druhy zátěže se liší v prokrvení svalu. Z efektivního hlediska je výhodnější dynamická práce, méně zatěžuje organismus a nástup únavy je pomalejší. V praxi se vždy setkáme pouze s kombinací obou typů zátěže. [6]

Kategorizace fyzické zátěže:

První a čtvrtá kategorie není definována.

Kategorie 2:

- a) Při převaze dynamické práce:
 - Celosměnový energetický výdej u mužů je od 4,5 MJ do 6,8 MJ
 - Celosměnový energetický výdej u žen je od 3,4 MJ do 4,5 MJ
 - Minutový přípustný energetický výdej mužů 24,1 až 34,5 kJ za minutu
 - Minutový přípustná energetický výdej žen 14,5 až 23,7 kJ za minutu.
 - Průměrná srdeční frekvence za směnu od 92 do 102 tepů za minutu (ani krátkodobě nesmí překročit 150 tepů za minutu)
- b) Při dynamické práci:
 - Průměrná svalová síla, vynaložena za celou směnu je 15 až 30 % F_{max}
 - Krátkodobé použití síly od 55 do 70% F_{max} (maximálně 600 krát za směnu)
 - Počty pohybů jsou v rozmezí stanovené právním předpisem.
- c) Při převaze statické práce (práce vykonávaná malými svalovými skupinami)
 - Celosměnová vynakládaná svalová síla se pohybuje od 6 do 10% F_{max}
 - Práce s úkony, kde se vynakládá více než 45% F_{max} svalových sil, ale nejsou pravidelnou složkou pracovní činnosti,

Kategorie 3:

- a) Práce překračující podmínky kategorie 2
- b) Při převaze dynamické práce (práce vykonávaná malými svalovými skupinami)
 - Celosměnová svalová síla překračuje 30 % F_{max}
 - Použití síly od 55 do 70 % F_{max} více než 600krát za směnu

- Použití svalových sil větších než 70 % F_{max} a jsou pravidelnou součástí pracovní činnosti.
- c) Při převážně statické práci: (práce vykonávaná malými svalovými skupinami)
- Celosměnová vynaložená síla překračuje 10 % F_{max}
 - Použití svalových sil větších než 45 % F_{max} a jsou pravidelnou součástí pracovní činnosti. [12]

4.1 Celková fyzická zátěž

U dynamické práce je nutno rozlišovat, jestli se práce vykonává velkými nebo malými svalovými skupinami. Za celkovou fyzickou zátěž se považuje práce vykonávaná velkými svalovými skupinami, při níž se zapojuje více než 50% svalové hmoty.

Metody pro hodnocení 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.“ [7]

Při hodnocení práce se kromě energetického výdeje používají také parametry oběhového a dýchacího systému, který odpovídají energetické náročnosti práce (např. srdeční frekvence). [6]

V následující tabulce jsou uvedeny přípustné a průměrné hygienické limity celkového energetického výdeje pro muže a ženu.

Tabulka 4.1 Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdeje [7]

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

- **Tabulkové metody**

Pro hodnocení celkové fyzické zátěže, je hlavním kritériem nutný energetický výdej. Limity jsou dány nařízením vlády č. 361/2007 Sb.

Typy tabulek, které používáme pro porovnávání naměřených hodnot:

- a) Tabulky dle povolání – jsou uvedeny střední hodnoty za celou pracovní dobu, jedná se o nejméně přesnou tabulkovou metodu, chybovost až 30%
- b) Tabulky pro typické činnosti – hodnotí se jednotlivé pracovní činnosti, chybovost metody kolem 15%
- c) Tabulky dle složek činnosti – složka energetického výdeje je vztažena dle polohy těla a dle druhu práce v závislosti na rychlosti práce. Jedná se o nejpřesnější tabulkovou metodu, chybovost metody 5%. [10]

- **Nepřímá kalorimetrie**

Pro velmi přesné hodnocení celkové zátěže se využívá nepřímá kalorimetrie. Při nepřímé kalorimetrii se zjišťuje množství energie, která je uvolňována při činnosti svalů a činnosti jiných orgánů oxidací živin.

Nevýhodou je náročnost na přístrojové vybavení. Pro měření se využívají moderní telemetrické přístroje. [6]

- **Ventilometrie**

Další často využívanou metodou je ventilometrie, která slouží k zjištění energetického výdaje pomocí měření plicní ventilace. Měření probíhá odběrem množství vydechaného vzduchu a předpokládá se, že využití kyslíku z vdechovaného vzduchu je poměrně stále.

Využívá se přístroj pro měření objemu vzduchu. [10]

- **Hodnocení srdeční frekvence**

Jako komplexní ukazatel zatížení organismu se používá hodnocení tepové frekvence. Z její hodnoty lze s určitou přesností určit energetický výdej. Pracujeme s předpokladem, že vztah mezi energetickým výdajem a srdeční frekvencí je u dynamické práce v neutrálních tepelných podmínkách prakticky lineární. Provádí se celosměnové monitorování srdeční frekvence a podrobný časový snímek pracovního dne. Při zpracovávání výsledků se stanovuje průměrná směnová hodnota srdeční frekvence, maximální hodnotu minutové srdeční frekvence a hodnotu nárůstu průměrné pracovní srdeční frekvence oproti hodnotě výchozí.

Pro celosměnové monitorování srdeční frekvence se používají hodinky nebo hrudní pásy. [10]



Obrázek 4.1 Hrudní pás pro měření srdeční frekvence [13]

Hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence při práci s celkovou fyzickou zátěží udává NV 361/2007 Sb. a jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 4.2 Hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence [7]

Průměrná ^{a)}	102
Nejvyšší přípustná ^{b)}	110
Zvýšení nad výchozí hodnotu ^{c)}	28

Manipulace s těžkými břemeny

I přes současný trend mechanizace a automatizace, který významně snížil těžkou fyzickou práci spojenou s manipulací s břemeny, je poškození páteře v důsledku manipulace s těžkými břemeny stále aktuální. Odhaduje se, že 50% onemocnění páteře v průmyslu je způsobeno zvedáním břemen. Přestože se v mnoha odvětví nahrazuje ruční manipulace různými mechanizačními prostředky a přípravků, stále přetrvává mnoho činností spojených se zvedáním a přenášením břemen. U řady profesí je manipulace s břemeny prováděna větší část pracovní doby. Mezi tyto profese patří skladníci, závozníci, pracovníci na stavbách, stěhovací pracovníci, zdravotní sestry apod., u kterých byla prokázána větší četnost onemocnění páteře, nejčastěji bederní části. Problémy mohou také nastat při pouhé nesprávném zvednutí určitého předmětu.

Ruční manipulace je podle ISO 11228 každá činnost vyžadující použití lidské síly ke zvedání, spouštění, přenášení nebo jinému pohybu s břemenem a k jeho držení.

Břemena jsou polotovary, materiál pro výrobu, výrobky, výměnné části strojů, které pracovník vyměňuje na stroji, přepravky, palety, balíky a předměty, které jsou ukládány nebo přemisťovány, dále sudy a nádoby obsahující různé kapaliny či látky apod. [1]

Rizikové faktory při manipulaci s břemeny

Mezi nejzákladnější faktory, které mohou negativně ovlivnit zatížení páteře při manipulaci s břemeny patří hmotnost břemene, fyzická zdatnost pracovníka, frekvence a způsob manipulace. Dále se uplatňují také následující faktory:

- **Vlastnosti břemene:**
 - Hmotnost břemene
 - Tvar břemene
 - Úchopové možnosti břemene
 - Pozice a dráha manipulace břemene
 - Frekvence manipulace břemene [1]
- **Charakteristika pracovního prostředí a organizace práce**
 - Vysoké hodnoty teploty či vlhkosti
 - Překážky na pracovišti, stísněný či omezený prostor, nevhodná podlaha
 - Nevhodné pozorující podmínky, nevhodné zorné pole
 - Nevhodný režim práce, nedostatek odpočinku, dlouhá pracovní doba [1]
- **Individuální rizikové faktory**
 - Tělesná hmotnost pracovníka
 - Fyzická zdatnost – dobrá fyzická zdatnost přispívá ke snížení rizika poškození pohybového aparátu
 - Věk – se stoupajícím věkem se zvyšuje riziko poškození pohybového aparátu
 - Pohlaví – udává se, že žena má 60% síly muže a musí se k tomu přihlížet
 - Zručnost, zácvik, zdravotní nezpůsobilost pro daný typ činnosti, únava – při náhlých, prudkých pohybech či při nesprávném použití pohybových stereotypů výrazně dochází k zvýšení rizika poškození páteře.
 - Nevhodné oblečení a obuv – uklouznutí, zachycení oděvu [1]

Vliv manipulace s břemeny na lidské tělo

a) Poškození páteře

Zdravotní potíže spojené s manipulací s břemeny se projevují především v oblasti bederní páteře. Postihovány jsou klouby, svaly, vazy, srdečně-cévní systém, ale i jiné systémy. Při manipulaci s břemenem se hmotnost břemene sčítá spolu s hmotností těla a nadměrný tlak působící na meziobratlové plotýnky vede k odírání a přetěžování chrupavek, následné zánětlivé reakci a tvoření výrůstků jako obranný mechanismus. K poškození či výhřezu meziobratlové ploténky může dojít nejčastěji působením chronických mikrotraumat, tak úrazovým mechanismem.

b) Poškození periferních kloubů

Degenerativní změny se nejčastěji projevují v kolenních kloubech, kyčlích a méně často v kloubech ramene. K nadměrné zátěži ramenních kloubů dochází při zvedání břemen nad hlavu nebo nošením na ramenou.

c) Poškození svalů

Náhlé a prudké pohyby často způsobují přetížení a může dojít až k rupturám svalů a šlach. Postihují trojhlavý sval pažní, Achillovu šlachu, břišního svalstva, svaly vzpřimovače trupu apod. Při poškození břišních svalů a ochabnutí pevnosti tříselných svalů, často dochází ke vzniku tříselné kýly. Při oslabení zádového svalstva se nejčastěji objevuje bolest zad, především v oblasti bederní páteře.

d) Poškození vazů

Vazivový aparát zajišťuje stabilitu páteře. Dále je potřebný pro hladký průběh pohybů při přenášení zátěže z obratle na obratel. K poškození vazů dochází například při torzních pohybech či při pomalém zvedání břemene z předklonu. [1]

Kategorizace manipulace s břemeny

První a čtvrtá kategorie není definována.

Kategorie 2:

a) Pro muže:

- Při občasné manipulaci je hmotnost břemene od 30 do 50 kg
- Při časté manipulaci je hmotnost břemene od 15 do 30 kg
- Kumulativní hmotnost břemen pro muže za průměrnou směnu je vyšší než 7000 kg (maximálně 10000 kg)

b) Pro ženy:

- Při občasné manipulaci je hmotnost břemene od 15 do 20 kg
- Při časté manipulaci je hmotnost břemene pro od 5 do 15 kg
- Kumulativní hmotnost břemen pro ženy za průměrnou směnu je vyšší než 4500 kg (maximálně 6500kg)

Kategorie 3:

- Práce překračující podmínky kategorie 2 [12]

4.2 Lokální svalová zátěž

K přetěžování určitých svalových skupin (musko-skeletálním poruchám) dochází jednak při vyvíjení velké fyzické síly, ale také při opakování určité pracovní činnosti, při které je vyžadována síla prstů, zápěstí, předloktí, celé ruky nebo ramen. Ergonomické nedostatky přispívají k těmto onemocněním. Základní příčinou je kladení vysokých nároků na pevnost a pružnost tkanin musko-skeletárního systému, tj. na svaly, kosti, šlachy a nervy. [6]

„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“ [7]

Profesionální podmíněná onemocnění končetin z přetížení

Jsou to nemoci šlach, svalů, úponů nebo kloubů

- **Tendinitidy a tendosynovitidy**

Jedná se o zánět šlach a šlachových pouzder způsobené mikrotraumatizací či jejich vzájemným třením v důsledku nadměrného a opakovaného ohýbání svalů menších svalových skupin. V místě poškození šlach vzniká zánět s edémem a postupem času dochází k degenerativním změnám. Projevuje se především otokem a bolestí postiženého místa.

- **Entezopatie**

Jsou to úponové bolesti v místě úponů šlach opakovaně přetěžovaných svalů. Mezi nejčastější případy patří onemocnění v oblasti lokte a oblasti ramene. Vznikají v důsledku nadměrného přepínání svalů v oblasti úponů šlach na kost. Mezi nejznámější patří především tenisový loket nebo oštěpařský loket.

