



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# KONCEPT MONTÁŽNÍ LINKY PRO MONTÁŽ CENTRÁLNÍ ČÁSTI SYSTÉMU TERMOREGULACE MOTORU

ASSEMBLY OF CENTRAL PART OF THE MOTOR HEAT REGULATION SYSTEM AS A CONCEPT  
OF AN ASSEMBLY LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. VENDULA JUŘICOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ROMAN KUBÍK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vendula Juřicová

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:

### **Koncept montážní linky pro montáž centrální části systému termoregulace motoru**

v anglickém jazyce:

### **Assembly of central part of the motor heat regulation system as a concept of an assembly line**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je navrhnout detailní dispoziční řešení montážní linky pro montáž centrální části systému termoregulace. Návrh bude obsahovat přesný popis činností jednotlivých stanic a pracovníků, určení potřebných montážních časů. Součástí řešení bude stanovení systému logistické podpory linky. Dále bude zpracována ekonomická rozvaha navrženého řešení.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného řešení montážní linky
2. Návrh možných variant montáže, jejich porovnání a stanovení optimální varianty
3. Určení montážních časů a cyklu linky, zajištění vyvážení jednotlivých pracovišť linky
4. Detailní rozpracování logistické podpory linky (způsob a četnost zásobování a odvozu hotových výrobků, princip a kapacita zásobníků na lince)
5. Návrh detailního dispozičního řešení linky
6. Ekonomické zhodnocení navrženého řešení dle dodaných klíčových parametrů (cena práce, výše investičních nákladů)

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. KOŠTURIAK, J., GREGOR, M., MIČIETA B., MATUSZEK, J. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 397 s. ISBN 9788071005537.
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 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na návrh konceptu montážní linky pro montáž centrální části systému termoregulace motoru. Nejprve je popsán současný stav, následuje rozbor montážních variant, určení montážních časů a cyklů linky a rozpracování logistické podpory. Výsledné dispoziční řešení by mělo být ergonomicky přijatelné, cenově nenáročné a efektivní.

### Klíčová slova

montážní linka, varianty montáže, logistická podpora linky, Basic MOST, dispoziční řešení

## ABSTRACT

This diploma thesis is focused on design of assemble unit technology for mounting the central part of motor heat regulation system. In the beginning the current status is described, followed by the analysis of mounting options, specifying assembly times and determining cycles of the assembly line and developing logistic support. The resulting layout should be ergonomically acceptable, cost-effective and efficient.

### Key words

assembly line, mounting options, logistic support of the line, Basic MOST, layout

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JUŘICOVÁ, Vendula. *Koncept montážní linky pro montáž centrální části systému termoregulace motoru*. Brno 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 141 s. 6 příloh. Ing. Roman Kubík, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Koncept montážní linky pro montáž centrální části systému termoregulace motoru**. vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Bc. Vendula Juřicová

## PODĚKOVÁNÍ

Za vstřícnost a cenné rady nejen v oblasti dispozičního řešení jednotlivých pracovišť bych ráda poděkovala svému vedoucímu, panu Ing. Roman Kubík, Ph.D. Za vedení v oblasti montážních variant pak děkuji i společnosti FERLIG s. r. o. zabývající se výrobou jednoúčelových strojů. Do třetice nezbývá než vyjádřit vděk za ochotu a vždy příjemné jednání společnosti, pro kterou je tato diplomová práce zpracovávána.

## OBSAH

OBSAH.....	6
ÚVOD.....	9
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
1.1 Základy montáže.....	10
1.1.1 Historie montáže - FORD.....	10
1.1.2 Základní pojmy.....	11
1.1.3 Organizační formy montáže.....	12
1.1.4 Způsoby uspořádání jednotlivých stanic v prostoru.....	13
1.1.5 Základní rozmístění strojů na pracovišti.....	14
1.1.6 Zásady rozmístování strojů v prostoru.....	15
1.1.7 Typy výroby dle počtu kusů.....	15
1.1.8 Ruční montážní systémy.....	17
1.1.9 Strojní montážní systémy.....	18
1.1.10 Spojování součástí.....	19
1.2 Senzorika.....	22
1.2.1 Mechanické přepínače.....	22
1.2.2 Indukční senzory.....	23
1.2.3 Magnetické senzory.....	23
1.2.4 Kapacitní senzory.....	23
1.2.5 Optické senzory.....	24
1.2.6 Ultrazvukové senzory.....	25
1.2.7 Měření síly.....	25
1.2.8 Odporové měření vzdálenosti.....	25
1.3 Ochrana zdraví při práci.....	25
1.3.1 Fyzická zátěž.....	25
1.3.2 Pracovní poloha.....	26
1.3.3 Manipulace s břemenem.....	27
1.3.4 Psychická zátěž.....	27
1.3.5 Zrková zátěž a zobrazovací jednotky.....	27
1.3.6 Pracoviště.....	28
1.4 Měření spotřeby času.....	28
1.4.1 Basic MOST.....	29
1.4.1.1 Obecný pohyb.....	30
1.4.1.2 Kontrolovaný pohyb.....	30
1.4.1.3 Použití nářadí.....	31
1.4.1.4 Ruční jeřáb.....	31
1.4.2 Chronometráž.....	32
1.5 Balancování operací.....	32
1.6 Zásobovací systém.....	33
<b>2 ZADANÁ MONTÁŽNÍ SESTAVA.....</b>	<b>37</b>
<b>3 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ MONTÁŽNÍ LINKY.....</b>	<b>42</b>
3.2 Převoz dílů mezi pracovišti.....	48
3.3 Lisovací pracoviště.....	49
3.4 Pracoviště na montáž těsnění.....	53
3.5 Šroubovací pracoviště.....	55
3.6 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.....	61
3.7 Pracoviště elektrokontroly.....	64
3.8 Pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety.....	66

3.9 Pracoviště na kontrolu těsnosti.....	67
3.10 Zásobování.....	69
<b>4 VARIANTY MONTÁŽE.....</b>	<b>72</b>
4.1 Lisovací pracoviště.....	72
4.1.1 Ruční pracoviště.....	72
4.1.2 Poloautomatické pracoviště.....	73
4.1.2.1 Posuvné přípravky a nepohyblivý lis.....	73
4.1.2.2 Nepohyblivé přípravky, posuvný lis.....	75
4.1.2.3 Nepohyblivé přípravky, nepohyblivý lis.....	75
4.1.2.4 Zhodnocení.....	76
4.1.3 Automatické pracoviště.....	76
4.1.3.1 Tři lisovací zařízení a posuvný stůl s přípravkem na 3 díly.....	76
4.1.3.2 Lis, automatický dávkovač dílů a posuvný stůl.....	76
4.1.3.3 Zhodnocení.....	77
4.1.4 Robotizované pracoviště.....	77
4.2 Pracoviště na montáž těsnění.....	77
4.2.1 Ruční pracoviště.....	77
4.2.2 Poloautomatické pracoviště.....	78
4.2.3 Automatické a robotické pracoviště.....	78
4.3 Šroubovací pracoviště.....	78
4.3.1 Ruční pracoviště.....	79
4.3.1.1 Tři přípravky a dva šroubováky (na stojanu s balancérem).....	79
4.3.1.2 Šroubovák (na stojanu s balancérem) na pásu.....	79
4.3.1.3 Menší otočný stůl a jedno samostatné pracoviště.....	80
4.3.1.4 Zhodnocení.....	80
4.3.2 Poloautomatické pracoviště.....	80
4.3.2.2 Ruční automatická výměna bitů, ruční nasazování šroubů, vestavný šroubovák, tříosý manipulátor.....	80
4.3.2.2 Dva šroubováky (případně s vibračními zásobníky), dva manipulátory a šroubovák pro zbývající operace.....	81
4.3.2.3 Zhodnocení.....	81
4.3.3 Automatické pracoviště.....	81
4.3.4 Robotické pracoviště.....	81
4.4 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.....	82
4.5 Pracoviště elektrokontroly.....	82
4.6 Pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety.....	83
4.6 Kontrola těsnosti.....	84
<b>5 ZVOLENÝ ZPŮSOB MONTÁŽE.....</b>	<b>85</b>
5.1 Lisování.....	85
5.1.1 Lisování pouzder (D05, D06) a závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03).....	85
5.1.2 Lisování pouzder (D12) do horního krytu (D01).....	87
5.2 Montáž těsnění.....	88
5.1.2 Montáž těsnění těla vodního ventilu (D07) a krytu vodního ventilu (D09).....	88
5.3.1 Montáž těsnění horního (D15) a spodního (D13) krytu.....	90
5.3 Šroubovací pracoviště.....	90
5.3.1 Šroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) na sestavu těla vodního ventilu (S21.04).....	90
5.3.2 Šroubování sestavy spodního (S23.07) a horního (S24.09) krytu na tělo kanálové jednotky (D00).....	92
5.4 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.....	94

---

5.5 Pracoviště elektrokontroly.....	96
5.6 Kontrola těsnosti.....	98
5.6.1 Pracoviště pro kontrolu těsnosti.....	98
5.6.2 Odkládání vadných finálních sestav (FS).....	99
<b>6 URČENÍ MONTÁŽNÍCH ČASŮ A CYKLŮ LINKY.....</b>	<b>101</b>
6.1 Stanovení taktu linky.....	101
6.2 Zhodnocení výsledků Basic MOSTu.....	102
<b>7 ZÁSOBOVACÍ SYSTÉM.....</b>	<b>106</b>
4.1 Vybrané komponenty.....	106
7.1.1 Plastové boxy.....	106
7.1.2 Plastové přepravky.....	108
7.1.3 Příslušenství.....	109
7.2 Volba boxů k uložení na montážní lince.....	110
7.2.1 Vzorový výpočet.....	112
7.2.2 Uložení dílů D00 a D03.....	115
7.2.3 Uložení dílů D01 a D12.....	115
7.2.4 Uložení dílů D20.....	116
7.3 Volba boxů a přepravek k uložení vedle montážní linky.....	116
7.3.1 Palety.....	118
7.3.2 Regál.....	118
7.3.3 přepravka pro díl D00.....	119
7.3.4 Přepravka pro díl D03.....	120
7.3.5 Finální sestava.....	120
7.4 Skladové zásoby boxů a přepravek.....	120
7.5 Zhodnocení.....	120
<b>8 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ PRACOVIŠTĚ.....</b>	<b>121</b>
8.1 Základní požadavky.....	121
8.2 Navržené řešení.....	122
8.3 Zhodnocení.....	128
<b>9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>129</b>
9.1 Soupis základních komponentů.....	129
9.2 Zhodnocení.....	132
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>135</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>136</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>138</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>141</b>

## ÚVOD

Tato práce si dává za cíl vytvořit co nejdokonalejší pracoviště. Plýtvání a další nedostatky by měly být vyloučeny a podmínky na pracovišti obecně zlepšeny. Popisované zlepšení lze připodobnit k optimalizaci.

Mezi hlavní zaměření optimalizace patří snížení spotřeby času, implementace správné ergonomie, snížení plýtvání, zvýšení samostatnosti a vícestrojové obsluhy, zvýšení kvality a zavedení standardizace [1].

Celkový průběh optimalizace výrobní linky lze rozdělit do pěti základních kroků:

PŘÍPRAVA → ANALÝZA → KONCEPCE → DETAILNÍ NÁVRH → NÁBĚH VÝROBY

V prvním, nejobecnějším kroku, je třeba vymezit cíle projektu, stanovit si časový plán, charakterizovat jednak použitelné zdroje, ale také rizika a omezení, která mohou nastat. Druhým krokem je analýza současného stavu z hlediska struktury výroby, postupů, použitých strojů, prováděných činností a atd. Třetí krok se zabývá hrubým návrhem nového pracoviště, jsou zde popsány a zhodnoceny různé varianty řešení, jako i prvotní taktování linky. Krokem čtvrtým je detailní návrh pracoviště, který zahrnuje mimo jiné i požadavky na ergonomii a standardy. Řeší se zde vhodné vybalancování linky, výkon linky a normy spotřeby času. Posledním krokem je uvedení montážní linky do zkušebního provozu, kde je prostor na zaučení pracovníků, schůze celého výrobního týmu, analýza nové koncepce, případně návrhy na zlepšení, aby bylo možno zahájit „plný provoz“ o požadovaném výkonu [2].

V rámci této práce budou provedeny tři ústřední kroky: analýza, koncepce a detailní návrh.

Společnost, zadávající tuto diplomovou práci, ani společnost, pro kterou má být navrhovaná sestava vyráběna, nejsou v práci cíleně uvedeny.

## 1 TEORETICKÁ ČÁST

### 1.1 Základy montáže

I stroje z nejlevnějších dílů se mohou špatnou montáží prodražit, i ten nejlepší konstrukční návrh může být díky špatné montáži nefunkční. Spolehlivost výrobku, jakost jeho struktury, celkový výrobní čas, účinnost a efektivita práce, to vše lze v montážní části silně ovlivnit.

