



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH AUTOMATIZACE LINKY PRO BROUŠENÍ SOUČÁSTI KOMPRESORU

PROPOSAL FOR AUTOMATION OF THE PRODUCTION LINE FOR THE
GRINDING OF COMPRESSOR PART

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. David Jiráček

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Roman Kubík, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. David Jiráček

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh automatizace linky pro broušení součástí kompresoru

v anglickém jazyce:

Proposal for the automation of the production line for the grinding of compressor part

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je navrhnout automatizaci výrobní linky s jedním robotizovaným pracovištěm a dále rozpracovat navržené řešení až na úroveň výběru vhodného dodavatele jednotlivých částí linky.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného rozmístění pracovišť linky
2. Návrh konceptu automatizace
3. Technická specifikace projektu vč. dispozičního řešení
4. Výběr vhodného dodavatele
5. Ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Téma diplomové práce, bylo zvoleno společností Valeo Compressor Europe, s.r.o. Jedná se o návrh automatizace linky pro broušení součásti kompresoru. Součást je interně označována jako Cylinder a je nedílnou součástí nového typu rotačního kompresoru do klimatizačních jednotek osobních automobilů. Diplomová práce obsahuje kompletní návrh robotizovaného pracoviště od analýzy současného stavu, přes návrh konceptu, technickou specifikaci projektu až po výběr vhodného dodavatele spolu s investičním záměrem a ekonomickým zhodnocením. Potřebná data byla poskytnuta společností Valeo Compressor Europe, s.r.o.

Klíčová slova

robot, cylinder, manipulace, rozmístění, výrobní linky

ABSTRACT

The topic of this diploma thesis was chosen by Valeo Compressor Europe Company. The aim is to propose an automation of the production line for grinding of a compressor part. The part is internally termed "Cylinder," and it is an integral part of a new type of a rotational compressor for air-conditioning units of automobiles. The diploma thesis includes a complete proposal for the automation of workplace. The current state, the proposal of the concept, technical specification of the project, and the choice of a suitable supplier and economical assessment are included. The data were provided by Valeo Compressor Europe Company.

Key words

robot, cylinder, manipulation, layout, production line

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JIRÁK, D. *Návrh automatizace linky pro broušení součásti kompresoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 76 s., 6 příloh, CD. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh automatizace linky pro broušení součástí kompresoru vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Bc. David Jirák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu mé diplomové práce Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D., doc. Ing. Aleně Kocmanové, Ph.D., společnosti Valeo a mé rodině, za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
1 TEORETICKÝ ÚVOD.....	10
1.1 Valeo Compressor Europe, s.r.o.	11
1.2 Kompresor v klimatizaci.....	13
2 ROBOTIKA.....	14
2.1 Definice pojmů	15
2.2 Historie robotů	16
2.3 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů.....	17
3 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ.....	18
3.1 Vyráběné množství	18
3.2 Metody rozmíst'ování a uspořádání pracovišť	19
3.21 Volné (dílenské) uspořádání	21
3.22 Technologické (profesní) uspořádání	21
3.23 Předmětné uspořádání.....	22
3.24 Modulární uspořádání	23
3.25 Buňkové uspořádání	24
3.26 Výrobní linka	24
3.3 Automatizace linky	25
3.31 Pružná výrobní buňka	26
3.4 Bezpečnost a hygiena na pracovišti	27
3.41 Bezpečnostní předpisy pro rozmíst'ování strojů	28
3.42 Hygiena na pracovišti	29
3.43 Hluk na pracovišti.....	29
3.44 Osvětlení pracoviště.....	30
3.5 Ergonomie.....	30
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY	34
4.1 Součást Cylinder	34
4.2 Výrobní postup součásti.....	35
4.3 Aktuální rozmístění linky	38
4.31 Tok materiálu.....	40
4.4 Ergonomie operátorů na daných operacích	42

4.5 Časy operátorů	44
4.6 Kapacita linky	45
5 NÁVRHY ŘEŠENÍ AUTOMATIZACE LINKY	48
5.1 Analýza SWOT	48
5.2 Průběh projektu	49
5.3 Projektové omezení	49
5.4 Revize 1. dodavatele č. 1	50
5.41 Technická specifikace	52
5.5 Revize 2 a dodavatel č. 2	53
5.51 Technická specifikace	54
5.6 Revize 2. a dodavatel č. 3	56
5.61 Technická specifikace	57
5.7 Revize prvotních návrhů	58
5.71 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 1	60
5.72 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 2	61
5.73 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 3	61
5.8 Porovnání dodavatelů	62
5.81 Výběr vhodného dodavatele	63
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYBRANÉHO DODAVATELE	65
6.1 Investiční náklady	65
6.12 Náklady na přemístění strojů	66
6.13 Celkové investiční náklady	66
6.2 Provozní náklady na pracoviště	67
6.21 Náklady na zaměstnance	67
6.22 Náklady na energie	67
6.23 Náklady na opravy strojů	68
6.24 Celkové provozní náklady aktuálního stavu	68
6.3 Náklady na robota	68
6.31 Odpisy investice	68
6.32 Celkové provozní náklady s robotizovaným pracovištěm	69
6.4 Doba návratnosti	69
ZÁVĚR	72
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	75
SEZNAM PŘÍLOH	76

ÚVOD

Automobilový průmysl je už po řadu let jedním z nejvíce se rozvíjejícím průmyslem a dotýká se každého z nás. Každý si vzpomene na jeho první cestu v automobilu, kdy byl na klíně svého otce nebo dědy, točil volantem a s vykouzleným úsměvem na tváři se vracel domů ke svým blízkým, aby jim sdělil svůj prožitý zážitek.

Také každý z nás si vzpomene na zpracování, kvalitu, pohodlí a rychlost tehdejšího automobilu tenkrát v minulosti. Všechny tyto vzpomínky už jsou dávnou minulostí a právě ten razantní pokrok v automobilovém průmyslu je tak čitelný a znatelný při pohledu na nový automobil, který sjíždí z výrobní linky a na každém ujetém kilometru v něm.

Ruku v ruce s tímto pokrokem jdou právě firmy, které vyrábí komponenty do těchto automobilů. Každým rokem jsou na ně kladeny větší a větší požadavky na kvalitu, přesnost, spolehlivost a v neposlední řadě také na výrobní čas. Čas je naším úhlavním nepřítelem a vždy hraje tvrdě a nemilosrdně proti nám.

Proto se ve výrobních závodech uplatňují stále více automatizované a robotizované pracoviště. Tyto pracoviště nahrazují lidský faktor a mají za úkol dělat práci efektivněji, rychleji a spolehlivěji. Nacházíme se nyní na vysoké úrovni automatizace výroby, o které se dřívějším generacím nezdálo ani v těch nejbujarejších snech. Pokrok, který robotika, resp. automatizace udělala za posledních 30 let, je fenomenální a vývoj stále pokračuje. Stále si můžeme brát za příklad automatizované pracoviště v Japonsku, která jsou stále na předních pozicích v průmyslové výrobě a automatizaci výrobních linek.

1 TEORETICKÝ ÚVOD

Diplomová práce na téma návrh automatizace linky pro broušení součástí kompresoru byla zadána společností Valeo Compressor Europe, s.r.o., v Humpolci. Firma Valeo vyrábí kompresory do klimatizačních jednotek osobních automobilů.

Automatizace se týká stávající linky, která nyní vyrábí součást do nového typu rotačního kompresoru. Tato součást pod interním názvem Cylinder je střední částí kompresoru. Brousící linka je nyní obsluhována operátory a cílem je nahradit jednoho operátora robotizovaným pracovištěm.

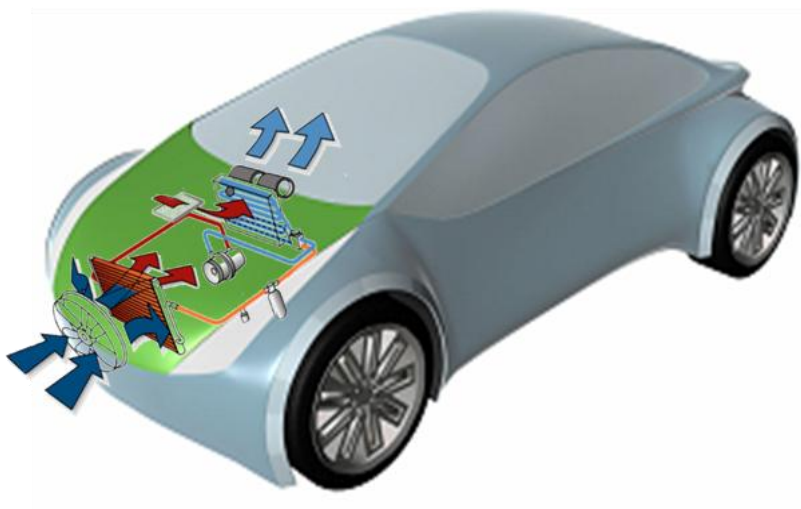
Neustálé zvyšování nároků na lidský faktor je čím dál více neúnosný a to z hlediska vyčerpání operátora a psychickému vypětí, které se po několika hodinách soustavné práce projeví na jeho pracovním výkonu. To má za následek snížení efektivity práce, náchylnost k děláním chyb v pracovním sledu operací a snížení soustředění na daný úkol.

Nynějším trendem v průmyslových závodech je nahrazování lidského faktoru robotem a zautomatizování linky. Pokud chceme držet krok s konkurencí a dostávat se na co nejnižší výrobní časy, je toto řešení vhodné, ne-li potřebné.

Navržené robotizované pracoviště by mělo nahradit jednoho operátora a obsluhovat čtyři číslicově řízené stroje. Tomuto předchází výběr vhodného dodavatele, dispoziční rozmístění linky, výběr robota, jeho periferií, atd. Všechny tyto procesy, které nás měli dovést k tíženému cíli, byly vždy kontrolovány a konzultovány se společností Valeo a následné rady a připomínky byly neprodleně řešeny.

Z daných návrhů od různých dodavatelů robotů a jejich příslušenství bylo na základě zpracované nabídky, technického řešení a v neposlední řadě také finanční částky vybrán vhodný kandidát na realizaci tohoto projektu.

Potřebná data k vypracování diplomové práce byla poskytnuta společností Valeo Compressor Europe s.r.o.



Obr. 1.1 Schéma klimatizačního okruhu [1].

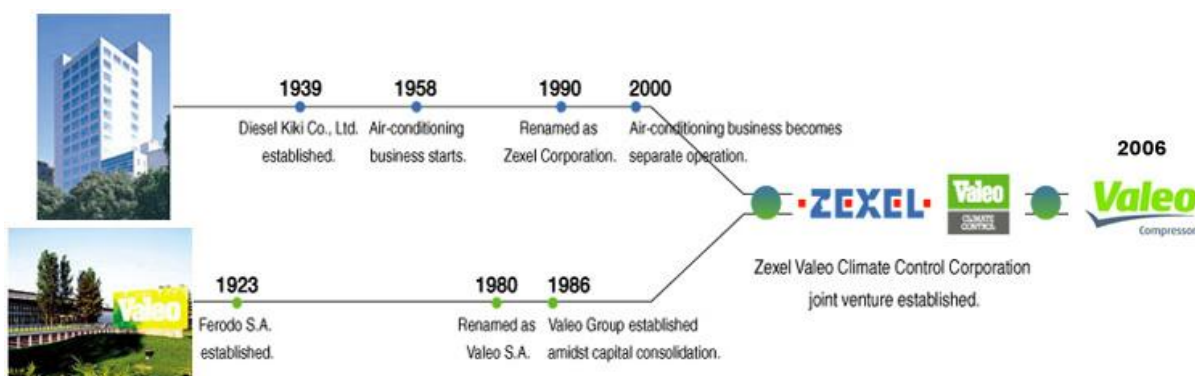
1.1 Valeo Compressor Europe, s.r.o. [2]

Společnost Valeo Compressor Europe, s.r.o. je členem mezinárodního koncernu Valeo a specializuje se na výrobu rotačních a pístových kompresorů pro klimatizační systémy osobních automobilů. Hlavní funkcí tohoto kompresoru je pohánět chladící medium, které proudí v klimatizaci. Závod Valeo je nejmladším zástupcem průmyslové skupiny Valeo na území české republiky.

V závodě jsou používány moderní technologie pro obrábění a montáž. Centra pro výzkum a vývoj citlivě vnímají potřeby zákazníků v daných regionech, na které se snaží co nejrychleji zareagovat a uspokojit jejich požadavky v globálním měřítku. Mezi zákazníky společnosti patří přední světoví výrobci automobilů, jako je Renault, Volkswagen, Toyota, Peugeot, Citroën, atd.

Historie Valeo Compressor Europe sahá až do srpna roku 2000, kdy vzniklo založením Zexel Valeo Climate Control Corporation (ZVCC). Jedná se o spolupráci mezi německým Robert Bosch GmbH a francouzskou společností Climatization S. A.

V lednu 2002 je založen jediný závod ZVCC Corporation pro výrobu kompresorů v Evropě a to Zexel Valeo Compressor Czech, s.r.o. v Humpolci. Piše se duben roku 2005 a společnost Valeo odkupuje podíl německé společnosti Robert Bosch a stává se majoritním vlastníkem společnosti, dochází ke vzniku nové skupiny Valeo Compressors a postupné integrace do skupiny Valeo. V lednu roku 2006 je integrace plně dokončena a dochází ke změně názvu na Valeo Compressor Europe, s.r.o.



Obr. 1.2 Historie Valeo Compressor Europe [2].



Obr. 1.3 Valeo Compressor Europe.

Komplexní kvalita ve Valeo znamená vliv více faktorů, které jsou spolu propojeny a tvoří jeden pevný celek. Kvalita vyžaduje zapojení každého pracovníka na všech stupních a v každém okamžiku. Skupina zvyšuje povědomí o faktorech snižující kvalitu a vede pracovníky k tomu, aby se společně snažili o identifikaci těchto faktorů a poté o jejich nápravu.

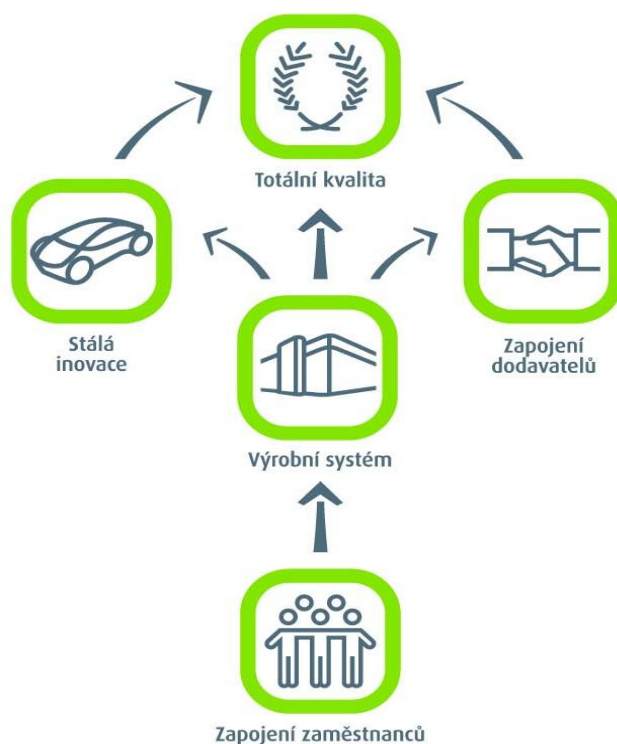
Pět os tvoří základní kámen pracovní efektivity. Díky pěti osám máme k dispozici zásady a metody jak dosáhnout provozní dokonalosti. K dosažení bezchybné kvality je třeba neustálého osobního rozvoje, s čím je spojeno i rozvíjení společnosti.

K dosažení spokojenosti zákazníků s úrovní nákladů, kvality a dodacích lhůt, firma Valeo vytvořila a nekompromisně zavedla svůj systém pěti os, který je motivován snahou o neustálé zlepšování a vychází z principu - napoprvé správně.

Systém pěti os je zaveden v celé skupině Valeo na světě a vyžaduje plné nasazení od všech vedoucích pracovníků i zaměstnanců, stejně jako rozmístění všech nutných zdrojů a pečlivé využívání postupů a procesů firmy Valeo.

Cílem komplexní kvality je plná spokojenost zákazníka. Schopnost vyhovět a předvídat očekávání zákazníků v oblasti kvality výrobků a služeb si vyžaduje, aby byl systém pěti os plně, plynule a nekompromisně aplikován. Komplexní kvalita je implementována všemi členy organizace stejně jako všemi dodavateli.

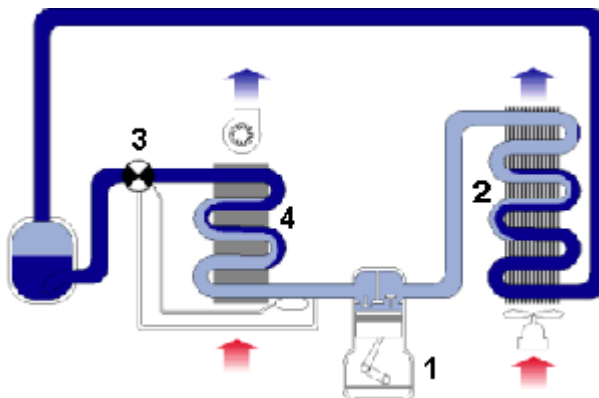
Základní údaje o firmě valeo jsou následující. Roční obrat je 130,5 mil. Kč s 650 pracovníky. V České republice je pouze jediný závod spolu s Research & Developed (R&D) a prodejem v Německu.



Obr. 1.4 Pět os Valeo [2].

1.2 Kompresor v klimatizaci [2,3]

Kompresor pohání chladicí médium v klimatizačním systému a je srdcem klimatizační jednotky. Chladicí médium klimatizace v automobilech je plyn a funguje jako transportní prostředek pro odvod tepla. Od roku 1995 se smí používat pouze médium s označením R134a (Tetrafluoretan). Jedná se o nehořlavou látku, která ale při styku s ohněm tvoří nebezpečné látky. V kapalném stavu je to čirá kapalina a v plynném skupenství je pak neviditelná.



Obr. 1.5 Schéma koncepce klimatizace [2].

Na obrázku 1.5 je patrné, že se klimatizační okruh sestává z několika dílčích částí. V bodě číslo 1 kompresor nasává médium v podobě plynu o nízkém tlaku, to je následnou kompresí stlačeno a zahřáno a jako vysokotlaký plyn proudí do kondenzátoru. Kondenzátor nám zobrazuje číslice 2 na obr. 1.5. Zde se odevzdává plyn o vysokém tlaku a teplotě okolnímu prostředí teplo a mění se na podchlazenou vysokotlakou tekutinu. Tekutina o vysokém tlaku, která je označena číslicí 3, vstupuje do expanzního ventilu, ve kterém prudce klesá tlak a teplota, než klesá pod úroveň okolního prostředí. Výsledkem je tedy ochlazená kapalina s nízkým tlakem. Číslo 4, je již zmiňovaná kapalina o nízkém tlaku, který je opětovně nasáván kompresorem a celý cyklus se opakuje.



Obr. 1.6 Schéma klimatizační jednotky v osobním automobilu [2].

2 ROBOTIKA [4,5,6,7]

Robotika jako nový vědní obor se datuje od druhé poloviny dvacátého století. Tento obor zastihuje významné učence, vědecké týmy a někdy také celé výzkumné ústavy, které se zabývají studiem a konstruováním robotů, tj. strojů, které mají co nejvěrohodněji napodobit fyzické a psychické výkony člověka. Byla zrozena nová vědní disciplína, robotika, jejíž rozsah zájmů sahá od základních otázek funkcí kognitivních robotů, což v podstatě znamená „inteligentních“ robotů. Tento rozsah je velmi široký, od teoretické robotiky, přes laboratorní experimenty a až po reálnou aplikaci robotů v praxi. Robotika jako vědní obor zatím nemá žádné jasné hranice a zasahuje do mnoha různých oblastí. Tyto oblasti se vzájemně odlišují jak náplní, tak i přístupem [5].

Je tomu už více než devadesát let, kdy bylo poprvé použito slovo robot. Toto slovo bylo použito za významem pojmenování umělých bytostí. Dne 25. ledna roku 1921 se uskutečnila premiéra hry Karla Čapka R. U. R. a právě zde, bylo první užití slova robot. Toto slovo převzal ruský spisovatel Isaac Asimov, který definoval tři zákony robotiky ve svých dílech.

1. Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby bylo člověku ublíženo.
2. Robot musí poslechnout člověka, kromě případů, kdy je to v rozporu s prvním zákonem.
3. Robot se musí chránit před poškozením, kromě případu, kdy je to v rozporu s prvním nebo druhým zákonem [6].

Od robotu ze science fiction se dostáváme k reálným modelům, avšak pouze do výrobní sféry, tzn. k průmyslovým robotům. Výrobní a technologické procesy, které dříve obsluhovali pouze lidé, se nyní ve všech vyspělých státech automatizují. Trendem je automatizovat nejen technologická pracoviště, ale i všechny ostatní vedlejší operace. Se současným růstem číslicově řízených strojů, zavedením počítačů a dalších technických zařízení, které jsou součástí výrobní linky, vzniká i snaha o nahrazení pracovní síly, která při monotónní práci, třeba i v nebezpečném prostředí bojuje s únavou a soustředěností při výkonu práce.

Řešením by mělo být nahrazení lidského faktoru průmyslovými roboty a manipulátory. Tyto roboty a manipulátory slouží především k manipulaci s materiálem, ale jsou schopni také plnit technologické úkoly [4].

Existuje ale i druhá strana automatizace a to zvýšení kultury lidské práce a intelektuálního uplatnění člověka. Základním prvkem automatizace je řízení výrobního procesu. Obecně tento termín zahrnuje technické postupy, kdy stroje a přístroje ve výrobním systému jsou ovlivňovány podle fyzikálních zákonů a organizačních přístupů. S typem organizace a požadavkem na rozsah univerzálnosti je volen řídicí systém. Tento systém je také volen s ohledem na technické možnosti dané automatizace a na ekonomické náklady. Důraz je kladen i na spolehlivost řídicích systémů [7].

2.1 Definice pojmů [4]

Ruku v ruce s vývojem robotů jdou i základní pojmy pro vymezení jeho periferií. Tyto pojmy zabezpečují jednoznačné definice, které vylučují odlišné záměry při výkladu a jsou nezbytné v dané terminologii.

Manipulátor je označován jako zařízení s dvoupolohovými pohyblivými jednotkami, které mají vlastní pohon a jsou řízené dle stanoveného programu.

Ruční manipulátor je zařízení, které je řízené bezprostředně člověkem.

Synchronní manipulátor je dálkově řízené zařízení, které je ovládáno operátorem. Při tomto užívání se tvoří uzavřená smyčka manipulátor a operátor.

Robot je definován jako mechanismus, který je schopen vykonat pohyby a úkony na základě programu.

Průmyslový robot je chápán jako zařízení, které má vlastní pohon, pohyblivé jednotky a jeho řízení je vykonáno dle programu. Je vhodný pro automatickou a mezioperační manipulaci nebo k vykonávání technologických procesů.

Adaptivnost, neboli přizpůsobení je schopnost daných prvků soustavy přizpůsobovat se vnitřním i vnějším změnám soustavy.

Průmyslový robot s adaptivním řízením se řadí do skupiny s nejvyšším stupněm řízení a různým stupněm inteligence, které reaguje na změnu pracovních podmínek. Pracuje s podprogramy a je autoprogramovatelné.

Průmyslový robot kognitivní je zařízení, které obsahuje adaptivní řízení a je schopné vnímat a rozeznávat prostředí. Průběžně vytvářet a přizpůsobit model dle prostředí, umožňuje komunikaci s člověkem v přirozeném nebo vytvořeném jazyce.

Řídicí systém je zařízení průmyslových robotů a manipulátoru, ve zkratce PRaM. Tento systém má za úkol zpracovávat a vydávat řídicí signály výkonnému zařízení v synchronizaci s daným programem nebo zařízením. Tyto signály jsou převedeny na povely, které jsou vysílány do výrobních strojů a doplňkových zařízení dle daného programu.

Robotizace je schopnost automaticky vykonávaná činnost, ať už manipulátoru nebo průmyslového robota, které probíhá dle stanoveného programu a tento proces se cyklicky nepřetržitě opakuje.