- **Artróza kloubů končetin**

Vzniká po několik let trvající práci, při které dochází pravidelně k přetěžování. Degenerativní změny jsou následkem opakovaných mikrotraumat vyvolaných dlouhodobou nadměrnou jednostrannou zátěží. Nejčastěji bývají postiženy loketní a kolenní klouby. [1][6][2]

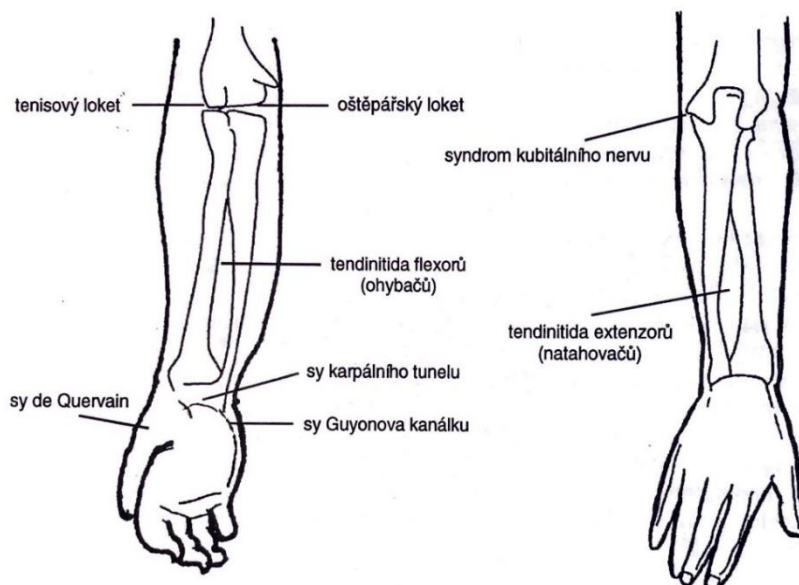
Nemoci periferních nervů končetin

- **Syndrom karpálního tunelu**

Karpální tunel je uzavřen v zápěstí, vymezen kostmi a vazy. Je to těsný prostor, kterým prochází několik šlach, některé krevní cévy a nervy. Při opakovaném ohýbání a zatěžování prstů a zápěstí, může uvnitř karpálního tunelu docházet ke vzniku vnitrotunelového tlaku a tím dochází k útlaku nervu. Hlavními příznaky karpálního tunelu je především necitlivost, brnění, bolest a nemotornost ruky.

- **Syndrom kubitálního tunelu**

Tento syndrom je důsledkem útlaku nervu v oblasti lokte. Vzniká při opakovaném namáhání a ohýbání lokte a při častém vyvíjení tlaku na loket (např. opírání lokte o tvrdý povrch nebo ostrou hranu). Mezi příznaky patří necitlivost malíčku a prsteníku, bolest lokte, neobratnost při drobných pohybech. [1][2]



Obrázek 4.2 Nejčastější onemocnění horních končetin z přetížení [1]

Profesionální podmíněná onemocnění páteře

- **Bolesti kříže z přetížení**

Bolest bederní páteře patří mezi nejčastější a ekonomicky nejvíce zatěžující profesionálně podmíněná onemocnění páteře. Již téměř 80% populace se setkalo s bolestí kříže a řada těchto bolestí souvisí s pracovními podmínkami.

Bolesti kříže se vyskytují především při dlouhodobém statickém zatížení např. vsedě nebo vstoje. Jejich vznik je ovlivněn špatným držením těla, chabým svalstvem nebo nedostatečnou pevností vazů. Tyto bolesti mohou vznikat také z náhlého přetížení, např. při špatném zvednutí břemene, kde může dojít k poškození svalů nebo jejich úponů v oblasti bederních nebo hrudních vzpřimovačů trupu. Častou příčinou je zvedání břemene z hlubokého předklonu či při náhlých rotačních pohybech. [1]

- **Degenerativní změny bederní páteře**

Nejzávažnější onemocněním jsou degenerativní změny meziobratlových plotének v důsledku výhřezu meziobratlových plotének. Nejčastěji k nim dochází při těžké fyzické zátěži či dlouhodobém zatížení v nepříjemných polohách, kdy dochází ke vzniku mikrotraumat a následně ke vzniku degenerativních změn. K výhřezu plotének může dojít také při akutním úrazu, jako je např. zvednutí těžkého břemene nebo při náhlém a prudkém pohybu apod. [1]

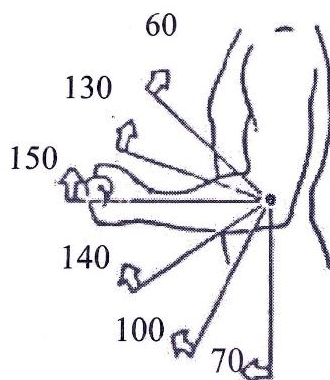
- **Bolesti krční páteře**

Bolesti v oblasti krku jsou druhým nejčastějším profesionálně podmíněným onemocněním páteře hned za bolestmi kříže. Touto bolestí trpí přibližně 25% mužů a 42% žen. Je to především způsobeno sedavým způsobem života, např. kancelářské zaměstnání, stereotypní sedavé zaměstnání apod. [1]

4.3 Ergonomie pracovní polohy

Míru fyzické zátěže přímo ovlivňuje poloha, ve které se pracovní činnosti vykonávají. Ta samá práce může v různých polohách vyvolávat jinou míru námahy na člověka. Velikost síly, kterou pracovník musí vynaložit na danou činnost, lze optimalizovat takovou polohou, při které

svalová skupina pracuje s největším ramenem pák. Tzn. polootevřená ruka dokáže vyvinout větší sílu než ruka zavřená a podobně, viz obr. 4.



Obrázek 4.3 Průměrná statická síla ohnuté paže v N [2]

Spotřeba energie těla se lineárně zvyšuje se stoupajícím vnějším výkonem těla a funkcí použité svalové skupiny. Proto je potřeba navrhnout ergonomii pracoviště tak, aby se při práci zapojili jen ty svalové skupiny, které jsou k výkonu činnosti nevyhnutelné. Právě správná pracovní poloha nám umožňuje používat při práci jen nevyhnutelné svalové skupiny. [5]

Řazení dle vhodnosti polohy

Pracovní poloha se řadí k jedné z nejsledovanějších oblastí ergonomiky, jelikož dokáže způsobit vážné poškození zdraví. Proto v ergonomii rozlišujeme dané pracovní polohy tak, jestli je v nich vhodné pracovat, nebo ne.

- **Fyziologická poloha**

Je chápána taková poloha těla, která nevyžaduje žádné statické úsilí a výrazné odchylky od neutrální polohy člověka. Jako neutrální polohu těla označujeme pozici každého kloubu v optimálním, kde je možno vyvinutí největší síly, optimální kontrolu pohybu a jeho nejmenší zátěž. Svaly, který jsou v blízkosti daného kloubu, jsou v rovnovážné a v relaxované poloze.

Nejvhodnější základní polohy jsou sed a vzpřímený stoj nebo jejich vzájemná kombinace. Obě tyto polohy mají své výhody i nevýhody.

Výhody sedu jsou odlehčení nohou, či využití nohou k činnosti. Dále při sedu jsou přesnější a jemnější pohyby rukou, menší statické zatížení a menší energetický výdaj. K výhodám stoje patří především vyvinutí větší síly díky zapření, snadné střídání poloh nebo pracovišť, větší dosah končetin a větší bdělost.

Naopak nevýhody sedu jsou nejčastěji dány nevhodným sedadlem, které může způsobit skoliózu páteře, vadné držení těla a bolest bederního svalstva. Nevýhodou postoje je stále zatěžování dolních končetin a tím se zhoršuje návratnost krve z nohou a může docházet k vzniku otoků okolo kotníků. Tím jsou způsobeny bolesti a pocity únavy.

Pokud bude pracovní činnost vykonávána převážně v sedě, musí se pracovníkovi poskytnout kvalitní a ergonomicky vhodné sedadlo. Hlavní zásadou je sedět vzpřímeně, využití opěrek šíje, zad, hlavy a loktů, aby končetiny svíraly tupé úhly a mít správně nastavenou výšku sedadla. Také je potřebné zabezpečit volný prostor pro dolní končetiny a poskytnout jim opěrku. [5]

Trvalá práce ve stoje nebo v sedě, jsou označovány jako práce v nucené poloze. Nucené polohy jsou v ergonomii definovány jako fyziologicky nepříznivé polohy. Preventivně se zavádějí pracovní přestávky, kde při stabilní práci ve stoje má pracovník možnost občasného sedu a při stabilní práci v sedě, má pracovník možnost krátké procházky. [4]

- **Nefyziologická poloha**

Jsou polohy s výraznou změnou polohy trupu a končetin. Především se sem řadí předklon, záklon, dřep, poklek, práce s rukama nad hlavou, leh atp. Lze při nich pracovat jen omezeně a krátkou dobu. Pokud je člověk nucen v těchto polohách pracovat, hrozí mu vážné poškození svalového a kostního aparátu. [5]

Kategorizace pracovní polohy

První a čtvrtá kategorie není definovaná.

Kategorie 2:

- Při práci převážně vstoje, vsedě nebo při střídání těchto poloh – při výskytu podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy. Celková doba práce v podmíněně přijatelné poloze v rozmezí 100–160 minut za průměrnou směnu. Celková doba práce v nepřijatelné pracovní poloze v rozmezí 20–30 minut za průměrnou směnu.

Kategorie 3:

- Práce překračující podmínky kategorie 2 [12]

5 Ergonomické analýzy

Následující kapitola pojednává o ergonomických analýzách, které jsou použity v praktické části práce.

5.1 Hodnocení poloh podle Nařízení vlády 361/2007 Sb.

Při ergonomické analýze se využívají podmínky ochrany zdraví při práci podle Nařízení vlády 361/2007 Sb. Hodnoty získané při provedení analýzy se porovnávají se stanovenými limity, které jsou uvedeny níže a následně se polohy zařazují do tří skupin.

- Přijatelné – zanedbatelné riziko, není nutnost něco měnit
- Podmíněně přijatelné – zvýšené zdravotní riziko a nutnost snížení rizika
- Nepřijatelné – vysoké zdravotní riziko a nutnost odstranění rizika

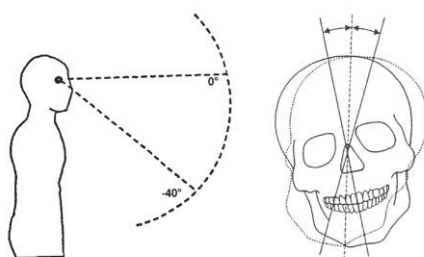
Pro jednotlivé skupiny se dále určují hygienické limity, které určují přípustnou dobu trvání poloh za směnu či v cyklu. Tzn. pokud nepřijatelná poloha je prováděna ve vyhovujícím limitu trvání, tak není nutné tuto polohu odstranit. Pokud je doba trvání mimo přípustný limit, musí být nepřijatelná poloha neprodleně odstraněna.

Hygienické limity pro jednotlivé pracovní polohy

- Podmíněně přijatelná poloha – celková doba trvání v této poloze je stanovena na 160 minut za průměrnou 8 hodinovou směnu, avšak doba trvání v podmíněně přijatelné poloze nesmí překročit 1-8 minut dle typu polohy.
- Nepřijatelná pracovní poloha – limit nepřijatelné pracovní polohy je stanoven na 30 minut za průměrnou 8 hodinovou směnu a stejně jako u podmíněně přijatelné polohy nesmí doba jednotlivých poloh překročit 1-8 minut dle typu polohy.