*„Montáž je zlatou korunou výroby, ale zároveň i jejím prubířským kamenem [3].“*

Samotné slovo montáž má svůj původ ve francouzštině. Kmen slova „mont“ lze přeložit jako hora, kupa nebo hromada. Přeneseně je možno montáž popsat jako „dávat do kupy“ [3].

Montážní proces (neboli systém) lze charakterizovat jako poslední stupeň výrobního procesu. Vyrobene součásti se zde postupně spojují do jednotlivých uzlů (montážních celků), podskupin, skupin, případně i větších mechanismů za cílem sestavit požadovaný výrobek [4].

#### 1.1.1 Historie montáže - FORD

Doba se neustále zrychluje. Vznikají nové objevy, nové principy, nové stroje a výrobky. Společnost se stává desetiletí od desetiletí konzumnější, tím se stupňují i tlaky na efektivitu podniků ve všech oblastech.

K nejvýraznějšímu zefektivnění montáže došlo v automobilovém průmyslu na počátku 20. století.

Původně byly automobily sestavovány jednotlivě, originál za originálem, přičemž každé sestavení trvalo skupině dělníků i několik dnů. Roku 1908 představila detroitská továrna Henryho Forda „Model T“, automobil vžitý i pod pojmem „plechová Lízinka“, který vynikal svou jednoduchostí a tím i příznivější cenou. Poptávka po Modelu T stále rostla a bylo zapotřebí vyřešit otázku zefektivnění výroby. Traduje se, že na „spásnou“ myšlenku přišel Henry Ford (nebo jeho spolupracovník) na jatkách, kde byla těla zvířat zavěšena na kolejnicích pod stropem a putovala mezi jednotlivými pracovníky [5].

Aplikace výše zmíněné myšlenky zkrátila výrobní čas, avšak nijak revolučně. Ford spolu se svým spolupracovníkem umístili podvozek automobilu na tažný vozík a zatímco jeden z dělníků táhl tento vůz, další na něj montovali jednotlivé díly [5].

Revoluce přišla roku 1913, kdy jednoho z Fordových inženýrů napadlo rozdělit montáž složitějšího výrobku mezi více pracovníků, přičemž se každý z nich soustředil pouze na jeden krok. Výsledná produktivita se zvýšila 4x [5].

Dne 7. října 1913 byla oficiálně spuštěna první montážní linka v detroitské automobilce Henryho Forda. Rám auta byl upevněn na laně a tažen rumpálem po zhruba 45-ti metrové dráze, kde na něj 140 řemeslníků postupně montovalo jednotlivé součásti [5].

---

Rok 1912 → 82 388 kusů → 600 dolarů/kus

Rok 1916 → 585 388 kusů → 360 dolarů/ kus

Tři základní efekty charakterizovány Fordem (3S) [3]:

- Simplifikation (snížení obtížnosti, zjednodušení)
- Specialization (specializace)
- Standardization (standardizace)

Pásová výroba se postupem času rozšířila do mnoha průmyslových odvětví. Tento způsob byl často opěvován za svou efektivitu, ale též haněn za degeneraci lidí kvůli bezduchosti práce, kterou vykonávali.

### 1.1.2 Základní pojmy

Samotná montáž a potřeba smontovávat věci dohromady je starší než množství teorií, které v průběhu let vznikaly a přibližovaly lidem průběh tohoto procesu. Proto existují někdy rozporuplné výklady základních pojmů.

Nepřesně vysvětlovaným pojmem je například „součást“. Některé literární prameny uvádí, že se jedná o výrobek ze stejnorodého materiálu zhotovený bez využití montážních operací [4],[6]. Lze však dohledat také informaci, že samotná součást může sestávat z dílčích součástí [7].

Také hojně používané slovní spojení „montážní jednotka“ může být chápáno dvěma odlišnými způsoby. Jednak lze tento pojem použít pro výrobek vzniklý rozebratelným či nerozebratelným spojením jednotlivých částí [6], ale také lze jako montážní jednotku souhrnně označit samostatné orientační jednotky, jednotky přívodní, operační, kontrolní a též řídicí [4]. Z kontextu se jedná o pojem lehce rozlišitelný a pochopitelný, avšak jsou případy, kdy může být zavádějící.

Pro tuto práci byly zvoleny následující pojmy:

Díl: prvek vstupující do montážního procesu daného montážního pracoviště jako jednice. Propojením více dílů vzniká sestava.

Montážní sestava: část výrobku, v níž jsou jednotlivé části rozebratelně, či nerozebratelně spojeny.

Operátor: novodobý pojem ke slovu dělník, případně obsluha. Zde označuje pracovníka daného montážního pracoviště.

Box: v této práci je pojem box chápán jako plastová nádoba nižší rozměrové řady vhodná k uložení většího počtu stejných dílů. Boxy nejsou prvotně určeny na přenášení a rozsáhlou manipulaci, naopak jsou uzpůsobeny k přímému odběru dílů úkosem v přední části.

Přepravka: v zásadě se jedná o rozměrově větší nádobu vhodnou k uskladnění a přepravě rozměrnějších dílů.

**Pracoviště:** tento pojem se používá převážně u ruční montáže, u montáže automatické se dává přednost pojmu „stanice“. Aby nedocházelo k nepřehlednosti a přílišné různorodosti pojmů, bude v rámci této práce používán pouze pojem „pracoviště“

Další pojmy již vychází z definic pana Doc. Ing. Dušáka, CSc., které byly publikovány v knize: „Technologie montáže: terminologie“ [6]:

**Operace:** část výrobního postupu, která je souvisle realizována na jednom pracovišti.

**Úsek:** podčást složitější operace uskutečňovaná za neměnných podmínek. V jistých případech ji lze považovat za samostatnou operaci.

**Úkon:** skupina pohybů v rámci operace, jež směřuje k použití výrobního prostředku či k manipulaci s objektem. Úkony jsou při montáži mnohdy těžce rozpoznatelné, proto nemůže být úkon základem pro určení úseku operace.

**Pohyb:** Elementární jednotka úkonu, která sama práci nevykonává.

Obecné členění: pohyb → úkon → úsek → operace

Členění v rámci montážních operací: pohyb → úkon → operace

### 1.1.3 Organizační formy montáže

Jednotlivé organizační formy montáže jsou popsány a přehledně znázorněny v tab. 1.

Tab. 1: Organizační formy montáže.

Stacionární (fázová, nepohyblivá) [3]	<b>soustředěná:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• montáž na jednom pracovišti</li> <li>• postupy práce pouze „orientační“</li> <li>• jeden operátor nebo četa [8]</li> <li>• nutnost kvalifikace pracovníků</li> <li>• kusová výroba</li> </ul>	
	<b>rozčleněná:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• několik montážních pozic</li> <li>• každý pracovník postupně přechází od pozice k pozici, kde vždy provede určitou operaci [8]</li> <li>• přesné postupy práce</li> <li>• volný či pevný takt</li> <li>• kusová a malosériová výroba</li> </ul>	
Nestacionární (pohyblivá) [3]	<b>předmětná (řadová [4]):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• montážní jednotka se přesouvá mezi jednotlivými pracovišti</li> <li>• přesné postupy práce</li> <li>• takt dán rychlostí montážních</li> </ul>	

	pracovníků	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• malo- a velkosériová výroba</li> </ul>	
	<u>linková:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• montážní jednotka se pohybuje mezi jednotlivými pracovišti</li> <li>• montáž je rozdělena na drobnější celky</li> <li>• takt (asynchronní) dán strojem</li> <li>• velkosériová a hromadná výroba</li> </ul>	
<u>proudová:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• montážní jednotka se pohybuje mezi jednotlivými pracovišti</li> <li>• montáž je rozdělena na ještě drobnější celky</li> <li>• takt (synchronní) dán strojem</li> <li>• pohyb volný, plynulý či přerušovaný [4]</li> <li>• hromadná výroba</li> </ul>		

#### 1.1.4 Způsoby uspořádání jednotlivých stanic v prostoru

Ve velkovýrobě se nejčastěji uplatňuje montáž proudová nestacionární s podílem ručních a poloautomatických pracovišť [3]. Více způsobů uspořádání jednotlivých stanic je zpracováno v tab.2.

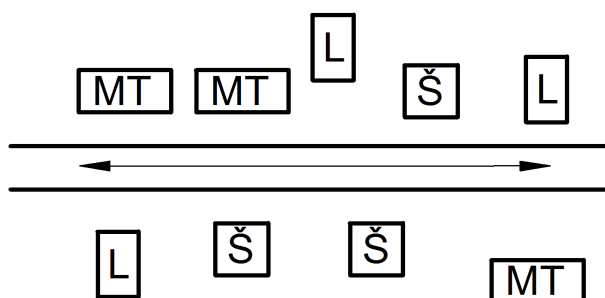
Tab. 2: Způsoby uspořádání jednotlivých stanic v prostoru.

Otevřené [3]	<u>přímkové:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nejjednodušší a nejpoužívanější</li> </ul>	
	<u>ve tvaru „U“:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nedokonalý přístup k pracovišti</li> </ul>	
Uzavřené [3]	<u>obdélníkové:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vracení montážní jednotky zpět na začátek</li> </ul>	
	<u>šestiúhelníkové:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• přechod mezi kruhem a kruhovým a pravoúhlým pracovištěm</li> </ul>	
	<u>kruhové:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vhodný přístup k pracovišti</li> <li>• relativně malá rozloha pracoviště</li> <li>• omezené množství pracovišť</li> </ul>	

### 1.1.5 Základní rozmístění strojů na pracovišti

#### Volné:

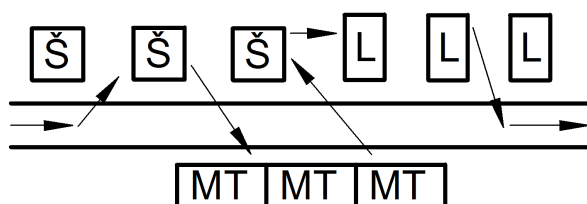
Náhodné uspořádání strojů, které je z dnešního pohledu zcela nevyhovující [9].



Obr. 1: Volné rozmístění strojů na pracovišti

#### Technologické:

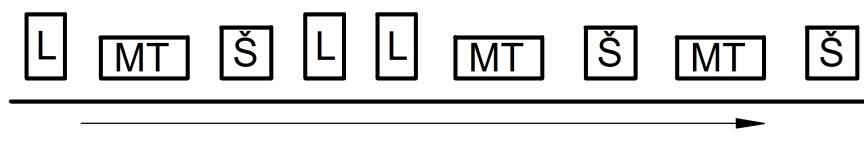
Operace jsou zde sdružovány podle technologické příbuznosti – lisování je prováděno v lisovně, všechno obrábění v obrobně. Výhodou je možnost jednoduše aplikovat vícestrojovou obsluhu, dochází k lepšímu využití strojů, údržba se zjednodušuje. Avšak jsou zde i negativa jako dlouhý materiálový tok (= delší časy, dražší doprava), potřeba meziskladu a například i množství prostředků, které jsou dány do oběhu [9].



Obr. 2: Technologické rozmístění strojů na pracovišti

#### Předmětné:

Operace jsou sdruženy dle technologického postupu výroby (montáže). Tohoto způsobu se využívá při výrobě vyššího počtu stejných kusů (velkosériová a hromadná výroba). S tímto uspořádáním se snižuje množství rozpracovaných výrobků, množství manipulačních drah taktéž klesá (= kratší časy, levnější doprava) jako i velikost potřebné plochy. Značnou nevýhodou je nepřizpůsobivost změnám výrobního programu, snížení využití strojů při poklesu požadavku na vyráběných kusů. Cena roste v závislosti na specializaci využívaných jednoúčelových strojů [9].

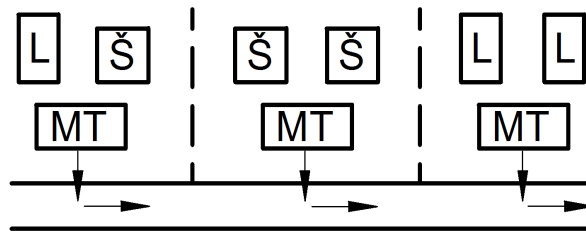


Obr. 3: Předmětné rozmístění strojů na pracovišti

#### Modulární:

Typické pro kusovou a malosériovou výrobu. Charakteristickým znakem je zde sdružování stejných technologických bloků, které plní více technologických funkcí. Vzniká tak množství totožných či obdobných modulů. Roste produktivita práce, časy operací se zkracují jako i manipulační dráhy, řízení výroby se stává jednodušším. To

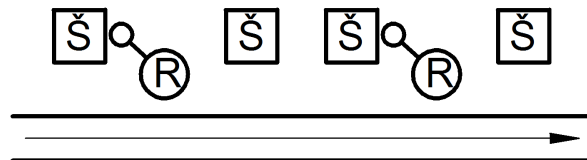
vše na úkor složitější technologické přípravy výroby a vyšší ceny vybavení pracoviště [9].