Výrobní systém je definován jako výrobní ústrojí, ve kterém se odehrává výrobní proces.

Adaptivní soustava PRaM je taková soustava, která má možnost v průběhu své periodicky se opakující činnosti měnit strukturu části soustavy tak, aby byla splněna kvalita, která je na danou soustavu požadována.

Řízení bod po bodě je označován jako PTP (Point to point). Dané technologické operace je rozčleněna do malého počtu bodů jednoduchých pohybů. Krok programu je označován jako základní pohyb, kde je zadána jeho koncová poloha v daném kroku. Postupným řízením daných kroků se realizuje požadovaná operace.

2.2 Historie robotů [5]

Lidská fantazie už od pradávna přemýšlí o strojích, které by měli vlastnosti člověka nebo zvířete. Od té doby je snaha vyrobit tyto stroje a dokázat tak lidskou zručnost a tvůrčí dovednost. Řecký matematik a zakladatel teoretické mechaniky Archytás z Tarentu je prvním historicky doloženým konstruktérem samohybných mechanismů, tzv. automatů již kolem roku 400 př. n. l.

Různorodé mechanické hračky byly popisovány nebo konstruovány ve všech dobách od Leonarda da Vinci, který zkonstruoval kráčeující figurínu lva, přes Rogera Bacona, Galileia Galileia, a také jezuitu Kaspara Schotta s figurínou děvčete, které hrálo na citeru.

Největšího rozmachu a obliby dosáhly v době rokoka a to v polovině 18. století. Z této doby je známo velké množství tvůrců autorů tzv. androidů, tj. automatů s lidskou podobou. Francouzský mechanik Jacques de Vaucanson vytvořil figuríny, které hráli na flétnu a píšťalu a také kachnu, která plavala a mávala křídly. Tyto figurky jsou stále uloženy v Pařížském muzeu. Švýcarský mechanik a hodinář Pierre Jacquet Droz spolu se svým synem sestrojili spousty androidů, mimo jiné i pianistku, které sledovala očima noty a po skončení skladby provedla úklon.

Automatické loutky a androidy, které i přes jejich vynikající řemeslnou práci, byly jen v podstatě důmyslné technické hříčky. Proto mají velmi málo společného s roboty.



Obr. 2.1 Vaucansonova mechanická kachna [8].



Obr. 2.2 Android pianistka od P. Droze [9].

Jako jeden z nejstaršího zpracování tématu umělého člověka jsou legendy o golemovi. Golem byla bytost uhnětená z hlíny, kterou se dalo oživit jen šémem. Je doložen v židovské kabalistické mystice již od 12. století. Lidová fantazie pak v 18. století převzala legendu a sepjala ji s historickou postavou rabbi Jehúdy Löwa ben Bezalela z doby Rudolfa II.

Významným styčným bodem v robotice je již zmiňovaný rok 1921 a Čapkova divadelní hra R. U. R. (Rossum's Universal Robots). Tato hra neměla jako hlavní postavu jednoho robota, ale celé pokolení robotů vyráběných na zakázku, které postupně vytlačí lidstvo.

2.3 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů [4]

Průmyslové roboty a manipulátory můžeme rozdělit podle vlastností do třech vývojových generací. Generace prvního druhu zahrnuje zařízení, které je programovatelné, pracuje s několika stupni volnosti a vykonává pohyb pro danou operaci. Další je generace 1,5, což jsou roboti, kteří využívají k provedení operace senzorový systém. Tato funkce jim přikazuje provést daný úkol a ověřit jeho provedení. Druhá generace robotů pracuje na principu oko – ruka, kdy kamera snímá pozici manipulátoru a vysílá signál k provedení operace. Generace 2,5 jsou roboti, kteří vykonávají komplexní funkce. Poslední, třetí generace robotů se vyznačuje základní inteligencí na diskrétní manipulaci objektů, která se využívá zejména při montáži.

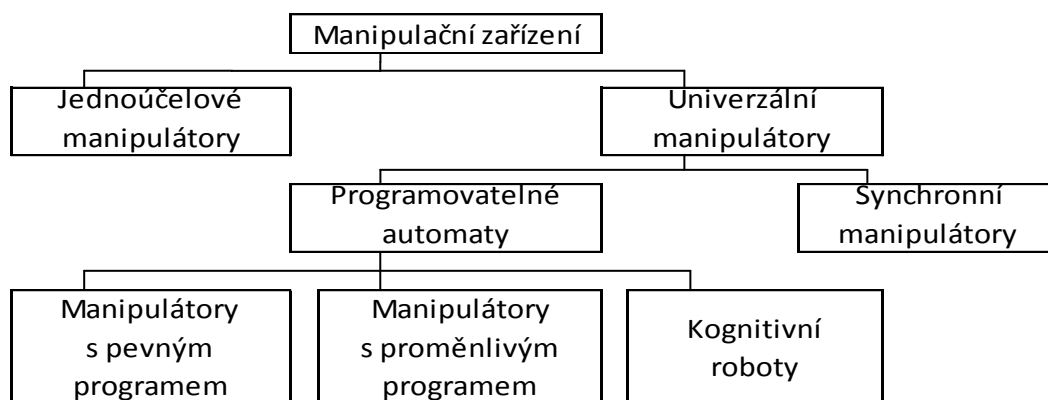
Rozdělení dle funkčního určení, stupně řízení a složitosti provedení, dělíme manipulační zařízení do několika typových skupin. Tyto skupiny jsou znázorněny na obr. 2.3. Dalším typem rozdělení je podle oblasti použitelnosti daného robota.

1. Univerzální a manipulační roboty.
2. Technologické roboty
3. Speciální roboty.

Manipulační robot slouží pro vykonání určitých operací, ať se jedná o změnu polohy výrobku, natočení, ustavení objektu do přípravků a upnutí. Tyto stroje se nejvíce využívají při obsluze výrobních strojů, kdy mají za úkol paletizaci, dopravu, atd.

Univerzální robot je zařízení, které obsahuje průmyslové roboty schopné současně obsluhovat manipulační a technologické funkce dle programu ve výrobním procesu.

Pod označením speciální roboty, můžeme najít široké spektrum aktivit robota. Jedná se především o práci v extrémních podmínkách. Speciální roboty se mohou používat pro práci pod vodou, v kosmickém prostředí, při pomoci lidem se zdravotním postižením a v neposlední řadě také pro výzkumné účely.



Obr. 2.3 Schéma klasifikace manipulačních zařízení [4].

3 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ [10,11]

Po skončení druhé světové války v roce 1945, dochází k prudkému průmyslovému rozvoji. V dříve rozvinutých průmyslových zemích nyní dochází k rozvoji zejména v průmyslových oborech, které jsou založeny na nových fyzikálních principech a naopak v zemích, které byly zaostalé, nyní dochází k industrializaci. Přisun nových technologií do rozvojových zemí přispívá k dosažení průmyslu na vysokou technickou úroveň. Velmi prudký rozvoj průmyslu a technologií i v rozvojových zemích, způsobil na světovém trhu nevídaný stav, a to, že nastal přebytek nabídky nad poptávkou a tak vznikl „trh zákazníka“ [10].

Technologická příprava výroby je jedním ze základních pilířů, které tvoří podmínky pro správnou realizaci projektu. Tato příprava řeší otázky času, prostorové návaznosti, kapacitní a materiálové propočty, určení dispozičního řešení, atd. Rozeznáváme tři základní kroky technologického projektování.

1. Rozbor – tato etapa slouží k shromáždění podkladů, všech dostupných informací a provedení analýzy.
2. Návrh – tento krok se zabývá detailním zpracováním úkolu a zaměření se především na vypracování výrobních dokumentů a vypracování několika variant organizačního uspořádání, které zahrnuje dispoziční řešení, řízení výrobního procesu, atd.

Charakteristikou tohoto kroku je, že ji zpracováváme v různých variantách a tím zaručujeme objektivnost výběru nejvhodnějšího řešení.

3. Realizace – je poslední etapa, v které se volí nejvhodnější řešení a stanoví se postup realizace [11].

3.1 Vyráběné množství [10]

Jako základní rozdělení a podklad pro technologické projektování slouží jako jedno z kritérií i výrobní sortiment a vyráběné množství. Tento podklad určuje celkovou strukturu výrobní jednotky, typ a následně charakter výroby, s kterou úzce souvisí i technologické zařízení. Výrobu dělíme dle počtu vyráběných kusů ročně a to následujícím způsobem.

1. Kusová – v řádech jednotek až desítek kusů.
2. Malosériová – stovky kusů.
3. Sériová – tisíce až desetitisíce kusů.
4. Velkosériová – v řádech statisíce kusů.
5. Hromadná – milióny až desítky milionů kusů ročně.

3.2 Metody rozmíst'ování a uspořádání pracovišť [10,11]

Při projektování technologického pracoviště, potažmo procesu, je úkol vytvořit předpoklady pro řešení, které je charakteristické nejvyšší možnou úrovní technického řešení. Tyto předpoklady musí obsahovat zabezpečení stanoveného objemu, kvality výroby, spolu s nejvhodnějším rozmístěním linky, což může znamenat i spotřebu co nejmenší pracovní plochy při optimálních pracovních podmínkách.

Jedním z klíčových prvků je vzájemné rozmístění stojů, manipulátorů a dalších technických zařízení, které jsou nedílnou součástí výrobní linky, a které kladou požadavky na lidi pracující ve výrobě. Dalším prvkem je již zmiňované vyráběné množství (kusová výroba, sériová výroba, atd.).

Metody rozmíst'ování pracovišť se mohou dělit následovně do několika skupin. Každá metoda má svoje uplatnění, avšak je nutno vybrat takovou metodu, která v co nejlepší možné míře odpovídá kvalitě i počtu vstupních informací.

1. Empirická metoda.
2. Systematická metoda.
3. Graficko-početní metoda.
4. Stochastická metoda.
5. Matematická metoda.

Metoda empirická vychází z analýzy materiálového toku a na technologickém zařízení, které jsou součástí linky. Zpracování této metody je jednoduché a časově nenáročné. Nevýhodou těchto metod je použití pouze na omezený počet strojů a nepřesnost metody, které může být způsobena nepřesností v propočtech materiálového toku, a rozborech řešení.

Systematická metoda je založena na systematickém třídění postupů prací při technologickém projektování. Mezi nejvíce používané metody se řadí SLP (Systematic Layout Planning) a SHA (Systematic Handling Analysis). Důležitou součástí této metody je materiálová tok, na jehož základě rozmíst'ujeme pracoviště a vztahy mezi nimi.

Metoda graficko-početní používá jako základ materiálový tok a podle toho hledá nejvhodnější rozmístění pracovišť. Do této metody můžeme začlenit metodu trojúhelníkovou, kruhovou, metodu souřadnic a metodu těžiště. Tyto metody nacházejí uplatnění s možností využití výpočetní techniky s následným grafickým vyjádřením.

Stochastická metoda spočívá v náhodném rozmístění pracovišť na náhodných místech. Zde je zkoumána hodnota stanovené účelové funkce.

Matematická metoda se používá v případě, že daný proces můžeme nahradit matematickou funkcí [11].

Z obecně zvoleného systému výroby je určuje uspořádání zařízení do výrobního celku. Tento systém můžeme dělit podle pohybu výrobku, resp. součásti a podle dělení výrobního cyklu, což znamená, jestli výrobní cyklus dělíme na výrobní operace. Toto dělení je znázorněno v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Kombinace výrobního systému [10].

	Bez pohybu výrobku	S pohybem výrobku
Bez dělení na operace	Varianta A	-
S dělením na operace	Varianta B	Varianta C

Varianta A, bez pohybu výrobu a bez dělení na operace, je charakteristická tím, že je výrobek kompletně zhotoven na jednom místě a jedním pracovníkem. Určený pracovník vykonává veškeré potřebné úkony, jak na strojních, tak ručních pracovištích. Tento systém je vhodný k řemeslné výrobě, na které se podílí zkušení pracovníci, kteří provádí vysoce kvalitní ruční práci. Tato varianta je vhodná pro kusovou a v krajních případech i pro malosériovou výrobu.

Varianta B, bez pohybu výrobku a s dělením na operace, je charakteristická tím, že celý výrobek je vyroben na jednom místě. Na výrobku pracují skupiny pracovníků, které se na něm střídají, anebo pracují paralelně. Varianta je vhodná ke kusové výrobě rozměrných a těžkých výrobků, jako jsou například lodě, velká letadla, atd.

Varianta C, pohyb výrobků a dělením na operace, je charakteristická tím, že se jednotlivé operace v daném pracovním postupu vykonávají na pracovištích k tomu určených. Na tyto pracoviště je materiál dodáván, ať už za pomoci lidského faktoru, dopravníku, či manipulátoru. Tento způsob je nejpoužívanější a lze jej aplikovat od kusové výroby až po hromadnou výrobu. Tento způsob výroby nám umožňuje několik uspořádání výrobních zařízení do technologických souborů, čili dílen nebo do výrobních linek [10].

Zajistit optimální rozmístění strojů, zařízení anebo celé technologické pracoviště spolu s účelností dispozičního řešení, patří mezi nejdůležitější cíle projektu. Mezi základní pilíře při volbě dispozičního řešení, hrají roli významné aspekty, mezi které řadíme minimalizovat mezioperační dopravu, využívat co nejjednodušší zařízení, použít co nejmenší plochu z výrobní haly, zajistit co nejefektivnější výrobu a v neposlední řadě nesmíme zapomenout na bezpečnostní předpisy na pracovištích a hygienické normy, které jsou dané zákonem.

Dispoziční návrhy by se měli zpracovávat ve více variantách a posuzovat týmově. Minimalizujeme tím, budoucí výskyt chyb v projektu a následnou další investici na jejich opravení. Týmové řešení důležitých částí projektů, se dnes už staly standardem ve všech úspěšných firmách. Uspořádání výrobních oddělení a výrobních linek se řídí dle technologického postupu a rozsahem výroby. Rozeznáváme několik druhů uspořádání pracovišť [11].

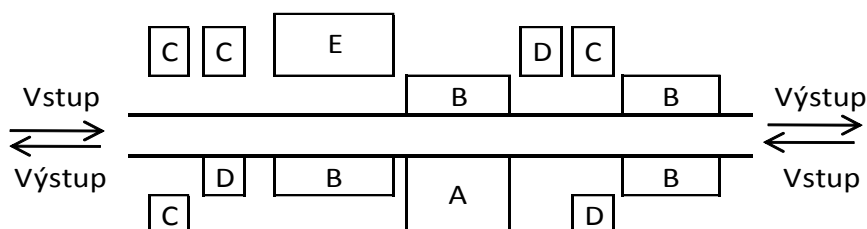
3.21 Volné (díleenské) uspořádání [10,11]

Tento druh uspořádání je specifický tím, že stroje i pracoviště jsou neorganizovaně, neboli chaoticky rozmístěny v díleenském prostoru. Dalším specifickým prvkem tohoto uspořádání je, že se zde nekoná pohyb součástí, a že tato varianta není rozdělena na výrobní operace. Jedná se o dílnu, kde jsou veškerá zařízení, ať už ruční nebo strojní, na kterých můžou dělníci vykonávat svoji práci.

Můžeme se s ním setkat tam, kde nelze předem učít tok materiálu, nebo když se tok materiálu liší s vyráběným dílcem. Vyskytuje se především v prototypových dílnách, v dílně pro strojní údržbu a v případech kusové výroby.

Nevýhodou tohoto uspořádání je složitý systém a definice toku materiálu a informací. Existuje zde několik základních pravidel, které by měl projektant dodržovat. Jsou to oddělení hrubé nebo hlučné technologie, slučování příbuzných technologií a dodržení bezpečnosti a hygieny práce na pracovišti. Pokud je to možné, tak se tato varianta uspořádání nepoužívá. Vždy se hledá společný prvek pro funkční uspořádání strojů a zařízení. Další nevýhodou je kapacita dané dílny. Je to omezeno pouze na malé objemy výroby. Pro tento typ výroby jsou potřební vysoce kvalifikovaní dělníci, kteří spolu se svými zkušenostmi mají nárok na vysoké mzdy.

Mezi výhody, můžeme pokládat, nízkou pořizovací cenu strojů a výrobního zařízení, protože se jedná o klasické výrobní stroje a nikoli o složité CNC stroje. Další významnou vlastností tohoto uspořádání je pružnost výroby, což znamená rychlou změnu na jiný druh výrobků, bez dlouhých časových ztrát. Nesmíme taky opomenout nízké náklady na přípravu a řízení výroby.



Obr. 3.1 Volné uspořádání pracoviště [11].

3.22 Technologické (profesní) uspořádání [10,11]

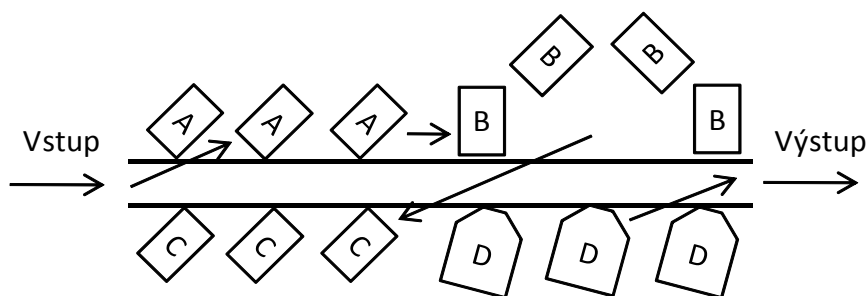
Při tomto uspořádání výrobní linky, jsou všechny stroje stejné nebo jim příbuzné profese řazeny do jednoho technologického souboru, a to bez ohledu na tok materiálu v technologickém souboru. Při použití strojů stejného typu, což bývá mezi pěti až deseti stroji, vytváříme dílny jednotkově. Při menším počtu strojů totožného typu (dílna soustruhů), nebo popřípadě dílny obráběcích strojů. U prvních dvou zmiňovaných typů dílen, se nepředpokládá kooperace mezi stroji, které jsou umístěny ve stejné dílně. U posledních typů se umožňuje manipulace a operace na strojích uvnitř dílny, linky.

Toto uspořádání je vhodné především pro kusovou a malosériovou výrobu, u kterých můžeme sledovat rozmanitou nabídku součástkové základny.

Nevýhodou tohoto pracoviště je dopravní a manipulační náročnost a kompilovaný materiálový tok. Potřebujeme zajistit větší plochu mezikladu, z které pak budeme zásobovat rychlejší technologické operace. Se všemi těmito aspekty je spojeno i složitější řízení výroby technologického uspořádání.

Mezi výhody patří zejména ekonomické vlastnosti. Zavedení vícestrojové obsluhy je první výhodou, na kterou následuje snížení počtu nástrojů a přípravků pro stejné druhy a skupiny zařízení nebo strojů. Při této variantě můžeme zaměstnávat méně kvalifikované obsluhy, avšak je nutnost na tomto pracovišti mít seřizovače pro dané stroje. Na tomto pracovišti můžeme využít větší potenciál kapacity vytížení strojů a snazší plánování výroby, dle kapacity pracoviště. Tato linka má velkou výrobní pružnost a menší vzájemné rušení, které může být způsobeno hlukem, prachem, atd. Nedílnou součástí je i výhoda při odstraňování odpadů.

Z těchto důvodů se technologické pracoviště volí pro objemnou kusovou a malosériovou výrobu. Pro zlepšení materiálového toku, je nutnost umístit centrální meziklad rozpracované výroby uprostřed haly.



Obr. 3.2 Technologické uspořádání pracoviště [11].

3.23 Předmětné uspořádání [10,11]

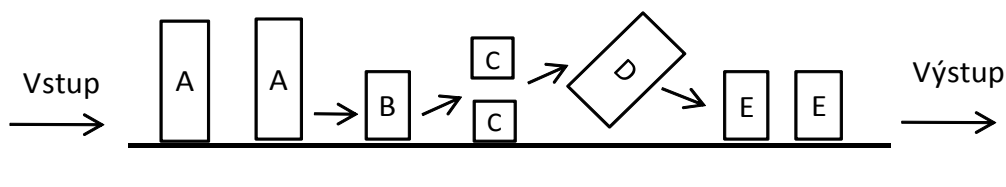
Je charakteristické tím, že polotovary postupují linkou v jednom směru ze stroje na další stroj, podle technologického postupu. Nejlepší varianta, pro kterou je vhodné předmětné uspořádání, je jeden typ součástí. Tyto skupiny součástí, jsou zatříděné dle zásad typové technologie. Což nám značí technologickou a rozměrovou příbuznost. Skupiny jsou tvořeny dle součástí na hřídele, příruby, ozubená kola, skříně, atd. Výpočty pro kapacitu linky a dané součásti, se provádí pro každou skupinu součástí, nebo pro každou výrobní dávku samostatně.

Když má daný závod vyrábět pouze omezený počet součástí podobných druhů, tak můžeme dospět až do podoby technologické linky. Tento typ linky je nejdokonalejším typem předmětného uspořádání strojů, zařízení a technických podpůrných prvků, pro

zajištění výroby. Toto uspořádání je vhodné pro sériovou výrobu a v některých případech i pro často se opakující výrobu v malých sériích.

Nevýhodou tohoto uspořádání je nižší využití strojů v porovnání s metodou technologického uspořádání. Je zapotřebí složitější údržba a větší požadavky na seřizovače či mistra ve výrobě. Může se zde vyskytnout problém se vzájemným ovlivňováním pracovišť, které může být způsobeno hlukem či prachem. Tato varianta má i menší pružnost výroby.

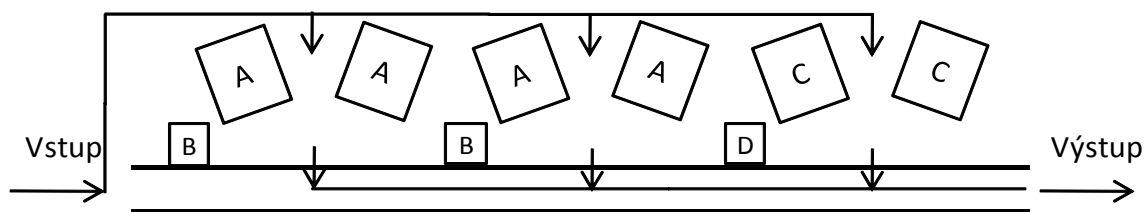
Mezi výhody patří větší přehled o materiálu, v případě že máme centrální mezisklad. Zkrácení časů na seřizování a mezioperační dopravu či manipulaci s materiálem můžeme považovat za další plus této varianty rozmístění. Celkově lze říci, že je zde jednodušší řízení výroby.



Obr. 3.3 Předmětné uspořádání pracoviště [11].

3.24 Modulární uspořádání [11]

Toto pracoviště je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků. Příkladem pro toto uspořádání je skupinové použití CNC strojů v provozu anebo dílně. Ve výrobním procesu má tato linka prioritu z hlediska připravenosti zakázek. Výhodou je dosažení větší produktivity práce v porovnání s klasickými stroji a z tohoto důvodu, se modulární pracoviště musí přizpůsobit organizaci práce.



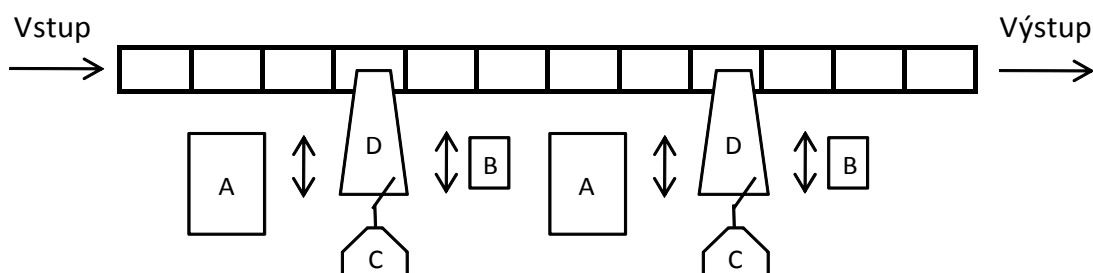
Obr. 3.4 Modulární uspořádání pracoviště [11].

3.25 Buňkové uspořádání [11]

Varianta je charakteristická použitím několika výrobních zařízení spolu s promyšlenou mezioperační i operační dopravou. Pro řízení výrobního procesu zpravidla používáme výpočetní techniku a řídicí systém. Jako příklad buňkového uspořádání můžeme uvést plně automatizované nebo robotizované výrobní systémy.