Limity pro hodnocení pracovních poloh

- Hlava a krk – polohy hlavy a krku závisí na rotaci a úklonu šije, předklonu a záklonu hlavy. Podmíněně přijatelná a přijatelná poloha závisí na četnosti pohybů. Při 2 a méně pohybech je pohyb definován jako podmíněně přijatelný. [7]

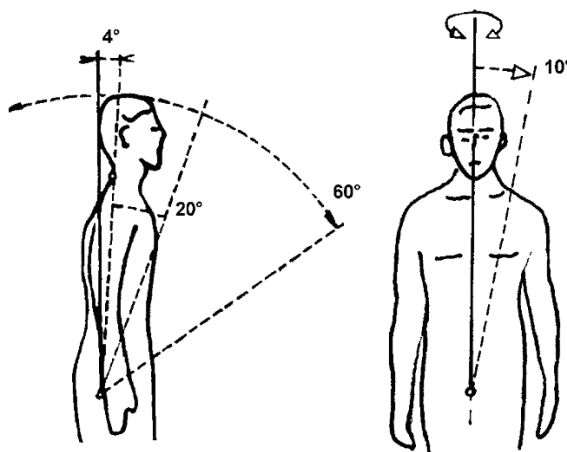


Obrázek 5.1 Limity pro hlava a krk

poloha	přijatelná	podmíněně přijatelná	nepřijatelná
rotace šije	0° - 15°	15° a více	15° a více
úklon šije	0° - 15°	15° a více	15° a více
předklon/záklon	0° - 25°	25° - 40°	40° a více
		0° - -15°	-15° a více

Tabulka 5.1 Limity pro hlavu a krk

- Trup – poloha trupu se hodnotí ve třech směrech, a to předklon/záklon, úklon a otočení

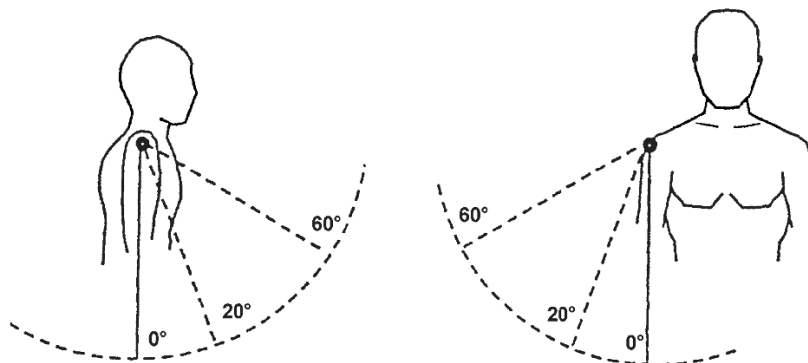


Obrázek 5.2 Limity pro trup

poloha	přijatelná	podmíněně přijatelná	nepřijatelná
předklon/záklon	0° - 40°	40° - 60°	60° a více
		0° a méně	0° a méně
úklon	0° - 20°	20° a více	20° a více
otočení	0° - 20°	20° a více	20° a více

Tabulka 5.2 Limity pro trup

- Ramena – u polohy ramen používáme hodnoty při předpažení/zapažení a upažení.

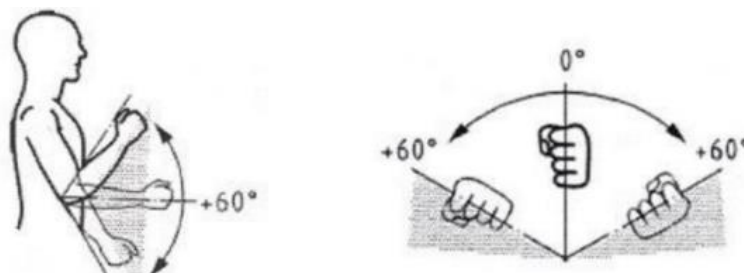


Obrázek 5.3 Limity pro ramena

poloha	přijatelná	podmíněně přijatelná	nepřijatelná
předpažení/zapažení	0° - 40°	40° - 60°	60° a více
		0° a méně	0° a méně
upažení	0° - 40°	40° - 60°	60° a více

Tabulka 5.3 Limity pro ramena

- **Loket** – poloha lokte se hodnotí podle ohnutí a rotace. Flexe je pohyb lokte, kde se zmenšuje vzdálenost mezi předloktím a paží. Naopak extenze je zvětšování toho úhlu. U lokte se poloha řadí pouze jako přijatelná a nepřijatelná.

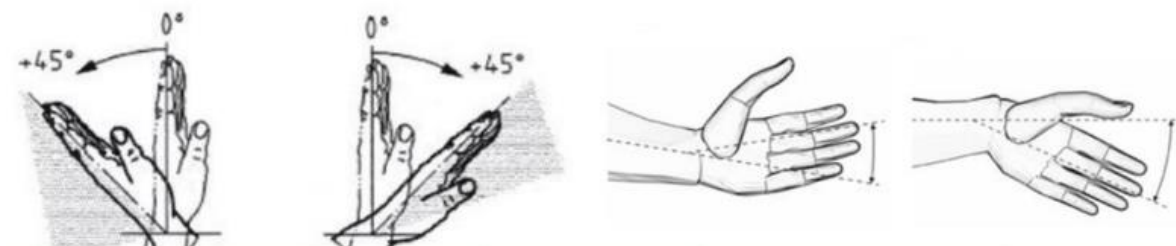


Obrázek 5.4 Limity pro loket

poloha	přijatelná	nepřijatelná
ohyb – flexe/extenze	0° - 60°	60° a více
	-60° - 0°	-60° a méně
rotace	0° - 60°	60° a více
	-60° - 0°	-60° a méně

Tabulka 5.4 Limity pro loket

- **Zápěstí** – zápěstí se hodnotí dle dorsální flexe, palmární flexe, radiální deviace a ulnární deviace. Flexí rozumíme ohyb zápěstí, úhel se bere od roviny středu ohnutí zápěstí. Pojmeme radiální deviací se rozumí odklon směrem k palci a ulnární deviací ve směru od palce. U zápěstí stejně jako u lokte řadíme polohu jako přijatelnou nebo nepřijatelnou.



Obrázek 5.5 Limity pro zápěstí

poloha	přijatelná	nepřijatelná
dorsální flexe	0° - 45°	45° a více
palmární flexe	0° - 45°	45° a více
radiální deviace	0° - 15°	15° a více
ulnární deviace	0° - 20°	20° a více

Tabulka 5.5 Limity pro zápěstí

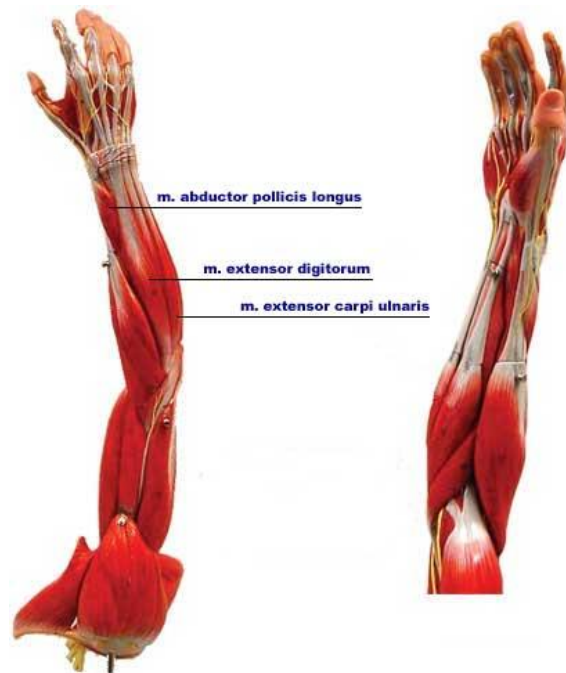
5.2 Měření lokální fyzické zátěže pomocí EMG

Při vyšetřování lokální svalové zátěže byla použita metoda integrované elektromyografie, zkráceně EMG. Tato metoda využívá elektrické aktivity svalů, nervů a pro jeho snímání byl použit celovlnný usměrňovač a elektronický integrátor. Integrovaný elektromyogram představuje celkovou svalovou aktivitu a je funkcí amplitudy, trvání a frekvence průběhu jednotlivých EMG potenciálů. Pro měření a záznam byl použit přenosný 8 kanálový polygraf EMG Holter s EMG modulem. EMG modul slouží ke sledování činnosti svalů metodou měření a záznamu elektrických potenciálů provázejících svalovou aktivitu. EMG potenciály jsou snímány speciálními elektrodami, které se umísťují na povrch předloktí.

Snímaný signál z elektrod je dále zesilován diferenciálním zesilovačem, filtrován, celovlnně usměrňován, integrován, digitalizován a následně ukládán do samotné paměti. Vzorkování EMG signálu je prováděno dvacetkrát za sekundu a následně je vypočtena jejich průměrná hodnota.

Umístění senzorů

Měřicí sada obsahuje 5 senzorů na každou ruku. Upevňují se pomocí oboustranné samolepky na extenzory a flexory předloktí.



Obrázek 5.6 Umístění EMG senzorů

[18]

Vyhodnocení měření

Výsledky měření jsou porovnávány s limity danými NV č. 361/2007 Sb. Při hodnocení se posuzují vynakládané svalové síly s počty pohybů, dále pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce. Celé hodnocení je vztaženo k průměrné osmihodinové pracovní době. Výsledky se v závislosti na maximální svalové síle (F_{max}). Přípustná hodnota v procentech F_{max} pro muže a ženy při práci s převahou dynamické složky je 30 %. Opakovaná lokální zátěž způsobuje zejména muskuloskeletální onemocnění. Mezi ně řadíme například syndrom karpálního tunelu. Některá onemocnění jsou řazena mezi nemoci z povolání.

- **Kalibrace měření dynamometrem**

Před samotným měřením je zapotřebí v softwaru pro obsluhu měřícího zařízení zkalibrovat maximální sílu stisku měřeného pracovníka. K měření síly byl použit ruční digitální dynamometr Jamar Plus. Síla byla měřena třemi způsoby úchopu dynamometru a to nadhmatem, podhmatem a pistolovým úchopem.



Obrázek 5.7 Dynamometr Jamar Plus [17]

Vysvětlení pojmů

F_{max} – maximální svalová síla – síla, kterou je schopna vyšetřovaná osoba dosáhnout při maximálním úsilí vynakládáním konkrétními svalovými skupinami v definované pracovní poloze.

% F_{max} – procento maximální svalové síly – udává poměr vynaložené svalové síly F_{max}, přičemž F_{max} odpovídá 100 %.

Nadlimitní svalové síly – svalové síly přesahující 70 % F_{max}.

Celoseměnově vynakládaná průměrná F_{max} – časově vážený průměr svalových sil vynakládaných svalovou skupinou.

EMG 1 – svalové skupiny extenzorů dominantní horní končetiny

EMG 2 – svalové skupiny flexorů dominantní horní končetiny

EMG 3 – svalové skupiny extenzorů submisivní horní končetiny

EMG 4 – svalové skupiny flexorů submisivní horní končetiny

HK – horní končetina

PHK – pravá horní končetina

LHK – levá horní končetina

6 Využití ergonomický software

Tato část práce představí softwarovou podporu pro ergonomickou analýzu, a to software Tecnomatix Jack od společnosti Siemens. Tento program byl využit pro analýzy v praktické části práce.

6.1 Tecnomatix Jack

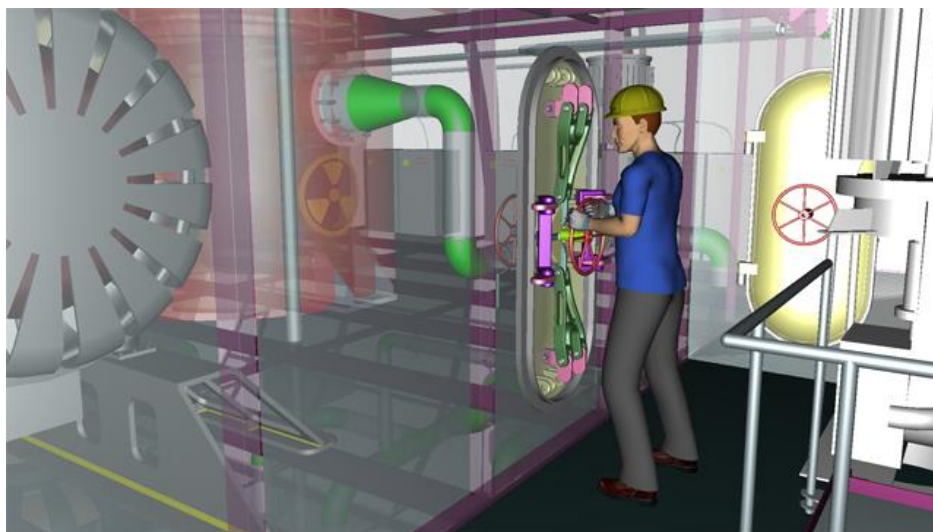
Společnost Siemens vytvořila program Tecnomatix Jack zaměřený na ergonomii a lidský faktor. Vznikl v 80. letech za podpory NASA na Pensylvánské univerzitě Department of Computer and Information Science. Software využívá virtuální 3D prostředí, do kterého je možné umístit přesný biomechanický model člověka. Modelu lze přiřadit úkoly a díky softwaru zjistit jejich výkonost, jestli se cítí pohodlně, či jestli nejsou přetěžováni.

Software je využíván jako real-time simulační nástroj. Kromě postav lze také importovat CAD grafiku, kterou lze vytvořit například v programu Autodesk Inventor. Tím lze docílit virtuálního prostředí pracoviště nebo i celé výroby.