Obr. 4: Modulární rozmístění strojů na pracovišti

#### Buňkové:

Každá buňka tohoto uspořádání sestává ze stroje obklopeného mechanismy (případně automaty), jako jsou roboty, zásobníky, speciální palety a další). Jsou zde kladeny vysoké požadavky na předprojektový rozbor, standardizaci či důkladně vyhotovené postupy výroby. Práce na tomto pracovišti je vysoce produktivní za nevýhod specifikovaných v uspořádání modulárním [9].



Obr. 5: Buňkové rozmístění strojů na pracovišti

#### Kombinované:

Kombinace předchozích typů. Nejčastěji se využívá spojení technologického a předmětného uspořádání [9].

### 1.1.6 Zásady rozmístování strojů v prostoru

Tyto zásady vychází z teorie rozmístění především strojů obráběcích, avšak jejich základní principy lze aplikovat i v rámci rozmístění pracovišť montážní linky. V tabulce na následující stránce (tab. 3) jsou vyobrazeny minimální vzdálenosti strojů od sloupů, dopravních cest a dalších. Slovní popis „malé“ vyjadřuje stroje s obrysem přibližně 800 x 1500 mm, „velké“ jsou pak stroje, jejichž jeden rozměr převyšuje hodnotu 3500 mm. Obrázky byly převzaty ze skript Prof. Ing. Bohumila Hlavenky, CSc [9].

### 1.1.7 Typy výroby dle počtu kusů

V oblasti montáže se často vyskytují pojmy, které nejsou přesně definovány a každý autor k nim přistupuje dle své individuální zkušenosti. Do oblasti nepřesné specifikace spadá i rozdělení výroby dle typu. Níže je uvedeno rozdělení dle Prof. Ing. Bohumila Hlavenky, CSc [9].

#### Typy výroby:

- kusová (několik kusů)
- malosériová (5 až 50 kusů)

- středně sériová (50 až 500 kusů)
- velkosériová (500 a více)
- hromadná (velký počet stejných dílů, jednoúčelové a speciální stroje, výrobní linka)

Tab. 3: Zásady rozmísťování strojů v prostoru.

stroje za sebou	stroje čelem k sobě	stroje zády k sobě	vícestrojová obsluha
vzdálenost od dopravních cest		zadní strana stroje od stěny	
čelo stroje u stěny	bok stroje u stěny	pohyblivá část stroje u stěny	

### 1.1.8 Ruční montážní systémy

S ruční montáží je spojen pojem „technologický determinismus“, který vychází z myšlenky, že při tvorbě montážního systému je třeba vycházet z technologie montáže konkrétní montážní jednotky. Existují zde tři etapy: technologická, vytváření struktury a ergonomická [3].

V technologické etapě se rozdělují jednotlivé činnosti mezi člověka a stroj. Přednostně jsou mechanizovány úkoly fyzicky náročné, ohrožující lidské zdraví či neustále se opakující.

Při vytváření struktury se jednotlivé činnosti rozdělují do pracovišť a k určeným pracovníkům. Důležité je vytvořit prostorově, kapacitně i časově přijatelné propojení mezi pracovišti. Problém může nastat při stanovení úrovně dělby práce operátora. Vysoká dělba práce operátory ubíjí svou jednoduší jak po fyzické, tak i po psychické stránce. Také je třeba zajistit více mezioperačních manipulačních zařízení, které spotřebovávají finance. Na druhé straně zde existují výhody ve formě rychlejšího zaučení operátorů, snižující se montážní časy (se zvyšující se zručností) a relativní efektivnost [3].

Třetí etapou je řešení ergonomie. Práci lze pak definovat, jako simultánně-postupný proces, do něž se zapojují nejrůznější orgány z těla člověka. Energetické a silové možnosti jsou zprostředkovány končetinami, zatímco senzorku a informovanost zajišťuje nervový systém. Základními kategoriemi, které by měly být respektovány, jsou: biomechanika, pohybová technika, tok a zachování informací [3].

#### Biomechanika

V tomto bodě lze člověka považovat za hmotné těleso, které je ovlivňováno silami z okolí, ale také na okolí působí svými účinky. Má určité rozdělení hmoty, pohybuje se v prostoru a čase. Montážní pracoviště by mělo být navrhováno s ohledem na [3]:

- a) pracovní polohu operátora.
  - vsedě
  - vstoje → větší dosah končetin, možnost vyvinutí větší síly
  - kombinovaná → nejvhodnější z hlediska různorodého zatěžování jednotlivých svalů
- b) druh pracovní činnosti.

Tab. 4: Biomechanika - druh pracovní činnosti. [3]

Druh práce	Příklad montovaného objektu	Optimální zraková vzdálenost [cm]	Doporučená pracovní poloha
(velmi) jemná	hodinky	12 až 25	vsedě
přesná	přístroje	25 až 35	vsedě, vstoje, kombinovaná
lehká až středně těžká	přístroje a stroje	35 až 50	vsedě, vstoje, kombinovaná
těžká	stroje a zařízení	50 a víc	vstoje

- c) úhel zraku → úhel mezi skutečným směrem zraku a vodorovnou rovinou,
- d) tělesné proporce operátora → rozměry pracoviště by měly být nastavitelné dle potřeb operátora.

### Technika pohybů

Správná technika pohybů může výrobu podstatně zrychlit a zpříjemnit pro operátory. Jednotlivé úkony lze popsat a ohodnotit například systémem předem určených časů Basic MOST, který je popsán v jedné z kapitol této práce [3].

### Tok a zpracování informací

Až 90 % informací o svém okolí získává člověk prostřednictvím zraku. I z tohoto důvodu oko rychle podléhá únavě, a proto je třeba omezit jeho zatěžování. Toto může být provedeno například vytvořením znaků, které jsou rozlišitelné hmatem, zajištěním správného osvětlení pracoviště nebo vhodným umístěním předmětu od oka [3].

## 1.1.9 Strojní montážní systémy

Strojní montážní systém je ovlivněn typy výrobků, které mají být montovány, jejich složitostí a objemem. Existují čtyři základní prvky, které by měl zcela automatický montážní systém obsahovat [3]:

- a) montážní pozice → u ruční montáže se používá pojem „pracoviště“, u montáže automatické se dává přednost pojmu „stanice“
- b) periferie → příprava montovaných součástí a jejich dodávání na určení pozice – v přesném pořadí, množství a čase
- c) doprava → přeprava montážních jednotek mezi jednotlivými stanicemi
- d) řízení + kontrola → kontrola celku i částí systému montáže

Montážní systém od systému se může lišit jednak rozložením stanic v prostoru a také pohybem montážních jednotek mezi stanicemi.

### Rozdělení dle rozložení stanic v prostoru [3]:

- a) buňkové → montážní operace jsou všechny umístěny do jedné stanice
- b) lineární → v centru tohoto uspořádání je lineární dopravník, který přesouvá jednotlivé díly od stanice ke stanici; výrobní takt je určen nejdelší prací jedné stanice
- c) čtvercové, kruhové → výstupní a vstupní poloha mohou ležet vedle sebe
- d) síťové → variantní operace mohou být prováděny ve vedlejších větvích, montážní jednotky vzniklé z těchto operací jsou následně přesunuty na větev hlavní
- e) plošné → volná volba uspořádání stanic

### Rozdělení dle pohybu montážních jednotek mezi stanicemi [3]:

- a) stacionární poloha → nedochází k pohybu montážní jednotky
- b) synchronní přerušovaný pohyb → každá montážní jednotka se současně s ostatními přesune k následující montážní stanici

- c) asynchronní přerušovaný pohyb → montážní jednotky se mezi jednotlivými stanicemi nepohybují současně – některé jsou dočasně zadrženy
- d) kontinuální pohyb → plynulý přesun

### 1.1.10 Spojování součástí

Spojování součástí je jednou ze základních činností montáže. Existuje mnoho důvodů, proč součásti spojovat – například požadavek na pohyblivost dvou dílů, rozdílnost v materiálovém složení jednotlivých součástí, příliš obtížná výroba jednoho kusu a další. V tabulkách níže (tab. 5 a tab. 6) jsou uvedeny základní montážní procesy a možnosti demontáže.

Tab. 5: Montážní proces.[8]

sestavování montážní jednotky	→	zakládání	→	přikládání, vkládání, na(za)lisování
		↓		
	→	spojování	→	přímé
			→	geometrií (současně se zakládáním; např. šroubování)
			→	deformací (teplo, síla = lisování, nýtování...)
	→	nepřímé	→	svařováním
			→	součástmi (šroubování, kolíkování, nýtování)
			→	materiálem (svar, lepidlo, pájka)
přidružené děje	→	na polotovarech	→	čistění, mazání, odmašťování, manipulace...
	→	na výrobcích	→	obrábění, mazání, demontáž, seřizování, expedice...

Tab. 6: Možnosti demontáže. [3],[8]

		Možnost demontáže	
		rozebíratelné spojení**	nerozebíratelné spojení
Typ spojení	pevné*	šrouby, drážky, klíny, zálisy	nýty, svar, zálisy
	pohyblivé	písty ve válcích, hřídele v ložiscích	valivá ložiska

\* pohyb vymezen ve všech 12ti směrech

\*\* nedochází k poškození spojených ani spojovacích součástí

Níže jsou charakterizovány způsoby spojování součástí použité v praktické části této diplomové práce.

#### Zakládání/skládání, spojování geometrií:

Mezi nejzákladnější charakteristiky při skládání patří počet a druh pohybů, tvar a kvalita [3].

- a) usazování/pokládání → u těchto spojů je nejčastěji blokován jeden pohyb přímočarý a čtyři rotační. Gravitace a tření udržuje toto uspořádání v požadované pozici.
- b) vkládání → vkládání součásti do mírného vybrání v součásti sdružené (pero v drážce hřídele). Omezení až 7 pohybů z 12-ti.
- c) zasouvání → celá nebo téměř celá součást je zasouvána do součásti sdružené. Pohyb je veden a polohován, avšak není třeba jiné dodatečné síly (např. lisovací).
- d) zavěšování → tímto způsobem se háčkovité součásti (táhla, tažné pružiny) spojují v jeden celek. Díky tomuto spoji se vytváří kloubová spojení.

### Spojování deformací: lisování:

Lisování podélné je velmi podobné zasouvání. Místo vůle mezi součástmi se zde však vyskytuje přesah. Spojení je zajištěno třením, které vzniká mezi plochami součástí zapříčiněním velkého normálového tlaku. Tento způsob spojení je relativně jednoduchý a cenově nenáročný [3].

Při spojování dvou součástí lisováním je nutno vytvořit vhodné náběhové plochy (hlavně v případě, jedná-li se o lisování podélné). Důležité je také zajistit přesné polohování k dosažení požadované sousostí. Konečná poloha bývá zajištěna dorazem [3].

### Nejčastější způsoby lisování jsou [4]:

- zatěžování silou, která působí v ose lisovaného předmětu,
- impulzní vibrace,
- explozivní či pneumatické nastřelení,
- změna tvaru způsobená chladem (smrštění součásti),
- změna tvaru způsobená teplem (roztažení součásti),
- změna ve vnitřních pnutích součástí.

### Spojování součástmi: šroubováním:

Šroubování patří mezi nejrozšířenější druh rozebíratelného spojování. Tato rozebíratelnost je ovšem relativní – při časté montáži a demontáži již tento spoj nemá svou původní kvalitu [3].

Mezi nejdůležitější parametry určující kvalitu tohoto spoje patří předpětí a s ním spjaté pružné deformace, které vznikají utažením šroubu určitým kroučícím momentem. Nedodržení tohoto parametru může způsobit budoucí uvolnění šroubového spoje, naopak překročení může způsobit přetržení šroubu, trvalé porušení závitu, ale i poškození stykových ploch nástroje a hlavy šroubu. Pro předepínané spoje jsou výhodné křížové drážky v hlavě šroubu, či vnitřní šestihrany. Jednoduchý zářez je nedostatečný z hlediska správného přenosu kroučícího momentu [3].

Montáž šroubových spojů je fyzicky náročná činnost tvořící až 50 % celkového výrobního času. Z toho vyplývá snaha využít automatizaci, která by vedla ke snížení náročnosti, zkrácení taktu a k poklesu nákladů [3].