Při navrhování tohoto uspořádání musíme dbát na to, abychom pracoviště neprojektovali jako izolované objekty. Musíme pracovat z hlediska celého výrobního systému provozu nebo závodu. Po dodržení této myšlenky lze naplno využít potenciál v drahém výrobním zařízení.

Mezi výhody můžeme považovat zkracování celkového výrobního času, které je způsobeno vykonáním přípravných prací na stanovištích, když obráběcí stroj vykonává hlavní pracovní úkon. Velkým přínosem je možnost použití číslicově řízených strojů, na kterých je možné naprogramovat automatické opakování operace. Jsou zde menší časy při pohybu součástí na další operaci nebo pracovní úkon, a to za podpory mezioperační dopravy a automatizované manipulaci obrobků. Na tomto pracovišti je snížena přímá účast dělníka ve výrobním procesu. Z toho důvodu můžeme zavést nepřetržitý výrobní proces a dělníka využít na efektivnější pracovní pozici. Tím je zabezpečena i větší opakovatelnost, přesnost a kvalita výroby.



Obr. 3.5 Buňkové uspořádání pracoviště [11].

3.26 Výrobní linka [10]

Výrobní linky jsou vyšším stupněm předmětného uspořádání. Tato linka se vytvoří spojením předmětného uspořádání s dopravním systémem. Dělíme je do několika podskupin dle počtu vyráběných typů součástí, podle stupně automatizace, podle vazby a podle pohybu výrobků, nebo dopravního zařízení.

Podle počtu vyráběných typů součástí, máme ještě další dvě rozdělení. První je jednopředmětné uspořádání linky, které vyrábí jednu součást nebo jeden výrobek. Při změně linky na jinou součást musíme přerušit na delší dobu provoz linky a učinit její přestavění. Druhým je uspořádání víceřadové, kde se vyrábí několik různých typů součástí s postupným seřizováním pracoviště, po skončení výrobní dávky.

Dle stupně automatizace můžeme linku rozdělit do skupin automatické, obsluhované a smíšené.

Linka rozdělená podle vazby je následně složena z možností pevné nebo volné vazby. Pevná vazba je charakteristická tím, že ve stanoveném rytmu se všechny výrobní operace posunou o jeden krok. Načes volná vazba, se po dokončení dané operace přesune, neboli předá výrobek na další pracoviště. Mezioperační zásoba tedy není stabilní a kolísá.

Pohyb výrobků po výrobní lince je dále rozdělen na pohyb přerušovaný, kde jsou výrobky daným dopravním zařízením přesouvány v určitém časovém intervalu, cyklu. Plynulý pohyb je charakterizován trvalým pohybem dopravníku, či manipulátoru takovou rychlostí, že za dobu jednoho taktu se součástka přesune o jedno místo. Plynulý pohyb s volným výběrem je další možnost, u které si pracovník volně vybírá součásti, jež jsou v paralelních pracovištích a obíhají plynule na uzavřené dráze. Posledním typem dle pohybu výrobku, je pohyb celých dávek.

Mezi nevýhody patří stejné faktory jako u předmětného uspořádání. Vysoké pořizovací náklady a minimální pružnost výroby je dalším nevyhovujícím aspektem. Při změně výrobní součásti, nebo typu zde hrají roli i náklady na přestavbu linky pro danou součást.

Výhody jsou následující. Mezi sklad a mezioperační doprava je součástí dopravního systému a spolu s jednoduchým řízením vzniká vysoká produktivita linky.

Primárně volené technologické nebo předmětné uspořádání linky celého podniku se obvykle nepoužívá. Nejobvyklejším a nejčastějším způsobem uspořádání je kombinování, u kterých jsou v daných provozovnách uspořádány linky technologicky a jinde předmětně. Ve velkých strojírenských podnicích, bývají pracoviště uspořádány do výrobních úseků, kde tyto linky vyrábí určitý druh výrobků. Stroje potřebné na kompletní výrobu součástí jsou soustředěny do jednoho pracoviště, kde jsou uspořádány předmětně. Toto uspořádání je základem k vytvoření automatizovaných integrovaných výrobních úseků, které jsou obsluhovány dalším technologickým zařízením, mezi které řadíme například automatizovaný dopravní a řídicí systém.

3.3 Automatizace linky [11]

Neustálý vývoj a modernizace výrobních koncepcí musí čelit problémům, které doprovázejí kusovou a malosériovou výrobu. S tím jsou spojeny nízké využití výrobního zařízení, dlouhé doby výroby, větší počet dělníků a obecně pracovních sil a obtížné řešení jakosti výroby. Tyto účinky mají nežádoucí vliv na zvyšování požadavků na rychlou a stále častější inovaci výrobního procesu.

Nová koncepce linky, kterou projektant navrhuje, by měla splňovat tyto znaky. Jedná se o začlenění několika technologických profesí. Při volbě stroje by měl být zvýšen počet os obráběcích strojů a optimální pomocné výrobní zařízení. Zakládání obrobků, manipulaci s nimi a následná výrobní operace by měla být plně automatická, spolu s automatickým měřením obrobečné součásti. Tato automatizace by měla mít materiální, informační tok a automatickou diagnostiku poruch, která se neprodleně zaznamenává na příslušném technickém zařízení.

Jedním z hlavních ukazatelů, podle kterého hodnotíme výrobní koncepci, patří úspora výrobních časů, velikost výrobních nákladů, popřípadě úspora dělníků na pracovišti.

Při projektování automatizace se setkáváme s ustálenými pojmy, které je třeba si osvojit, aby se předcházeno nedopatřením zapříčiněno špatným pochopením významu slova.

Výrobní proces je technologická i netechnologická posloupnost dílčích operací, při kterých se realizuje přeměna vstupního materiálu na výrobek. Tato přeměna nemůže být vykonána bez lidské práce, pracovního zařízení (prostředku) a pracovního předmětu.

Automatizovaný proces je složen z jednotlivých operací různé úrovně automatizace a mechanizace za podmínky, že alespoň jeden z procesů je automatizovaný. Automatický proces je uskutečňován stroji bez direktivní účasti člověka.

Výrobní soustavou je označován relativně samostatný výrobní celek. Příkladem této soustavy může být dílna, provoz či závod.

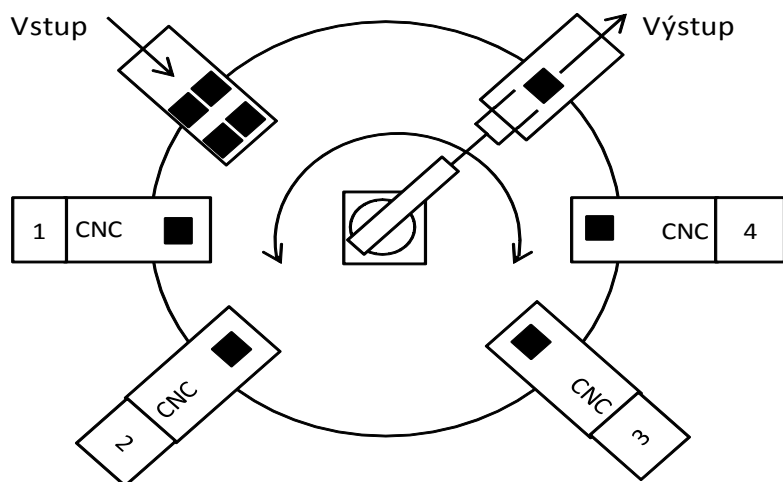
Technologické pracoviště tvoří základ výrobní soustavy. Četnost výskytu pracoviště je velká. Vyskytuje se v hlavní i pomocné výrobě, jakou jsou zkušebny, výroby energií, atd.

Automatizovaná výrobní soustava je prvek, kde jsou technologické pracoviště, mezioperační manipulace obrobků a výrobní pomůcky plně automatizovány. Řízení výrobního procesu je také automatizováno a člověk zde slouží pouze pro kontrolu a správný chod linky.

3.31 Pružná výrobní buňka [11]

Jedná se o plně automatizovaný výrobní modul, který lze snadno uspořádat pro výrobu různých druhů součástí a můžeme jej plně implementovat do pružných výrobních soustav, které jsou řízeny počítačem.

Automatizace strojů od konce 70. let minulého století prošly rychle vývojovou fází a v polovině 80. let byly konstrukčně dořešeny tak, že se staly nenahraditelným prostředkem ve výrobním cyklu pro automatizaci obrábění složitých součástí či jiných technologických operací. Byly ověřeny různé varianty uspořádání strojů a jejich integrace do automatizovaného procesu. Uspořádání je prakticky libovolné a záleží plně na dané součásti, vyrobených kusech a na technologickém postupu výroby. Na obr. 3.6 je znázorněn příklad pružné výrobní buňky uspořádané do kruhu.

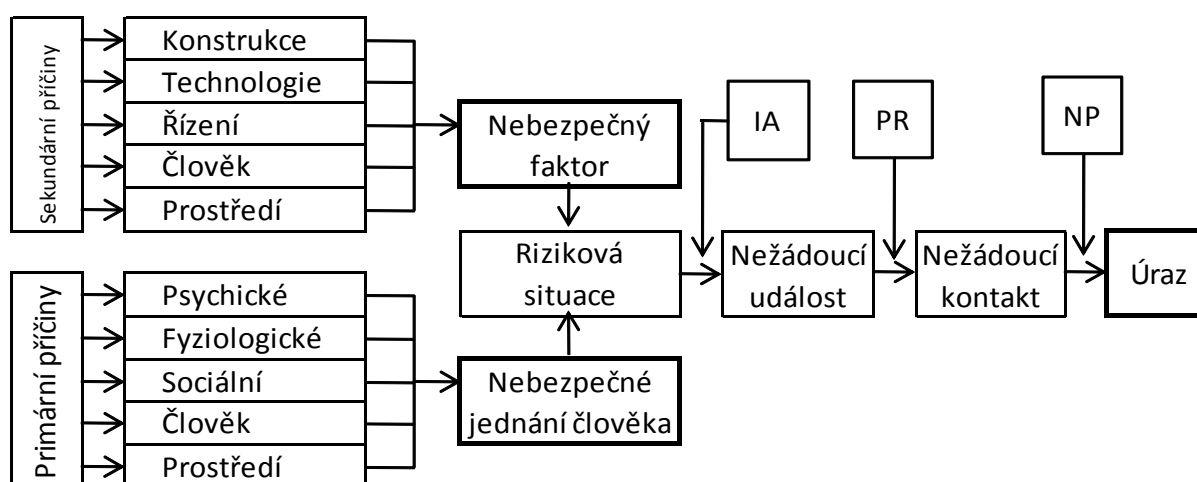


Obr. 3.6 Schéma pružné výrobní buňky [11].

3.4 Bezpečnost a hygiena na pracovišti [12,11]

Při projektování je důležitým kritériem také bezpečnost práce. Ideální bezpečnost práce je často definována jako stav, při kterém za žádných okolností nemůže nastat úraz. Praxe ale bohužel mluví o něčem jiném. Úrazy na pracovištích se stávají, protože každý stroj, každé pracoviště mají svou míru nebezpečí. Tato míra nebezpečí je závislá především na technické vyspělosti daného oboru a sociální úrovni bezpečnosti.

Nebezpečí na pracovišti je zapsáno v bezpečnostních normách a předpisech. Riziko výskytu úrazu je pak chápáno jako pravděpodobnostní vyjádření míry ohrožení. Na obr. 3.7 je znázorněn vliv náhlého poškození zdraví, které je způsobeno vnějšími vlivy.



Obr. 3.7 Model vzniku úrazu [12].

Z obrázku je patrné, že při vzniku nebezpečné situace, musí existovat jisté příčiny, kterým člověk ještě pomůže svým nevhodným jednáním. Nebezpečný faktor je zde chápán jako určitá nebezpečná vlastnost daného objektu, látky, součásti a v některých případech můžeme definovat tento faktor jako výbušnost, ostrost, jedovatost nebo vlastní pohyb předmětu. Nebezpečné jednání člověka ve spojení s nebezpečným faktorem vede k úrazu a může být způsobeno následovně.

Psychicko-fyziologickými vlastnostmi, mezi které řadíme slabý zrak, sluch, kondici, aktuální zdravotní stav, reakční schopnost, nezodpovědnost, atd.

Sociální vlivy mohou mít také významný potenciál k tvorbě úrazu. Mezi ně řadíme rodinné poměry, které se přenášejí do pracovní náplně, nedostatečnou motivaci a špatné mezilidské vztahy.

Vina druhé osoby, ať už vědomě či nikoli, popřípadě jako nesehraná spolupráce vede k úrazu na pracovišti.

Střetne-li se nebezpečný faktor s nebezpečným jednáním člověka, vzniká riziková situace. Dalším vývojem je nežádoucí událost, což je stav, kdy se člověk dostane do (RP) rizikového pole, které vznikne zapříčiněním vnějšího popudu (IA) iniciátoru aktivity. Nežádoucí kontakt je stav, kdy nastane interakce nebezpečného faktoru a člověka. Vlivem dobrých objektivních událostí, mezi které řadíme malé rychlosti, hmotnosti, atd. nedojde hned ke zranění. Vyskytne se zde pouze nepříjemná událost, jako je udeření, přiskřípnutí, polití, náraz, atd. Tento proces uzavírá úraz, kde se plně projeví (NP) nebezpečné podmínky [12].

Ve strojírenské praxi se vyskytuje nespočet nebezpečných situací, které mohou vyvolat pracovní úraz. Mezi tuto situaci můžeme zařadit i nevhodné rozmístění pracoviště či strojů. Velký význam má i technický stav daných strojů, s kterým nepřímo souvisí nepořádek na pracovišti a špatně zvolený technologický postup.

Při rozmísťování strojů a zařízení se musíme držet několika zásad. Pracoviště, které disponují obráběcími stroji, musí splňovat s hlediska prostorového uspořádání ČSN 73 5105. Pokud se jedná o vzdušný prostor, který je vázaný na jednoho pracovníka, tak musí splňovat i hygienické předpisy [11].

3.41 Bezpečnostní předpisy pro rozmísťování strojů [12]

Bezpečnostní hledisko se vztahuje i na komunikace uvnitř výrobního podniku. Tato komunikace je především chápána jako spojovací cesty mezi jednotlivými pracovišti, sklady, výdejnami, atd. Tyto komunikace nejsou únikovými cestami a jejich rozměry jsou odvozeny od minutové frekvence pohybu osob, jak nám znázorňuje tab. 3.2.

Tab. 3.2 Komunikace na pracovišti [12].

Frekvence osob/[min]	Minimální šířka cesty [mm]	Minimální výška [mm]
do 100	1200	2100
do 300	1800	2100
nad 300	2400	2100

Při implementaci strojů a výrobního zařízení do výrobního cyklu musí být dodržena minimální vzdálenost 600 mm v montážních místech nebo pro místo vstupu údržby do stroje. V prostoru, kde se pohybuje obsluha stroje, by mělo být 100 mm volný prostor. Pokud je stroj konstrukčně stavěný tak, že není vyžadován přímý vstup do stroje z některé strany stroje, minimální vzdálenost 600 mm nemusí být dodržena.

Některé výrobní stroje jsou konstruovány na zakázku a v některých případech vyžaduje zvýšené stanoviště pracovníka pro obsluhu stroje. Je-li plošina vyšší než 500 mm (měřeno od podlahy), musí zde být přimontováno bezpečnostní zábradlí o minimální výšce 1100 mm. Dalším řešením může být uložení stroje pod hladinu podlahy a tím odpadá vyvýšené stanoviště a bezpečnostní zábradlí. Tato metoda je však velice specifická.

3.42 Hygiena na pracovišti [13]

Výrobní podniky a speciálně strojírenské podniky jsou velmi náchylné k lidskému zdraví. Existuje zde velké množství škodlivých vlivů, které nepříznivě působí na bezpečnost a zdravotní stav dělníka, či pracovníka. Ve strojírenském podniku se může jednat o znečištěné ovzduší, které je indikováno od výrobních strojů, oleje a různá maziva, která mohou nepříznivě ovlivňovat pokožku a další faktory. Všechny požadavky, které musí výrobní podniky splňovat, jsou dané zákonem a interními směrnicemi podniku.

Zaměstnavatel je povinen poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky, které jsou k vykonání jeho práce nezbytné, nesmí ohrožovat zdraví dělníka a omezovat ho ve vykonávání činnosti. V prostředí, ve kterém dochází často k mimořádnému opotřebení oblečení nebo obuvi, musí zaměstnavatel dbát o jejich včasnou výměnu. Tyto osobní ochranné prostředky musí být kontrolovány po funkční stránce, a zda jsou používány. Zaměstnavatel je povinen poskytnout mycí a dezinfekční prostředky, na základě znečištění kůže a poskytnutí dle konkrétních podmínek na pracovišti [13].

3.43 Hluk na pracovišti [12]

Člověk je v dnešní době obklopen, či dokonce ohrožen hlukem na pracovišti, na ulici, doma, víc než si myslí. Hluk působí kompletně na naše tělo. Začíná sluchovými orgány, oběhovým systémem a převážně působí na nervový systém. Při výskytu kde je trvalý a nadměrný hluk dochází k trvalému poškození sluchu, nespavosti, k celkovému špatnému duševnímu stavu, který může vést i ke zmenšení produktivity práce, což znamená větší zmetkovitost a úrazovost.

Vysvětlení pojmu hluku je následující. Zvuk vzniká kmitáním částic kolem střední polohy. Jde tedy o mechanické vlnění, které se šíří v prostředí. Toto mechanické vlnění vyvolává nepříjemný rušivý, nepříjemný či škodlivý sluchový vjem. Člověk vnímá zvuk v hranici 16 000 Hz až 20 000 Hz (kmitů za sekundu). Nepříznivé hodnocení hluku dělíme do třech skupin.

1. Obtěžující vliv – jedná se o narušení dobré pracovní pohody. Vyvolání nepříjemných pocitů a pracnost dělníka není ovlivněna.
2. Rušivý vliv – má za následek pokles pracovní produktivity a jakosti práce. Vyhodnocení je dle měření.
3. Škodlivý vliv – výrazný pokles produktivity a kvality práce, které i nepříjemně ovlivňuje lidské zdraví.

Maximální přípustné limity hluku dělíme na dvě skupiny. První je pro fyzickou práci, která je členěna na hluk technologických zařízení, které má 85 dB a hluk nevýrobních zařízení, mezi co můžeme řadit větrání, atd. je 65 dB. Druhá skupina je hluk pro duševní práci, kterou rozdělujeme na rutinní 65 dB a hluk při tvůrčí činnosti, který je 40 dB.

Pokud výrobní zařízení či jiné výrobní faktory přesahují určitou výšku hluku a nelze jim hladinu hluku snížit, musí pracovníci používat ochranné pomůcky. Do 100 dB se používají zátky do zvukovodu. Do 110 dB to jsou zvukové chrániče a nad 110 dB protihlukové kukly a přilby.

3.44 Osvětlení pracoviště [12]

Dle průzkumů bylo zjištěno, že více než 80 % informací člověk získává pomocí zraku. S tím souvisí i kvalita osvětlení na pracovišti, která umožňuje provádět výrobní činnost, ale má své uplatnění i při pozorování kvality, čistoty a bezpečnosti.

Jak už bylo řečeno, výkon a kvalita práce pracovníka závisí na příjmu informací, které jsou zprostředkovány pomocí zrakových orgánů. Při projektování pracovišť existuje několik faktorů, které musíme dodržet. Jedná se o zorné pole a hladinu jasu, barevnou světlostí a ploch, velikostí předmětů, kontrast, atd.

Osvětlení pracoviště bývá většinou kombinované. A to z denního neboli přirozeného světla a umělého. Po stránce ekonomické, je výhodnější použití denního světla, ale má to své nevýhody v kolísání intenzity a jasu světla a dle ročního období.

Na pracovišti, kde se trvale pohybují lidé, je minimální osvětlení 150 lx na tzv. pozorovací rovině. Tato hodnota je minimální, při níž je možno trvale pracovat a to bez namáhání zraku. Pro osvětlení dílny, za kterou považujeme obrobnu, je minimální osvětlení 100 lx. Průměrné hodnoty by se měli pohybovat kolem 50 lx a minimální od 30 lx. Další doporučené hodnoty osvětlení pro technické a kancelářské činnosti jsou následující.

Tab. 3.3 Doporučené hodnoty osvětlení [12].

Minimum pro zrakovou pohodu	Texty pro psaní na počítači	Čtení časopisů	Malé písmo	Rýsování
60 lx	200 lx	300 lx	500 lx	700 lx

3.5 Ergonomie [12,14]

Pojem ergonomie hodnotí, zkoumá a optimalizuje podmínky pro činnost člověka. Tyto podmínky by měli být zvoleny tak, aby umožňovali člověku plnit svojí práci s co nejideálnějším rozložením fyzické a psychické zátěže. Ergonomie patří mezi vědní obory, které zkoumají postavení a pohyby člověka v pracovním i nepracovním prostředí.

V předchozích odstavcích byly řešeny bezpečnostní a hygienické požadavky na pracoviště. Nepatří tam ale jen, již zmiňované osvětlení, hluk, ale mnoho více aspektů, které jsou znázorněny v tab. 3.4.

Tab. 3.4 Vliv fyzikálních činitelů na pracovní pohodu [12].

	Hluk	Vibrace	Proudění vzduchu	Výměna vzduchu	Relativní vlhkost	Chlad	Teplo
Maximální pracovní pohoda							
Pohoda	45 dB	0,0020 cm	0,203 m/s	33 m ³ /h	30% -70%	18,9 °C	21,7 °C
Rušivé účinky	65 dB	0,0226 cm	-	24,6 m ³ /h	70%	17,3 °C	24,1 °C
Škodlivé účinky	120 dB	0,1525 cm	0,075 m/s	4,92 m ³ /h	15%	-	40,6 °C

Při projektování pracoviště musíme dbát na několik požadavků z hlediska ergonomie. Stáří člověka a pohlaví jsou prvními aspekty, na které navazuje pracovní poloha spolu s pohybovým prostorem a zornými podmínkami. Každá pracovní činnost má své podmínky pro vykonání práce. Tyto podmínky označujeme jako speciální podmínky, které musí být brány v potaz.

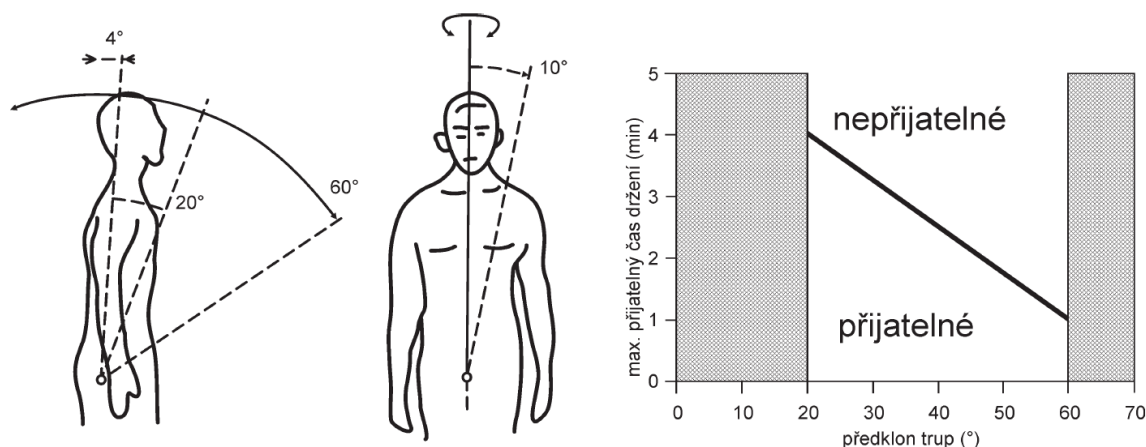
Rozměry pohybového prostoru dělíme dle tab. 3.5 na optimální, normální a funkční a manipulační prostor, které jsou v tabulce označeny písmeny O, N a F. Rozměry jsou brány od průsečíků tří navzájem se protínajících kolmých rovin. Tyto roviny jsou vodorovná manipulační, svislá rovina proložená osou těla a svislá rovina proložená hranou stolů [12].

Tab. 3.5 Manipulační pohybový prostor [12].