Biomechanický model postav se skládá z 69 segmentů a 68 kloubů, jednotlivými segmenty lze pohybovat ve 2-3 osách, a tudíž máme celkem až 135 stupňů volnosti. Segmenty jsou propojeny pomocí kloubů, jejich úhly a rozsahy pohybů vyplývají ze studie NASA. Při pohybu jednotlivými segmenty software pracuje s inverzní kinematikou a dokáže určit i pohyb s ostatními propojenými segmenty. Pracovní polohu tak lze nastavit manuálně anebo využít předvolené uložené polohy z knihovny. Software Tecnomatix Jack nám dále umožňuje zobrazit chování pracovníka při styku s ostatními prvky vytvořeného virtuálního prostředí. Lze tak například nastavit úchop při manipulaci s výrobkem a následně sledování polohy těla při pokládání tohoto výrobku na stůl. Úchopy jsou stejně tak jako pracovní polohy předdefinovány v knihovně, nebo jej lze nastavit také manuálně.

Software Tecnomatix Jack nám umožňuje provádět několik typů vyhodnocování našeho vytvořeného virtuálního pracoviště. Lze tak například sledovat trajektorii manipulovaného předmětu, nebo zobrazit zorné pole a měřit tak například vzdálenost mezi okem a manipulovaným předmětem. Dále lze vyhodnocovat dosahové vzdálenosti a určit tak zda náš model dosáhne na určité součásti.

[14]



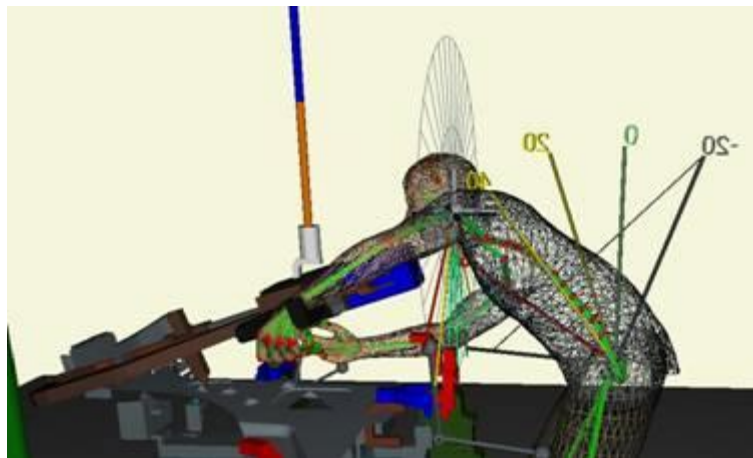
Obrázek 6.1 Tecnomatix Jack [14]

6.2 Modul NV 361

Pro praktickou část práce byl využit přídatný modul nařízení vlády NV 361 pro software Tecnomatix Jack. Díky tomuto modulu lze sledovat hlavně pracovní polohy a přípustné limity polohy těla, které jsou z hlediska ergonomie přípustné a díky tomu předcházet poškození muskuloskeletálního systému lidského těla. Modul zobrazí jednotlivé hodnoty polohy zad, hlavy a krku, kolen a nohou, ramen, loktů a zápěstí v přehledné tabulce. Jednotlivé hodnoty jsou podbarveny zelenou, žlutou či červenou barvou. Zelená barva znamená přípustné hodnoty, žlutá zvýšené riziko a červená znamená nepřípustné vysoké riziko.

Modul obsahuje v záložce Indicators možnost grafického vyobrazení indikátorů zad a úhlu ramen. To nám usnadňuje vidět v jaké poloze se nacházejí končetiny a páteř a zda nejsou polohy rizikové.

[15]



Obrázek 6.2 Indikátory Tecnomatix Jack

7 Popis analyzovaného pracoviště

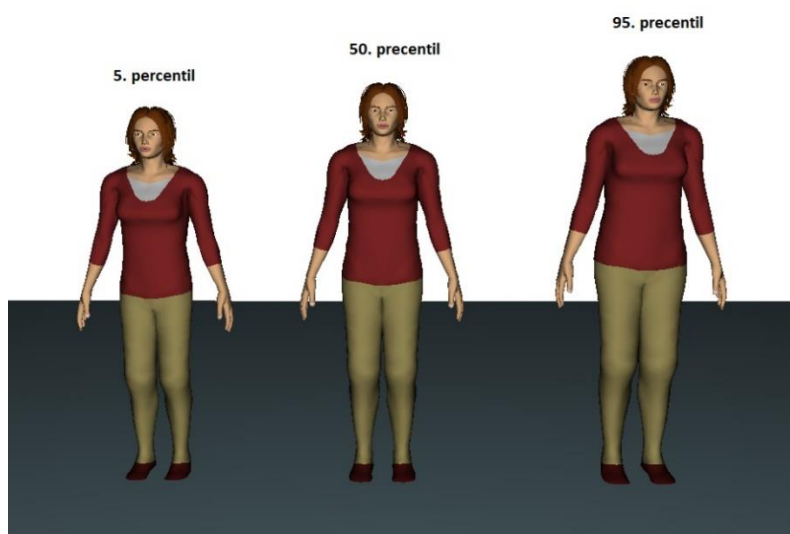
Pozorování a měření proběhlo ve společnosti, která patří k předním výrobcům kabelů a kabelových propojek v automobilovém průmyslu. Hlavní oblastí působení společnosti je řešení přenosu dat ve vozidlech. Výstupem firmy jsou koaxiální propojky, které se hodí pro flexibilní propojení příslušenství automobilu k řídicí jednotce, aktivní elektronika, která zajišťuje spojení mezi vozidlem a externími koncovými zařízeními, nebo také snímače, které jsou vyvíjené pro použití v extrémních podmínkách provozu vozidla.

Popis pracovníka

V této práci se bude provádět ergonomická analýza pracoviště pro pracovní činnost s modelem pracovníka pro 5. percentil, 50. percentil a 95. percentil populace státu. Práci na vybraných pracovištích vykonávají jen ženy, proto model je vytvořen jen pro ženu a model nastaven na pracovníka germánského původu. V tabulce 7.1 jsou uvedeny výšky a hmotnosti jednotlivých percentilů.

	výška	hmotnost
5. percentil	153 cm	51kg
50. percentil	163 cm	63 kg
95. percentil	174 cm	79 kg

Tabulka 7.1 Výška a hmotnost modelů v Tecnomatix Jack



Obrázek 7.1 Model jednotlivých percentilů populace v programu Tecnomatix Jack

7.1 Pracoviště letování propojek

Pro praktickou část bylo vybráno toto pracoviště, na kterém se provádí nasazení smršťovacích bužírek a sletování dvou kusů propojek k sobě pomocí ruční pájky. Pracoviště se nachází na výrobní hale, ve které se nachází převážně letovací a krimpovací pracoviště a část je osazena autonomní výrobou pomocí CNC strojů. Pracoviště jsou organizovaná ve dvou řadách po 10 pracovních stolech v řadě a pěší uličkou za zády. Pracovník na tomto pracovišti pracuje v osmihodinových směnách, s přestávkou na oběd o době 30 minut. Práce je vykonávána pouze v sedě na pracovní desce a manipulací materiálu na stojany, které má pracovník po levém a pravém boku. Objem výroby na jednoho pracovníka je dán normou 68 kusů na hodinu.

Popis pracoviště a součástí

Pracoviště se skládá z jednoho stolu o rozměrech pracovní desky 153x75cm ve výšce 76 cm, židličkou s polohovatelnou výškou sedu 46–62 cm a dvou stojanů, na kterých jsou zavěšeny připravené propojky po svazcích o 25 kusech a propojky hotové. Na pracovním stole se nachází přípravek, který slouží k naklonění pracovní plochy a k uchycení propojek pro pájení. Dále pájecí stanice, ke které patří stojan k odložení pájky. Na stole se mimo jiné nachází drobné ruční nářadí a krabičky s címem a kalafunou. Pod stolem na levé straně se nachází odsávací systém, který slouží k odsávání výparů, které vznikají při pájení. Sací hubice je pomocí kloubového mechanismu umístěna nad pracovní deskou a pracovník si její polohu může volně přizpůsobit. Uprostřed se nachází podložka pod nohy, která se buď dá položit na zem, nebo zavěsit na záda stolu do výšky 10 cm. Nad každým pracovištěm se nachází jedna zářivka a hala je osvětlována led osvětlením.



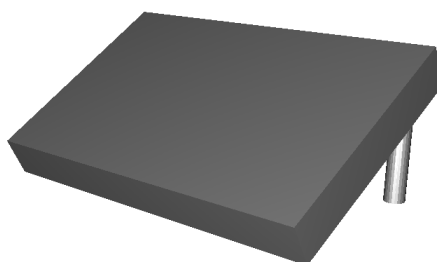
Obrázek 7.2 Náhled na pracoviště

Celé pracoviště spolu s jednotlivými objekty bylo nutné podle skutečných rozměrů vymodelovat pomocí softwaru Tecnomatix Jack a Autodesk Inventor. Vytvořený 3D model byl vytvořen s důkladem na správnost rozměrů reálného pracoviště. Model celého pracoviště je vyobrazen na obrázku 7.3.



Obrázek 7.3 3D model pracoviště z programu Tecnomatix Jack

Na obrázku 7.4 je model podložky, do které pracovník upíná propojku pro lepší pozici k pájení. Podložka je nakloněna oproti pracovní desce o 30° a má rozměry 35x23 cm.



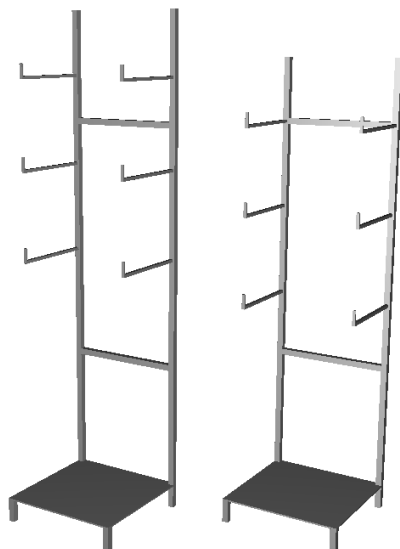
Obrázek 7.4 Model podložky na pájení

Pro přizpůsobení pracoviště má pracovník k dispozici podložku pod nohy, která je 10 cm nad zemí se sklonem 25° . Model je vyobrazen na obrázku 7.5.



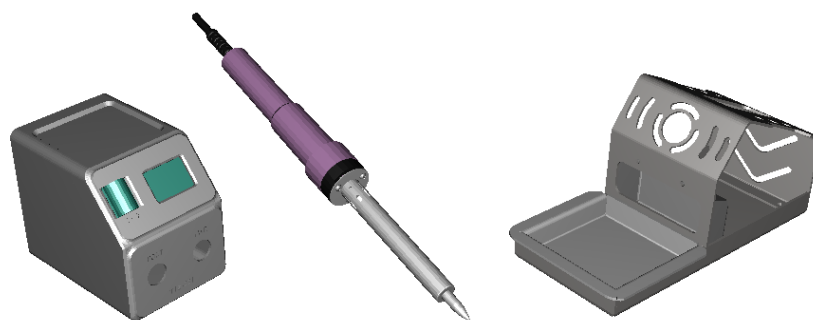
Obrázek 7.5 Model podložky pod nohy

Na pracovišti se dále nachází dva regály, které má pracovník po levém a pravém boku. V levém regálu je materiál připraven k pájení, do pravého regálu se ukládají hotové kusy. Modely regálů jsou na obrázku 7.6.



Obrázek 7.6 Model regálů

Hlavní součástí pracoviště je pájecí stanice, která je zobrazena na obrázku 7.7. Stanice se skládá z centrální jednotky, kde se nastavuje teplota pájecího hrotu, dále ze samotné pájky s pájecím hrotem a odkládacího stojánku.