Možnosti vybavení šroubovacího pracoviště [10]:

- šroubováky
  - ruční
  - vestavné
- měřicí přístroje
  - snímače krouticího momentu
  - přístroje k manuálnímu použití
- elektronická řídicí jednotka (několik šroubovacích programů, možnost řízení krouticího momentu a úhlu)
- technika na přívod dílů
  - vibrační dopravníky
  - dopravníky se zdvihací kolejnicí
  - pick and place (pro díly, které nejde přepravovat přes přívodní hadici vzhledem k nevhodné geometrii)
  - dávkovače šroubů (automatické řazení šroubů do místa jejich odebírání šroubováky)
- příslušenství
  - nástrčné nástroje
- obslužná jednotka (pro zcela automatizované šroubovací pracoviště)
- automatický podavač šroubů (vibrační zásobník s nastřelovací hadicí)
- balancér



a)



b)



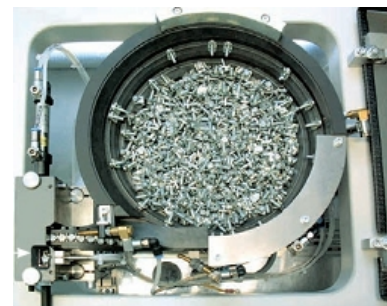
c)



d)



e)



f)

Obr. 6: Vybavení šroubovacího pracoviště: a) ruční šroubovák; b) vibrační dopravník; c) dopravník se zdvihací kolejnicí; d) dávkovač šroubů pro vestavná vřetena; e) dávkovač šroubů pro ruční šroubováky; f) pick and place. [10]



Obr. 7: Příklad elektrického vestavného šroubováku uchyceného v objímce stojanu s balancérem. Ke šroubováku je připevněna páka k ručnímu vedení a dále hadice pro přívod šroubů ze zásobníku. Elektronická řídicí jednotka se nachází v pravém dolním rohu obrázku.[10]

## 1.2 Senzorika

Podmětem ke vzniku senzorů byl požadavek na měření neelektrických veličin způsobem elektrickým. Fyzikálně lze senzor přeložit jako převodník či měnič.

Pojem senzor je odvozen z latinského „sensus“ Jedná se o prostředek, který rozšiřuje oblast lidského vnímání i o fyzikální veličiny, které jsou pro člověka s jeho schopnostmi nerozlišitelné. Citlivá část senzoru je označována jako čidlo [11].

Senzory lze dělit dle několika hledisek [11]:

- a) dle veličiny, která je měřena → senzory tlaku, teploty, mechanických veličin, radiačních veličin...
- b) dle fyzikálního principu senzoru → odporové, indukční, kapacitní, chemické, magnetické...
- c) dle styku s prostředím → dotykové a bezdotykové
- d) dle přenosu signálu → aktivní (působením snímané veličiny se chová jako zdroj)  
→ pasivní (nutné napájení)
- e) dle technologie výroby → pneumatické, polovodičové, elektrické...

### 1.2.1 Mechanické přepínače

Jsou charakteristické svým prakticky nulovým odporem v sepnutém stavu a naopak nekonečnými hodnotami v stavu rozepnutém. Mezi další výhodu patří možnost

spojení vícero kontaktů dohromady, vyskytují se zde vyšší spínané proudy a izolační napětí je také vyšší. Nevýhodou těchto spínačů je onen mechanický princip, mnohdy větší rozměry a jejich snížená odolnost proti kapalinám, prachu a dalším [11].

### 1.2.2 Indukční senzory

Indukční senzor soustavně vysílá střídavé vysokofrekvenční elektromagnetické pole. Při přiblížení snímaného kovového materiálu se indukují střídavé proudy a dochází k odebrání energie z pole, což má za následek snížení oscilační amplitudy [12].

Rozdělení dle vestavby [12]:

- vazební vestavba
  - čidlo může být ve stejné úrovni jako plocha, v níž je namontováno
  - jsou zachytávána pouze tělesa blížící se zepředu
- nevazební vestavba → čidlo z plochy vyčnívá a zachytává i tělesa přibližující se ze stran

Využití: měření vzdáleností, počítání, kontrola polohy, měření tloušťky, sledování vlnitosti a další.

### 1.2.3 Magnetické senzory

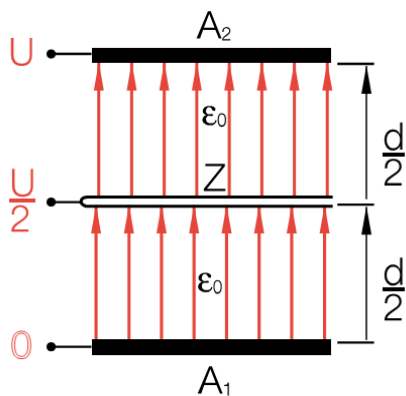
Jedná se o metodu bezdotykového měření, která nachází své využití v aplikacích, kde je spínací vzdálenost příliš velká pro senzory indukční. Magnetismus poskytuje uživateli výhodu rozpoznávat magnety i za stěnami z umělých hmot, dřeva, hliníku a dalších [11].

### 1.2.4 Kapacitní senzory

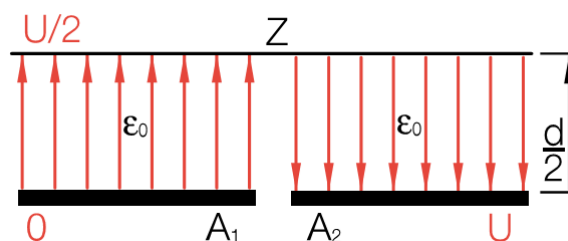
Popis funkce těchto senzorů je poněkud složitější. Základem jsou dvě kruhové destičky  $A_1$  a  $A_2$  kondenzátoru, mezi které je vložena střední elektroda  $Z$  s téměř nulovou tloušťkou (viz obr. 8). Napětí působící mezi elektrodami  $A_1$  a  $A_2$  vytváří elektrické pole. Chování tohoto kondenzátoru je geometricky i elektricky srovnatelné se dvěma sériově zapojenými kondenzátory (viz obr. 9). V kapacitním senzoru je využito shodného principu s tím rozdílem, že elektrody nejsou uloženy naproti sobě, ale vedle sebe – jedna elektroda kruhová se nachází uvnitř druhé, střední elektrodu zastupuje snímaný objekt (viz obr. 10). Výsledkem je „otevřený kondenzátor“ [13].

Lze snímat materiály s relativní permitivitou násobně převyšující permitivitu vákua. Kapacita se mění v závislosti na relativní permitivitě. Jejich nejvyšších hodnot dosahuje kov Fe 360, proto má korekční faktor 1. Například korekční faktor dřeva se pohybuje mezi 0,2 až 0,7, pro sklo je to 0,5 a pro olej pouze 0,1. Mezi výhody těchto snímačů patří i „vidění skrz“ některé materiály z kovu [13].

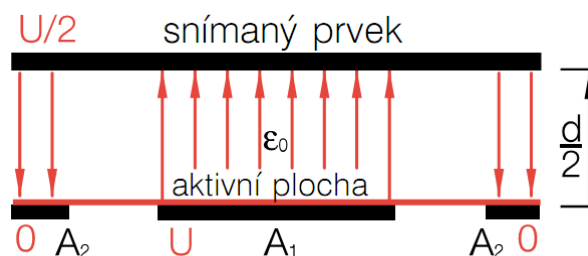
Využití: kontrola výšky hladiny, kontrola zabaleného obsahu, počítání předmětů a další.



Obr. 8: Dvě kruhové destičky A1 a A2 se střední elektrodou mezi nimi.



Obr. 9: Dvě elektrody A1 a A2 se střední elektrodou před nimi a směr působení elektrického pole.



Obr. 10: Kapacitní senzor: elektroda A1 uvnitř elektrody A2 a přibližující se snímaný prvek.

### 1.2.5 Optické senzory

Světelný svazek usměrněný optikou dopadá na snímaný objekt, odráží se a je soustavou naveden na fotocitlivý prvek. Není-li snímaný objekt v požadované poloze, nedojde k dopadu a odrazu tohoto svazku, fotocitlivý prvek nezaregistruje žádnou energii a nedochází tak ke vzniku signálu. Zdrojem světla bývá nejčastěji laserová dioda (dosah až desítky metrů), nebo dioda luminiscenční (dosah v rámci metrů). Přijímačem je zmíněný fotocitlivý prvek, ve kterém se mění protékající proud podle polohy dopadu paprsku. Poloha dopadu paprsku na detektor je závislá na změně polohy snímaného objektu vzhledem k jeho referenčnímu bodu [11].

Obecně senzor nemusí signalizovat pouze výskyt odraženého paprsku na detektoru, ale i přerušení soustavného světelného paprsku. Světelný tok může probíhat mezi vysílačem na straně jedné a přijímačem na straně druhé, nebo v jiném případě mezi vysílačem i přijímačem na straně aktivní a odraznými zrcadly na straně pasivní. Je možné měřit také množství světla, které dopadá na fotocitlivý prvek (měří se světelný výkon, úroveň amplitudy atd.) a pak lze vyhodnotit například barvu či kontrast tělesa [11].

Využití: zabezpečení nebezpečných prostor (světelné závory, světelné závěsy), měření vzdálenosti, vyhodnocování přítomnosti předmětu a další.

### 1.2.6 Ultrazvukové senzory

Ultrazvuk je podélné mechanické vlnění, jehož frekvence se pohybuje nad hodnotou 16 kHz. Právě toto vlnění vysílá ultrazvukové čidlo směrem ke snímanému předmětu, od něž se zvukový signál odráží a vrací se zpět k čidlu ve formě ozvěny. Z časového odstupu mezi vyslaným a přijatým signálem je vyhodnocena vzdálenost snímaného předmětu od senzoru. Lze snímat téměř všechny druhy materiálů, které odrážejí zvuk [11].

Využití: Detekce polohy (i průhledných) předmětů, sledování hladiny materiálu, měření vzdálenosti, správná funkce v prašném prostředí a další.

### 1.2.7 Měření síly

Siloměry (měřiče síly) jsou určeny pro vyhodnocování tahové, tlakové či tahově-tlakové síly, která je statická, či dynamicky proměnná. Existuje široká škála mechanických provedení těchto měřidel i vyhodnocovaných rozsahů [14].

Využití: snímání síly vyvozené při zkouškách materiálu, hlídání tvářecího procesu, hlídání správného provedení lisovaných spojů a další.

### 1.2.8 Odporové měření vzdálenosti

Mechanické posunutí (natočení) prvku spojeného s měřičem vyvolá změnu odporu [11].

## 1.3 Ochrana zdraví při práci

Ochrana zdraví při práci je přesně vymezena nařízením vlády č. 361/2007 Sb. [15], kde jsou zpracovány příslušné předpisy Evropské unie. Toto nařízení se zabývá rizikovými faktory, hygienickými limity, podmínkami poskytování ochranných pracovních prostředků či nápojů, požadavky na organizaci práce atd.

Změna: 68/2010 Sb.

Změna: 93/2012 Sb.

Změna: 9/2013 Sb.

Nepříznivé účinky vibrací a hluku společně s případnou ochranou zdraví před těmito faktory jsou definovány v nařízení vlády 272/2011. V této práci nejsou blíže zmíněny.

V následujícím textu je mnoho údajů vztaženo ke směně. Nebude-li uvedeno jinak, jedná se o průměrnou směnu trvajících osm hodin.

### 1.3.1 Fyzická zátěž

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§ 22, § 23, §24, §25, §25a) [15].

Celkovou fyzickou zátěž lze charakterizovat jako dynamickou práci, která je uskutečňována velkými svalovými skupinami. (Zatíženo je více než 50 % celkové

svalové hmoty.) Průměrný hygienický limit pro energetický výdej muže je stanoven na 6,8 MJ za směnu, pro výdej ženy se jedná o 4,5 MJ za směnu. Za průměrnou srdeční frekvenci se považuje hodnota 102.

Lokální svalová zátěž je uskutečňována malými svalovými skupinami. Jedná se o zátěž končetin. Při zatěžování svalů silou o velikosti 55 až 70 %  $F_{max}$  s převahou dynamické složky je stanoven průměrný hygienický limit na 600 úmyslných „stahů“ za směnu. Celosměnově lze pracovat pod zátěží 30 %  $F_{max}$ . Trvá-li svalové sevření přes 3 sekundy, aniž by docházelo k jinému pohybu, jedná se o zátěž statickou, jejíž průměrná celosměnová hodnota činí 10 %  $F_{max}$ .

Dle nařízení lze drobnými svaly ruky a prstů vykonat 110 pohybů za minutu. Průměrné množství pohybů ruky a předloktí dané hygienickými limity je přesně stanoven v dané předpisu. Příklad je uveden v tab. 7.

Tab. 7: Průměrné množství pohybů ruky a předloktí.

% $F_{max}$	Průměrný počet pohybů za směnu	Průměrný počet pohybů za minutu směny
7	27600	58
15	13500	29
22	9600	20
53	1800	7

Překračuje-li celková či lokální svalová zátěž výše definované limity, je nutné přerušovat práci 5-ti až 10-ti minutovými přestávkami v dvouhodinovém intervalu. Případně lze problému předejít střídáním zaměstnanců mezi jednotlivými stanovišti.

### 1.3.2 Pracovní poloha

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§ 26, § 27, §27a). Více informací týkajících se nepříjemných a podmíněně přijatelných poloh je uvedeno v příloze 1 [15].