Směr pohybu	Označení	Použití	Muži [mm]	Ženy [mm]
Na každou stranu od osy těla	O	Časté	400	350
	N	Občas	750	700
Dopředu	O	Časté	250	250
	N	Občas	500	400
Nahoru	O	Časté	350	330
	N	Občas	530	500
	F	zřídka	800	700
Dolů	O	Časté	150	150
	N	Občas	250	200

Pracovní polohou je označována poloha těla, při které je vykonávána pracovní činnost. Ať už vykonáváme práci v jakékoli poloze, musí být zajištěna dostatečná stabilita celého těla. Při nedodržení této stability může dojít k zatěžování fyzického stavu. Pracovní polohy se volí co neoptimálněji k dané práci. Pracovní polohy se mohou dělit, na polohy vsedě, vstoje, vkleče anebo jejich vzájemnou kombinaci.

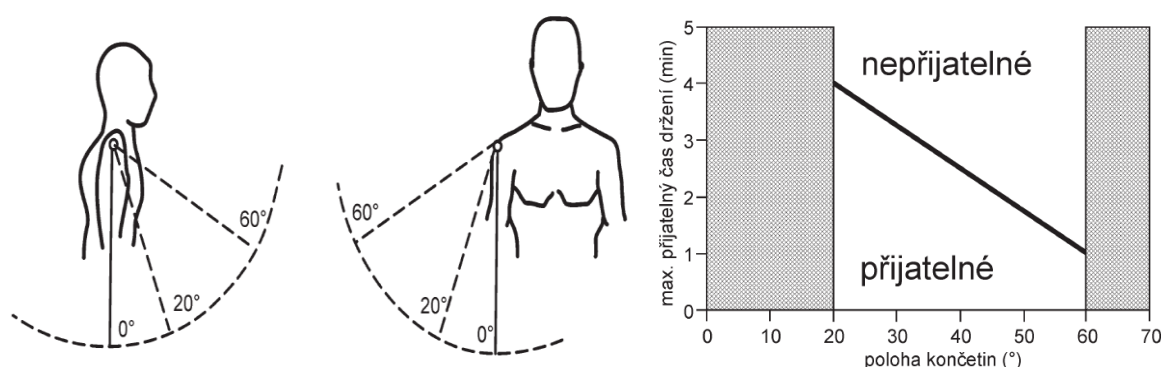
Správné držení těla při vykonávání práce je základním prvkem. Existuje i nařízení vlády (Nařízení vlády č.361/2007 sb.), které stanovuje jaká je optimální poloha trupu při vykonávání práce.



Obr. 3.8 Optimální polohy trupu při práci k časovému intervalu [14].

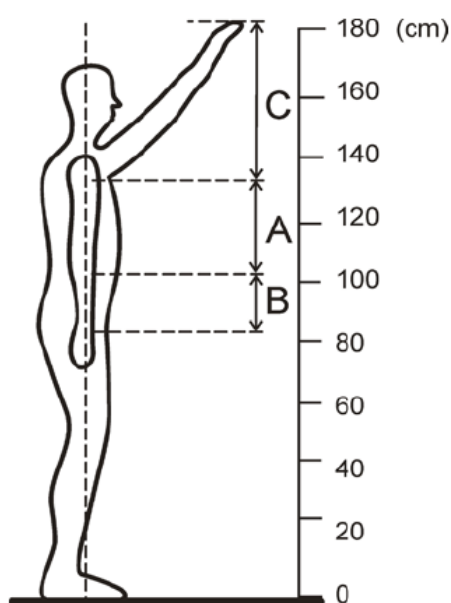
Jako preventivním opatřením jsou pracovní přestávky, které umožňují pracovníkům uvolnit napětí v místě, které je namáháno při vykonání práce změnou polohy. Ti co pracují vsedě, tak se projít a naopak ti co pracují vestoje si sednout. Při navrhování pracovních postupů v místech, kde již víme, že provoz bude velice náročný, je dobré dbát na to, aby práce v nucené poloze trvaly co nejméně času.

Při vykonávání pracovních úkonů, jsou kladeny jiné nároky na pohyb horních končetin. Dané úkony by neměli být provozovány v nevhodném postoji, či poloze a nebyla překračována doba, které je nezbytně nutná k vykonání operace. Obr. 3.9 nám ukazuje optimální polohu horních končetin při vykonávání činnosti.



Obr. 3.9 Poloha horních končetin k časovému intervalu [14].

Pracovní pohyby a dosahy je nutno vykonávat v takovém rozsahu, aby nedocházelo k přetěžování určitých používaných svalových skupin. Pokud je navržený pracovní postup takový, že pracovník musí vykonávat práci oběma rukama naráz, je zapotřebí obě horní končetiny zatěžovat stejně.



Na obrázku je znázorněn dosah horních končetin, které bylo opět dle Nařízení vlády č.361/2007 Sb.

Oblast A je pro častou a přesnou práci, která je vykonána 20 až 40 krát za osmihodinovou směnu.

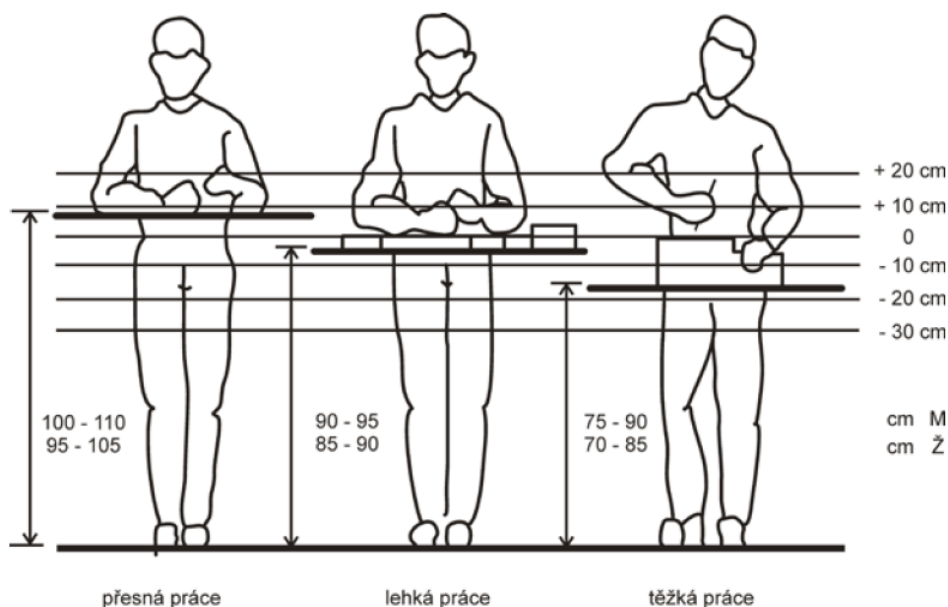
Oblast B je vyznačena pohyby obou předloktí. Při manipulaci se nemusí měnit základní pracovní poloha.

Oblast C je maximální dosah, který je méně častý a vyžaduje pomalejší pohyby a otáčení trupu.

Obr. 3.10 Dosah horních končetin při práci ve stoje [14]

Pracovní rovina, což je například pracovní stůl, by se měla konstruovat dle charakteru vykonávaných prací na ní. Použité technologie, zařízení a v neposlední řadě také pracovník, který tuto činnost bude vykonávat, jsou další aspekty při navrhování pracovní roviny.

Pracovní stůl by měl odpovídat všem bezpečnostním opatřením, jako jsou zaoblený okraj, matný povrch, impregnace materiálu, atd. Konstrukce svými rozměry a tvarem musí odpovídat tělesným proporcím pracovníka, který u něj bude pracovat.



Obr. 3.11 Doporučené výšky pracovní plochy [14].

Pracovní místo musí být dimenzováno tak, aby manipulační roviny, pohybové prostory a vynakládané síly při pracovním úkonu byly co nejvíce přirozené, a aby nedocházelo k vykonávání práce při krkolomné pozici. Pracovní místo, se musí také volit dle charakteru práce, které na něm bude vykonáváno. Při práci, kde jsou zvýšené požadavky na zrak, což může být manipulace s materiálem malých rozměrů, by se výška pracovní roviny měla zvednout o 100 mm až 200 mm. Naopak při práci, kde se manipuluje s těžšími břemeny o hmotnosti nad 2 kg, by se měla pracovní rovina snížit o 100 mm až 200 mm, aby nedocházelo k zbytečné fyzické zátěži pracovníka.

Výška pracovní roviny se mění i podle výšky pracovníka či pracovnice. Pracovní rovina by měla být tuhá, stabilní a měla by zmiňovat již zmíněné bezpečnostní faktory. Pracovní rovina nemusí být pouze stůl, ale i pracovní prostor stroje, kde operátor obsluhuje číslicově řízený stroj. Pro operátora je pracovní rovina pracovní prostor stroje, kde jsou přípravky pro vkládání a vykládání materiálu. Moderní firmy, které si kupují CNC stroje, řeší i otázku ergonomie, ať už výšku pracovní roviny, tak všechny pohyby, které operátor musí provést před zahájením pracovního úkonu stroje. Tyto ergonomické podmínky a vlastnosti jsou řešeny a implementovány do výrobních podniků a výrobních linek [14].

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY

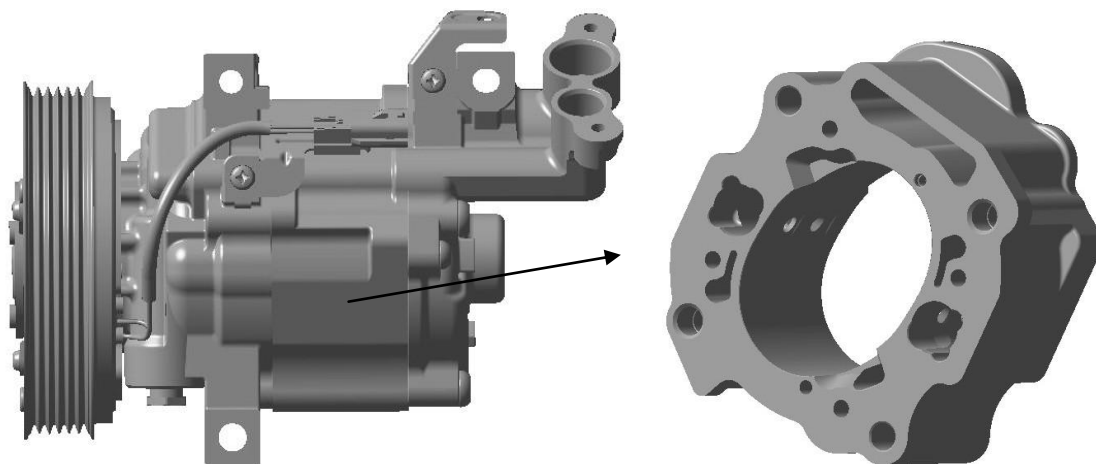
V této kapitole bude probrán aktuální stav brousící linky. Tato linka byla nainstalována v létě roku 2012 a tím pádem patří k nejnovější výrobní lince v závodě Valeo Humpolec. Jako podmět k tomu soužil nový projekt, který měl spustit výrobu rotačního kompresoru do klimatizačních jednotek osobních automobilů. Doposud se v závodě vyráběli pouze kompresory pístové. Rotační kompresory jsou v porovnání s vyráběnými pístovými kompresory menších rozměrů, menším výkonem a menším počtem pohyblivých částí. Tyto rotační kompresory jsou určeny do nižší a nižší střední třídy automobilů, které jsou charakteristické svými menšími rozměry, a tím pádem není potřeba velkého výkonu kompresoru při ochlazování interiéru vozu.

Bude popsána součást Cylinder, jako střední část rotačního kompresoru, kde se zaměříme na materiál, tvar součásti a výrobní postup. Probereme aktuální rozmístění linky a tok materiálu ze skladu, přes výrobní linku a až po kompletování rotačního kompresoru na úseku montáže. Budou popsány jednotlivé výrobní operace a na jakých zařízeních se vykonávají. Zaměříme se i na ergonomickou stránku pohybů operátorů a jejich manipulaci s materiálem. V neposlední řadě bude také probrána výrobní kapacita linky, čas cyklu a časy operátorů na svých úsecích.

4.1 Součást Cylinder

Interně označována součást Cylinder, je střední díl rotačního kompresoru. Uvnitř této součásti rotuje hřídel, která je osazená rotorem. Tuto hřídel pohání klínový řemen v motorovém prostoru osobního automobilu. Design Cylinderu je pro každý projekt a automobilku odlišný. Vnější rozměry jsou 116 x 100 x 50 mm. Materiál Cylinderu je slitina hliníku s 15 % křemíku, jehož váha se pohybuje v rozmezí 370 gramů až 650 gramů, dle daného typu. Celý kompresor váží okolo 2800 gramů. Výkres součásti je v příloze č. 1.

Cylinder je vyroben jako odlitek. Po odlití a umělém vystárnutí se obrobí na požadavky dle Valeo standardu. Jedná se tedy o nakupovaný díl, kde se na brousící lince pouze obrobí funkční plocha na požadovaný tvar a drsnost. Jedná se o velice přesné broušení, kde se pohybujeme v řádech milimetrů a ve velice specifických geometrických tolerancích. Více o broušení na jednotlivých operacích, bude popsáno v následující kapitole.



Obr. 4.1 Rotační kompresor KC59 vlevo, součást Cylinder vpravo.

4.2 Výrobní postup součásti

Výrobní proces máme rozdělený do několika dílčích operací a s přesunem dané součásti mezi pracovišti. Součást na této výrobní lince projde sedmi operacemi, po kterých je vhodná k přesunu na montážní linku, kde dojde k sestavení kompresoru. V tab. 4.1 je znázorněn sled výrobních operací.

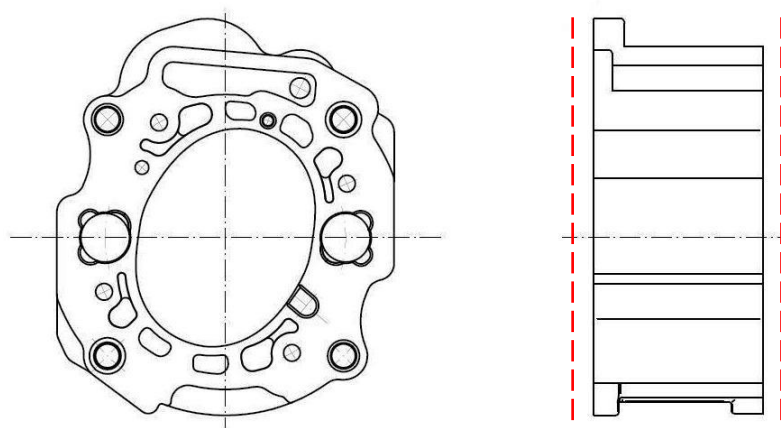
Tab. 4.1 Sled výrobních operací a tok materiálu linkou.

Číslo operace	Obrábění	Pohyb	Kontrola	Název operace	Čas cyklu [s]	Obsluha zařízení
				Vstupní kontrola		Operátor č. 1
1065		←		Teplotní stabilizace	23	Operátor č. 1
	→			Přesun na další operaci - ručně 1 kus		Operátor č. 1
1070		←		Broušení čelních ploch	22.5	Operátor č. 1
	→			Přesun na další operaci - ručně 1 kus		Operátor č. 1
1080		←		Broušení vnitřní elipsy - 2 totožné stroje	31.5	Operátor č. 2
	→			Přesun na další operaci - ručně 1 kus		Operátor č. 2
1090		←		Odjehlení první čelní plochy - 2 kusy	30	Operátor č. 2
	→			Přesun na další operaci - ručně 2 kusy		Operátor č. 2
1100		←		Odjehlení druhé čelní plochy - 2 kusy	32	Operátor č. 2
	→			Přesun na další operaci - ručně 2 kusy		Operátor č. 2
1110		←		Mytí a teplotní stabilizace	30	Operátor č. 1
	→			Přesun na další operaci - ručně 1 kus		Operátor č. 1
1120			→	Automatické měření	29	Operátor č. 1
				Vizuální prohlídka		Operátor č. 1
		←		Uskladnění do košů - 16 kusů		Operátor č. 1

Jako první je operace 1065, kde dochází k teplotní stabilitě v lázni s procesní kapalinou. Podrobnosti o procesní kapalině a teplotě, na kterou se má součást stabilizovat, jsou dány ve standardu Valeo. Teplotní stabilizace součásti je nezbytná při další operaci broušení. Při dosažení této teploty, je snaha o její zachování během celého výrobního procesu.

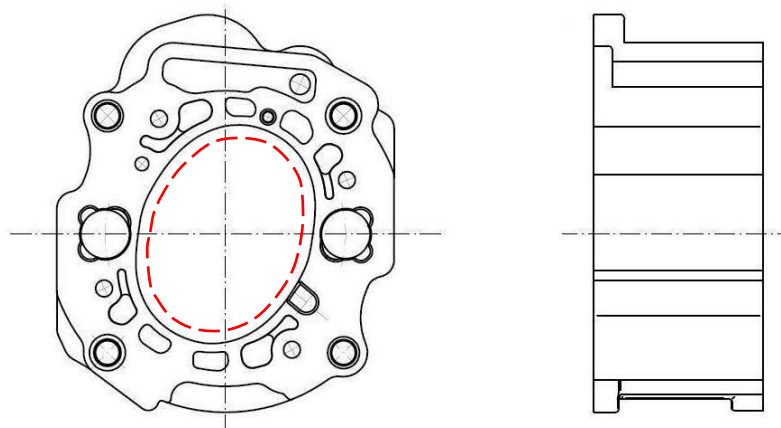
V průběhu výrobního cyklu se totiž mění teplota materiálu a dochází k teplotní deformaci. Při velice přesném broušení, se tento jev může negativně projevit na kvalitě výrobku a jeho finálních rozměrech. Proto se snažíme tento teplotní výkyv co nejvíce omezit.

Na operaci 1070 se koná broušení čelních ploch. Obrobek se pohybuje po unášecím disku a dochází zde k broušení obou čelních ploch najednou. Zde se brousí finální výška součásti, ale na operacích 1090 a 1100 je možné tuto výšku ještě upravovat. Na unášecí disk se vejdou tři kusy Cylinderu. Brousící proces probíhá za účasti řezné kapaliny, která je též ochlazena na teplotu, na jakou byla součást teplotně stabilizována. Proces probíhá dle interních předpisů. Na obr. 4.2 jsou červenou čárkovanou čarou znázorněny plochy, které se brousí na této operaci.



Obr. 4.2 Cylinder na operaci 1070.

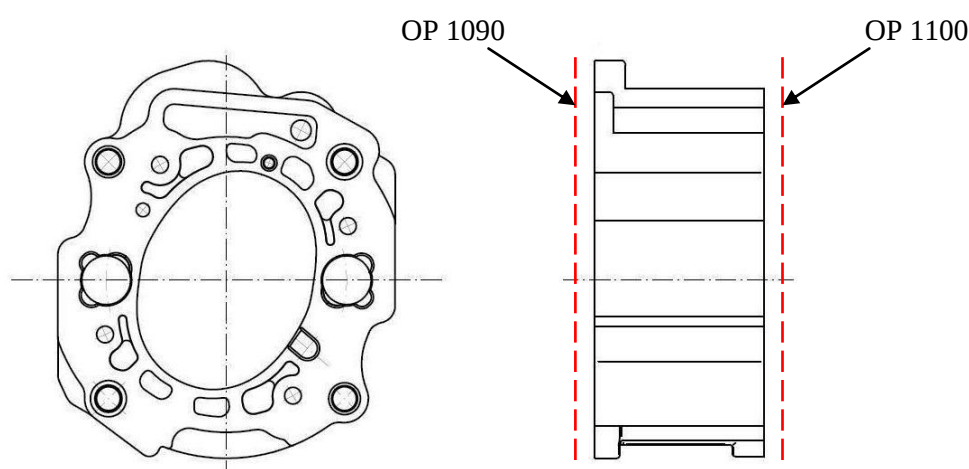
Po operaci 1070 je součást přesunuta na operaci 1080. Toto pracoviště je dublované, tzn., že jsou zde dva identické stroje, na kterých se provádí stejná operace, za účelem dosažení výrobní kapacity. Do těchto číslicově řízených brusek se vkládá vždy jen jeden kus. Probíhá zde broušení vnitřní části Cylinderu. Jedná se o broušení elipsy a válcové plochy, která je v dané oblasti elipsy definována podle vnitřních norem společnosti Valeo. Proces zde také probíhá za účasti řezné kapaliny. Rotační pohyb zde vykonává Cylinder a proti směru pohybu Cylinderu vykonává pohyb nástroj, což je brousící element ve tvaru válce. Na obr. 4.3 je červenou čárkovanou čarou vyjádřena oblast broušení.



Obr. 4.3 Cylinder na operaci 1080.

Na operaci 1090 a 1100 probíhá dokončování tvaru součásti. Toto se děje na dvou totožných číslicově řízených strojích. Po operaci 1080 dochází k přesunu součásti za pomoci operátora a založení dvou kusů do pracovního prostoru stroje operace 1090. Zde koná pohyb odjehlovací nástroj, resp. kartáč, který vytváří požadovanou drsnost funkční plochy Cylinderu. Zároveň můžeme korigovat i výšku součásti odjehlováním. Poté následuje operace 1100, kam se zakládají opět dva kusy do pracovního prostoru stroje po operaci 1090.

Tyto kusy jsou ale převrácené o 180° , abychom mohli odjehlít na požadovanou drsnost a výšku druhé čelo součásti. Na obr. 4.4 jsou znázorněny plochy, které se obrábí na operaci 1090 a 1100.



Obr. 4.4 Cylinder na operaci 1090 a 1100.

Po vyrobění finální podoby součásti musí dojít k jejímu očištění. Součást je znečištěna řeznou kapalinou a malými třískami, které byly vytvořeny při broušení. Cylinder má komplikovanější tvar a mimo jiné i neprůchozí díry, v kterých se hromadí nečistoty. Tyto problémy řeší operace 1110. Technické zařízení, které bylo zkonstruováno pro tento typ součásti má za úkol dokonale odmastit, pasivačně opláchnout, vysušit a teplotně stabilizovat součást. Po provedení těchto operací vyndává operátor součást z pračky a následuje poslední operace.

Operace 1120 je poslední částí brousící linky. Na tomto pracovišti, které je plně automatizované, se měří všechny důležité parametry, které jsou podmínkou pro správné fungování kompresoru. Výsledné hodnoty jsou na monitoru ukázány obsluze zařízení a ta provede jejich vyhodnocení. Všechny naměřená data jsou automaticky ukládána do excelové tabulky, kde mohou být později statisticky vyhodnocena. Po naměření se dobrý kus odloží do přepravního koše a po jeho naplnění si pro něj přijde obsluha z montáže, kde probíhá kompletování kompresoru.

4.3 Aktuální rozmístění linky

Společnost Valeo, jako celek je organizačně uspořádán do divizí. Valeo Compressor Humpolec je tedy jedna větev divize, která je samostatnou částí. Proto Valeo Humpolec disponuje sklady, výrobními linkami, montážemi a vše co k tomu náleží. Všechno je zde pod jednou střechou a celková zastavěná plocha společnosti je 15 500 m² (155 x 100 m). Z toho 2 310 m² je plocha skladu, 2 160 m² je plocha montážní linky, 7 350 m² jsou výrobní plochy a zbývajících 3 680 m² jsou plochy ostatní.