Obrázek 7.7 Model pájecí stanice

Popis činnosti

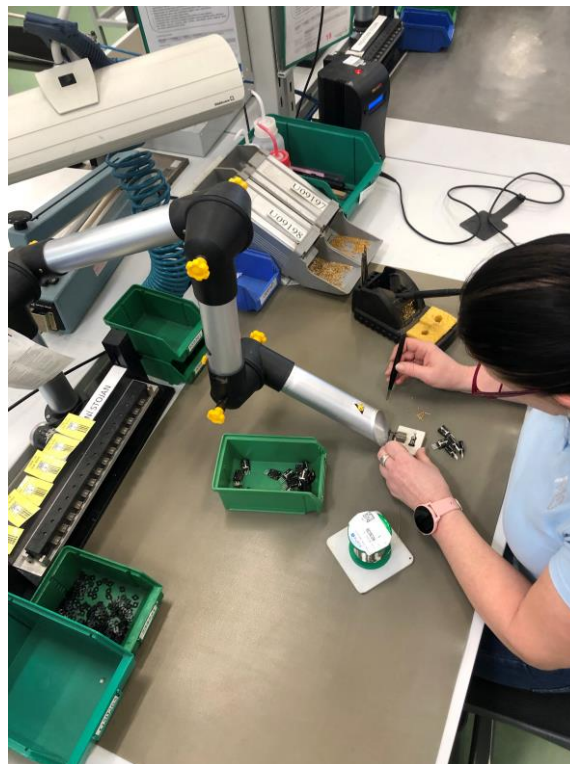
První operace celého výrobního cyklu je vyjmutí připravených propojek z regálu. Připravené propojky se nachází v regálu po levé ruce pracovníka a propojky jsou zde ve svazku po 25 kusech. Před samotným pájením se svazek rozebere a jednotlivé propojky se vkládají do klipsnového svěráčku samostatně. Pro lepší polohu pro pájení je svěráček umístěn na podložce, která je nakloněna oproti pracovní desce o 30°. Kabely na samotném konci propojky, které byli na předchozím pracovišti zbaveny bužírky se následně prsty očistí a roztáhnou od sebe pro lepší přístup. Na jednotlivé drátky se navlékne 1cm dlouhý kus smršťovací bužírky a pomocí ruční pájky pracovník na konce oholených kabelů nanese cín. Následně se k jednotlivým kabelům, které jsou rozlišeny barvami připájí krátký kus propojky, která má na konci konektor. Takto hotový kus se odkládá na pravou část pracovní desky a celý proces se opakuje pro zbylé propojky svazku. Hotový celý svazek se zavěšuje do regálu po pravé ruce pracovníka. Takto spájené propojky se na jiném pracovišti dále zpracovávají. Pracovník takto za hodinu stihne dle normy vyrobit 68 kusů. Celkem za celou směnu pracovník vyrobí 510 kusů.

7.2 Pracoviště letování USB odpory

Druhé pracoviště, které bylo vybráno pro praktickou část, je pracoviště letování rezistorů do USB konektorů pomocí ruční pájky. Nachází se ve stejné pracovní hale jako předchozí pracoviště. Práce se vykonává v osmihodinových směnách s 30 minutovou přestávkou na oběd. Normou pro výrobu je 125 kusů za hodinu na jednoho pracovníka. Práce se vykonává pouze v sedě.

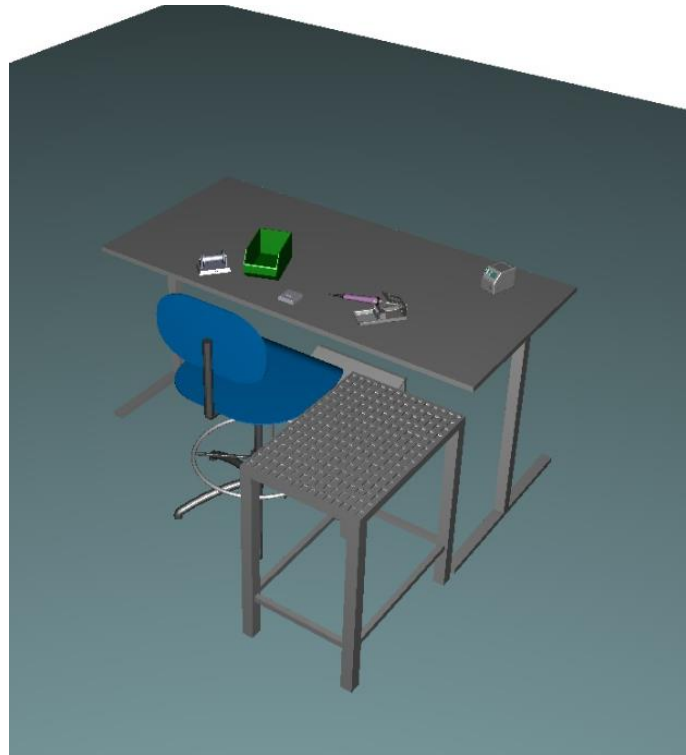
Popis pracoviště a součástí

Pracoviště využívá stejný pracovní stůl a židličku jako předchozí pracoviště. Na pracovní desce se nachází plastový box, ve kterém jsou USB konektory připraveny k pájení. Dále se zde nachází přípravek, který slouží k přidržení konektorů při procesu pájení. Nedílnou součástí pracoviště je pájecí stanice. Po pravém boku pracovníka se nachází pojízdný stolek, na kterém je plastová podložka, do které se vkládají hotové kusy. Pracovník dále má k dispozici podložku pod nohy a odsávací systém výparů.



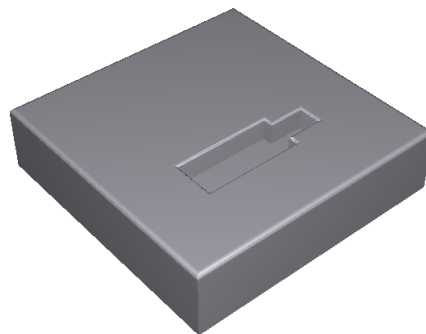
Obrázek 7.8 Náhled na pracoviště

Na následujícím obrázku je vyobrazen model celého pracoviště, zpracovaný v softwaru Teknomatix Jack.



Obrázek 7.9 3D model pracoviště z programu Tecnomatix Jack

Na obrázku 7.10 zobrazen přípravek, který slouží k přidržení USB konektorů při pájení. Rozměry destičky jsou 6x6 cm.



Obrázek 7.10 Model podložky na pájení

Hotové kusy se vkládají do plástve, která je položena na pojízdném stolku. Rozměry jsou 40x60cm a odkládací plocha je 67 cm od země. Do jedné plástve se vejde 182 ks. Model regálu je na následujícím obrázku.



Obrázek 7.11 Model regálu

Popis činnosti

Výrobní cyklus začíná vyjmutím jednoho kusu USB konektoru z krabičky položené na pracovní desce a vložení do drážky přípravku. Jako přípravek se zde využívá destička s vyfrézovanou drážkou tvaru USB konektoru a slouží k přidržení konektoru při pájení. Následně se na plošky konektoru pinzetou vloží dva rezistory. Pomocí ruční pájky a cínu se rezistory připájí. Následně se takto hotový kus odloží do krabičky s hotovými kusy. Následně se hotové kusy přeskládají do plastové plástve, která je umístěna na regálu, který má pracovnice po pravé ruce. Norma na tomto pracovišti je stanovena na 125 kusů za hodinu a celkem pracovník za změnu vyrobí 937 kusů. Vkládání hotových kusů do plástve není započteno do normy výroby a provádí se jako samostatná operace.

8 Analýza fyzické zátěže na pracovištích

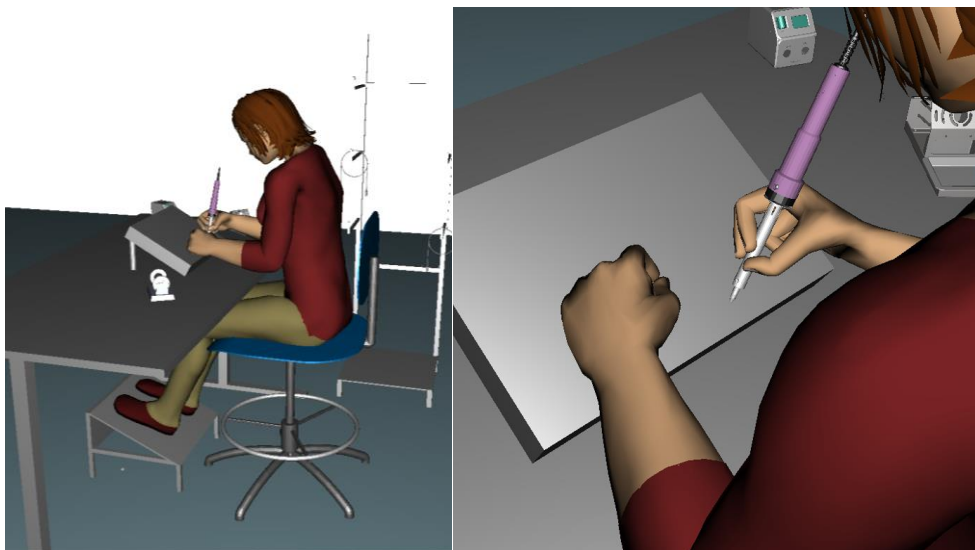
Obsahem této části práce je analýza pracoviště, vyhodnocení získaných hodnot a navrhnutí případných opatření. Analyzované pracovní polohy byly vybrány po konzultaci s pracovníky a vedením pracoviště a jsou to takové polohy, ve kterých je zjevné, že dochází k překračování daných limitů a jeví se jako problematické. V první řadě se důkladně změřilo celé pracoviště, následovalo vymodelování součástí v softwaru CAD a sestavní celého 3D modelu pracoviště v programu Tecnomatix Jack.

8.1 Hodnocení pracovní polohy podle NV 361/2008 Sb.

Analýza pracovní polohy je prováděna na základě Nařízení vlády 361/2007 Sb. a provádí se také v softwaru Tecnomatix Jack. Změřené hodnoty jsou umístěny do přehledné tabulky a jsou barevně rozlišené. Přijatelná poloha je označena zelenou barvou, podmíněně přijatelná žlutou barvou a nepřijatelná poloha barvou červenou. Na základě vyhodnocených hodnot byl ke každé pracovní poloze vyvozen závěr a případné navrhnutí opatření pro zlepšení ergonomie pracoviště.

8.1.1 Pracoviště letování propojek – poloha pájení

Z pracovního procesu letování propojek byla vybrána poloha, při níž pracovník provádí samotné letování. Práce se uskutečňuje v sedě na pracovní desce stolu. V pravé ruce pracovník drží pájku špetkovým úchopem, levou rukou si k pájecímu hrotu podává cín. Krátkým přidržením cínu na pájecím hrotu pájky se nanese cín na oholenou část kabelu a následným přiložením druhého kusu kabelu se konce kabelů po vychladnutí cínu k sobě spojí. Model pracovníka níže byl vytvořen pro 5. percentil populace a vyplývá z něj na první pohled nezdavá poloha krční páteře.



Obrázek 8.1 Model pracovní polohy při pájení

- **Výsledky analýzy**

Z níže uvedených tabulek je na první pohled vidět, že pro všechny tři percentily (5. percentil, 50. percentil, 95. percentil) je problematickou oblastí poloha krční páteře. S rostoucí výškou pracovníka je úhel ohybu krku větší a poloha pro 95. percentil byla vyhodnocena jako poloha nepřijatelná, zatím co pro 5. a 50. percentil jako poloha podmíněně přijatelná. Další problematickou oblastí se jeví poloha zápěstí. Pracovník drží pájku a přídatný materiál pomocí špetkového úchopu. Hodnoty pro zápěstí jsou pro všechny tři percentily stejné a jsou

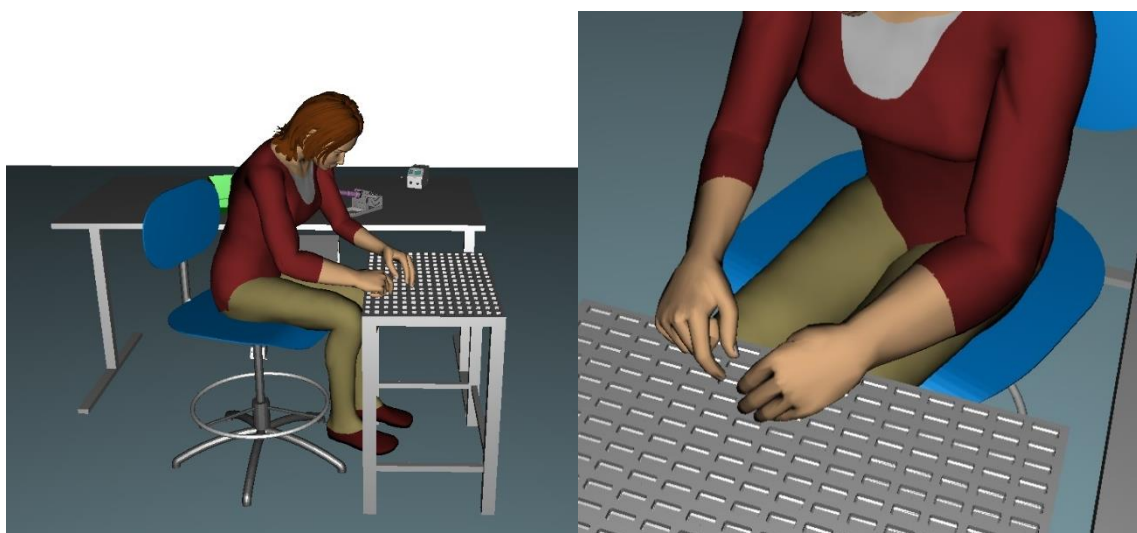
vyhodnoceny jako podmíněně přijatelná poloha. U 95. percentilu se hodnoty ohybu lokte dostávají do žlutých čísel, což vyjadřuje polohu podmíněně přijatelnou. Hodnoty pro paže, kolena a chodidla byly pro všechny tři percentily vyhodnoceny jako přijatelné.