Riziko pracovní polohy nastává převážně v případech, kdy je zaměstnanec nucen vykonávat tytéž pracovní úkony a není mu při tom umožněno navolení pracovní polohy dle jeho požadovaných potřeb. Dle průměrných hygienických norem smí pracovník v nepříjemných polohách setrávat pouze 30 minut ze směny, z toho maximálně 8 minut soustavně. V podmíněně přijatelných polohách lze setrvat až 160 minut opět bez překročení osmi minutového intervalu.

Překračuje-li množství nepříjemných či podmíněně přijatelných pracovních poloh výše definované limity, je nutné přerušovat práci 5-ti až 10-ti minutovými přestávkami v dvouhodinovém intervalu. Případně lze problému předejít střídáním zaměstnanců mezi jednotlivými stanovišti.

### 1.3.3 Manipulace s břemenem

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§ 28, § 29, § 29) [15].

Při nesprávné ruční manipulaci s břemenem může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo k nemoci způsobené jednostrannou nadměrnou zátěží. Pro muže je přípustný hygienický limit zátěže stanoven na 50 kg pro občasnou zátěž a na 30 kg pro zátěž častou. Tato hodnota klesá na 5 kg, jedná-li se o práci vsedě. Průměrný směnový limit čítá 10 000 kg. Žena může být občasně zatěžována 20-ti kg, často 15-ti kg a při práci vsedě třemi kilogramy. Průměrný směnový limit je 6 500 kg.

Občas = maximálně 30 minut z pracovní směny.

Často = více než 30 minut z pracovní směny.

Před manipulací s břemenem musí být zaměstnanec seznámen se základními vlastnostmi tohoto břemene (těžiště, hmotnost), s údaji o správném provedení manipulace i s riziky, jimž může být vystaven při nesprávné činnosti. Překračuje-li hmotnost břemene výše definované limity, je nutné přerušovat práci 5-ti až 10-ti minutovými přestávkami v dvouhodinovém intervalu. Případně lze problému předejít střídáním zaměstnanců mezi jednotlivými stanovišti.

### 1.3.4 Psychická zátěž

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§31, §33) [15].

Do psychické zátěže spadá:

- monotonie → stále tytéž jednoduché pohyby nebo nízká proměnlivost úkolů
- vnucené tempo → zaměstnanec se musí podříditi rytmu stroje
- třísměnný/nepřetržitý provoz
- práce pouze v noční době

Monotonní práci i práci ve vynuceném tempu je nutné přerušovat 5-ti až 10-ti minutovými přestávkami v dvouhodinovém intervalu. Případně lze problému předejít střídáním zaměstnanců mezi jednotlivými stanovišti.

### 1.3.5 Zraková zátěž a zobrazovací jednotky

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§34, §35, §50) [15].

Zrakovým zatížením lze chápat:

- nároky na rozlišení detailů
- zvláštní světelné podmínky → netypická barva světla či jeho kmitání
- zvětšovací přístroje, monitory
- oslňování, které nelze odstranit

Práci se zrakovou zátěží je nutné přerušovat 5-ti až 10-ti minutovými přestávkami v dvouhodinovém intervalu. Případně lze problému předejít střídáním zaměstnanců mezi jednotlivými stanovišti.

Obrazovka zobrazovací jednotky nesmí vykazovat nepříjemné vady jako kmitání, přeskakování řádků a další. Jas a kontrast musí být nastavitelný. Zajištěna má být i přestavitelnost obrazovky dle potřeb zaměstnance. Obrazovka musí být umístěna minimálně 400 mm od očí zaměstnance, požadovaný jas je minimálně 35 cd/m<sup>2</sup>.

### 1.3.6 Pracoviště

Přesné znění je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 Sb. ve změně pozdějších předpisů (§47, §48, §49). Více informací týkajících se dosahů horních končetin je uvedeno v příloze 2 [15].

Pro pracoviště spojené s prací ve stoje a trvalým zapojením obou rukou je určen objemový prostor 15 m<sup>3</sup> na jednoho zaměstnance. Toto se nevztahuje na boxy pokladen, ovládací stanoviště, kabiny strojů a podobné prostory. Dále musí být pro každého pracovníka vymezeny 2 m<sup>2</sup> podlahové plochy. Šíře plochy určené pro pohyb má být minimálně 1 metr. Výšky ploch jsou blíže specifikovány v tab. 8.

Tab. 8: Optimální výšky ploch.

Optimální výška při práci vestoje:	800 až 1 000 mm
Optimální výška pracovní roviny nad sedákem při práci vsedě:	muži: 220 až 310 ženy: 210 až 300
Výška sedáku nad podlahou:	400 + 50 mm
Vyšší nároky na zrak při práci:	pracovní rovina + 100 až 200 mm
Vyšší hmotnosti (nad 2 kg) předmětů + práce vestoje:	pracovní rovina - 100 až 200 mm

Je-li pracovní poloha trvale vestoje, je třeba vybavit pracoviště pro krátkodobý odpočinek vsedě, není-li bezpodmínečně nutné, aby zaměstnanec celou dobu stál. Pracovní místo musí být doplněno o podpěru nohou.

### 1.4 Měření spotřeby času

První pokusy s měřením času potřebného k vykonání určité práce se objevily již v 16. století. Až o dvě století později (1880) byla založena společnost American Society of Mechanical Engineers, která se zaměřovala na zvýšení pracovního výkonu v dělnických činnostech [16].

Koncem 19. století se začaly objevovat první aplikace časových studií, začátkem 20. století byly vytvořeny Frankem Bunkerem a Lian Gilberthovými první studie pohybové (definovali odpočinek a k němu 17 therbligů, neboli základních prvků, z nichž bylo možno pomocí nejrůznějších operací sestavit efektivní pracovní operaci) [16].

Metody pro stanovení normy času lze rozdělit na dvě hlavní části – metody sumární, které stanovují normu přímo, a metody rozborové (analytické), které rozloží jednotlivé operace na její elementární složky (úkony, pohyby) a přidělí jim předpokládanou dobu trvání[8].

Sumární metody [8]:

- a) výpočtová → aplikace empirických vzorců
- b) statistická → průměrně zjištěná závislost mezi spotřebou času a výkonností
- c) porovnávací → srovnání s výrobkem podobným jak po technologické, tak i po konstrukční stránce
- d) odhad → relevantní pouze u zkušené osoby

Rozborové metody [8]:

- a) výpočtová → součet časů práce odvedené pracovníkem s prací vykonanou strojem; MOST, MTM)
- b) kontinuální časové studie → chronometráž, snímky pracovního dne, snímky dvojstranného pozorování) [16]
- c) porovnávací → srovnání složek operací s operacemi podobnými, případné nesrovnalosti jsou srovnány použitím koeficientu

**1.4.1 Basic MOST**

Na přelomu 30. a 40. let 20. století začaly do pracovního sektoru vnikat vlivy jako fyziologie práce, psychologie, hygiena a základy ergonomie [16].

Roku 1948 Dr. Maynard publikoval svou sedmiletou práci, v níž zkombinoval časové a pohybové studie. Metoda známá jako MTM (Methods Time Measurement) se stala základem pro mnohé následující systémy předem určených časů. Zástupcem je i systém MOST (Maynard Operation Sequence Technique), projekt týmu Kjella Zandina, který byl představen ve Švédsku 1972 [17].

Právě systém předem určených časů MOST je využit v praktické části této práce. Byl zvolen na základě doporučení firmy, pro niž je tato diplomová práce zpracovávána.

Jedná se o systém k měření práce zaměřený na pohyb objektů. Vychází z fyzikálního principu práce ( $W = F \times s$ ), která je definována jako výsledek síly rozpohybovávající těleso po určité dráze. Přímo aplikace Basic MOST je určena pro činnosti trvající déle než 10 sekund a méně než 10 minut (při četnosti 150 až 1500x za týden). Přesnější aplikací pro časové intervaly od 2 do 10ti sekund (více než 1500x týdně) je určen Mini MOST, naopak pro činnosti delší než 2 minuty (méně než 150x týdně) je doporučeno využít Maxi MOST [16].

Zjednodušeně lze říci, že Basic MOST rozkládá jednotlivé úkony na ještě elementárnější prvky – na pohyby. Každému pohybu je pak přiřazen index odpovídající desetině časové jednotky TMU (Time Measurement Units), v níž se pohyby měří. Přesné hodnoty trvání jednotlivých pohybů lze vyčíst z tabulek (viz příloha). 1 TMU = 0,036 sekundy [16].

Příklad: Pro 5 až 7 kroků chůze je stanoven index 10 = 100 TMU = pohyb o délce 3,6 sekund [22].

Příklad II: Vstát a sehnout se je označeno indexem 16 = 160 TMU = 5,76 sekund [22].

Základem Basic MOSTu jsou 4 hlavní pohybové sekvence popsané níže.

### 1.4.1.1 Obecný pohyb

Manuální přesun objektu z jednoho místa na druhé (volně vzduchem). Tato manipulace je popsána čtyřmi dílčími subaktivitami [18], [19]:

- A – vzdálenost činu, převážně horizontální (Action distance)
- B – pohyb těla, převážně vertikální (Body motion)
- G – získat kontrolu (Gain control)
- P – umístit (Placement)

Sekvence obecného pohybu [18], [19]: ABG ABP A

- ABG = získat (přiblížení se k tělesu, uchopení)
- ABP = dát (odložení objektu)
- A = vrátit se (navrácení do počáteční polohy)

Příklad: Muž ujde 4 kroky ( $A_6$ ) a odebere malý kufřík ( $G_1$ ) z nízkého dopravního pásu ( $B_6$ ). Bez dalšího pohybu vpřed položí tento předmět na stůl ( $P_1$ ), který je v dosahu ( $A_1$ ) [18].

$$A_6 \ B_6 \ G_1 \ A_1 \ B_0 \ P_1 \ A_0 \\ (6 + 6 + 1 + 1 + 0 + 1 + 0) \times 10 = 150 \text{ TMU} = 5,4 \text{ s}$$

Příklad II: Montér odebere hrst podložek (šest) ze zásobníku umístěného v dosahu ( $A_1 \ B_0 \ G_3$ ) a umístí je po jedné na šest šroubů, které jsou umístěny 10 cm od sebe ( $A_1 \ B_0 \ P_1$ ) [18].

$$A_1 \ B_0 \ G_3 \ (A_1 \ B_0 \ P_1) \ A_0 \quad (6) \\ (1 + 0 + 3 + (1 + 0 + 1) \times 6 + 0) \times 10 = 160 \text{ TMU} = 5,76 \text{ s}$$

### 1.4.1.2 Kontrolovaný pohyb

Kontrolovaný manuální přesun objektu. Pohyb tělesa je nejméně z jedné strany omezen kontaktem (či spojením) s jiným objektem, nebo pracovní požadavky stanovují přesun objektu konkrétní cestou [18], [19].

- A, B, G – viz 1.4.1.1 Obecný pohyb
- M – řízený pohyb (Move controll)
- X – čas procesu elektronických nebo mechanických zařízení či strojů (Process time)
- I – následný kontrolovaný pohyb nebo zarovnání objektů po proběhnutí procesu (Align)

Sekvence kontrolovaného pohybu [18], [19]: ABG MXI A

- ABG = získat (přiblížení se k tělesu, uchopení)
- MXI = přesunout nebo aktivovat
- A = vrátit se (navrácení do počáteční polohy)

Příklad: Operátor uchopí velký plech ( $A_3 \ B_0 \ G_3$ ), tlakem jej posune vpřed o více než 30 cm ( $M_3$ ) a tam jej dvěma body zarovná na dorazy ( $I_6$ ) [18].

$$A_3 \ B_0 \ G_3 \ M_3 \ X_0 \ I_6 \ A_0 \\ (3 + 0 + 3 + 0 + 6 + 0) \times 10 = 150 \text{ TMU} = 5,4 \text{ s}$$

### 1.4.1.3 Použití náradí

Vychází z obecného pohybu rozšířeného o použití nástrojů, případně o „přemýšlení“ [18], [19].

- A, B, G, P – viz 1.4.1.1 Obecný pohyb
- F – upnout, připevnit (Fasten)
- L – povolit, uvolnit (Loosen)
- C – řezat, sekat (= dělit materiál) (Cut)
- S – úprava povrchu (Surface treat)
- M – měřit (Measure)
- R – zaznamenat (Record)
- T – přemýšlet (Think)

Sekvence pohybu při použití nástroje [18], [19]: ABG ABP \_ ABP A

- ABG = získat objekt nebo nástroj
- ABP = umístit objekt nebo nástroj na požadovanou pozici
- \_ = použít nástroj (znak „\_“ zastupuje F, L, C, S, M, R, T)
- ABP = odejmout nástroj nebo objekt
- A = vrátit se

Příklad: Po soustružení soustružník odebere mikrometr položený na nedaleké stole ( $A_3 B_0 G_1$ ), přiloží jej k obrobku ( $A_3 B_0 P_1$ ), který proměří ( $M_{42}$ ), a následně mikrometr opět vrátí zpět ( $A_3 B_0 P_1$ ) [18].