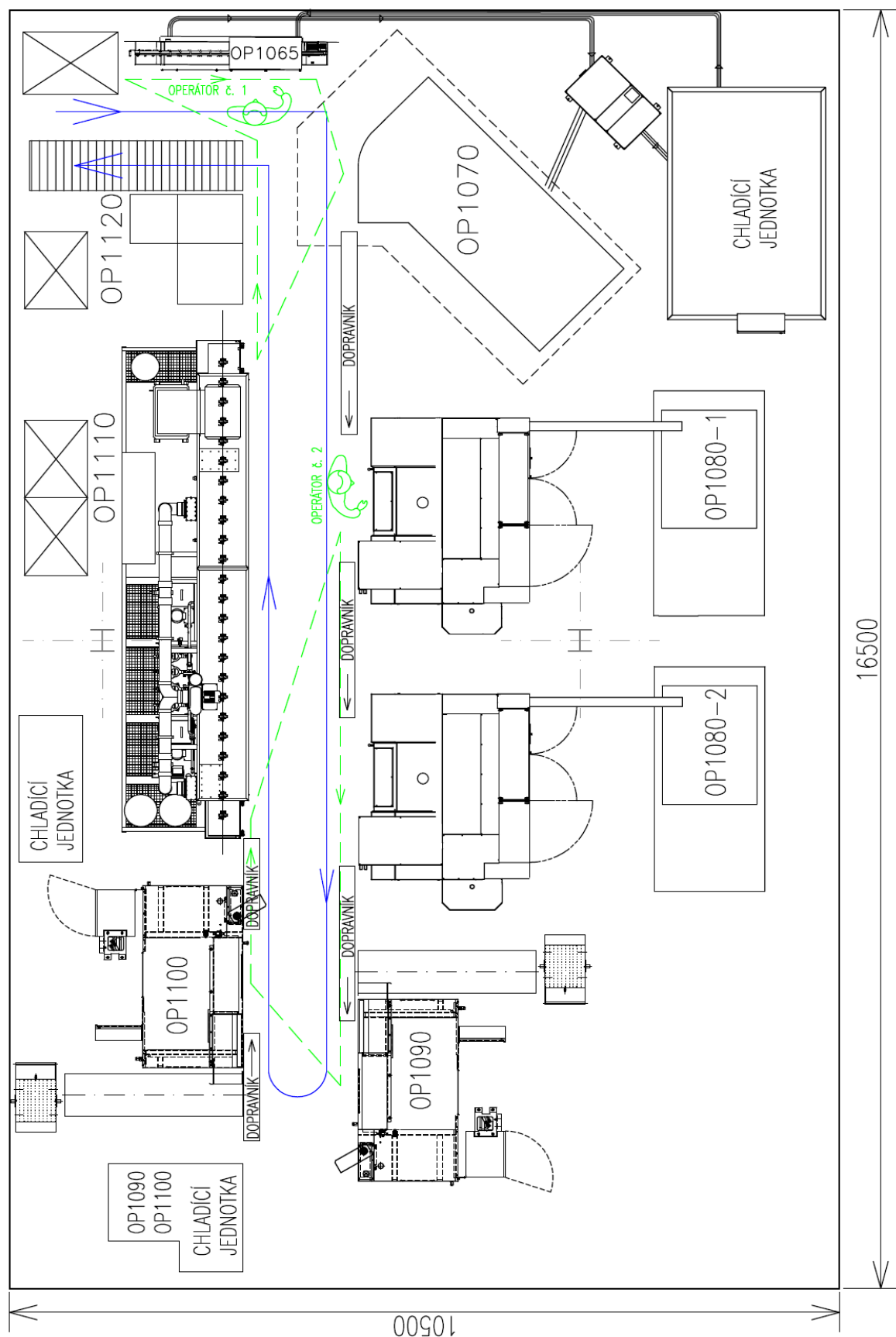
Brousící linka je ve středu firmy, a tak vzdálenosti ze skladu a na montážní linku jsou přibližně stejné. Linka má vymezený prostor 16,5 x 10,5 m, v kterém se mohou provádět různá uspořádání strojů, zařízení, atd. Linku obklopují ze dvou stran manipulační cesty a z dalších dvou stran výrobní linky, které vyrábí jiný druh součástí do kompresoru. Tyto okolní prostory musí zůstat zachovány beze změny.

Dalším vymezujícím prostorem linky jsou podpůrné střešní sloupy, které jsou znázorněny v obr. 4.5, a kterým je třeba se vyhnout při návrhu automatizované linky. Okolo těchto sloupů je potřeba ponechat dostatečný záložní prostor.

Již zmiňovaná operace 1070, která brousí obě čelní plochy najednou, je též specifickou záležitostí ve výrobní lince. Tato číslicově řízená bruska, které má hmotnost kolem 10 tun, jejíž základna se nachází asi 30 cm pod úroveň podlahy v nerezové vaně, která kopíruje půdorys stroje ve vzdálenosti 40 cm. Z tohoto důvodu je zatím nereálný její pohyb a tvoří základní kámen celé linky.

Toto řešení bylo zvoleno z důvodu, že zakládací disk byl příliš vysoko pro bezpečné zakládání Cylinderu a tak následovali dvě reálná řešení. Prvním byl ponechat stroj na úrovni podlahy a obstarat k lepšímu přístupu do stroje schůdky, na které by operátor musel vždy vylézt a posléze s obroběnými kusy slézt. Proto byla zvolena druhá varianta, což je zapuštění stroje do země.

Na obr. 4.5 je znázorněno aktuální rozmístění linky a schematicky znázornění tok materiálu, který je znázorněn modrou barvou a pohyb operátorů, který je znázorněn zelenou barvou. Všechny stroje a zařízení s výjimkou již zmiňovaného stroje na operaci 1070, je možnost jejich přesunutí a natočení do námi navrhovaného uspořádání, ale s podmínkami, které již byly vysvětleny dříve (omezený prostor, podpůrné sloupy).



Obr. 4.5 Aktuální rozmístění linky.

4.31 Tok materiálu [11]

Každá výrobní součást a komponenta potřebná k zhotovení kompresoru klimatizace má určitý tok, kterým se pohybuje uvnitř podniku. Pro náš konkrétní případ zde nebude použit klasický Sankeyův diagram toku materiálu, ale pouze schematické zobrazení toku součásti Cylinder skrze podnik.

Pro zhotovení tohoto modifikovaného Sankeyova diagramu musíme nejprve vytvořit šachovnicovou tabulku materiálu neboli tabulku odkud – kam. Tato tabulka nám charakterizuje změnu rovnováhy mezi přísunem a odsunem materiálu na technologických pracovištích. Do každého okénka tabulky, kde se křížuje řádek se sloupcem, vyznačíme pohyb od operace k operaci. Do určitých okének se zapisují přepravená hmotnost za časovou jednotku mezi dvěma pracovišti [11].

Tab. 4.2 Šachovnicová tabulka [11].

Pořadové číslo a název objektu			Objekty odebírající „KAM”						Součet [t/měsíc]
			1	2	3	4	5	6	
Objekty odesílající „ODKUD”	1	Okolí		20.7					20.7
	2	Ústřední sklad			13.8				13.8
	3	Brousící linka				13.8			13.8
	4	Montáž					84		84
	5	Balení						84	84
	6	Expedice							
	Součet [t/měsíc]		20.7	20.7	13.8	13.8	84	84	216.3

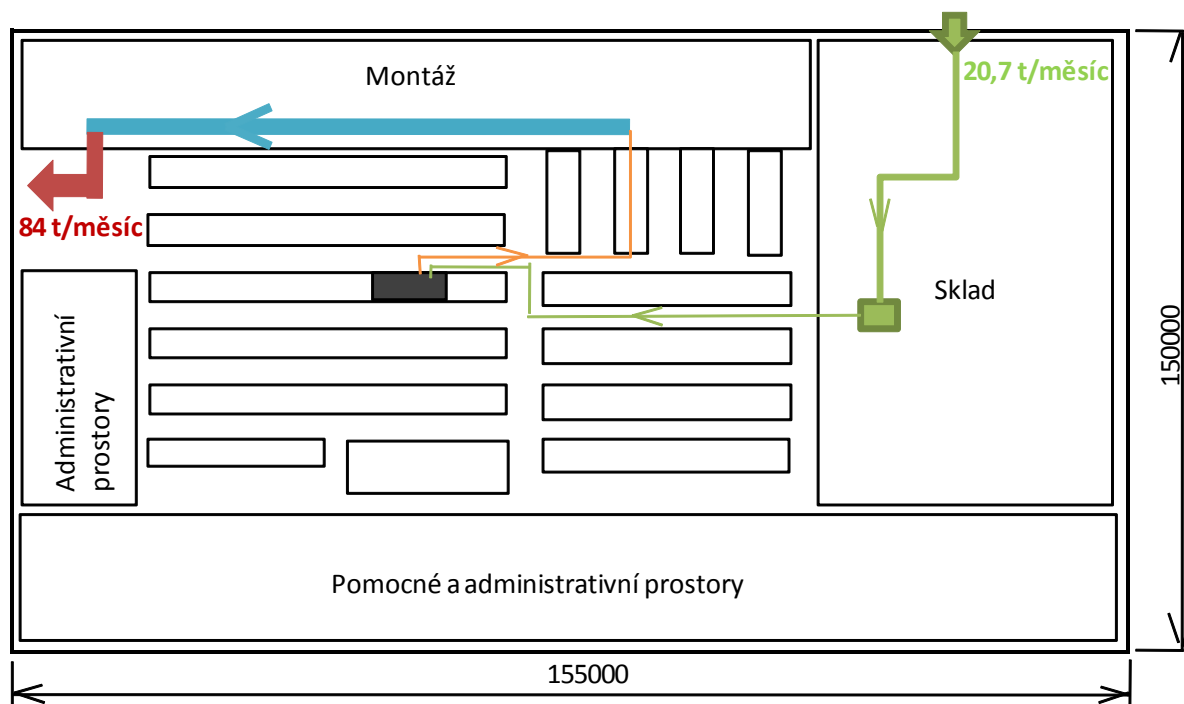
Bylo zvoleno měřítko tun materiálu za měsíc. Z okolí nám přijde měsíčně 20,7 tun materiálu a do brousící linky jde pouze 13,8 tun za měsíc. Tento rozdíl 6,9 tun bude zpracován později. Slouží jako zásoba materiálu.

Data potřebná k vyplnění šachovnicové tabulky, poskytla společnost Valeo. Valeo nezachycuje tímto způsobem tok materiálu po firmě, z toho důvodu se nemůže jednat o velmi přesná data. Pro náš způsob vizualizace je to ale dostačující.

Součást Cylinder, jakožto polotovár putuje do výrobní linky z ústředního skladu. Z linky pak dále postupuje na úsek montáže. Hodnota 84 t/měsíc odpovídá již celkové váze kompresoru obsahující součást Cylinder. To samé se dá říci i o toku materiálu z montáže, přes balení a finální expedici kompresoru uskladněného v paletách.

Pro znázornění v modifikovaném Sankeyovém diagramu budeme počítat s hodnotami, které znázorňuje tab. 4.2. Šíře čáry v tomto diagramu bude odpovídat hodnotě toku materiálu.

Schematické znázornění toku Cylinderu je také zvoleno z důvodu větších rozměrů podniku, výrobní haly, která má přes 200 číslicově řízených strojů na úseku výroby a mnoho dalších výrobních zařízení v úseku montáže. Na obr. 4.6 jsou znázorněny i rozměry firmy Valeo pro lepší představivost.



Legenda:

- Výrobní linky
- Brousící linka Cylinder
- Palety dílu Cylinder (1 paleta obsahuje 384 ks a váží 273kg)
- Přeprava palety Cylinder na brousící linku
- Přesun Cylinderů na montáž 16 ks v každém přepravním koši
- Montáž kompresoru se součásti Cylinder
- Balení kompresorů do palet a příprava na export

Obr. 4.6 Tok materiálu Cylinder.

Schematický model toku materiálu vychází z aktuálního stavu. Na přání firmy Valeo, bylo zamítnuto detailnější rozpracování výrobního a montážního prostředí. Transport ze skladu do brousící linky je po paletách, výstup z linky na úsek montáže je v koších po 16 kusech a opětovné balení do palet probíhá po kompletním sestavení kompresoru.

4.4 Ergonomie operátorů na daných operacích [15]

Dobrá ergonomie na pracovišti je základním prvkem pro bezproblémové vykonání pracovního úkonu. Základní teorie ergonomie byla popsána v kapitole 3.5. Nyní se podíváme na aktuální a reálné stavy na daných operacích. Společnost Valeo poskytne pouze několik základních měřitelných hledisek. Rozdílné barvy v tabulkách znázorňují ergonomický výsledek v dané oblasti. Zelená barva označuje ideální stav pro danou oblast měřené ergonomie. Červená barva označuje naopak kritické podmínky v dané ergonomii při výkonu pracovního úkonu.

Tab. 4.3 Tabulka pozorování ergonomie na operaci 1065.

Operace 1065								
Pozice ve stoje			Ruční manipulace			Pozorování rizika		
Ramena	Zóny dosahu	Názor operátora	Hmotnost/frekvence	Pozice páteře	Podmínky uchopení	Síla (ruce)	Pozice ramene	Opakování

Tab. 4.4 Tabulka pozorování ergonomie na operaci 1070.

Operace 1070								
Pozice ve stoje			Ruční manipulace			Pozorování rizika		
Ramena	Zóny dosahu	Názor operátora	Hmotnost/frekvence	Pozice páteře	Podmínky uchopení	Síla (ruce)	Pozice ramene	Opakování

Tab. 4.5 Tabulka pozorování ergonomie na operaci 1080.

Operace 1080								
Pozice ve stoje			Ruční manipulace			Pozorování rizika		
Ramena	Zóny dosahu	Názor operátora	Hmotnost/frekvence	Pozice páteře	Podmínky uchopení	Síla (ruce)	Pozice ramene	Opakování

Tab. 4.6 Tabulka pozorování ergonomie na operaci 1090, 1100.

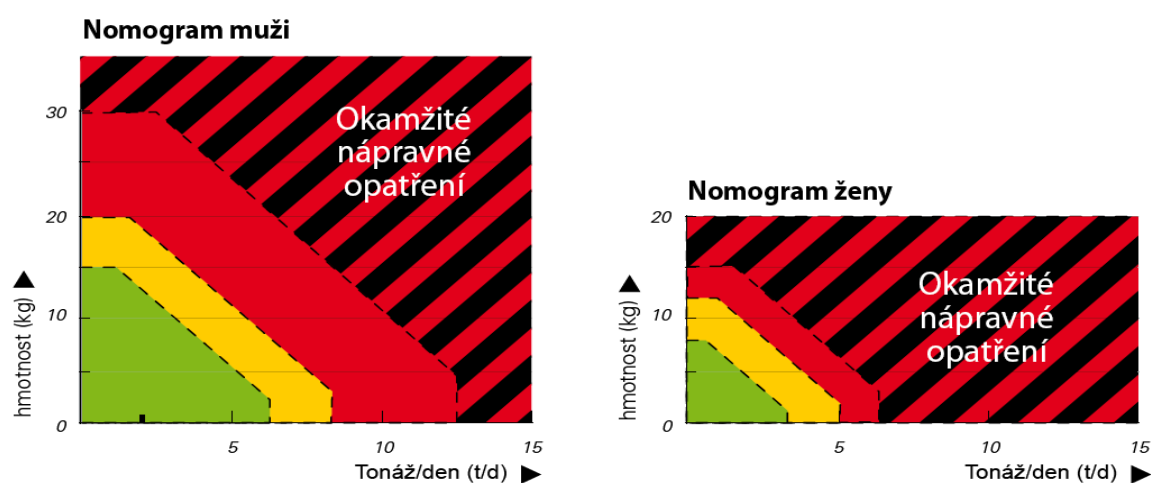
Operace 1090, 1100								
Pozice ve stoje			Ruční manipulace			Pozorování rizika		
Ramena	Zóny dosahu	Názor operátora	Hmotnost/frekvence	Pozice páteře	Podmínky uchopení	Síla (ruce)	Pozice ramene	Opakování

Tab. 4.7 Tabulka pozorování ergonomie na operaci 1110.

Operace 1110								
Pozice ve stoje			Ruční manipulace			Pozorování rizika		
Ramena	Zóny dosahu	Názor operátora	Hmotnost/frekvence	Pozice páteře	Podmínky uchopení	Síla (ruce)	Pozice ramene	Opakování

Ergonomie na poslední operaci 1120, což je automatická měřicí stanice, nebyla vyhodnocována. Jedná se pouze o vložení kusu do měřicí stanice a po skončení cyklu opětovného vyndání.

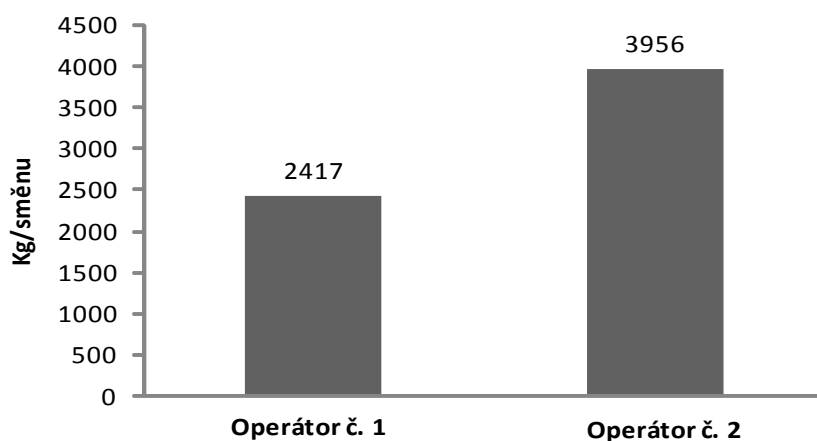
Mezi ergonomie současného stavu řadíme i denní tonáž, kterou je daný operátor po dobu směny zatížen. Jedná se o hmotnost všech břemen, zaznamenání všech úloh a všech jeho uchopení po dobu jeho pracovní směny. Tento nomogram má různé maximální vytížení pro muže a ženy, jak znázorňuje obr. 4.7.



Obr. 4.7 Nomogram tonáže dělníka (vlevo muži, vpravo ženy) [15].

Denní tonáž operátorů byla spočítána na základě reálného pozorování a zapisování všech úchopů součástí a jeho přemístění. První operátor, který dle obr. 4.5 obsluhuje operace 1065, 1070, 1110 a 1120, pětikrát uchopí a přesune materiál za jeden pracovní cyklus. Operátor číslo dva, který též podle obr. 4.5 obsluhuje stroje 1080, 1090, 1100 a 1110. Tento operátor uchopí součást 17 krát za čas cyklu. Tyto stroje pracují dvakrát pomaleji, avšak obrábí dvojnásobné množství. Výpočet tonáže zahrnuje aktuální časy operátorů, které jsou uvedeny v tab. 4.8 a hmotnost Cylinderu 650 g.

Veškerá data vznikla z pozorování reálného stavu na výrobní lince v několika různých intervalech. Nebyl zde zaznamenán nějaký výrazný výkyv v počtu uchopení součástí a tak jsme s těmito daty mohli nadále pracovat. Denní tonáž aktuálního stavu je znázorněna v grafu 4.1.



Graf 4.1 Tonáž operátorů na svých stanovištích za 8 hodinovou pracovní směnu.

4.5 Časy operátorů

Časy operátorů na svých stanovištích, hrají významnou roli při zavedení nové koncepce výrobní linky. Zejména operátor č. 2 a jeho čas, za který stihne obsloužit všechny potřebné stroje, je velice důležitým faktorem, s kterým budeme později pracovat a porovnávat finální čas po počítačové simulaci robotizace. Jak už bylo zmíněno dříve, operátor č. 2 má být nahrazen robotizovaným pracovištěm a operátor č. 1 má být zachován na daném pracovišti z důvodů obsluhy měřicí stanice a provedení případných korekcí v programu strojů. Operátor č. 1 je nezbytný pro správný chod výrobní linky.

Na výrobní lince se vyrábí na 3 směny po 7,5 hodinách v pracovních dnech. O víkendu jsou dvě 7,5 hodinové pracovní směny. Časy operátorů byly měřeny na stopkách v několika různých intervalech a v několika různých dnech, abychom se co nejvíce přiblížili reálnému stavu. Všechna data jsou znázorněna v tab. 4.8.

Tab. 4.8 Průměrné časy operátorů.

	Operátor č. 1	Operátor č. 2
Průměrná hodnota [s]	36.31	75.46 (1 ks za 37.73)

Legenda:

Čas cyklu 32 s.

Údaje ze 100 měření.

Operátor č. 1 - čas cyklu od zmáčknutí tlačítka START na operaci 1120 po opětovné zmáčknutí.

Operátor č. 2 - čas cyklu od uchopení kusu před operací 1080 a opětovného uchopení.

(Operátor č.2 pracuje s dvěma kusy oproti operátorovi č.1, který pouze s jedním)

Z uvedených hodnot je patrné, že výrobní linka nepracuje správně, jak by dle stanovených hodnot a času cyklu měla. Celá výrobní linka byla přivezena do podniku v únoru roku 2012. Do července roku 2012 probíhaly testy a další důležité výrobní procesy, které patří k odlaďování linky. V průběhu července roku 2012 začala ostrá výroba. Časy a počty vyrobených kusů, kterých mělo být dosaženo, jsou zatím nereálné. V dosavadní historii výrobní linky, kde se měří výstup z linky týdně, bylo zaznamenáno jen pár týdnů, které se k této hranici přiblížily.

Výrobní stroje a technické zařízení fungují správně a jsou dobře optimalizovány pro lidskou obsluhu. Avšak tento problém s operátory stále přetrvává, což se odrazí i v počtu vyrobených kusů a kapacitě linky.

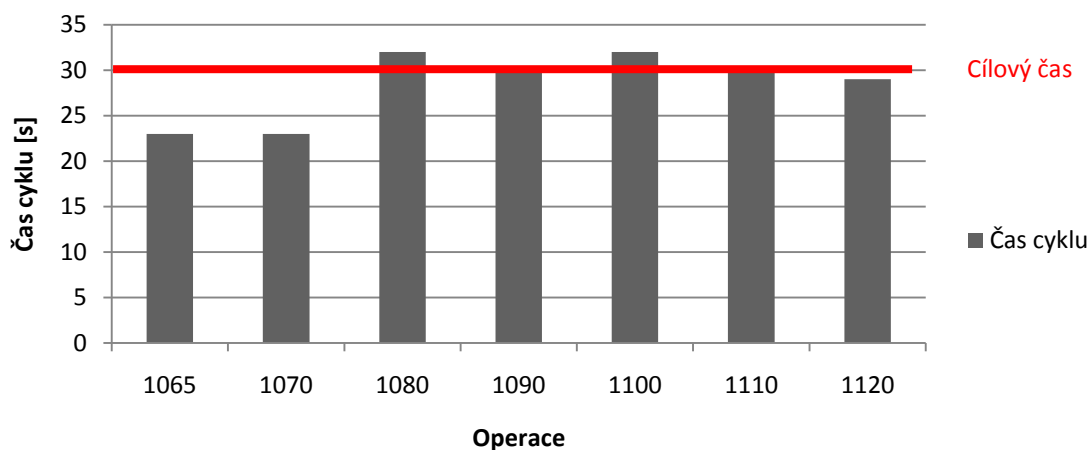
4.6 Kapacita linky

Kapacita výrobní linky je stanovena z několika faktorů. Jako první z nich je čas cyklu nejužšího místa linky. Z tab. 4.1 je patrné, že nejužším místem je operace 1100, kde čas cyklu je 32 s. Čas cyklu zahrnuje čas programu stroje a čas potřebný na výměnu dílu operátorem. Druhým faktorem při sestavování kapacity linky je disponibilní čas. Tento čas se vypočítá jako násobek počtu směn, hodin ve směně a pracovních dnů v kalendářním roce. Tento čas zahrnuje mimo jiné i zákonem stanovené přestávky během směny. Posledním faktorem je efektivita linky TRP. Tato hodnota se počítá:

$$TRP = \frac{K_{S_{reálně\ vyrobených}} \times \text{Čas cyklu úzkého místa [s]}}{\text{Disponibilní čas [s]}} \times 100 [\%]$$

Hodnota TRP pak bývá mezi 80 % až 90 %, dle specifikace dané linky. Zbýlých 10 % až 20 % jsou ztráty, které jsou způsobeny výměnou nástroje, seřizování strojů, neefektivita obsluhy, atd. Opravy strojů, které nemají vliv na jejich výrobní funkci, se opravují a seřizují o víkendu, aby nedocházelo k časovým ztrátám při pracovní směně. Každá firma by ovšem chtěla vyrábět se 100% efektivitou na každém výrobním zařízení a výrobní lince.

Z tab. 4.1 jsou sebrána data jednotlivých operací a jsou vynesena do grafu 4.2, kde jsou znázorněna spolu s cílovým časem cyklu, kterého se snaží Valeo dosáhnout. Tyto časy cyklů na jednotlivých operacích, jsou stanoveny již od začátku výroby v roce 2012.



Graf 4.2 Časy operací a cílový čas cyklu.