Část těla	5. percentil	50. percentil	95. percentil
TRUP	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
HLAVA-KRK	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Nepřijatelné
NADLOKTÍ	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
LEVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
PRAVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÝ LOKET	Přijatelné	Přijatelné	Podmíněně přijatelné
PRAVÝ LOKET	Přijatelné	Přijatelné	Podmíněně přijatelné
KOLENO	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
CHODIDLO	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 8.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo), 50. (uprostřed) a 95. (vpravo) percentil pracoviště letování propojek

8.1.2 Pracoviště letování odporů USB – poloha manipulace

Druhá vybraná pracovní poloha je z pracoviště letování odporů do USB konektorů a jedná se o činnost umístování hotových kusů konektorů do plástve, která se nachází po pravém boku pracovníka na pojízdném regálu. Poloha letování na tomto pracovišti vykazovala obdobné závěry, jako poloha letování na pracovišti s propojkami, a proto tuto analýzu tato část práce neobsahuje. Činnost je zahájena vyjmutím kusu z krabičky, následuje umístění do plástve a natažením ukazováčkem mírnou silou zacvaknutí konektoru do drážky. Obrázek 8.2 zobrazuje model pracovníka pro 5. percentil.



Obrázek 8.2 Model pracovníka pro 5. percentil

Výsledky analýzy:

Následující výsledky analýzy nevykazují žádné nepřijatelné hodnoty pracovní polohy, ale obsahují značnou část podmíněně přijatelných poloh. U 5. percentilu se ohyb krční páteře nachází v přijatelné poloze, avšak se zvyšující se výškou pracovníka tento ohyb narůstá a pro 50. a 95. percentil je tato poloha podmíněně přijatelná. Nejproblematictější oblastí jsou ramena, kde v mírném předklonu dochází k natažení paží vpřed a pro všechny vybrané percentily je poloha hodnocena jako podmíněně přijatelná. Jelikož se jedná o úchop drobného materiálu, tak taktéž hodnoty zápěstí a úchopu jsou hodnoceny jako podmíněně přijatelné pro všechny tři percentily. Hodnoty zad, loktů, kolen a chodidel jsou v přijatelné poloze.

Část těla	5. percentil	50. percentil	95. percentil
TRUP	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
HLAVA-KRK	Přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
NADLOKTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
PRAVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÝ LOKET	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
PRAVÝ LOKET	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
KOLENO	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
CHODIDLO	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 8.2 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo), 50. (uprostřed) a 95. (vpravo) percentil pracoviště letování odporů USB

8.2 Měření lokální svalové zátěže pomocí EMG

Limity pro směnové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu

V níže uvedené tabulce se nachází limity počtů pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu, které jsou vyjmuty z nařízení vlády 361/2007 Sb. Limitní hodnoty se vztahují k průměrnému procentu použití maximální síly F_{max} .

% F_{max}	Průměrný počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu	Průměrný minutový počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu
7	27600	58
8	24300	51
9	21800	44
10	19800	41
11	18100	37
12	16700	34
13	15500	32
14	14400	29
15	13500	29
16	12700	26
17	12000	25

Tabulka 8.3 limitní hodnoty počtů pohybu ruky a předloktí [15]

8.2.1 Pracoviště letování propojek

Informace o měřeném pracovníkovi

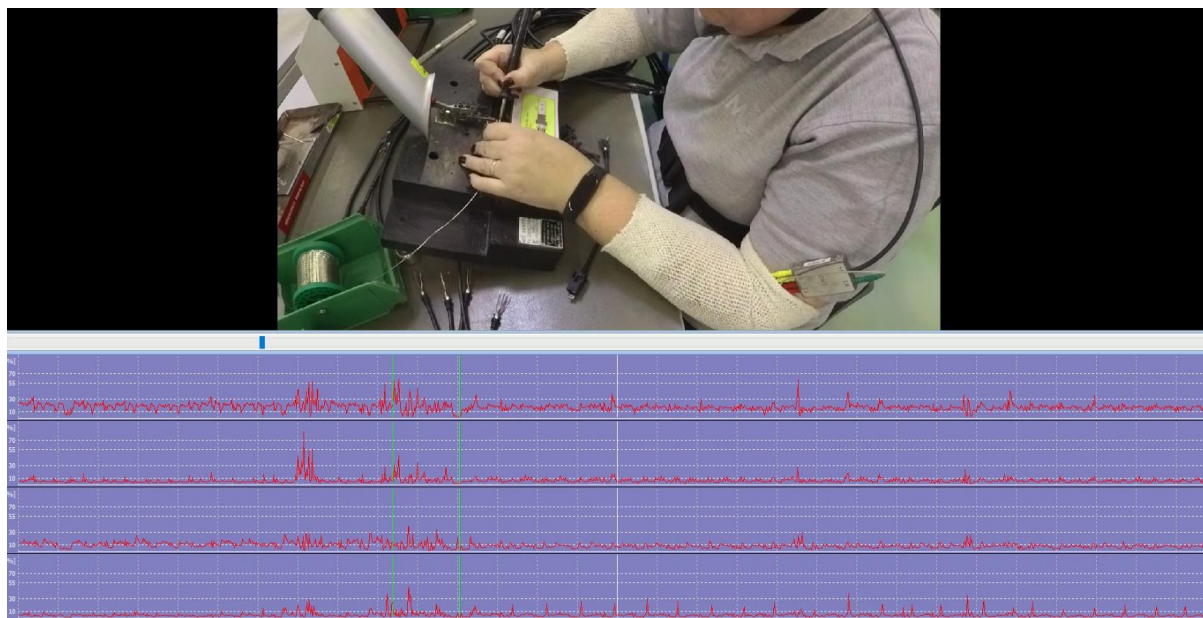
Měřený pracovník byla žena 43 let s tělesnou hmotností 97 kg a výškou 171 centimetrů. Pracovnice měla dominantní pravou ruku, kterou vykonávala převážnou část činnosti. Níže uvedená tabulka zobrazuje maximální sílu úchopu pracovnice. Měření úchopu probíhalo dynamometrem před samotným měřením a slouží ke kalibraci měřícího přístroje.

úchop	síla
pistolový pravá ruka	35,3 kg
pistolový levá ruka	30,3 kg
nadhmat pravá ruka	33,9 kg
nadhmat levá ruka	29,5 kg
podhmat pravá ruka	32,6 kg
podhmat levá ruka	27 kg

Tabulka 8.4 Maximální síla úchopu pracovníka

Časový průběh měření

Během měření se současně pořizuje videosnímek v reálném čase, který se následně synchronizuje s výstupními hodnotami měření. Pro ověření a zkvalitnění výsledků, bylo měření opakováno na deseti pracovních cyklech. Na obrázku 5.5 lze vidět paralelní vyobrazení prováděné činnosti, kde na horní části snímku vidíme aktuální pracovní polohu pracovnice a současně níže vidíme průběh používané síly flexorů a extenzorů jednotlivých rukou.

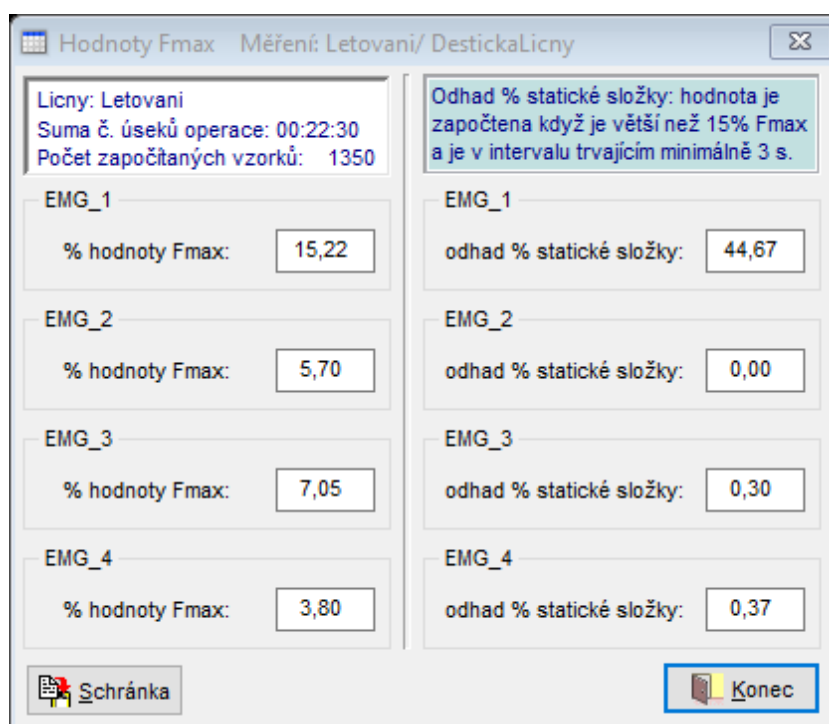


Obrázek 8.3 Průběh sil se synchronizovaným videosnímkiem

Vyhodnocení měření

Z níže uvedené tabulky 8.5 vychází, že práce je staticko-dynamická s převahou statické složky práce. Za statickou práci je považovaná činnost, kde je sval stažen na více jak 3 sekundy.

Po provedení časového převážení na průměrnou 8hodinovou pracovní směnu se průměrná časově vážená hodnota % Fmax pohybovala u extenzorové svalové skupiny dominantního předloktí kolem hodnoty 15,22 % Fmax, u submisivního předloktí pak kolem hodnoty 7,05 % Fmax. U flexorové svalové skupiny dominantního předloktí se hodnota pohybuje kolem hodnoty 5,70 % Fmax, u submisivního předloktí pak kolem hodnoty 3,80 % Fmax. Jak je zřejmé z výsledků měření, nebylo zjištěno překročení hygienického limitu pro hodnotu % Fmax (limit 30% Fmax) u žádné sledované skupiny, a to s ohledem na charakter práce staticko-dynamické s převahou statické složky.



Tabulka 8.5 Průměrné hodnoty %Fmax

Celosměnový počet jednostranných pohybů rukou a předloktí se v průměrné směně pohybuje pro pravou horní končetinu kolem hodnoty 10200 pohybů, pro levou horní končetinu kolem hodnoty 6630 pohybů. Jedná se o hodnoty, které s ohledem na vynakládané svalové síly nepřekračují daný hygienický limit u žádné sledované horní končetiny.

	počet pohybů/hod	počet pohybů/směna
dominantní předloktí	1360	10200
submisivní předloktí	884	6630

Tabulka 8.6 Počet pohybů za hodinu a směnu

Jak ukazují výsledky frekvenční analýzy, při provádění práce nedochází k vynakládání velkých svalových sil (55–70 % Fmax) u všech sledovaných svalových skupin obou horních končetin. Daný hygienický limit 600 pohybů pro jejich celosměnový počet není překročen u žádné sledované svalové skupiny obou horních končetin. K výskytu nadlimitních svalových sil (nad 70 % Fmax) nedochází u všech sledovaných svalových skupin obou horních končetin, nejedná se o pravidelnou součást práce.