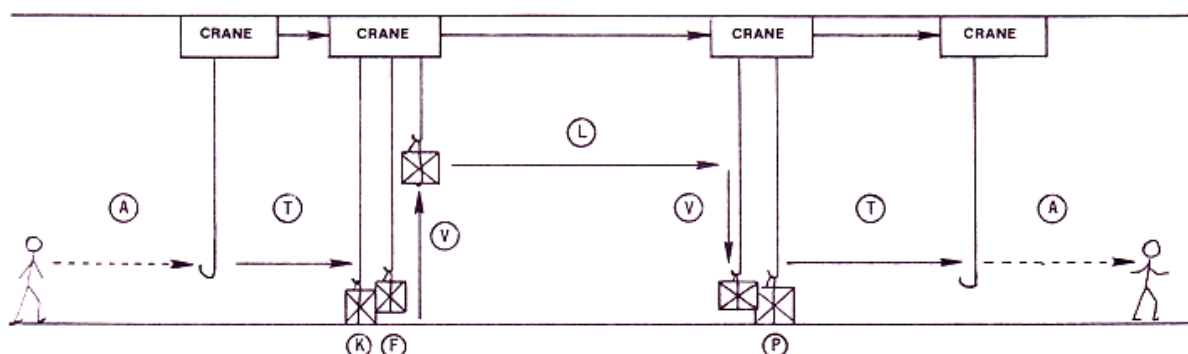
$$A_3 B_0 G_1 A_3 B_0 P_1 M_{42} A_3 B_0 P_1 A_0 \\ (3 + 0 + 1 + 3 + 0 + 1 + 42 + 3 + 0 + 1 + 0) \times 10 = 540 \text{ TMU} = 19,44 \text{ s}$$

### 1.4.1.4 Ruční jeřáb

[18], [19]

- A – přejít k jeřábu
- T – převézt prázdný jeřáb (Transport empty crane)
- K – „zaháknout/odháknout“ přenášený objekt (Hook up and unhook)
- F – uvolnění objektu – z palety, kontejneru (Free object)
- V – vertikální přesun objektu (Vertical move)
- L – horizontální přesun objektu (Loaded move)

Sekvence pohybu při použití ručního jeřábu [18]: ATKFVLVPTA



Obr. 11: Sekvence pohybu při použití ručního jeřábu.

**Příklad:** Operátor ujde 3 metry k ručnímu jeřábu ( $A_6$ ) a manuálně jej přesune k přenášenému objektu o hmotnosti 30 kg umístěného ve vzdálenosti 2 metry ( $T_{16}$ ). Objekt ležící na paletě je upnut hákem jeřábu ( $K_{24}$   $F_3$ ) a přesunut 4,5 metru ( $L_{24}$ ) ve výšce jednoho metru ( $V_{16}$ ) k pracovnímu stolu. Zde objekt následně sjede níže o 10 cm ( $V_3$ ) a je uvolněn ( $P_3$ ). Operátor poté přesune prázdný jeřáb o jeden metr ( $T_{10}$ ) a vrátí se zpět k pracovnímu stolu ( $A_3$ ) (viz obr. 11) [18].

$$A_6 \quad T_{16} \quad K_{24} \quad F_3 \quad V_{16} \quad L_{24} \quad V_3 \quad P_3 \quad T_{10} \quad A_3 \\ (6 + 16 + 24 + 3 + 16 + 3 + 3 + 10 + 3) \times 10 = 1080 \text{ TMU} = 38,88 \text{ s}$$

### 1.4.2 Chronometráž

Na internetovém portálu API (Academy of Productivity and Innovations) je uvedeno, že chronometráž stále patří mezi nejhojněji využívaný způsob stanovení normy výkonu. Operace, kterou je třeba změřit, je rozdělena na menší části. Každé části přísluší určitá spotřeba času, která je po proměření zaznamenána do formuláře. Spolehlivost takového měření je poměrně vysoká, lze definovat i složitější úkony a vyskytuje se zde vyšší možnost přerozdělit práci mezi pracovníky jiným způsobem (vybalancovat pracoviště) [20].

Typy chronometráže [21]:

- plynulá – pozorování a měření všech úkonů dané operace
- výběrová – pozorování a měření vybraných úkonů
- obkročná – pozorování a měření pouze krátkých částí operace (úkonů)

Chronometráž je výhodným doplňkem k vyhodnocování pomocí systému Basic MOST, kde není stanovena norma spotřeby času pro netypické operace.

## 1.5 Balancování operací

Balancování operací, neboli rovnoměrné rozložení prací mezi pracovníky (případně pracoviště, či stroje) tak, aby spotřeba času byla co nejvyrovnanější. S rostoucí vyvážeností klesá výrobní takt, zvyšuje se produktivita práce a obecně se zvyšují zisky. Důležitým podkladem je stanovení zákaznického taktu, či obecněji taktu:

Efektivní časový fond ručního pracoviště [9]:

$$E_r = (365 - 52 - 52) \cdot h_s \quad [\text{h/rok}] \quad (1)$$

kde:

- $E_r$  ... efektivní časový fond ručního pracoviště [h/rok]
- 365 ... průměrný počet dnů v roce [den]
- 52 ... průměrný počet sobot v roce [den]
- 52 ... průměrný počet nedělí v roce [den]
- $h_s$  ... počet hodin v jedné směně za den [h]

Efektivní časový fond strojního pracoviště [9]:

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08) \cdot E_r \quad [\text{h/rok}] \quad (2)$$

kde:

$E_s$  ... efektivní časový fond strojního pracoviště [h/rok]

$E_r$  ... efektivní časový fond ručního pracoviště [h/rok]

Efektivní časový fond dělníka [9]:

$$E_d = E_r - (15 + 15) \cdot h_s \quad [\text{h/rok}] \quad (3)$$

kde:

$E_d$  ... efektivní časový fond dělníka [h/rok]

$E_r$  ... efektivní časový fond ručního pracoviště [h/rok]

15 ... průměrná doba dovolené [den]

15 ... neplánovaná absence [den]

$h_s$  ... počet hodin za den v jedné směně [h]

Takt montážní linky [9]:

$$t = \frac{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot \eta}{N} \quad [\text{min/ks}] \quad (4)$$

kde:

$t$  ... takt montážní linky [min/ks]

$E_s$  ... efektivní časový fond strojního pracoviště [h/rok]

$s_s$  ... počet směn za den [-]

$\eta$  ... součinitel využití stroje (0,8 až 0,9) [-]

$N$  ... požadovaný objem výroby [ks]

Potřebný počet operátorů [23]:

$$D = \frac{t_0}{t} \quad [\text{operátor}] \quad (5)$$

kde:

$D$  ... potřebný počet operátorů [operátor]

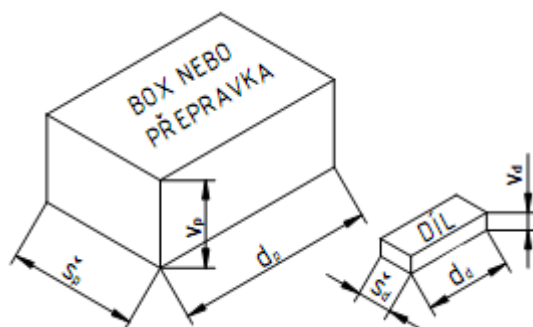
$t_0$  ... čas potřebný na smontování jednoho výrobku [min/ks]

$t$  ... požadovaný takt linky [min/ks]

Pokud je celkový počet potřebných operátorů zaokrouhlen nahoru, znamená to, že nedochází k využití všech dostupných lidských zdrojů. Zaokrouhlování směrem dolů naopak přináší potenciál pro provedení zlepšení [23].

## 1.6 Zásobovací systém

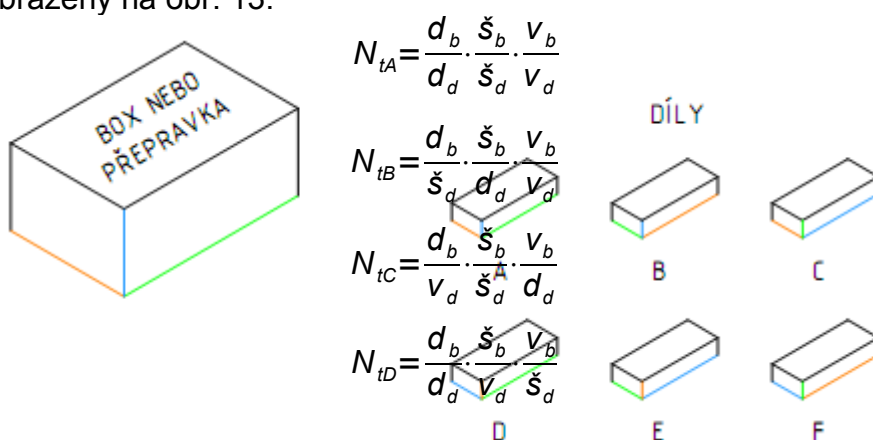
Při volbě boxů a přepravek byly využity znalosti a zkušenosti pana Ing. Kubíka, Ph.D přednášené v rámci předmětu technologické projektování. Bohužel jsou výpočty boxů zkráceny předpokladem krychlového tvaru dílů a jejich přesného uspořádání. V reálu mají díly rozličné tvary a operátoři většinou neřeší (a v podstatě z hlediska efektivnosti ani nemohou řešit) jejich přesné uspořádání do definovaných boxů. Proto je třeba brát tyto výpočty pouze orientačně. Na obrázku níže jsou obecně okótovány základní rozměry boxu/přepravy a dílu (viz obr. 12.)



Obr. 12: Obecné rozměry boxu/přepravky a dílu.

Uložení dílů:

Díly mohou být v boxu/přepravce uloženy šesti základními způsoby, které jsou názorně zobrazeny na obr. 13.



Obr. 13: Uložení dílů.

kde:

- A ... uložení na délku (délka dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta I
- B ... uložení na šířku (šířka dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta I
- C ... uložení na výšku (výška dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta I
- D ... uložení na délku (délka dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta II
- E ... uložení na šířku (šířka dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta II
- F ... uložení na výšku (výška dílu je rovnoběžná s délkou boxu/přepravky) varianta II

Teoretický počet dílů v boxu/přepravce:

Uložení A	[ks]	(6)
Uložení B	[ks]	(7)
Uložení C	[ks]	(8)
Uložení D	[ks]	(9)

$$\text{Uložení E} \quad N_{tE} = \frac{d_b}{\check{s}_d} \cdot \frac{\check{s}_b}{v_d} \cdot \frac{v_b}{d_d} \quad [\text{ks}] \quad (10)$$

$$\text{Uložení F} \quad N_{tE} = \frac{d_b}{v_d} \cdot \frac{\check{s}_b}{d_d} \cdot \frac{v_b}{\check{s}_d} \quad [\text{ks}] \quad (11)$$

kde:

- $N_t$  ... teoretický počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $d_b$  ... délka boxu /přepravky [mm]
- $\check{s}_b$  ... šířka boxu/přepravky [mm]
- $v_b$  ... výška boxu/přepravky [mm]
- $d_d$  ... délka dílu [mm]
- $\check{s}_d$  ... šířka dílu [mm]
- $v_d$  ... výška dílu [mm]

Následující vztahy je třeba aplikovat na každý z šesti typů uložení:

Teoretická hmotnost:

$$m_t = N_t \cdot m_d \quad [\text{kg}] \quad (12)$$

kde:

- $m_t$  ... teoretická hmotnost dílů v boxu/přepravce [kg]
- $N_t$  ... teoretický počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $m_d$  ... hmotnost jednoho dílu [kg]

Skutečný počet dílů v boxu/přepravce:

$$m_t \leq m_p \quad N_{sk} = N_t \quad [\text{ks}] \quad (13)$$

$$m_t > m_p \quad N_{sk} = \frac{m_p}{m_d} \quad [\text{ks}] \quad (14)$$

kde:

- $m_t$  ... teoretická hmotnost dílů v boxu/přepravce [kg]
- $m_p$  ... nosnost boxu/přepravky [kg]
- $N_{sk}$  ... skutečný počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $N_t$  ... teoretický počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $m_d$  ... hmotnost jednoho dílu [kg]

Skutečná hmotnost:

$$m_{sk} = N_{sk} \cdot m_d \quad [\text{kg}] \quad (15)$$

kde:

- $m_{sk}$  ... skutečná hmotnost dílů v boxu/přepravce [kg]
- $N_{sk}$  ... skutečný počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $m_d$  ... hmotnost jednoho dílu [kg]

Počet montážních operací:

$$N_{op} = \frac{N_{sk}}{N_{1op}} \cdot N_b \quad [\text{operace}] \quad (16)$$

kde:

- $N_{op}$  ... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů pro daný díl [operace]
- $N_{sk}$  ... skutečný počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $N_{1op}$  ... počet stejných dílů potřebných na jednu montážní operaci [ks]
- $N_b$  ... počet boxů/přepravek pro určitý díl [ks]

Zásobovací takt (doba mezi dvěma zásobováními) montážní linky:

$$t_z = \frac{N_{op} \cdot t_t}{60} \quad [\text{h}] \quad (17)$$

kde:

- $t_z$  ... zásobovací takt [h]
- $N_{op}$  ... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů pro daný díl [operace]
- $t_t$  ... teoretický takt montážní linky [min]

Využitá kapacita boxu/přepravky:

$$K = \frac{d_d \cdot \check{s}_d \cdot v_d \cdot N_{sk}}{d_b \cdot \check{s}_b \cdot v_b} \cdot 100 \quad [\%] \quad (18)$$

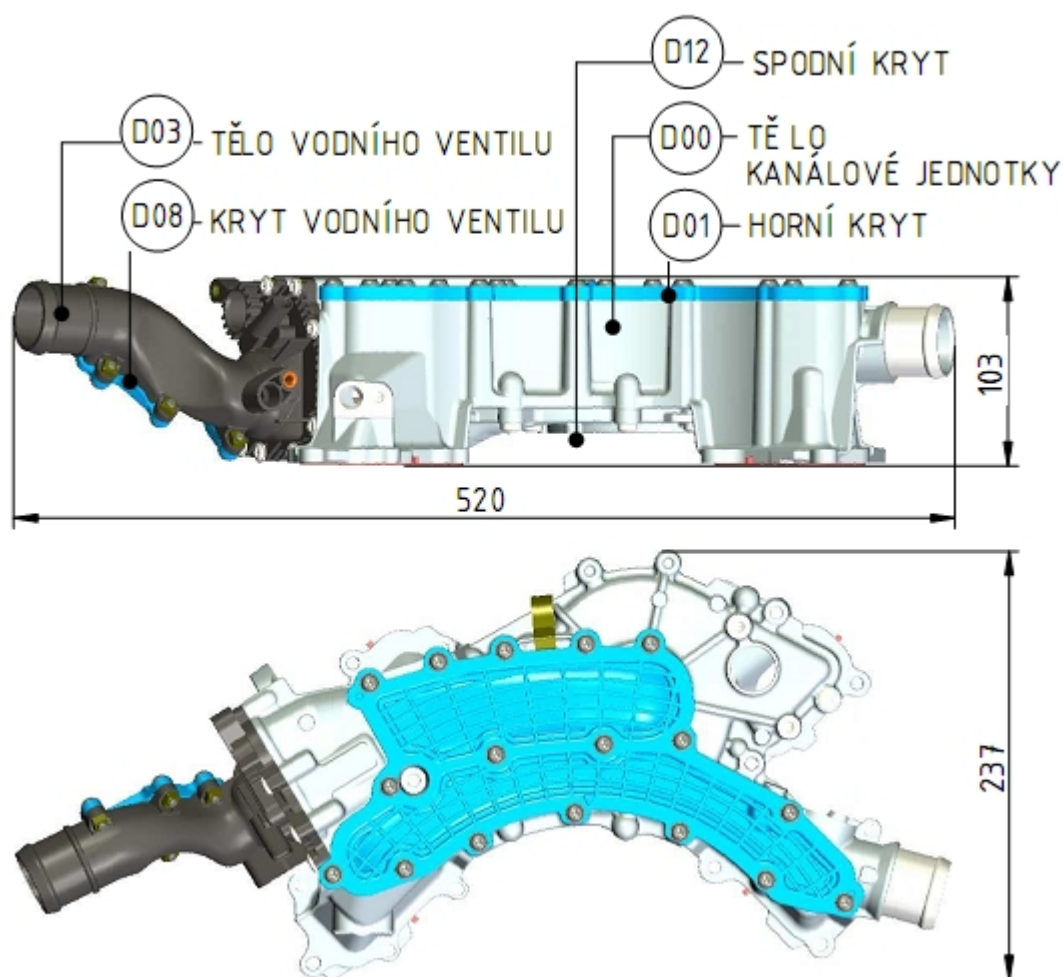
kde:

- $K$  ... využitá kapacita boxu/přepravky [%]
- $N_{sk}$  ... skutečný počet dílů v boxu/přepravce [ks]
- $d_b$  ... délka boxu/přepravky [mm]
- $\check{s}_b$  ... šířka boxu/přepravky [mm]
- $v_b$  ... výška boxu/přepravky [mm]
- $d_d$  ... délka dílu [mm]
- $\check{s}_d$  ... šířka dílu [mm]
- $v_d$  ... výška dílu [mm]

Dle terminologie této práce by bylo vhodnější kapitolu nazvat: Finální sestava, avšak k finále zbývá ještě velký počet stran.

## 2 ZADANÁ MONTÁŽNÍ SESTAVA

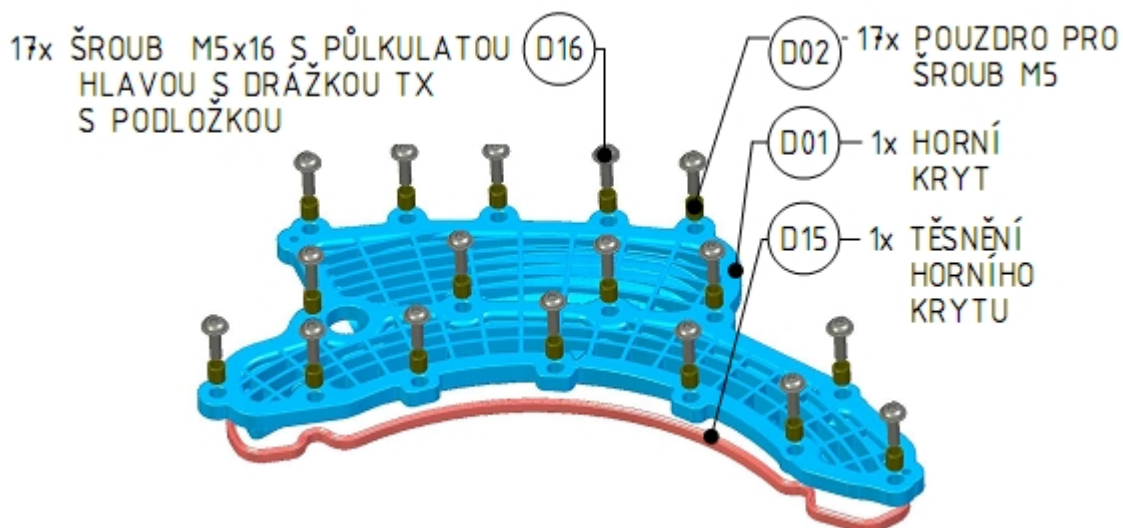
Zadanou montážní sestavou, která má být co nejefektivněji smontována, je kanálová jednotka (součást vodního rozdělovače automobilu) o rozměrech 520 x 237 x 103 mm (viz obr.14) sestávající z 31 dílů. Slovní popis této práce mnohdy nepoužívá přesné názvy jednotlivých dílů, ale pro přehlednost je zjednodušuje. Jednotlivé díly jsou vymezeny označením uvedeným v závorkách. Ačkoliv označení působí chaoticky a nepřehledně, pojí se se stávajícím montážním postupem – viz kapitola 3.



Obr. 14: Kanálová jednotka.

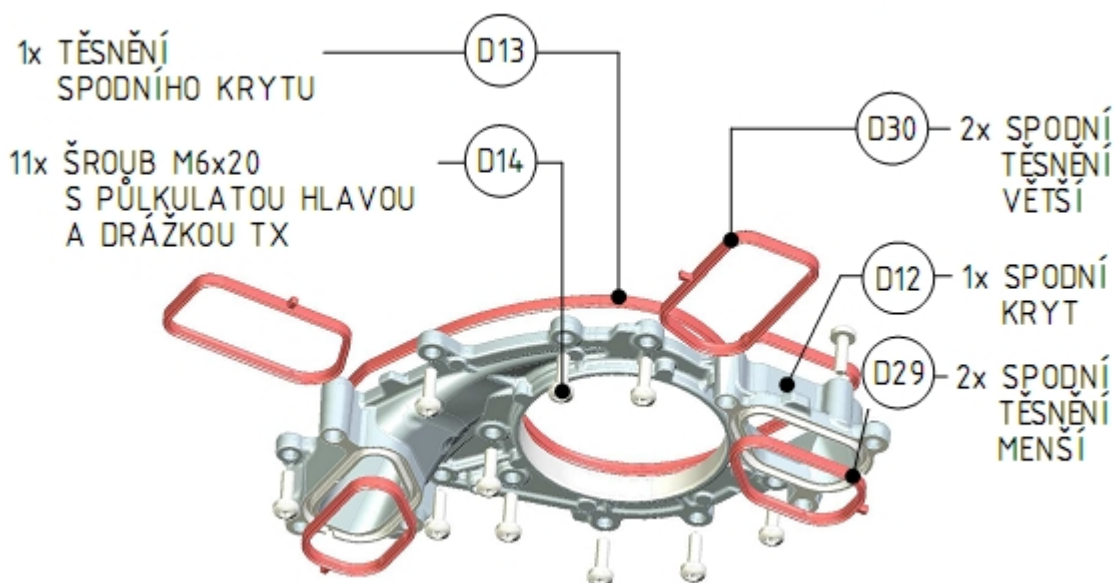
Základním dílem, k němuž bude probíhat montáž dílů ostatních, je tělo kanálové jednotky (D00 – viz obr. 14). Na tomto těle jsou z horní i spodní strany přišroubovány kryty (D01, D12) a z levé strany (dle obr.14) pak vodní ventil sestávající z několika dílů.

Před sešroubováním horního krytu (D01) 17-ti šrouby (D16) s tělem kanálové jednotky (D00) je třeba zalisovat do zmíněného krytu (D01) 17 pouzder (D02) a vložit těsnění (D15), jak znázorňuje obr. 15.



Obr. 15: Horní kryt a díly potřebné k jeho montáži.

I spodní kryt (D12) je zapotřebí vybavit těsněním (D13). Až po té může dojít k našroubování 11-ti šroubů (D14) spojujících tento kryt (D12) s tělem kanálové jednotky (D00). Na spodní stranu vzniklé sestavy budou namontována 4 těsnění (D29, D30). Viz obr. 16.

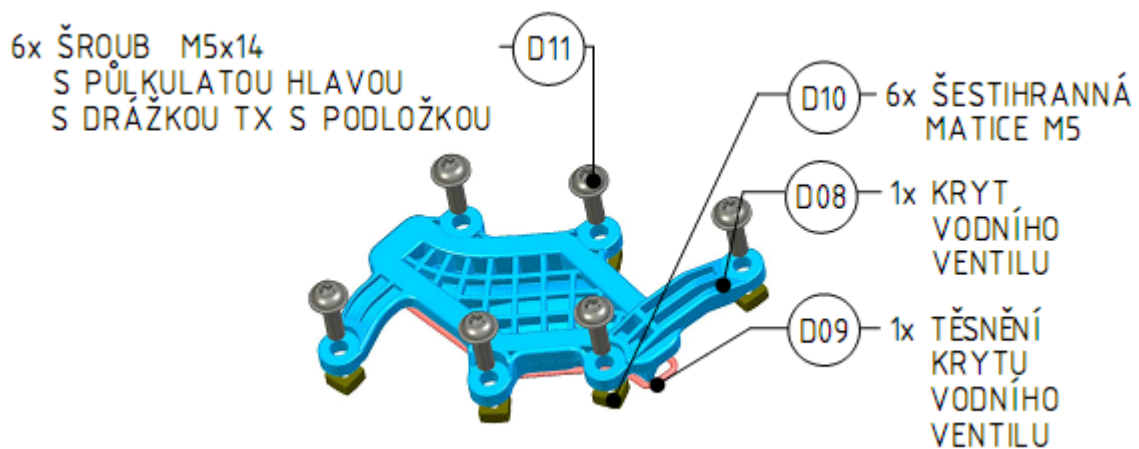


Obr. 16: Spodní kryt a díly potřebné k jeho montáži.