Tabulka 4.9 ukazuje plánovanou výrobní kapacitu pro týdenní výrobu, kde úzkým místem linky je operace 1100 (32 s). Tento čas úzkého místa byl již v návrhu projektu brousící linky. Vyrábíme v třisměnném provozu v pěti pracovních dnech a o víkendu dvě 7,5 hodinové směny (celkem 127,5 hod týdně). Tento týdenní počet výrobních hodin se může zvýšit, nebo snížit podle aktuální potřeby výroby. Tzn., při nedostatku kusů se musí prodloužit doba výroby, aby se vyrobilo požadované množství.

Tab. 4.9 Plánovaná výrobní kapacita s efektivitou 100 % a 85 %.

TRP 100%

Operace	1065	1070	1080	1090	1100	1110	1120
Hodina	156 Ks	159 Ks	114 Ks	120 Ks	112 Ks	120 Ks	124 Ks
Směna (7,5 hod)	1173 Ks	1199 Ks	857 Ks	900 Ks	843 Ks	900 Ks	931 Ks
Týden (127,5 hod)	19956 Ks	20400 Ks	14571 Ks	15300 Ks	14343 Ks	15300 Ks	15827 Ks

TRP 85%

Operace	1065	1070	1080	1090	1100	1110	1120
Hodina	133 Ks	135 Ks	97 Ks	102 Ks	95 Ks	102 Ks	105 Ks
Směna (7,5 hod)	997 Ks	1019 Ks	728 Ks	765 Ks	717 Ks	765 Ks	791 Ks
Týden (127,5 hod)	16963 Ks	17340 Ks	12385 Ks	13005 Ks	12192 Ks	13005 Ks	13453 Ks

Z tab. 4.9 je patrné, že pokud firma Valeo bude chtít vyrábět na brousící lince kusy s efektivitou linky (TRP) 85 %, její týdenní výroba by měla mít hodnotu minimálně dle nejužšího místa výroby, což je operace 1100, 12 192 ks.

Výpočet plánované kapacity je dle vzorce:

$$\text{Výrobní kapacita} = \frac{\text{Počet hodin} \times 60 \times 60}{\text{Čas cyklu úzkého místa [s]}} \times \frac{TRP}{100} \text{ [ks]} \text{ zaokrouhleno dolů na celé ks}$$

Při pozorování a sběru dat této výrobní linky bylo zjištěno, že dle tab. 4.8 kde jsou průměrné časy operátorů, je úzkým místem operátor č. 2 a nikoli stroj na operaci 1100 (32 s). Tzn., že stroj čeká na obsluhu operátorem. Pro demonstrovanou výrobní kapacitu, bychom do vzorce pro výpočet výrobní kapacity dosadili jako čas úzkého místa čas operátora č. 2 (37,73 s).

Tab. 4.10 Statistika vyrobených kusů v daném týdnu.

Týden/Rok	29/2012	30/2012	31/2012	32/2012	33/2012	34/2012	35/2012	36/2012	37/2012
Vyrobené kusy [ks]	6980	6917	1370	2749	5318	3777	5495	6358	7670
Čas výroby [hod/týden]	134.5	123.5	131	75	112.5	97.5	120	127.5	141.5
Reálný takt [s]	69.4	64.3	344.2	98.2	76.2	92.9	78.6	72.2	66.4
Týden/Rok	38/2012	39/2012	40/2012	41/2012	42/2012	43/2012	44/2012	45/2012	46/2012
Vyrobené kusy [ks]	7366	8137	7914	8201	7419	7722	5654	8211	8030
Čas výroby [hod/týden]	130	137.5	135	135	135	127.5	105	127	120
Reálný takt [s]	63.5	60.8	61.4	59.3	65.5	59.4	66.9	55.7	53.8
Týden/Rok	47/2012	48/2012	49/2012	50/2012	51/2012	52/2012	01/2013	02/2013	03/2013
Vyrobené kusy [ks]	5463	6163	6337	3285	6727	1624	3672	7328	6364
Čas výroby [hod/týden]	90	82.5	97.5	52.5	112.5	22.5	60	128	120.5
Reálný takt [s]	59.3	57.5	55.4	57.5	60.2	49.9	58.8	62.9	68.2
Týden/Rok	04/2013	05/2013	06/2013	07/2013	08/2013	09/2013	10/2013	11/2013	12/2013
Vyrobené kusy [ks]	6511	7350	6925	5528	9522	8801	8025	7849	8633
Čas výroby [hod/týden]	116	123.5	123.5	101	163.5	135	127.5	135	138.5
Reálný takt [s]	64.1	60.5	64.2	65.8	61.8	55.2	57.2	61.9	57.8

Z tab. 4.10 je patrné, že výsledná kapacita linky, kterou máme zaznamenanou od 29. týdne roku 2012 se ani zdaleka nepřibližuje požadované plánované kapacitě. Největší výroby bylo dosaženo v 8. týdnu roku 2013, kde se vyrobilo 9 522 ks za týden. Avšak stanovená kapacita linky je 12 192 ks týdně. Tento rozdíl mezi reálným počtem vyrobených kusů a teoretickým spočítaným množstvím je z větší části zaviněn obsluhou této linky. Tito operátoři nepracují dosti efektivně, aby vyrobily požadované množství. Po realizaci robotizovaného pracoviště by tento rozdíl nevyrobených součástí byl snížen a úzkým místem výroby by se opět stala operace 1100.

5 NÁVRHY ŘEŠENÍ AUTOMATIZACE LINKY

V této kapitole budou probrány návrhy řešení automatizace linky. Návrhy byly řešeny s třemi firmami nabízející tyto služby, kde byly prodiskutovány technické specifikace daného řešení. Všechny možnosti realizace byly probrány s danou firmou a s lidmi ze společnosti Valeo. Výběr vhodného dodavatele na případnou realizaci byl zvolen dle několika faktorů.

5.1 Analýza SWOT [16]

Analýzu SWOT, která nám ukazuje silné, slabé stránky a příležitosti, hrozby trhu je jedním z mnoha ukazatelů kladů a záporů daného projektu. Analýza SWOT pomáhá definovat pozici firmy a jednotlivých produktů na trhu, ale jak už bylo zmíněno, tak je i dobrým nástrojem pro projektové plánování. Na obr. 5.1 je znázorněna SWOT analýza pro implementaci robotizovaného pracoviště.

Počáteční písmena S, W, O a T jsou převzaty z anglického výrazu daných slov. S jako strengths (silné stránky), W jako weaknesses (slabé stránky), O jako opportunities (příležitosti) a T jako threats (hrozby).

	Nápomocné v dosažení cílů	Škodlivé v dosažení cílů
Interní faktory	Ušetření nákladů na operátora Zvýšení kapacity linky Snížení zmetkovitosti	Nedostatečně kvalifikovaná obsluha Velká investice a její dlouhá návratnost
Externí faktory	Prostor pro další robotizované pracoviště Slevy od dodavatelů pro další projekty Nové zkušenosti v automatizaci	Delší doba na příjezd technika Náhradní díly nemá dodavatel skladem

Obr. 5.1 SWOT analýza automatizace linky [16].

Spojením silných stránek s příležitostmi (S - O) nám indikuje jednoznačný signál pro realizaci projektu. Pokud jsou slabé stránky překážkou ve využití příležitostí (W - O), je nutné se zaměřit na kroky, které povedou k odstranění těchto problémů. Pokud jsou zjištěny spojitosti mezi slabými stránkami a hrozbami (W - T), musíme připravit strategii na negativní dopad hrozeb, které by mohli způsobit nepříjemnosti v realizaci projektu.

5.2 Průběh projektu

Návrhy projektu byly realizovány v několika na sobě závislých etapách. Tento vývoj technického řešení schematicky zobrazuje tab. 5.1. Po předložení daného návrhu a provedení jeho detailní analýzy, byla udělána revize návrhu, na základě našich požadavků. Tyto požadavky budou detailněji řešeny v jednotlivých návrhách projektu. Tento proces se opakoval až do finální podoby dispozičního řešení a technické specifikace projektu.

Tab. 5.1 Průběh projektu.

	Revize 1.	Revize 2.	Revize 3.	Revize 4.
Dodavatel	-Aktuální rozmístění linky -Stejná pračka -Dva roboty	-Manipulace se stroji povolena -Možnost jiné pračky -Dva roboty	Revize dosavadních návrhů	-Manipulace se stroji -Jiná pračka -Jeden robot
1.	Dodavatel č. 1	X	V	Dodavatel č. 1
2.	X	Dodavatel č. 2	V	X
3.	X	Dodavatel č. 3	V	Dodavatel č. 3

Legenda:

X - Návrh nebyl dodán

V - Revize proběhla ve společnosti Valeo bez účasti dodavatelů

Pokud je v tab. 5.1 dodavatel označen symbolem x, neznamená to vždy, že se dodavatel od projektu distancoval. Seznámení daného dodavatele o projektu probíhalo v delším časovém rozmezí. Proto jsme mohli hned po prvotním návrhu revize 1. od dodavatele č. 1 a jeho detailním prozkoumáním, informovat ostatní dodavatele, aby provedli námi určené změny.

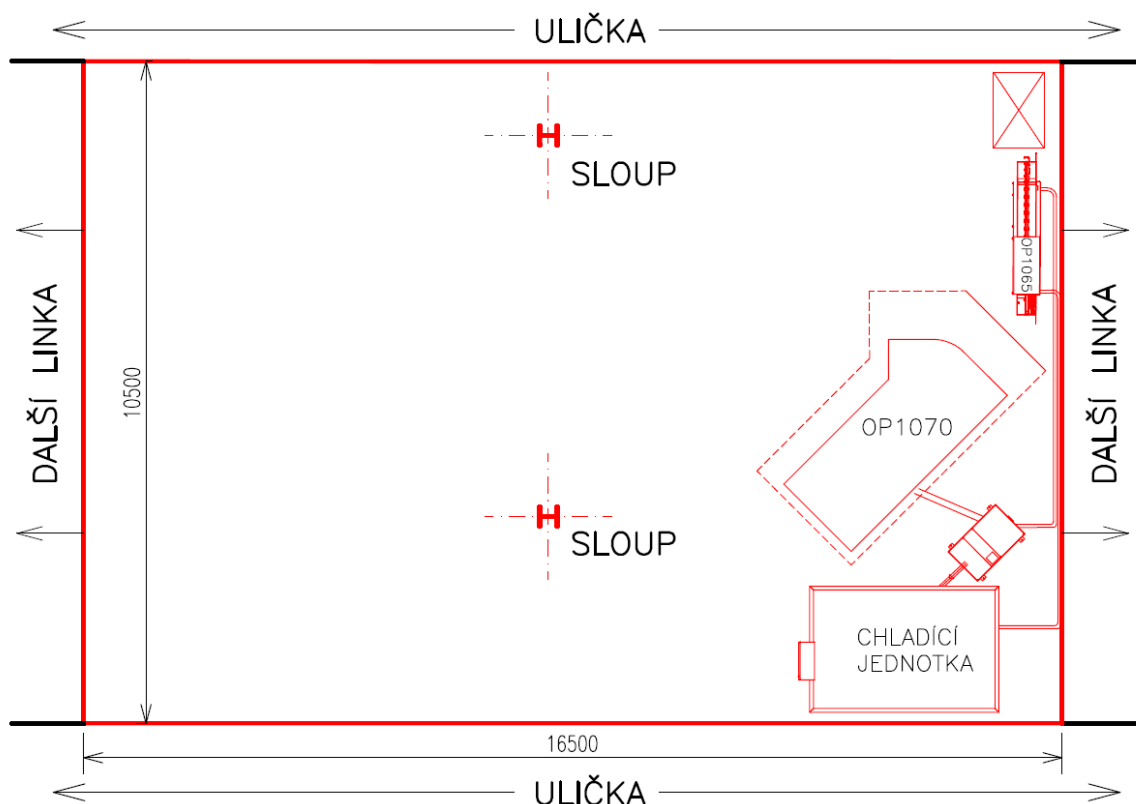
5.3 Projektové omezení

Realizace návrhů pro revizi č. 1 bylo projektové omezení pro celou brousící linku. Tyto návrhy neměly povolení jakékoli manipulace se stroji a výrobním zařízením.

Revize č. 2 umožňovala manipulaci se stroji a možností začlenit do brousící linky jinou pračku místo stávající na operaci 1110. Tato pračka je třetinová oproti stávající a tak je větší možnost variability při návrhu robotizovaného pracoviště.

Na obr. 5.2 jsou červeně znázorněny omezení projektů. Jedná se o pracovní prostor linky, který je ze všech stran omezen. Rozměry brousící linky nesmí přesahovat rozměry 16,5 x 10,5 m, jak je znázorněno na obrázku.

Dalším omezením v projektu jsou podpůrné sloupky střechy a číslíkově řízená bruska na operaci 1070. Tento stroj je totiž zapaščen cca 30 cm pod úrovní podlahy a čerchovanou čarou okolo stroje je znázorněn otvor, ve kterém je stroj usazen. Mezi strojem a hranou otvoru je nerezový rošt, po kterém se pohybuje obsluha.



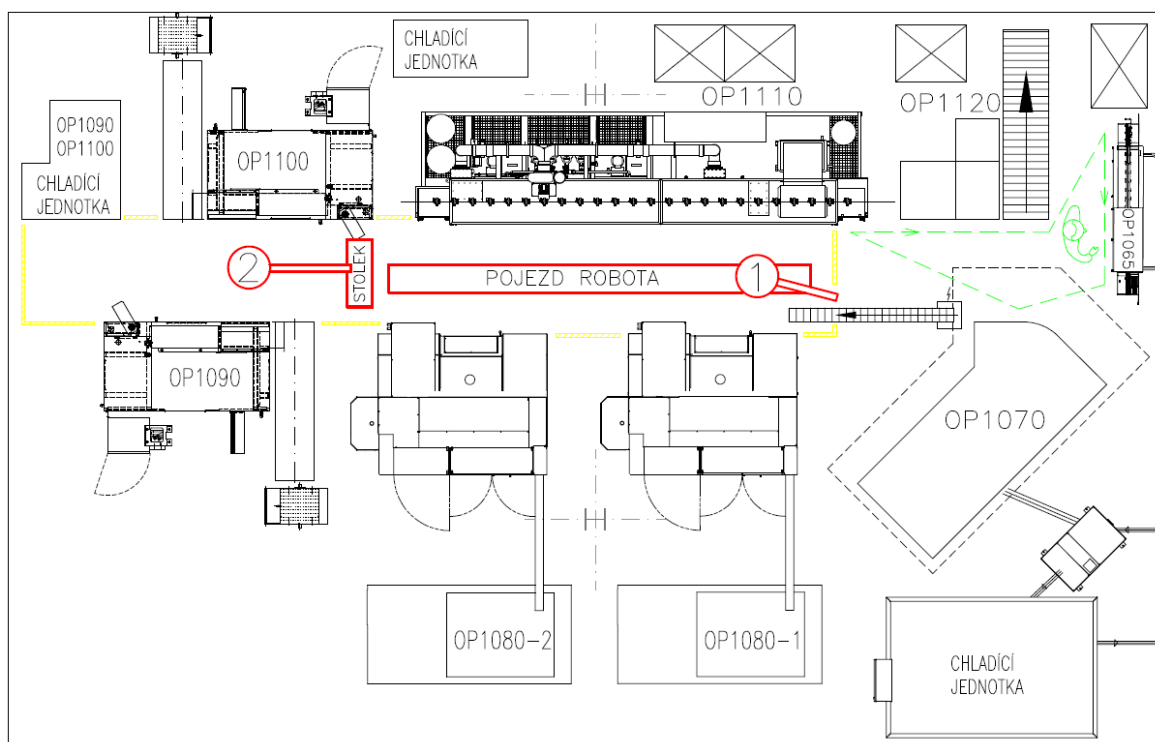
Obr. 5.2 Projektové omezení linky.

5.4 Revize 1. dodavatele č. 1

Jak je již zmíněno v tab. 5.1, tak prvotní návrh robotizovaného pracoviště měl mnoho omezení. Dodavatel při tvorbě robotizovaného pracoviště měl zakázáno jakékoli manipulace se stroji a výrobním zařízením na brousící lince.

Společnost Valeo chtěla obsluhu těchto strojů provádět pomocí dvou robotů. Dva roboty byly voleny z důvodu lepšího začlenění do výrobního procesu v případě, že by se tato linka měla rozšiřovat z důvodů navýšení kapacity.

Roboty určené pro tuto obsluhu číslíkově řízených strojů jsou schematicky znázorněny červenou barvou a pořadovým číslem 1 a 2.



Obr. 5.3 Návrh robotizace revize 1. a dodavatele č. 1.

Pro tento prvotní návrh jsou navrženy dva stejné roboty IRB 2600 s nosností 20kg a funkčním dosahem 1,65 m. Robot č. 1 je na pojezdové dráze, který obsluhuje operace 1080-1, 1080-2 a operaci 1110, kam zakládá díly do pračky. Robot č. 2 je stacionární a obsluhuje pouze odjehlovací stroje operaci 1090 a 1100. Zásobu dílu pro robota č. 1 vykonává dopravník, na který operátor pokládá kusy po operaci 1070. Zde je rovněž provedena kontrola správné orientace dílu pro uchopení robota. Stolek, který je umístěn mezi roboty slouží pro ukládání dílů po operacích 1080 a i jako překládací stolek pro robota č. 2, který zakládá dva kusy najednou na operaci 1090.

Po založení dílu na operaci 1080-1 přejíždí robot k operaci 1080-2 a po jejím obslužení položí dva obrobené kusy na stolek pro robota č. 2. Tento robot uchopí oba kusy najednou a pomocí otočným dvojchapadlem provede jejich otočení o 180°. Při této manipulaci provede otočení k operaci 1090 a vyndá dva obrobené kusy. U operace 1100 je umístěn malý překládací stolek, na kterém robot provede přehmat dílů z důvodu opačné orientace dílu do operace 1100 oproti 1090. Vyjmutí dílů se děje obdobně jako na operaci 1090 a hotové kusy odloží na stolek. Obrobené kusy na stolku převezme robot č. 2 a vloží jej do operace 1110. Po vyprání kusů je vyjímá na druhém konci operátor a provádí následné operace.

Na obr. 5.3 jsou žlutě znázorněny bezpečnostní oplocení, aby nedošlo k neoprávněnému vstupu člověka do pracovního prostoru robotů. Vstup dílů na robotizované pracoviště pomocí dopravníku je řešen otvorem v oplocení.

5.41 Technická specifikace

Pro tento návrh robotizovaného pracoviště jsou potřebné tyto technické specifikace. Jsou zde pouze základní prvky, které tvoří převážnou finanční částku projektu:

- robot IRB 2600 (2 ks),
- pojezd robota,
- dvojčinné chapadlo pro manipulaci s díly,
- vstupní dopravník,
- odkládací stolek,
- bezpečnostní prvky a oplocení.



Obr. 5.31 Robot IRB 2600 [18].

Tab. 5.2 Základní parametry robota IRB 2600 [19].

Funkční dosah	Nosnost	Počet os	Přesnost opakovatelnosti
1650 mm	20 Kg	6	0.04 mm

Podrobnější technické specifikace o robotu IRB 2600 jsou v příloze č. 2.

V tab. 5.2 jsou znázorněny prioritní výhody a nevýhody daného projektu. Společnost Valeo měla požadavek, že při odpojení robota, ať už z důvodu defektu nebo jiného problému, bude moci linku obsluhovat opět operátor. Nynější stav je takový, že se brousící linka nesmí dlouhodobě zastavit a přestat vyrábět. Tento požadavek pro opětovné nasazení operátora zde není řešen úplně ideálně, avšak při zůstávajícím dispozičním řešení linky je to ucházející a v krajním případě i reálně proveditelné.

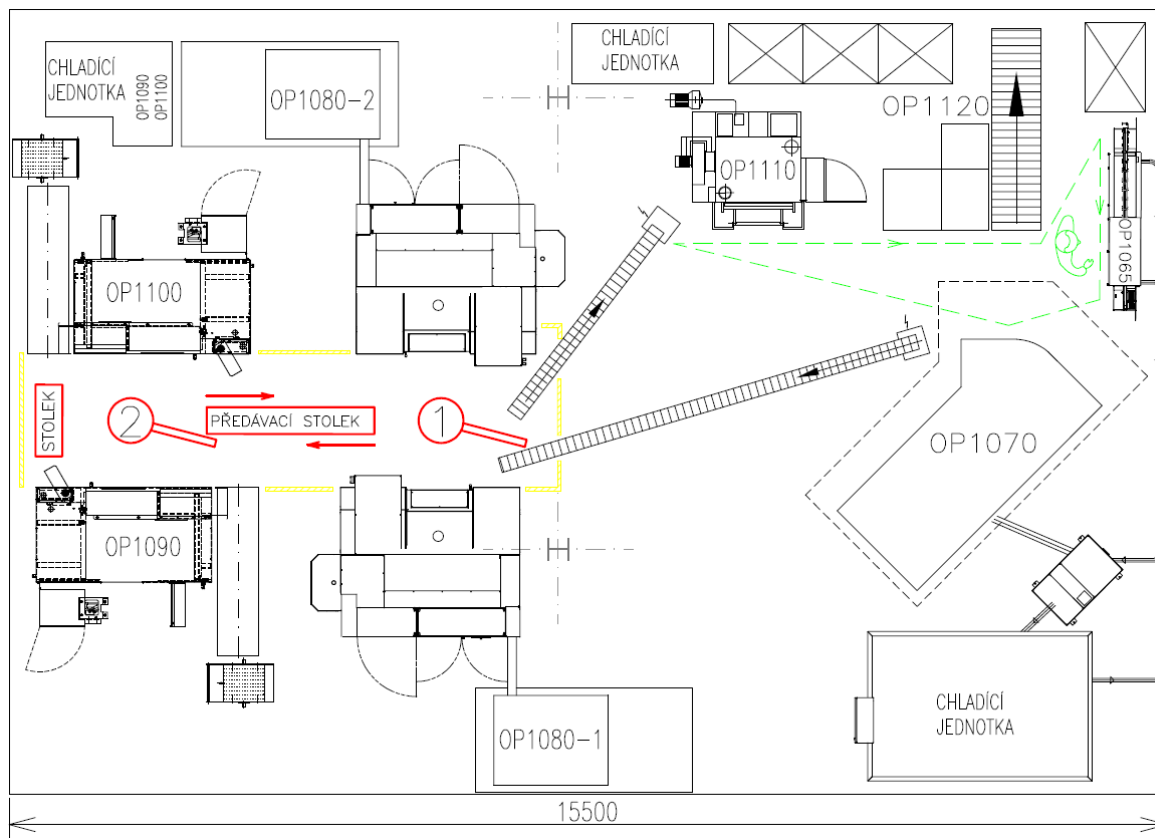
Tab. 5.21 Výhody a nevýhody.

VÝHODY	NEVÝHODY
Nemusíme přestavovat linku	Cena
Zakládací přípravky ve strojích se nemusí modifikovat	Delší časy robotu č. 1 při pojezdu
Dva roboty - lepší využití při modifikaci linky	Při defektu robota špatná dostupnost operátora

Závěrem lze říci, že po detailním prozkoumání tohoto návrhu jsou zde důležité aspekty, které musí být pro další návrhy změněny. Jedná se především o pojezd robota, na kterém se pohybuje robot č. 1. Tento pojezd zvyšuje cenu projektu přibližně o 30 %. Dále jsou zde ztrátové časy, které vzniknou přejížděním robota po již zmíněném pojezdu. Výsledkem je změna stávající pračky na operaci 1110 za menší typ a možnost manipulace se stroji a pračkou. Tyto manipulace musí podléhat projektovému omezení, které definuje odstavec 5.3.

5.5 Revize 2 a dodavatel č. 2

Tento návrh má již jiné rozmístění strojů a jiný typ pračky. Na obr. 5.4 je znázorněno dispoziční řešení zrevidovaného projektu s dvěma roboty, kteří jsou schematicky znázorněny červenou barvou a číslem 1 a 2.



Obr. 5.4 Návrh robotizace revize 2. a dodavatele č. 2.

Tento projekt bude řešen za pomoci dvou robotů, které jsou znázorněny na obr. 5.4. Jedná se o roboty Fanuc M-20iA/10L s nosností 10 kg a funkčním dosahem 2 m. V projektu je znázorněn i jiný typ pračky, kterou bude obsluhovat operátor. A to jak nakládání, tak vykládání vypraných dílů. Muselo být změněno i nynější dispoziční řešení a to z důvodu, že při použití dvou robotů, tak musíme uspořádat obsluhované stroje do tzv. dvojitého hnízda. Avšak toto řešení má problémy z důvodu projektového omezení. Musíme se zde vyhnout sloupům, na úkor velké vzdálenosti mezi operacemi 1070 a 1080-1 (6,3 m) a 1100 k 1110 (3,2 m). Tímto nám vznikají velké nevyužité plochy na brousící lince.