Měření: Letovani/ DestickaLicny OPERACE: Licny Letovani - Souhrnná délka: 00:22:30 Počet vzorků: 1350												
	EMG_1			EMG_2			EMG_3			EMG_4		
	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas
0 - 5	8,74	118	2360	49,56	669	13380	29,70	401	8020	77,33	1044	20880
0 - 10	12,44	168	3360	91,70	1238	24760	82,96	1120	22400	95,63	1291	25820
0 - 15	41,41	559	11180	98,89	1335	26700	97,56	1317	26340	97,19	1312	26240
0 - 20	87,19	1177	23540	99,48	1343	26860	99,11	1338	26760	98,15	1325	26500
0 - 25	96,74	1306	26120	99,70	1346	26920	99,56	1344	26880	99,19	1339	26780
0 - 30	98,30	1327	26540	99,85	1348	26960	99,78	1347	26940	99,56	1344	26880
0 - 35	98,89	1335	26700	100,00	1350	27000	99,85	1348	26960	99,70	1346	26920
0 - 40	99,56	1344	26880	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000	99,85	1348	26960
0 - 45	99,78	1347	26940	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000	99,93	1349	26980
0 - 50	99,93	1349	26980	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000
0 - 55	99,93	1349	26980	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000	100,00	1350	27000
55 - 70	0,07	1	20	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0
> 70	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0
Čas [min]	22,5	22,5	450	22,5	22,5	450	22,5	22,5	450	22,5	22,5	450

Tabulka 8.7 Hodnoty frekvenční analýzy

8.2.2 Pracoviště letování USB odpory

Informace o měřeném pracovníkovi

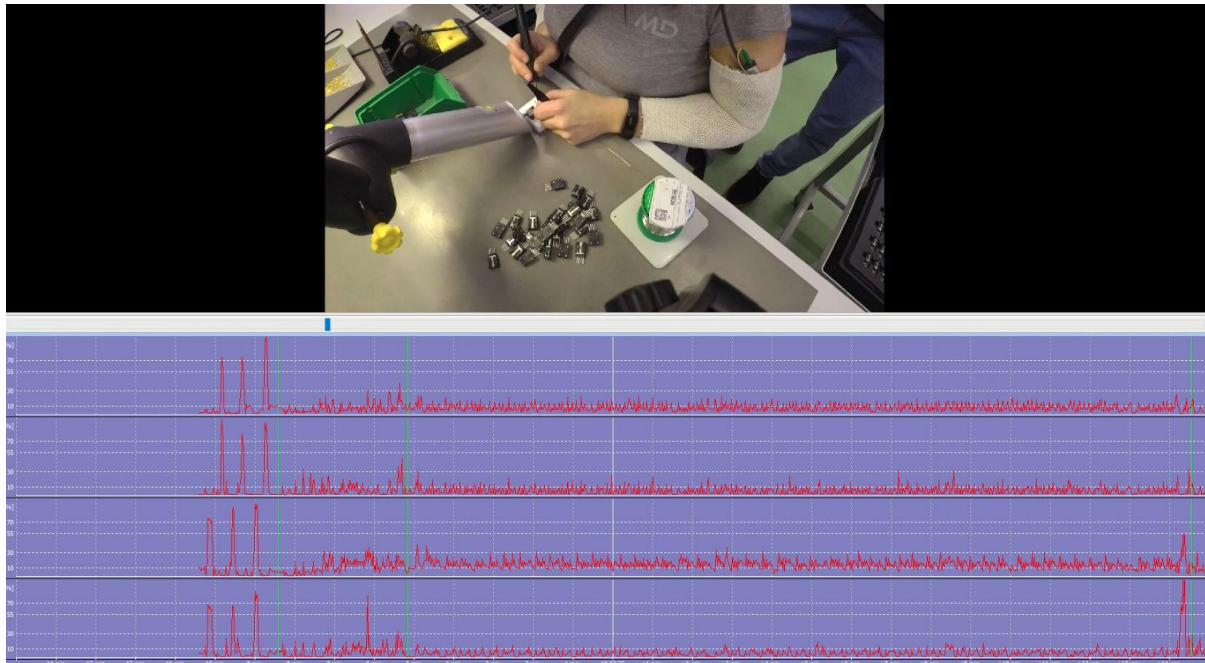
Na druhém pracovišti byla měřena osobou taktéž žena. Pracovnici bylo 35 let s tělesnou hmotností 55 kg a výškou 165 centimetrů. Avšak dominantní rukou byla levá ruka, pájení bylo prováděnou rukou pravou. Níže uvedená tabulka zobrazuje maximální sílu úchopu pracovnice.

úchop	Síla
pistolový pravá ruka	23,4 kg
pistolový levá ruka	25 kg
nadhmat pravá ruka	24,3 kg
nadhmat levá ruka	25,2 kg
podhmat pravá ruka	25,8 kg
podhmat levá ruka	24,6 kg

Tabulka 8.8 Maximální síla úchopu pracovníka

Časový průběh měření

Obrázek níže zobrazuje pracovní průběh sil extenzorů a flexorů horních končetin pracovnice druhého pracoviště.

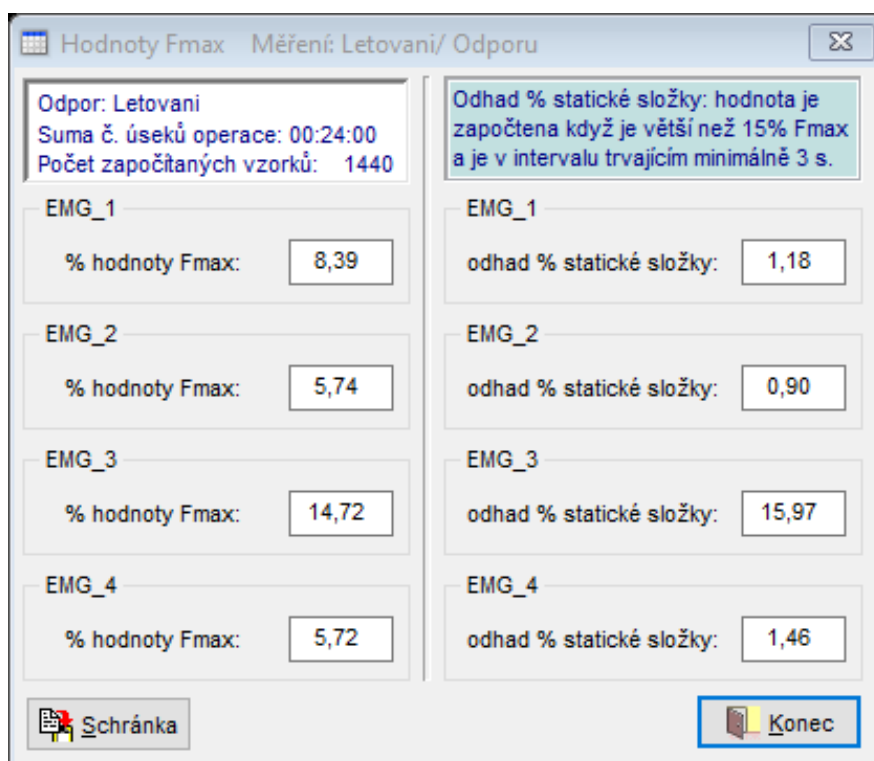


Obrázek 8.4 Průběh sil se synchronizovaným videosnímkiem

Vyhodnocení měření

Hodnoty z tabulky 8.9 ukazují, že práce je staticko-dynamická s převahou dynamické složky práce. Podíl statické složky u dominantní ruky se pohybuje okolo 15,97 %.

Po přepočtení na průměrnou 8hodinovou pracovní směnu se průměrná časově vážená hodnota % Fmax pohybovala u extenzorové svalové skupiny dominantního předloktí kolem hodnoty 8,39 % Fmax, u submisivního předloktí pak kolem hodnoty 14,72 % Fmax. U flexorové svalové skupiny dominantního předloktí se hodnota pohybuje kolem hodnoty 5,74 % Fmax, u submisivního předloktí pak kolem hodnoty 0,90 % Fmax. Jak je zřejmé z výsledků měření, nebylo zjištěno překročení hygienického limitu pro hodnotu % Fmax (limit 30% Fmax) u žádné sledované skupiny, a to s ohledem na charakter práce staticko-dynamické s převahou dynamické složky.



Tabulka 8.9 Průměrné hodnoty %Fmax

Celosměnový počet jednostranných pohybů rukou a předloktí se v průměrné směně pohybuje pro pravou horní končetinu kolem hodnoty 7500 pohybů, pro levou horní končetinu kolem hodnoty 8438 pohybů. Jedná se o hodnoty, které s ohledem na vynakládané svalové síly nepřekračují daný hygienický limit u žádné sledované horní končetiny.

	počet pohybů/hod	počet pohybů/směna
dominantní předloktí	1000	7500
submisivní předloktí	1125	8438

Tabulka 8.10 Počet pohybů za hodinu a směnu

Jak ukazují výsledky frekvenční analýzy, při provádění práce nedochází k vynakládání velkých svalových sil (55–70 % Fmax) u všech sledovaných svalových skupin obou horních končetin. Daný hygienický limit 600 pohybů pro jejich celosměnový počet není překročen u žádné sledované svalové skupiny obou horních končetin. K výskytu nadlimitních svalových sil (nad 70 % Fmax) nedochází u všech sledovaných svalových skupin obou horních končetin.

Měření: Letování/Odporu OPERACE: Odpor Letování - Souhrnná délka: 00:24:00 Počet vzorků: 1440												
	EMG_1			EMG_2			EMG_3			EMG_4		
	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas
0 - 5	32,57	469	8794	57,99	835	15656	5,42	78	1462	59,31	854	16012
0 - 10	71,94	1036	19425	83,61	1204	22575	24,10	347	6506	87,43	1259	23606
0 - 15	89,65	1291	24206	94,44	1360	25500	55,56	800	15000	95,90	1381	25894
0 - 20	97,57	1405	26344	97,99	1411	26456	83,47	1202	22538	97,71	1407	26381
0 - 25	99,17	1428	26775	98,75	1422	26662	93,82	1351	25331	98,47	1418	26588
0 - 30	99,44	1432	26850	99,03	1426	26738	97,85	1409	26419	98,82	1423	26681
0 - 35	99,51	1433	26869	99,44	1432	26850	99,10	1427	26756	98,89	1424	26700
0 - 40	99,51	1433	26869	99,51	1433	26869	99,38	1431	26831	98,89	1424	26700
0 - 45	99,58	1434	26888	99,51	1433	26869	99,44	1432	26850	98,96	1425	26719
0 - 50	99,58	1434	26888	99,58	1434	26888	99,51	1433	26869	99,10	1427	26756
0 - 55	99,65	1435	26906	99,65	1435	26906	99,58	1434	26888	99,10	1427	26756
55 - 70	0,07	1	19	0,07	1	19	0,07	1	19	0,28	4	75
> 70	0,28	4	75	0,28	4	75	0,35	5	94	0,63	9	169
Čas [min]	24,0	24,0	450	24,0	24,0	450	24,0	24,0	450	24,0	24,0	450

Tabulka 8.11 Hodnoty frekvenční analýzy

8.3 Měření celkové fyzické zátěže

Limit pro celosměnový energetický výdej by v rámci průměrné 8hod směny neměl být překročen. Pracovní pozice bandážování spadá z hlediska energetického výdeje do třídy práce I. podle NV č. 361/2007 Sb. Hodnoty energetického výdeje pro I. třídu práce se pohybují do $80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Pracovní pozice odpovídá energetickému výdeji o hodnotě $80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Energetický výdej u žen je v limitu. Hodnota směnového průměrného energetického výdeje u žen je 1,35 MJ. Limitní hodnoty pro ženy v I. třídě práce se pohybují do 1,8 MJ za 480 minut. Přípustný hygienický limit pro 2. kategorii práce se pohybuje v rozmezí od 3,4 MJ do 4,5 MJ za směnu

9 Návrh na racionalizaci pracovišť

Předposlední kapitola se věnuje racionalizaci pracoviště. Z pozorování pracovišť, analýz a jejich výsledků z předešlé kapitoly lze vyčíst, že současný stav obou měřených pracovišť není z hlediska ergonomie zcela vyhovující a vyskytují se zde nedostatky. V některých pracovních polohách dochází k fyzickému přetěžování. Tato část práce obsahuje návrhy na úpravu prostředí pracoviště a jeho součástí. Výsledek této kapitoly by měl vést ke zlepšení či odstranění zjištěných nedostatků.

Návrh 1 – pájecí stanice s automatickým podáváním cínu

Na obou pracovištích je hlavní činností letování. Z analýzy polohy pájení v kapitole 8.1.1. z výsledných hodnot vychází podmíněně přijatelná poloha obou zápěstí. K této činnosti je využívána pájecí stanice. Pájecí hrot a podávání cínu je realizováno špetkovým úchopem. Z analýzy polohy pájení v kapitole 8.1.1. z výsledných hodnot vychází podmíněně přijatelná poloha obou zápěstí. Použitím pájecí stanice s automatickým podáváním cínu, by se odstranil špetkový úchop submisivní ruky. Tato stanice využívá automatického podání cínu pomocí malé cívky umístěný v samotné stanici.



Obrázek 9.1 Pájecí stanice s automatickým podáváním cínu

- **Výsledky analýzy pro navrženou změnu**

Níže uvedené výsledky zobrazují hodnoty analýzy po použití modelu s pájecí stanicí s automatickým podáváním cínu. K analýze byl použit model pracovníka pro 95. percentil populace.

Část těla	Současný stav	Navržené opatření
NADLOKTÍ	Přijatelné	Přijatelné
PRAVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Přijatelné
PRAVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Přijatelné

Tabulka 9.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro návrh 1

Již na první pohled je vidět značné zlepšení v oblasti lokte a zápěstí submisivní končetiny. Z důvodů využití automatického podávání cínu k hrotu pájky odpadá zatížení způsobeno manuálním odvíjením cínu z cívky a podáváním špetkovým úchopem k pájenému kontaktu.