Pracovní cyklus začíná položením obrobeného dílu po operaci 1070 operátorem na dopravník. Založený kus musí být správně orientován. Robot č. 1 uchopí díl z dopravníku, otočí dvojchapadlo a z operace 1080-1 vyndá obrobený díl a založí díl z dopravníku. Tento obrobení díl pak položí na předávací stůlek. Poté tento postup opakuje na operaci 1080-2. Robot č. 2 uchopí dva díly z předávacího stolku s dopravníkem, a otočí se k operaci 1090. Během tohoto otočení provede i otočení dvojchapadla, aby mohl vyndat obrobené díly z této operace. Po vyjmutí dílů zandá do stroje dva neobrobené kusy. Díly po operaci 1090 položí na stůlek, kde se provede jejich přehmat o 180°. Toto otočení dílů mezi operacemi se musí uskutečnit z důvodu obrábění druhé čelní strany Cylinderu, než na operaci 1090. Poté provede natočení k operaci 1100, kde po skončení pracovního cyklu provede vyjmutí obrobených kusů a následně založí otočené kusy o 180°. Obrobené kusy položí na předávací stůlek s dopravníkem, kde je uchopí robot č. 1 a provede jejich přesun na výstupní dopravník, který směřuje ven z linky, k operaci 1120.

Opět je zde i řešena bezpečnost na pracovišti, která je řešena pomocí žlutě znázorněných bezpečnostních prvků na obr. 5.4. Výstupní a vstupní dopravníky prochází skrze otvory v bezpečnostním oplocení.

5.51 Technická specifikace

V tomto zrevidovaném návrhu jsou řešeny hlavní rysy projektu, jako jsou robot, dopravníky, manipulace s díly atd. Nejsou zde detailněji řešeny konstrukce chapadel robotů, komunikace mezi strojem a robotem, apod. Projekt obsahuje tyto technické specifikace:

- robot Fanuc M-20iA/10L (2 ks),
- chapadla a komponenty Schunk (2 ks),
- elektrický rozvaděč,
- PLC Omron pro řízení linky,
- předávací stůlek mezi roboty a stůlek pro otáčení dílů,
- dopravník vstupní a výstupní,
- bezpečnostní prvky.



Obr. 5.41 Robot Fanuc M-20iA/10L [20].

Tab. 5.3 Základní parametry robota Fanuc M-20iA/10L [20].

Funkční dosah	Nosnost	Počet os	Přesnost opakovatelnosti
2009 mm	10 Kg	6	+ / - 0.1 mm

Podrobnější technické specifikace o robotu Fanuc M-20iA/10L jsou v příloze č. 3.

V tab. 5.31 jsou hlavní výhody a nevýhody tohoto řešení robotizace. Jedním z požadavků firmy, jako u předchozího návrhu je, že při defektu robota by linka měla být schopná obsluhy pomocí druhého operátora. Tento požadavek je při tomto návrhu robotizace linky reálný. Roboty bychom nastavili do vertikální polohy a přístup operátora by byl dostačující.

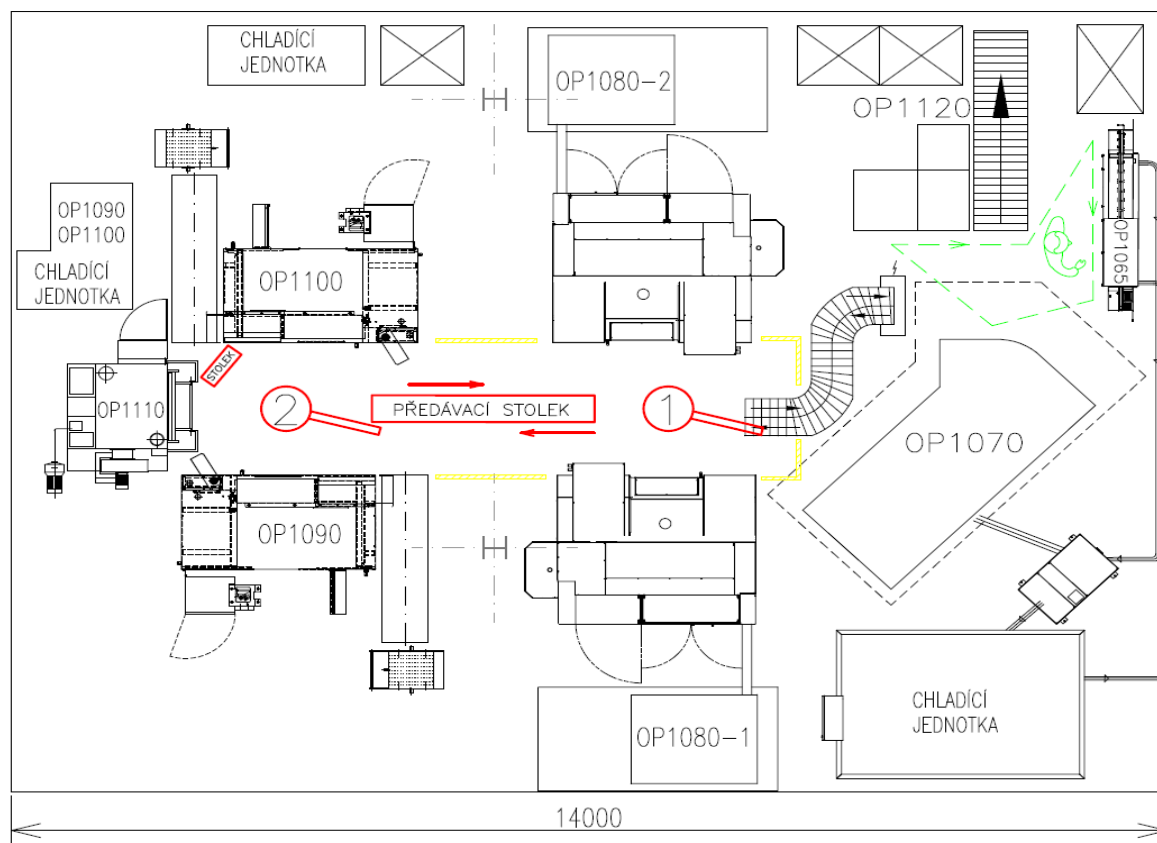
Tab. 5.31 Výhody a nevýhody.

VÝHODY	NEVÝHODY
Zakládací přípravky ve strojích se nemusí modifikovat	Cena
Dva roboty - lepší využití při modifikaci linky	Velká vzdálenost robotizovaného pracoviště
Není zde pojezd robota	Nevyužité plochy kvůli projektovému omezení
Délka linky kratší o 1000 mm	

Tento návrh je stále mimo finanční rámec společnosti Valeo a při dalším dispozičním návrhu musí být stroje lépe uspořádány, aby v prostoru brousící linky nevznikali slepá místa, jako v tomto případě.

5.6 Revize 2. a dodavatel č. 3

Tento návrh obsahuje menší typ pračky. Koncept automatizace je také řešen pomocí dvou robotů. Které jsou schematicky znázorněny červenou barvou a pořadovým číslem 1 a 2.



Obr. 5.5 Návrh robotizace revize 2. a dodavatele č. 3.

Pro toto řešení robotizace byly zvoleny dva průmyslové roboty Kuka KR16, které mají nosnost 16 kg a funkční dosah 1,6 m. Toto dispoziční řešení bylo také omezené sloupy, a tak se robotizované pracoviště muselo posunout. Vany na řeznou kapalinu, které jsou znázorněny u strojů na operacích 1080, je možnost natočit a umístit dle libosti. Ze stroje vede totiž jen trubka do emulzní nádrže, v které jsou čerpadla pro zpětné pohánění emulze do stroje. V návrhu bylo zvoleno umístění operace 1120 mezi operací 1090 a 1100. Pračku obsluhuje robot č. 2, který má za úkol založení a vyložení dílů. Tato pračka, by ale musela obsahovat složité přípravky pro vkládání dílu robotem a zajištění správné orientace. Vyjímání dílů z pračky by bylo složitější, než kdyby ji obsluhoval operátor.

Celý robotizovaný proces začíná položením obrobeneho dílu po operaci 1070 na vstupní dopravník, který je osazen přípravky pro díly. Ten dopraví obrobeneý kus do manipulačního prostoru robota č. 1. Tento robot uchopí kus z dopravníku dvojitém chapadlem a provede otočení k operaci 1080-1. Během tohoto natočení provede otočení chapadla, aby mohl vyjmout obrobeneý kus ze stroje. Poté vloží neobrobeneý kus a již obrobeneý Cylinder položí na předávací stůl s dopravníkem. Poté celý postup opakuje na operaci 1080-2.

Robot č. 2 převezme dva díly z předávacího stolku, provede natočení ke stroji a během tohoto natočení, stejně jako robot č. 1, provede otočení chapadla, aby nejprve mohl vyjmout již obrobené díly ze stroje. Po vyjmutí provede založení neobrobených kusů a otočí se ke stolku mezi operacemi 1110 a 1100, na které položí dva kusy. Na tomto stolku dojde k otočení dílů o 180°. Po tomto otočení robot opět uchopí kusy a provede vyjmutí a založení kusů na operaci 1100. Vyjmuté kusy po operaci 1100 robot vloží do zásobníku pračky na operaci 1110. Zásobník pračky není detailněji řešen a můžeme tedy počítat pouze s teoretickým řešením dané operace. Budeme předpokládat, že zásobník bude řešen na 10 dílů, po kterých se spustí automatický režim prání. Stolek slouží i jako zásobník kusů před operací 1110. Po dokončení se robot postará o vyjmutí kusů a odložením na dopravní stolek mezi roboty. Robot č. 1 se pak postará o jejich manipulaci na výstupní dopravník, kterých se poté chopí operátor.

5.61 Technická specifikace

Základní komponenty potřebné pro realizaci tohoto robotizovaného pracoviště jsou:

- průmyslový robot Kuka KR16 (2 ks),
- rozvaděč Rittal obsahující řídicí systém SIMATIC ET200S,
- řídicí skříň KRC4,
- ovládací panel SmartPad,
- překládací stolek,
- stolek s dopravníkem mezi roboty,
- bezpečnostní prvky.



Obr. 5.51 Robot Kuka KR16 [21].

Tab. 5.4 Základní parametry robota Kuka KR16 [21].

Funkční dosah	Nosnost	Počet os	Přesnost opakovatelnosti
1610 mm	16 Kg	6	+ / - 0.05 mm

Podrobnější technické specifikace o robotu Kuka KR16 jsou v příloze č. 4.

Opět jako u všech nabídek je i zde požadavek ze strany Valeo, že při defektu robota se linka bude opět obsluhovat operátorem. Toto dispoziční řešení umožňuje případnou obsluhu operátora. Na obr. 5.5 jsou žlutou barvou vyjádřeny bezpečností oplocení, pro případný nedovolený vstup člověka do pracovního prostoru robotů. V tab. 5.41 jsou znázorněny výhody a nevýhody daného řešení.

Tab. 5.41 Výhody a nevýhody.

VÝHODY	NEVÝHODY
Zakládací přípravky ve strojích se nemusí modifikovat	Cena
Dva roboty - lepší využití při modifikaci linky	Umístění pračky
Lepší využití plochy linky	Složitá modifikace zásobníku pračky a její obsluha robotem
Délka linky kratší o 2500 mm	Vyjímání dílů z pračky špinavým chapadlem z předchozích operací

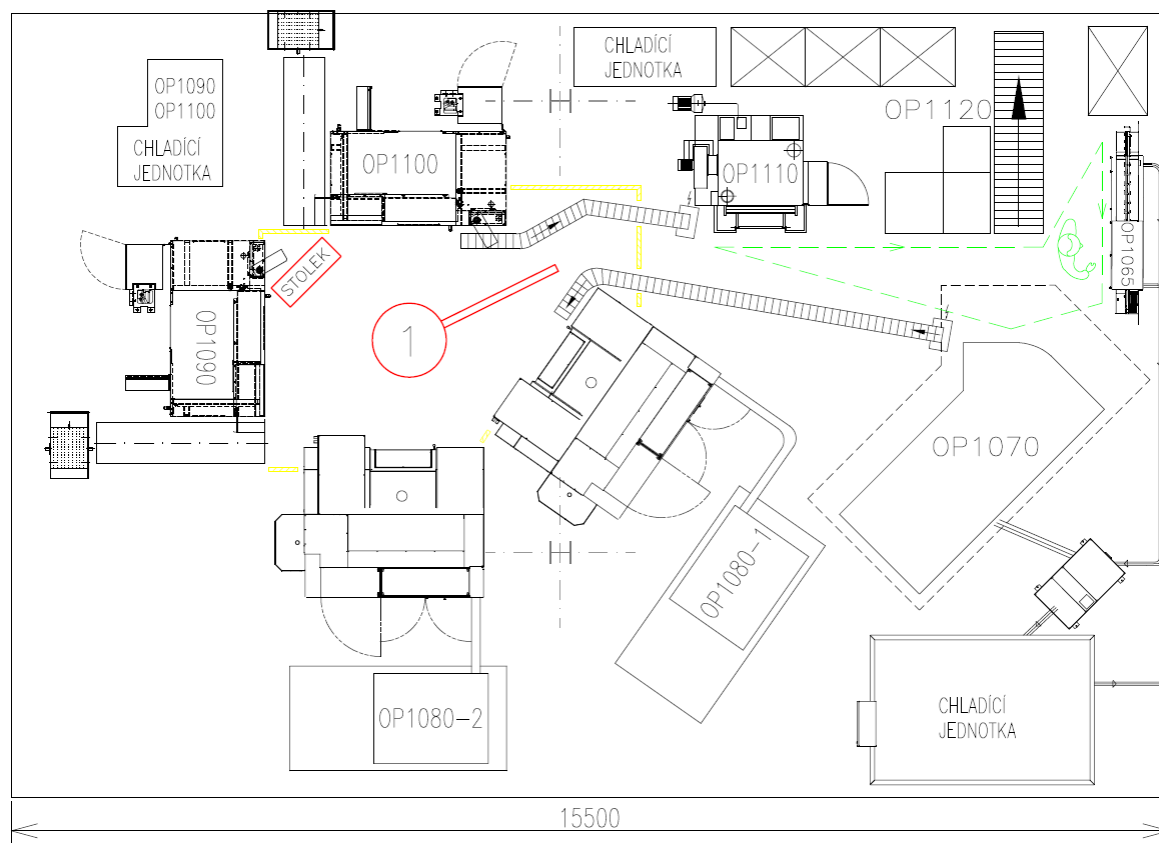
5.7 Revize prvotních návrhů

Všechny revizní návrhy dispozičního řešení a technické specifikace, byly projednány s firmou Valeo. Valeo zamítlo všechny dosavadní navrhované řešení z důvodu vysoké pořizovací ceny robotizovaného pracoviště. Z tohoto důvodu zde došlo k revizi návrhů a vytvoření jednotného dispozičního řešení, které bude prodiskutováno s dodavateli. Významem tohoto řešení je co nejvíce snížit pořizovací náklady a z tohoto důvodu se volí pouze jeden robot pro obsluhu všech čtyř číslicově řízených strojů. Toto řešení mělo stejné projektové omezení, jako při tvorbě předchozích návrhů.

Použití jen jednoho robota je významnou úsporou při návrhu projektů, ale také poskytuje menší nevýhodu z hlediska potenciální budoucí modifikace linky. Toto riziko, však není až tak významné a tak stále převládá použití jednoho robota.

Návrhy úvodních řešení byly realizovány společnostmi, které jsou specializováni na automatizace a robotizace pracovišť. V České republice není tolik firem s kvalitní referencí, které tyto produkty nabízejí. Proto jsme oslovili z našeho pohledu tři největší firmy. Dodavatel číslo 1 byla firma ABB Robotics. Dodavatel číslo 2 byla firma ARC-Robotics a poslední třetí dodavatel byla firma Blumenbecker Prag.

Na obr. 5.6 je znázorněno dispoziční řešení, které je schváleno firmou Valeo a bude znovu projednáno s firmami, které jsou do projektu začleněny.



Obr. 5.6 Finální dispoziční řešení robotizovaného pracoviště.

Toto dispoziční řešení ve tvaru montážního hnízda, je vhodné pro obsluhu jedním robotem. Je zde třeba ale počítat s větším robotem a jeho delším funkčním dosahem, přibližně okolo 2,5 m. Vstup součástí do robotizovaného pracoviště zajišťuje vstupní dopravník. Robot bude vybaven čtyřchapadlem a bude obsluhovat všechny stroje. Po skončení výrobních operací bude umísťovat díly na výstupní dopravník, kde je potom operátor bude vkládat do operace 1110.

Tento návrh je také dobře řešen z hlediska projektového omezení. Podpůrným sloupům bylo dobře vyhnuto. Přístup pro čištění dopravníků špon na operacích 1090 a 1100, které jsou umístěny při pohledu do stroje vlevo dole, je také dobrý. Tyto dopravníky se vysunují ze stroje směrem doleva. Také přístup obsluhy do strojů 1080, které jsou také po levé straně, při pohledu do stroje, je dobrý. Nejsou zde servisní dveře, ale odkládací dekl, který stačí povolit a odložit na podlahu.

I při defektu robota, by bylo možné obsluhovat tyto stroje operátorem. Do robotizovaného pracoviště bude vstup mezi vstupním a výstupním dopravníkem a bezpečnostní opatření jsou na obrázku znázorněny žlutou barvou.

Takto navržené dispoziční řešení bylo konzultováno s dodavateli a řešilo se technické provedení projektu.

5.71 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 1

Návrh robotizovaného pracoviště byl prodiskutován s dodavatelem a ten navrhnul toto technické řešení:

- robot IRB 4600,
- chapadlo pro manipulaci s díly,
- vstupní dopravník se zásobníkem,
- překládací stolek,
- bezpečnostní prvky a oplocení.

Pro obsluhu čtyř číslicově řízených strojů byl zvolen robot IRB 4600 s nosností 20 kg a dosahem 2,51 m. Chapadlo je zkonstruováno na čtyři kusy, které jsou uchyceny po 90°. Robot odebere dva díly ze vstupního dopravníku, obslouží operaci 1080-1 (založí, vloží kus) a totéž provede na operaci 1080-2. Poté se otočí k operaci 1090, kde vyndá dva obrobené kusy a založí dva kusy po operacích 1080. Kusy po operaci 1090 položí na překládací stolek, kde se otočí o 180° a obslouží operaci 1100 stejně jako operaci 1090. Vyjmuté kusy po operaci 1100 robot odloží na výstupní dopravník a celý cyklus opakuje.

Hlavním kladem pro tento návrh je podstatně nižší cena než u předchozích projektů a s touto cenou je ještě možno pracovat. Dodavateli by nevadilo, kdyby vstupní a výstupní dopravník, popřípadě ještě překládací stolek byl dodán společností Valeo od jiné firmy. Cena by se tím ještě snížila.



Obr. 5.61 Robot IRB 4600 [22].

Tab. 5.5 Základní parametry robota IRB 4600 [22].

Funkční dosah	Nosnost	Počet os	Přesnost opakovatelnosti
2510 mm	11 Kg	6	0.05 mm - 0.06 mm

Podrobnější technické specifikace o robotu IRB 4600 jsou v příloze č. 5.

5.72 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 2

Dodavatel číslo dva po prodiskutování revizního návrhu, nám nedal potřebné technické řešení projektu do stanovené dodací lhůty. Nelze jednoznačně říci, zda pro něj již tento návrh nebyl zajímavý nebo lukrativní. Z toho důvodu již nepočítáme s dodavatelem číslo dva pro tento typ projektu. Neznamená to však, že při dalších projektování robotizovaných pracovišť na něj bude zapomenuto. Pro společnost Valeo je to kvalitní a spolehlivý dodavatel automatizační techniky.

5.73 Technické řešení revize 4. a dodavatele č. 3

Návrh robotizovaného pracoviště byl prodiskutován s dodavatelem a ten navrhnul toto technické řešení:

- průmyslový robot KUKA KR30L16,
- chapadlo robota,
- rozvaděčová skříňka RITTAL,
- řídicí skříň KRC4,
- překládací stolek,
- bezpečnostní prvky a oplocení.

Základ pro robotizované pracoviště je průmyslový robot KUKA KR30L16 s funkčním dosahem 3,1 m a nosností 16 kg. Tento robot obsluhuje čtyři číslicově řízené stroje, dle finálního dispozičního rozmístění linky.

Výrobní cyklus robotizovaného pracoviště je stejný jako při návrhu číslo dva. Hlavní nevýhodou oproti návrhu číslo jedna je vysoká pořizovací cena. Ta je přibližně o 35 % větší, než požaduje společnost Valeo.



Obr. 5.62 Robot KR30L16 [23].

Tab. 5.51 Základní parametry robota KR30L16 [23].

Funkční dosah	Nosnost	Počet os	Přesnost opakovatelnosti
3102 mm	16 Kg	6	+ / - 0.07 mm

Podrobnější technické specifikace o robotu KR30L16 jsou v příloze č. 6.

5.8 Porovnání dodavatelů [17]

Pro vhodný výběr dodavatele automatizace linky existuje více faktorů, který ovlivňuje jeho výběr. Mezi tyto hodnotící faktory můžeme zařadit servis do 24 hodin, délku záruky, náhradní díly v České republice, preventivní údržba zařízení, atd.

Firma ABB má 75 zaměstnanců v divizi robotika v ČR a z toho 18 servisních techniků po celé zemi. Zajišťuje kompletní realizaci robotizace na přání zákazníka. Firma dodala a aplikovala více již 1900 robotů v ČR.

Firma ARC roboti FANUC, stejně jako ABB jsou schopni dodat kompletní automatizované pracoviště. Poskytují servis a náhradní díly. Roboti mají přesný výpočet dráhy. Tyto roboti jsou ve společnosti Valeo hojně rozšířeny.

Firma Blumenbecker, která poskytuje roboty KUKA, je výhradním dodavatelem pro Škoda auto v ČR. Konstrukce robotů je stavěna tak, že i při vypnutém napájení je možnost manipulace s robotem. Náhradní díly jsou vyměněny a neopravují se.

Tab. 5.6 Základní porovnání dodavatelů [17].

	Servis 24 hod	Náhradní díly v ČR	Preventivní údržba
ABB	ANO	ANO	1x/Rok
FANUC	ANO	ANO	4600 hodin
KUKA	ANO	ANO	10000 hodin - 20000 hodin

V tab. 5.61 jsou znázorněny faktory pro vhodný výběr dodavatele. Tyto faktory jsou ještě násobeny důležitostí daného faktoru. Hodnoty se poté sečtou a nejlepší je varianta, která dosáhla nejméně bodů.

Tab. 5.61 Hodnotící tabulka dodavatelů [17].

	Servis 24 hodin	Servis (€)	Údržba (hod)	Sortiment	Náhradní díly v ČR	Záruka	Kompletní zakázka	Programování	Cena	Celkem	Pořadí
Důležitost	1	2	2	2	3	1	2	3	1		
ABB	1	2	2	3	1	1	1	3	1	31	1.
FANUC	1	4	3	1	3	1	4	2	2	43	3.
KUKA	1	3	1	1	3	1	4	2	2	37	2.

Data znázorněná v tab. 5.61 mohou představovat teoreticky vítězného dodavatele, ale realita může být jiná. Je zde ještě mnoho aspektů, které mohou ovlivnit výsledný výběr dodavatele pro navrhovanou automatizaci. Jedním z aspektů může být stanovení lepší ceny, než je tabulková cena jednotlivých komponent.

Společnost Valeo má z 95 % roboty FANUC, které fungují spolehlivě a již řadu let jsou spolehlivým prvkem pro CNC stroje, které obsluhují. Proto i z tohoto hlediska je možnost výběru jiného dodavatele, než jak určuje tab. 5.61.

5.81 Výběr vhodného dodavatele

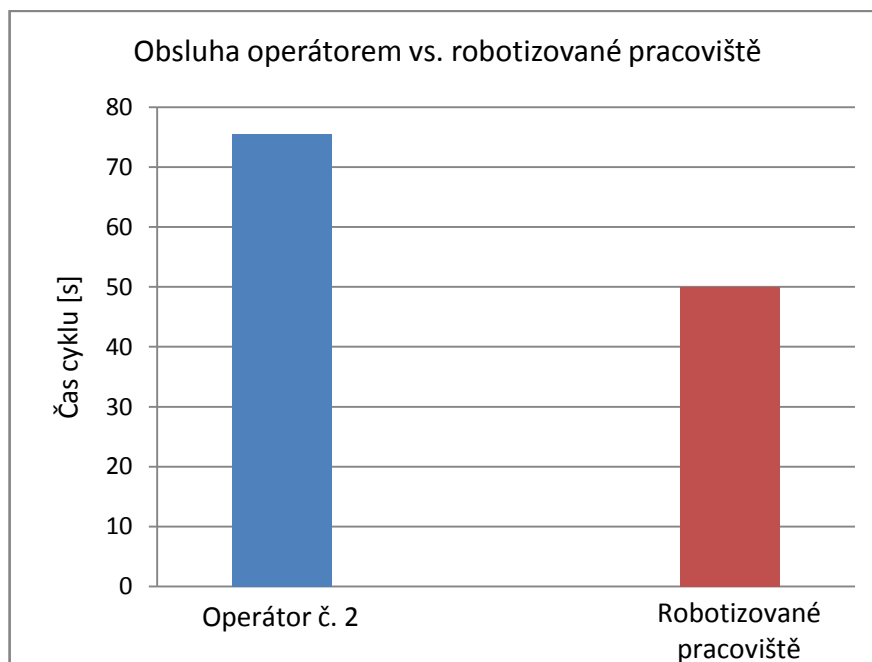
Výběr vhodného dodavatele pro robotizované pracoviště nebyl jednoduchý. Se společností Valeo se zvažovali všechny možné varianty, klady, zápory a další hodnotící kritéria.

Nejdůležitějším faktorem pro výběr vhodného dodavatele pro Valeo byla pořizovací cena a návratnost celého projektu. Spolu s profesionálním přístupem a technickými specifikacemi při řešení daného projektu, byla zvolena firma ABB Robotics, jako primární zprostředkovatel automatizace linky.

Svým technickým řešením, konzultacemi s firmou Valeo a nejnižší pořizovací cenou projektu, se právě proto tato firma stala vítězem mezi konkurenčními dodavateli. Cena projektu již byla v tomto případě pro společnost Valeo přijatelnou.

Finální dispoziční řešení a technická specifikace projektu, je již detailněji popsána v odstavci 5.71. Dle animace robotizace, kterou společností Valeo firma ABB poskytla, je patrné, že čas obsluhy čtyř CNC strojů je okolo 52 s. Čas obsluhy ještě není konečný, protože tento projekt není odladěn, ale dá se předpokládat, že se tento čas ještě o nějakou sekundu zrychlí.

Při porovnání robotické obsluhy a operátora č. 2, který má být nahrazen robotem, je rozdíl přibližně 23 s (čas operátora č. 2 je 75,46 sekund). Musíme, však dbát na to, že v času operátora je i obsluha pračky na operaci 1110. Obsluha této operace je přibližně 4 vteřiny. I tak je ale významný rozdíl mezi operátorem a průmyslovým robotem. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v grafu 5.1. Tato časová úspora, by se měla výrazně objevit i v počtu vyráběných kusů. Dá se předpokládat, že při realizaci toho projektu by mohlo být dosaženo plánované výrobní kapacity.



Graf 5.1 Časové porovnání operátora a robota.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYBRANÉHO DODAVATELE

Společnost Valeo Compressor, s.r.o. z důvodu smluv, které uzavřela se svými dodavateli, není oprávněna poskytovat ceny jednotlivých komponent a robotů. V ekonomických propočtech proto nejsou použity přesné ceny projektu, ale zaokrouhleny na přibližnou hranici. Pro naše ekonomické zhodnocení je to však plně dostačující.

6.1 Investiční náklady

Investiční náklady zahrnují veškeré náklady na realizaci robotizovaného pracoviště. Jedná se o ceny jednotlivých součástí, jejich instalaci a montáž, dle stanoveného dispozičního řešení. V tab. 6.1 jsou znázorněny položky a některé jejich ceny.

Tab. 6.1 Investiční náklady (IN).

Položka	Cena [Kč]
Robot IRB 4600	xxx
Chapadlo pro manipulaci s díly	xxx
Vstupní a výstupní dopravník se zásobníkem	220 000
Překládací stolek	40 000
Bezpečnostní prvky a oplocení	xxx
Instalace pracoviště	xxx
Zprovoznění pracoviště	xxx
Doprava	xxx
Dokumentace	xxx
Cena celkem	2 400 000

Celková cena, dle tab. 6.1 je 2 400 00 Kč (IN_1). V této částce jsou zahrnuty všechny položky, včetně robota. Společnost ABB v této nabídce nezveřejnila cenu robota, ale pouze cenu celého projektu.

Firma ABB byla ochotna tuto cenu projektu snížit o vstupní, výstupní dopravník a překládací stolek. Tyto komponenty mohla společnost Valeo koupit zvlášť, od jiného dodavatele. Cena od tohoto dodavatele by byla přibližně o 30 % nižší. Poté by cena projektu byla následující (IN_2).

$$IN_2 = IN_1 - 0,7 \times (220\,000 + 40\,000) = 2\,400\,000 - 182\,000 = 2\,218\,000 \text{ Kč}$$

6.12 Náklady na přemístění strojů

Investiční cena projektu, kterou nabídl vybraný dodavatel, neobsahuje cenu přemístění strojů a zařízení, dle finálního dispozičního řešení. Tyto náklady na odpojení, přemístění a opětovného připojení strojů jsou znázorněny v tab. 6.12.

Tab. 6.12 Náklady na přemístění strojů (NP).

Položka	Cena [Kč]
Odpojení elektroinstalace a stlačeného vzduchu	2 600
Demontáž van na řeznou kapalinu a příprava na přesun	2 600
Přesun strojů a pračky dle zadání	12 000
Úprava žlabových tras (práce a materiál)	11 240
Úprava a připojení elektřiny, stlač. vzduchu a vody (práce a materiál)	12 240
Připojení van a úprava propojení stroj-vana	4 000
Cena celkem	44 680

Firma, která by prováděla tyto úpravy a přemístění strojů, které jsou zobrazeny v tab. 6.12, je výhradní firmou pro společnost Valeo, pro kterou již řadu let poskytuje tyto služby.

6.13 Celkové investiční náklady

Celkové investiční náklady (CIN) pro realizaci toho projektu budou součtem investičních nákladů dodavatele robotizovaného pracoviště a nákladů na přemístění strojů.

Tyto celkové investiční náklady budou opět děleny na dvě skupiny. První skupina bude obsahovat IN_1 , což jsou investiční náklady s dopravníky a překládacím stolem. Druhá skupina bude obsahovat IN_2 , což je investiční náklad s dopravníkem a stolem od jiného dodavatele.

$$CIN_1 = IN_1 + NP = 2\,400\,000 + 44\,680 = 2\,444\,680 \text{ Kč}$$

$$CIN_2 = IN_2 + NP = 2\,218\,000 + 44\,680 = 2\,262\,680 \text{ Kč}$$

6.2 Provozní náklady na pracoviště

Provozní náklady na pracoviště zahrnují veškeré náklady pro správnou funkci a chod pracoviště. Náklady obsahují náklady na zaměstnance, náklady na energie, opravy strojů a zařízení a odpisy investic. Tento výpočet je pro aktuální stav linky. Tzn., že zde počítáme dva operátory.

6.21 Náklady na zaměstnance

Aktuální stav brousící linky je zprostředkován za pomoci dvou operátorů. Cílem je úspora jednoho operátora a jeho nahrazení robotizovaným pracovištěm. Zbývající jeden operátor je nezbytný pro správný chod linky. Výroba na této lince pracuje ve třisměnném 7,5 hod provozu od pondělí do pátku. O víkendu (převážně v sobotu) pracují dvě směny po 7,5 hodinách. Při výpočtu je použita průměrná hrubá mzda operátora, což je 16 860 Kč. Tuto hodnotu je třeba ještě navýšit o 34%, v kterých je zahrnuto sociální a zdravotní pojištění, které hradí zaměstnavatel. Měsíční náklady na jednoho zaměstnance (MNZ_1) a náklady na dva zaměstnance (MNZ_2), jsou uvedeny níže.

$$MNZ_1 = 16\,860 \times 1,34 = 25\,500 \text{ Kč}$$

$$MNZ_2 = 2 \times 16\,860 \times 1,34 = 51\,000 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady na jednoho, resp. dva zaměstnance (RNZ_1 , RNZ_2) na jednu pracovní 7,5 hodinovou směnu poté jsou:

$$RNZ_1 = MNZ_1 \times 12 = 25\,500 \times 12 = 306\,000 \text{ Kč/rok}$$

$$RNZ_2 = MNZ_2 \times 12 = 51\,000 \times 12 = 612\,000 \text{ Kč/rok}$$

6.22 Náklady na energie

V tab. 6.2 jsou znázorněny náklady za energii (NE) pro brousící linku Cylinder za rok. Výpočet ceny je závislý na času, kdy se na brousící lince obrábí kusy a cenu za 1KWh.

Tab. 6.2 Roční náklady na energii.

Operace	1065	1070	1080-1,2	1090	1100	1110	1120
Příkon [kW]	1	92.2	95.6	26.6	26.6	14	2.8
Cena [Kč/rok]	8893	819 975	850 213	236 566	236 566	124 508	24 902

U operací 1070, 1080-1,2, 1090, 1100 jsou uvedeny příkony i s příslušenstvím pro daný stroj. Jedná se tedy o vany a čerpadla, které zajišťují proudění a chlazení řezné kapaliny.

$$NE = \sum \text{ceny na jednotlivých operacích} = 2\,301\,623 \text{ Kč/rok}$$

6.23 Náklady na opravy strojů

Náklady na opravy (NOS) jsou náklady, které museli být provedeny pro správný chod stroje či celé výrobní linky. Patří sem zejména poruchy a opravy strojů, které jsou náhodné. Hodnotu ceny na opravy strojů poskytla společnost Valeo, která vychází z historické statistiky minulých měsíců.

$$NOS = 480\,000 \text{ Kč/rok}$$

6.24 Celkové provozní náklady aktuálního stavu

Roční celkové náklady pro aktuální rozmístění linky a obsluhu pomocí dvou operátorů jsou sečtením všech nákladových položek. V této hodnotě nejsou uvedeny ceny nástrojů, řezných kapalin a energie na osvětlení pracoviště.

$$CPN = RNZ_2 + NE + NOS = 612\,000 + 2\,301\,623 + 480\,000 = 3\,393\,623 \text{ Kč/rok}$$

6.3 Náklady na robota

Náklad na robota je složen z jeho spotřeby elektrické energie (E), potřebné opravy a údržby (O) pro bezproblémovou činnost. Ceny energie a údržby robota byly stanoveny společností Valeo.

$$NR_1 = E + O = 45\,000 + 50\,000 = 95\,000 \text{ Kč/rok}$$

6.31 Odpisy investice

Společnost Valeo používá lineární odpisy investice (OI) pro robotizované pracoviště. Tento robot se odpisuje po dobu 12 let. Odpisy budou vypočítány pro CIN_1 a CIN_2 .

$$OI_1 = \frac{CIN_1}{\text{Doba odpisování [rok]}} = \frac{2\,444\,680}{12} = 203\,723 \text{ Kč/rok}$$

$$OI_2 = \frac{CIN_1}{Doba\ odpisování\ [rok]} = \frac{2\ 262\ 680}{12} = 188\ 557\ Kč/rok$$

6.32 Celkové provozní náklady s robotizovaným pracovištěm

Jsou to náklady, které zahrnují náklady na provoz linky stejně jako u *CPN*, ale místo dvou operátorů zde bude jen jeden a naopak přibude robotizované pracoviště. K nákladům na pracoviště ještě přibudou odpisy dané investice. Opět budou spočítány pro OI_1 a OI_2 .

$$\begin{aligned} RP_1 &= RNZ_1 + NE + NOS + NR_1 + OI_1 \\ &= 306\ 000 + 2\ 301\ 623 + 480\ 000 + 95\ 000 + 203\ 723 \\ &= 3\ 386\ 346\ Kč/rok \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RP_2 &= RNZ_1 + NE + NOS + NR_1 + OI_2 \\ &= 306\ 000 + 2\ 301\ 623 + 480\ 000 + 95\ 000 + 188\ 557 \\ &= 3\ 371\ 180\ Kč/rok \end{aligned}$$

Úspora při aplikování robotizovaného pracoviště ($ÚPA$) a s odpisy investice bude následující.

$$ÚPA_1 = CPN - RP_1 = 3\ 393\ 623 - 3\ 386\ 346 = 7\ 277\ Kč/rok$$

$$ÚPA_2 = CPN - RP_2 = 3\ 393\ 623 - 3\ 371\ 180 = 22\ 443\ Kč/rok$$

Z výpočtu je patrné, že úspory při zavedení robotizovaného pracoviště, které má nahradit jednoho operátora nejsou příliš velké.

6.4 Doba návratnosti

Doba návratnosti (*DN*) byla klíčovým prvkem celého projektu. Společnost Valeo má dobu návratnosti rozdělenou do tří částí. První část je případ, že doba návratnosti projektu investice je do jednoho roku. Tento projekt je ihned schválen a přechází se na jeho realizaci. Druhou částí je doba návratnosti do dvou let. Toto je pro společnost Valeo optimální. Realizace, popřípadě schválení projektu od vedení společnosti zde není problém. Třetí částí je doba návratnosti okolo tří let a déle. V tomto případě vedení společnosti podrobněji zkoumá celý rozsah projektu a jeho individuálních částí. Je zde už větší pravděpodobnost, že vedení společnosti zatrhne realizaci projektu.

Dobu návratnosti budeme počítat s ohledem na jednotlivé počty směn. Nejdůležitější bude však hodnota pro aktuální směnnost výroby nynějšího stavu.

Do doby návratnosti budeme brát hodnoty CIN_2 , RNZ_1 , NR_1 a OI_2 . Z důvodu co nejnižší celkové investice a úspory jednoho operátora.

Pro výpočet doby návratnosti použijeme statické hodnocení. Tržby jsou stejné pro variantu, kdy stroje obsluhuje operátor a variantu, kdy stroje obsluhuje robotizované pracoviště. Proto zde tržby nemají vliv na realizaci projektu. Společnost Valeo hledá způsob snižování nákladů na daném pracovišti.

Jednosměnný provoz ($s=1$) od pondělí do pátku a 8 hodinovou směnou:

$$DN_1 = \frac{CIN_2}{(RNZ_1 \times s - NR_1 - OI_2)} = \frac{2\,262\,680}{(306\,000 \times 1 - 95\,000 - 188\,557)} = 100,8 \text{ roků}$$

Dvousměnný provoz ($s=2$) od pondělí do pátku a 8 hodinovou směnou:

$$DN_2 = \frac{CIN_2}{(RNZ_1 \times s - NR_1 - OI_2)} = \frac{2\,262\,680}{(306\,000 \times 2 - 95\,000 - 188\,557)} = 6,9 \text{ roků}$$

Třisměnný provoz ($s=3$) od pondělí do pátku a 8 hodinovou směnou:

$$DN_3 = \frac{CIN_2}{(RNZ_1 \times s - NR_1 - OI_2)} = \frac{2\,262\,680}{(306\,000 \times 3 - 95\,000 - 188\,557)} = 3,6 \text{ roků}$$

Třisměnný provoz ($s=3$) od pondělí do pátku a jednou směnou o víkendu ($s_1=1$) po 8 hodinách:

$$\begin{aligned} DN_{31} &= \frac{CIN_2}{\left(RNZ_1 \times s + \left(\frac{MNZ_1}{d} \times t\right) \times s_1 - NR_1 - OI_2\right)} \\ &= \frac{2\,262\,680}{\left(306\,000 \times 3 + \left(\frac{25\,500}{21} \times 52\right) \times 1 - 95\,000 - 188\,557\right)} = 3,2 \text{ roků} \end{aligned}$$

kde: d-počet pracovních dnů v měsíci

t-počet týdnů v roce

Třisměnný provoz ($s=3$) od pondělí do pátku a dvěma směny o víkendu ($s_2=2$) po 8 hodinách (aktuální stav):

$$DN_{32} = \frac{CIN_2}{\left(RNZ_1 \times s + \left(\frac{MNZ_1}{d} \times t\right) \times s_2 - NR_1 - OI_2\right)} = \frac{2\,262\,680}{\left(306\,000 \times 3 + \left(\frac{25\,500}{21} \times 52\right) \times 2 - 95\,000 - 188\,557\right)} = 3 \text{ roky}$$

kde: d-počet pracovních dnů v měsíci

t-počet týdnů v roce

Nepřetržitý provoz společnost Valeo řeší za pomoci 4 směn ($s=4$) po 12 hodinách.

$$DN_5 = \frac{CIN_2}{(RNZ_1 \times s - NR_1 - OI_2)} = \frac{2\,262\,680}{(306\,000 \times 4 - 95\,000 - 188\,557)} = 2,4 \text{ roků}$$

Z uvedených ekonomických hodnocení jednotlivých variant doby návratnosti je patrné, že nejkratší doba návratnosti bude při nepřetržitém provozu na čtyři směny. Pro aktuální stav je doba návratnosti 3 roky. Doba návratnosti investice není pro společnost Valeo úplně ideální a bude záležet na vedení společnosti, zda se projekt zrealizuje či nikoli.

ZÁVĚR

Neustálé snižování nákladů a výrobních časů ve strojírenských podnicích je nedílnou součástí jejího fungování. Jsou kladeny stále větší a přísnější požadavky ze strany zákazníka a firma musí vynaložit nemalé úsilí, aby vyhověla požadavkům zákazníka a udržela si své místo na trhu.

Společnost Valeo Compressor Europe, s.r.o. v Humpolci není výjimkou a musí také čelit tlakům ze strany zákazníka a snižování nákladů v jednotlivých výrobních úsecích firmy. Téma diplomové práce bylo navrhnout automatizaci brousící linky. Přesněji šlo o náhradu jednoho ze dvou operátorů za robotizované pracoviště a ušetření nákladů spojených s tímto operátorem. Na této lince se však vyskytovaly i problémy kapacitní spolu s nízkou efektivitou operátorů. Případná realizace robotizovaného pracoviště by mohla vyřešit nízkou efektivitu operátorů a zároveň snížení nákladů.

Po detailním rozboru stávajícího stavu brousící linky, který se skládal z výrobního sledu operací, dispozičního rozmístění strojů a dalších důležitých faktorů, byly navrženy jednotlivé návrhy automatizace. Protože na automatizaci linky byl omezený finanční rozpočet, byly provedeny patřičné kroky, které měly ceny těchto projektů snížit. Jednalo se o kontinuální revize návrhů automatizace, které přispívaly k vytvoření řešení, které bude pro společnost Valeo akceptovatelné.

Ze třech hlavních dodavatelů, kteří by byli vhodní pro realizaci tohoto projektu, byl vybrán jeden vítězný na základě pečlivého porovnání. Pro tohoto dodavatele bylo provedeno ekonomické zhodnocení dané investice a doba návratnosti celého projektu.

Vypočítaná doba návratnosti pro aktuální směnnost linky nebyla pro společnost Valeo příliš výhodná. Návratnost celého projektu se pohybovala na hranici tří let. Ideální doba návratnosti je dle firmy do dvou let.

Veškeré podklady, výsledky, informace a v neposlední řadě také tato diplomová práce, byla zkontrolována a plně akceptována firmou Valeo. Je teď pouze na jejím rozhodnutí, zda tento projekt zrealizuje či nikoli.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Valeo Compressor Europe. *Presentation for customer*. Interní prezentace pro zákazníky. Humpolec 2011
2. Valeo Compressor Europe: Valeo Compressor Europe, s.r.o. [online]. 2012-2013. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://www.valeohumpolec.cz/o-firme-valeo-compressor-europe-s-r-o/>
3. ŠIMEK, Martin a BUREŠ, Václav. Střední škola automobilní. *Klimatizace v automobilech*. Holice. Dostupné z: <http://soc.nidm.cz/archiv/getWork/hash/40E12VB230989A>
4. LUBOJACKÝ, Oldřich a kolektiv. *Základy robotiky: Fakulta strojní, katedra částí a mechanismů strojů*. Druhé. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1990. ISBN 80-7083-034-4.
5. HAVEL, Ivan M. *Robotika: Úvod do teorie kognitivních robotů*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1980.
6. Ditt.cz. DAVID, Ježek. *Ditt: Deep in it* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/roboti-slavi-90-let>
7. EHRENBERGER, Zdeněk a Zdeněk KOLÍBAL. *Průmyslové roboty III: Robotické systémy vyšších generací*. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického, 1993. ISBN 80-214-05360-0.
8. The automata blog. *The automata blog* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://blog.dugnorth.com/2008/02/vaucansons-defecating-duck-automaton.html>
9. *History of computers: Dreamers* [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://history-computer.com/Dreamers/Jaquet-Droz.html>
10. ŠIMEK, Josef a Jiří ŠPINKA. *Technologické projektování*. Brno: Nakladatelství VUT, 1992, 103 s.
11. SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1990, 191 s.
12. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
13. *Zákoník práce online: Kompletní znění*. [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.zakonik-prace-online.cz/kompletni-zneni/>
14. SKŘEHOT, Petr. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 181 s. [cit. 2013-03-19]. ISBN 978-80-86973-91-3. Dostupné z: <http://www.mpsv.cz/files/clanky/9133/ERGONOMIE.pdf>
15. VALEO COMPRESSOR EUROPE, S.r.o. *Ergonomic study KC59 Cylinder line*. Humpolec. 2011.
16. Svět byznysu: Analyzujeme, plánujeme, řídíme, rosteme. HÁZE, Petr. *Vytvoření SWOT analýzy* [online]. 2011 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.svetbyznysu.cz/2011/11/vytvoreni-swot-analyzy/>

17. FRANČE, Pavel. VALEO AUTOKLIMATIZACE K. S. *Roboty pro Valeo Rakovník*. Interní prezentace. 2010.
18. Direct industry: The Virtual Industrial Exhibition. ABB Robotics [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/abb-robotics/handling-robots-30265-566107.html>
19. ABB: Power and productivity for a better world. *IRB 2600* [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.abb.com/product/seitp327/f279d6ce88c9fc34c12577df003e9db2.aspx>
20. Robot Worx: Experts in automation. *FANUC M-20iA/10L Robot* [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.robots.com/fanuc/m-20ia-10l>
21. KUKA: Robotics. *KR 16-2* [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/low/kr16_2/
22. ABB: Power and productivity for a better world. *IRB 4600* [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.abb.com/product/seitp327/c985a537e871d1f3c125750d0030ad9c.aspx?productLanguage=cz&country=CZ>
23. KUKA: Robotics. *KR 30 L16* [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/medium/kr30_l16_2/start.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CIN	[Kč]	Celkové investiční náklady
CNC	[-]	Computer numeric control
CPN	[Kč]	Celkové provozní náklady
ČSN	[-]	Česká státní norma
DN	[Rok]	Doba návratnosti
IN	[Kč]	Investiční náklady
MNZ	[Kč/měsíc]	Měsíční náklady na zaměstnance
NE	[Kč]	Náklady na energie
NOS	[Kč]	Náklady na opravu strojů
NP	[Kč]	Náklady na přemístění strojů
NR	[Kč]	Náklady na robota
OI	[Kč]	Odpisy investice
PTP	[-]	Point to point
RNZ	[Kč/rok]	Roční náklady na zaměstnance
RP	[Kč]	Celkové provozní náklady s robotizovaným pracovištěm
SHA	[-]	Systematic Handling Analysis
SLP	[-]	Systematic Layout Planning
TRP	[%]	Temps de Rendement Production
ÚPA	[Kč]	Úspory při aplikování robotizovaného pracoviště

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti Cylinder
Příloha 2	Technická specifikace robota IRB 2600 [19]
Příloha 3	Technická specifikace robota M-20iA/10L [20]
Příloha 4	Technická specifikace robota KR 16-2 [21]
Příloha 5	Technická specifikace robota IRB 4600 [22]
Příloha 6	Technická specifikace robota KR30-L16 [23]