Návrh 2 – výškové přizpůsobení pracoviště danému pracovníkovi

Z analýzy pracovní polohy prvního i druhého pracoviště vycházejí hodnoty ohybu krční páteře jako podmíněně přijatelná poloha a u 95. percentilu populace dokonce i jako poloha nepřijatelná. Se zvětšující se výškou pracovníka se tyto hodnoty ohybu krční páteře zhoršují. Je to dáno hlavně tím, že i když pracovník má k dispozici výškově polohovatelnou židli, tak tuto možnost přizpůsobení nevyužívá.

Základním opatřením pro odstranění nežádoucích problémů krční páteře je správné nastavení výšky pracovní židličky. Další možností je vybavení pracoviště výškově polohovatelným stolem. Tento stůl by umožnil každému pracovníkovi si nastavit výšku pracovní desky a tím výrazně zlepšit polohu krční páteře a ohybu paží.



Obrázek 9.2 Výškově stavitelný stůl

- **Výsledky analýzy pro navrženou změnu**

Následující výsledky zobrazují hodnoty analýzy po provedení řádného nastavení výšky pracovní desky dle výšky pracovníka a k tomu spjaté nastavení pracovní židličky. K analýze byl použit model pracovníka pro 95. percentil populace.

Část těla	Současný stav	Navržené opatření
TRUP	Přijatelné	Přijatelné
HLAVA-KRK	Nepřijatelné	Podmíněně přijatelné
NADLOKTÍ	Přijatelné	Přijatelné
ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Přijatelné
PRAVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Přijatelné

Tabulka 9.2 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro návrh 2

Z výše uvedené tabulky jednoznačně vyplývá výrazné zlepšení v oblasti krční páteře. Zde se hodnoty po použití navrženého opatření dostaly z oblasti nepřijatelné pracovní polohy. Díky současnému použití vhodné výšky stolu a pracovní židličky došlo ke zlepšení také v oblasti loktů, zde se hodnoty nyní nachází ve fyziologicky přijatelné poloze.

Vedlejší navrhované zlepšení

Níže jsou uvedeny vedlejší návrhy, které dále přispějí ke zlepšení podmínek na pracovištích.

Návrh 3 – pracovní židle s bederní a loketní podporou

Při současném stavu jsou na pracovištích sice výškově nastavitelné židličky, ale s absencí loketní a bederní podpory. Níže na obrázku 9.3 je uvedena pracovní židlička s ergonomickým tvarem. Oproti židli, která se nachází na pracovišti v současném stavu, tato židle disponuje loketní podporou, která výrazně zlepšuje pracovní polohu horních končetin.



Obrázek 9.3 Pracovní židle ergonomického tvaru [19]

Návrh 4 – pájecí stanice s lupou a led osvětlením

Posledním návrhem k racionalizaci pracoviště je pájecí stanice s lupou a led osvětlením. Hlavní náplní pracoviště je letování drobných součástí, při které se krční páteř dostává do podmíněně přijatelné, nebo dokonce u 95. percentilu do nepřijatelné polohy. Použitím pájecí stanice s lupou by se zcela tato poloha krční páteře eliminovala, ale výraznou nevýhodou je rozostření okolního prostředí a tím vznik zrakové zátěže.



Obrázek 9.4 Pájecí stanice s lupou a led osvětlením [20]

10 Porovnání současného stavu a navrhovaného zlepšení

Z provedené analýzy v kapitole 8.1 za využití metody hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 bylo zjištěno několik nedostatků. Výsledné hodnoty analýz současného stavu pracoviště ukazují nepřijatelné hodnoty v oblasti krční páteře a horních končetin, kde lze říci, že dochází k vystavování vysokému riziku ohrožení zdraví pracovníka. Proto je doporučeno podniku provést okamžité změny.

Při současném použití návrhu 1 a 2 na racionalizaci pracoviště, lze v níže uvedené tabulce vidět výrazné zlepšení pracovních poloh v oblasti krku a horních končetin těla.

Současné použití návrhu 1 a 2 (95. percentil)

Část těla	Současný stav	Navržené opatření
TRUP	Přijatelné	Přijatelné
HLAVA-KRK	Nepřijatelné	Podmíněně přijatelné
NADLOKTÍ	Přijatelné	Přijatelné
PRAVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
LEVÉ ZÁPĚSTÍ	Podmíněně přijatelné	Přijatelné
LEVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Přijatelné
PRAVÝ LOKET	Podmíněně přijatelné	Přijatelné
KOLENO	Přijatelné	Přijatelné
CHODIDLO	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 10.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. použití návrhu 1 a 2

Analýza měření lokální svalové zátěže pomocí EMG v kapitole 8.2 zjistila, že na analyzovaných pracovištích při současném stavu nedochází k překročení hygienických limitů a pracovníci nejsou vystavováni k zdraví ohrožujícímu riziku. V případě využití navrhovaných opatření se předpokládá svalové zatížení pravé i levé končetiny nižší. Také z měření celkové fyzické zátěže vyplývá, že celosměnový energetický výdej pracovníka se nachází v přijatelných hodnotách a nejsou zde nutné žádné změny.

Závěr

Předložená bakalářská práce, jejím tématem bylo „Měření fyzické zátěže“, vysvětlila problematiku a hlavní pojmy ergonomie na pracovišti. Poukázala na vliv pracovního prostředí na zdraví člověka a na jeho rizikové faktory. Dále byla přiblížena softwarová podpora v ergonomii, která byla následně použita pro praktickou část práce. Hodnocení a limity jednotlivých analýz využili platnou legislativu nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Praktická část práce počínala představením pracoviště, jeho pozorováním a sběrem dat. Hlavní pracovní činností bylo letování drobných součástí při vysoké kusové normě. Sběr dat byl proveden pomocí EMG holteru, který poskytl data k vyhodnocení měření lokální fyzické zátěže. Následně bylo pracoviště zkoumáno na vhodnost pracovních poloh. Celé pracoviště se proto vymodelovalo ve 3D a pomocí ergonomického softwaru Tecnomatix Jack byla pracoviště přezkoumána dle NV 361/2007 Sb. na vhodnost pracovních poloh. Při provedení analýz byli zjištěny nedostatky, které mohou negativně ovlivnit zdraví pracovníka. Pro zjištěná problémová úskalí byla navržena nápravná opatření. Některé z těchto opatření byla ergonomicky analyzována a porovnána se současným stavem pracoviště. Použití navrhovaných opatření by mělo zlepšit dosavadní stav pracoviště, zlepšit pracovní podmínky a celkově zefektivnit chod pracovního procesu.

Seznam použité literatury

Knižní zdroje

- [1] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- [2] HELANDER, Martin. A Guide to human factors and ergonomics. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006. ISBN 0-415-28248-9.
- [3] CHUNDELA, Lubor a Oldřich MATOUŠEK. Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03802-4.
- [4] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. Základy aplikované ergonomie. Praha: VÚBP, 2009. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [5] SLAMKOVÁ, Eva, Ľuboslav DULINA a Michaela TABAKOVÁ. Ergonómia v priemysle. Žilina: GEORG knihárstvo a tlačiareň pre Žilinskú univerzitu v Žiline, Strojnícku fakultu, katedru priemyselného inžinierstva, 2010. Pokrokové priemyselné inžinierstvo. ISBN 978-80-89478-00-2.
- [6] TUČEK, Milan, Miroslav CIKRT a Daniela PELCLOVÁ. Pracovní lékařství pro praxi: příručka s doporučenými standardy. Praha: Grada, 2005. Bezpečný podnik. ISBN 80-247-0927-9.

Internetové zdroje

- [7] *Narizení vlády č. 361/2007 Sb.* [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [8] *Historie ergonomie* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/ergonomie/historie-ergonomie/>
- [9] *Kategorizace prací* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/kategorizace-praci>
- [10] *Posuzování celkové fyzické zátěže* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/221_posuzovn_celkov_fyzick_zte.html
- [11] *Co je kategorizace prací* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.bozpcz/slovník-pojmu/kategorie-praci/>
- [12] *Vyhláška č. 432/2003 Sb.* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>
- [13] *Hrudní pás* [online] [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-v-eco-baleni>
- [14] *Tecnomatix Jack* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/human-modeling-simulation.html>
- [15] *Využití legislativy pro Tecnomatix Jack* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/vyuziti-legislativy-jako-soucasti-ergonomickeho-nastroje-tecnomatix-jack>
- [16] *Vyhláška č. 361/2007 Sb.* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [17] *Dynamometr Jamar Plus* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.performancehealth.com/jamar-plus-digital-dynamometer>
- [18] *Dorzální strana předloktí* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://medicina.ronnie.cz/c-288-dorzalni-strana-predlokti.html>
- [19] *Pracovní židle ergonomického tvaru* [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/mosh-bs-801-seda-d5118334.htm>

- [20] Pájecí stanice s lupou [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z:
<https://www.svetsoucastek.cz/treti-ruka-s-lupou-a-led-osvetlenim-zhongdi-zd-10y-p65928/#gallery>

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Kategorizace prací.....	16
Tabulka 4.1 Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdaje [7].....	18
Tabulka 4.2 Hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence [7]	19
Tabulka 5.1 Limity pro hlavu a krk.....	26
Tabulka 5.2 Limity pro trup	27
Tabulka 5.3 Limity pro ramena.....	27
Tabulka 5.4 Limity pro loket.....	28
Tabulka 5.5 Limity pro zápěstí	28
Tabulka 7.1 Výška a hmotnost modelů v Tecnomatix Jack.....	33
Tabulka 8.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo), 50. (uprostřed) a 95. (vpravo) percentil pracoviště letování propojek	41
Tabulka 8.2 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo), 50. (uprostřed) a 95. (vpravo) percentil pracoviště letování odporů USB	42
Tabulka 8.3 limitní hodnoty počtů pohybu ruky a předloktí [15].....	42
Tabulka 8.4 Maximální síla úchopu pracovníka	43
Tabulka 8.5 Průměrné hodnoty %Fmax.....	44
Tabulka 8.6 Počet pohybů za hodinu a směnu	44
Tabulka 8.7 Hodnoty frekvenční analýzy	45
Tabulka 8.8 Maximální síla úchopu pracovníka	45
Tabulka 8.9 Průměrné hodnoty %Fmax.....	47
Tabulka 8.10 Počet pohybů za hodinu a směnu	47
Tabulka 8.11 Hodnoty frekvenční analýzy	48
Tabulka 9.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro návrh 1	50
Tabulka 9.2 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro návrh 2	51
Tabulka 10.1 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. použití návrhu 1 a 2	53

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Systém člověk – technika – prostředí [2]	13
Obrázek 1.2 Cíle ergonomie [4].....	13
Obrázek 4.1 Hrudní pás pro měření srdeční frekvence [13]	19
Obrázek 4.2 Nejčastější onemocnění horních končetin z přetížení [1].....	23
Obrázek 4.3 Průměrná statická síla ohnuté paže v N [2]	24
Obrázek 5.1 Limity pro hlava a krk	26
Obrázek 5.2 Limity pro trup.....	27
Obrázek 5.3 Limity pro ramena	27
Obrázek 5.4 Limity pro loket	28
Obrázek 5.5 Limity pro zápěstí	28
Obrázek 5.6 Umístění EMG senzorů	29
Obrázek 5.7 Dynamometr Jamar Plus [17]	30
Obrázek 6.1 Tecnomatix Jack [14]	31
Obrázek 6.2 Indikátory Tecnomatix Jack	32
Obrázek 7.1 Model jednotlivých percentilů populace v programu Tecnomatix Jack.....	33

Obrázek 7.2 Náhled na pracoviště.....	34
Obrázek 7.3 3D model pracoviště z programu Tecnomatix Jack	35
Obrázek 7.4 Model podložky na pájení	35
Obrázek 7.5 Model podložky pod nohy	35
Obrázek 7.6 Model regálů.....	36
Obrázek 7.7 Model pájecí stanice	36
Obrázek 7.8 Náhled na pracoviště.....	37
Obrázek 7.9 3D model pracoviště z programu Tecnomatix Jack	38
Obrázek 7.10 Model podložky na pájení	38
Obrázek 7.11 Model regálu.....	39
Obrázek 8.1 Model pracovní polohy při pájení.....	40
Obrázek 8.2 Model pracovní polohy při manipulaci.....	41
Obrázek 8.3 Průběh sil se synchronizovaným videosnímkiem.....	43
Obrázek 8.4 Průběh sil se synchronizovaným videosnímkiem.....	46
Obrázek 9.1 Pájecí stanice s automatickým podáváním cínu	49
Obrázek 9.2 Výškově stavitelný stůl.....	50
Obrázek 9.3 Pracovní židle ergonomického tvaru [19].....	51
Obrázek 9.4 Pájecí stanice s lupou a led osvětlením [20].....	52