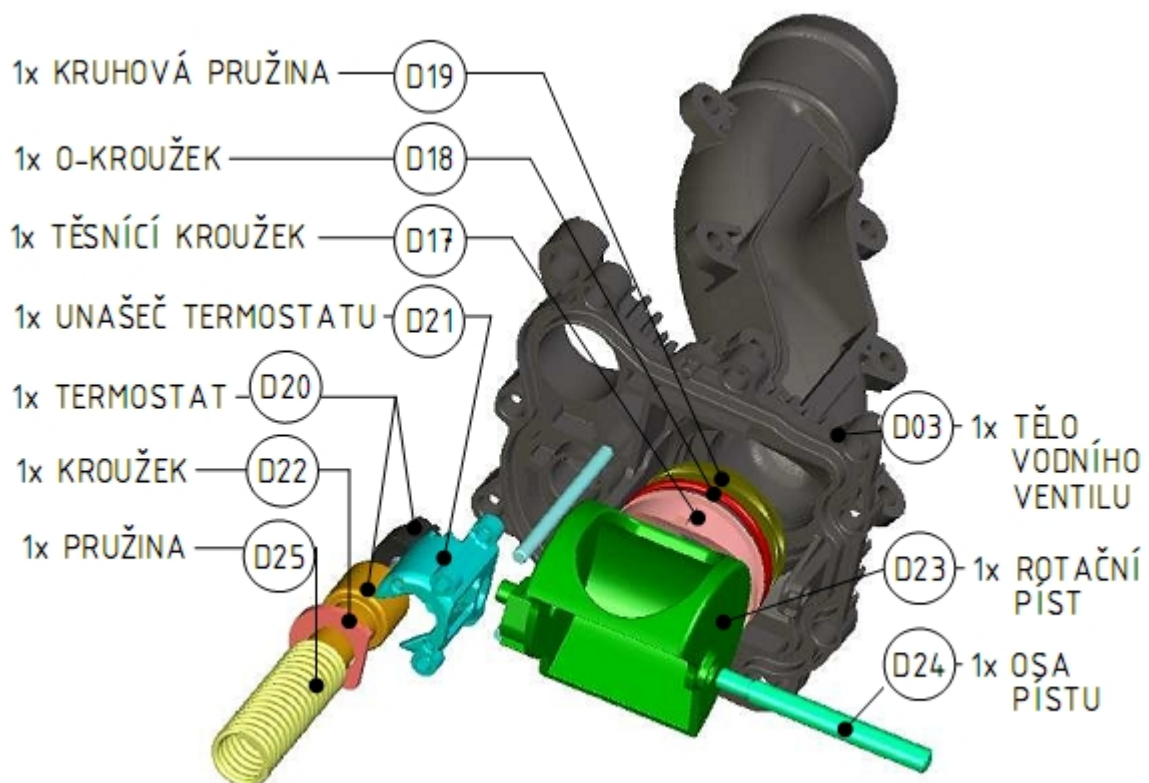
Kryt (D08) a tělo vodního ventilu (D03) jsou sešroubovány 6-ti šrouby pojištěnými maticemi (D10). Mezi šroubovanými díly se opět nachází těsnění (D09). Viz obr. 17.

Před sešroubováním sestavy vodního ventilu (S) s tělem kanálové jednotky (D00) je třeba správně seskládat mechanismus sestávající z 9-ti dílů vyobrazených na obr. 18. Do otvoru v těle vodního ventilu (D03) má být nejprve vložena kruhová pružina (D19) a za ní těsnící kroužek (D17) opatřený o-kroužkem (D18). Vodicí tyče (součást těla vodního ventilu (D03); na obrázku modře), jsou určeny pro unašeč (D21) s vloženým termostatem (D20). Na termostatu se dále nachází plastový kroužek (D22) a za ním pak pružina (D25), která je na druhém konci zapřena

výběžkem horního krytu (D01). Zbývá popsat rotační píst (D23) (zapadající do unašeče (D21)) s možností rotace kolem osy (D24). Každý z konců osy pístu (D24) je umístěn v jednom z výběžků těla vodního ventilu (D03).

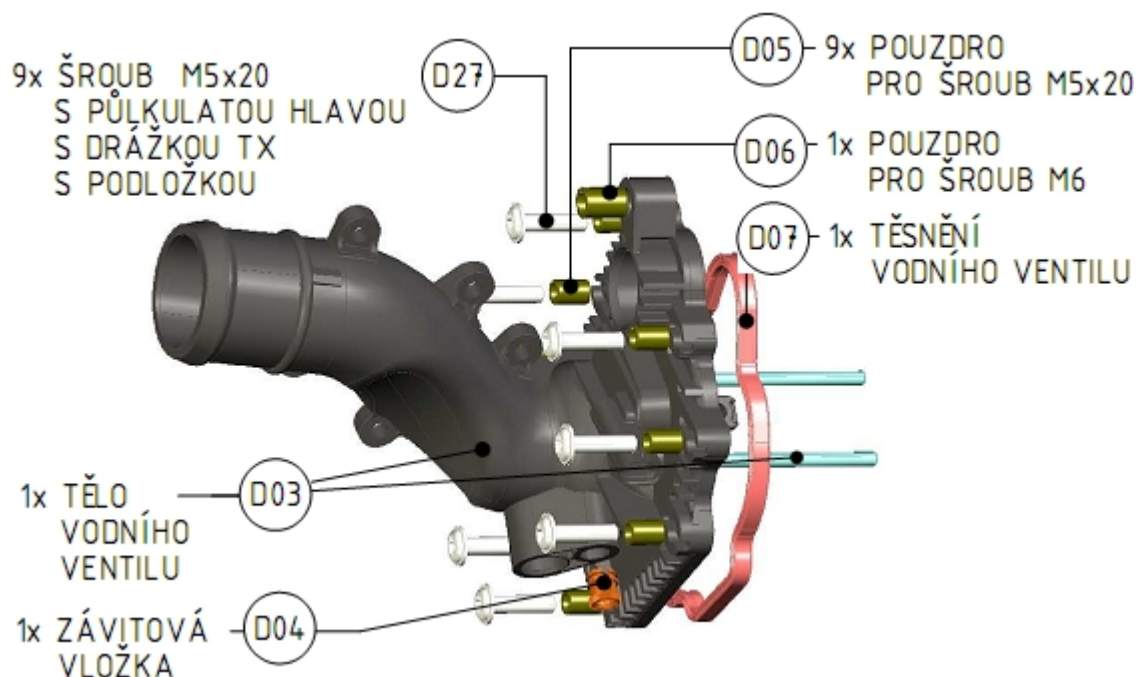


Obr. 17: Kryt vodního ventilu a díly potřebné k jeho montáži.



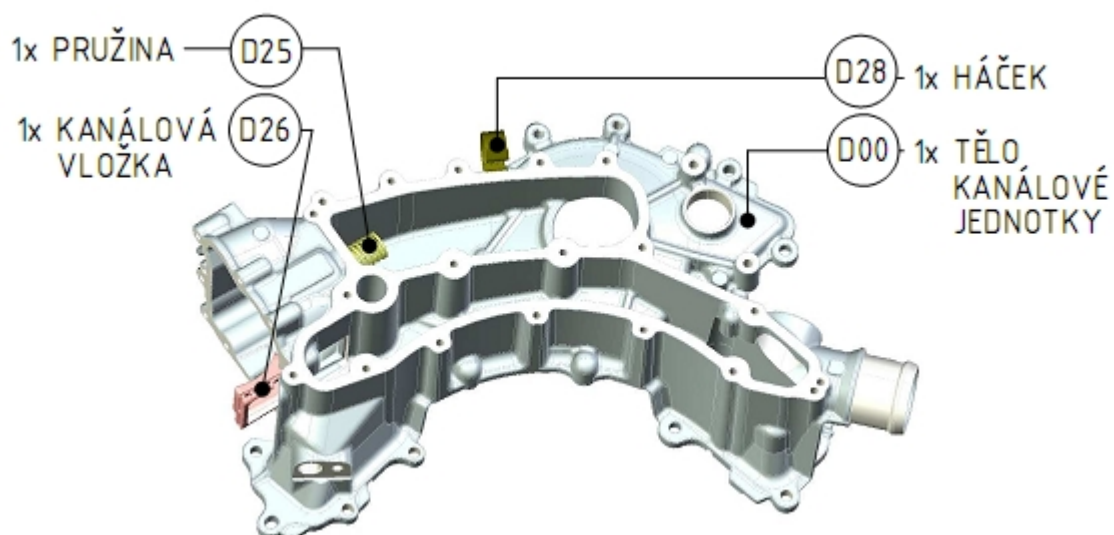
Obr. 18: Vnitřní mechanismus vodního ventilu.

Do těla vodního ventilu je zapotřebí ještě nalisovat 10 pouzder (D05, D06) a závitovou vložku (D04). Tyto operace budou provedeny před montáží vnitřního mechanismu. Po vtlačení těsnění (D07) do vymezeného prostoru již nic nebrání sešroubování těla vodního ventilu (D03) s tělem kanálové jednotky (D00) 9-ti šrouby (D27), jak znázorňuje obr. 19.



Obr. 19: Tělo vodního ventilu a díly potřebné k jeho montáži.

Na posledním obrázku (DL) jsou uvedeny díly, které by na obrázcích výše uvedených nevynikly. Kanálová vložka (D26) je vsunuta do těla kanálové jednotky (D00) (pod rotační píst (D23)) a háček (D28 - k uchycení trubky, jež není součástí zadání) je namontován na zadní stěnu (dle obr.20).



Obr. 20: Tělo kanálové jednotky společně se zbývajícími díly.

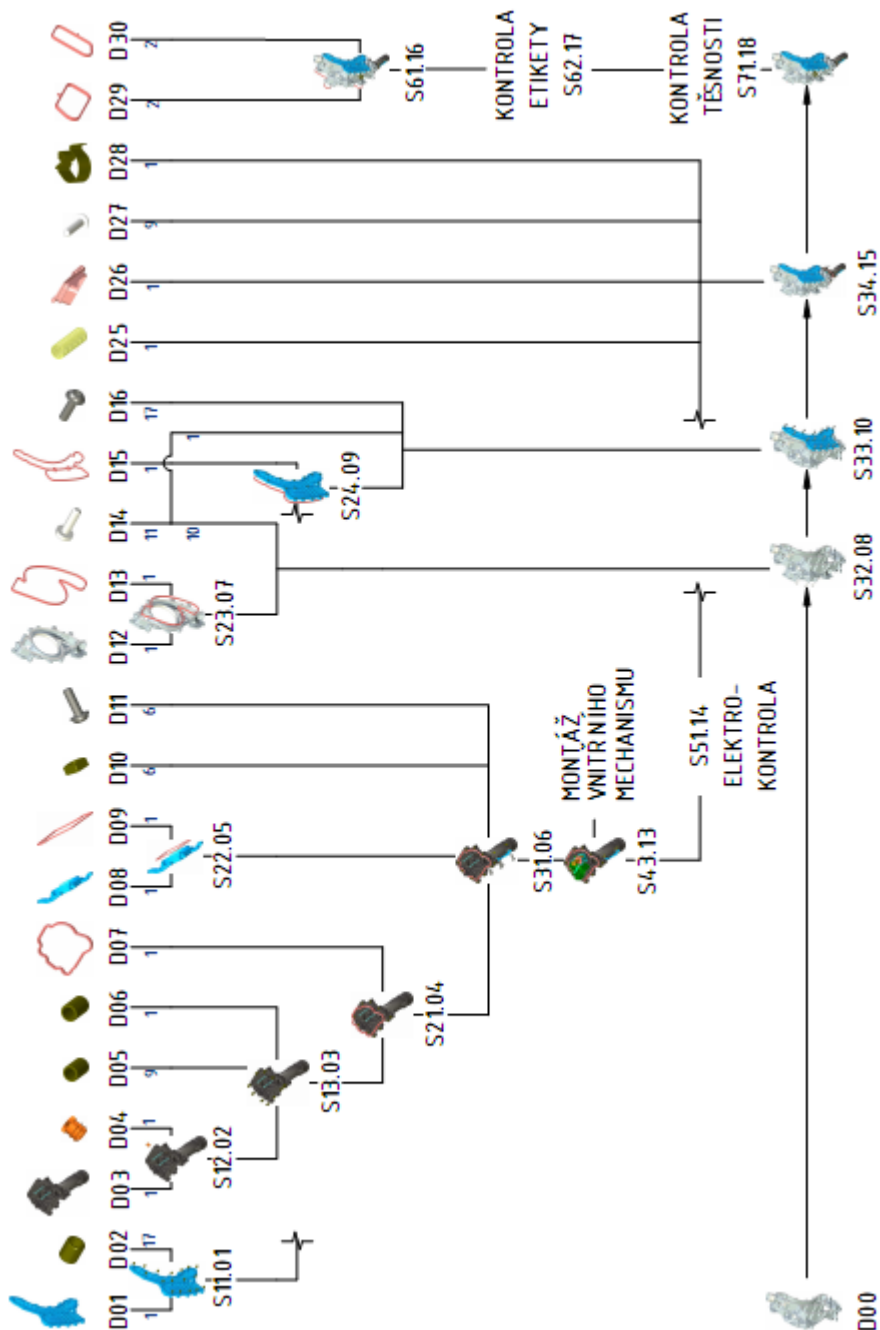
V tabulce níže jsou přehledně sepsány jednotlivé díly.

Tab. 9: Jednotlivé díly zadané montážní sestavy.

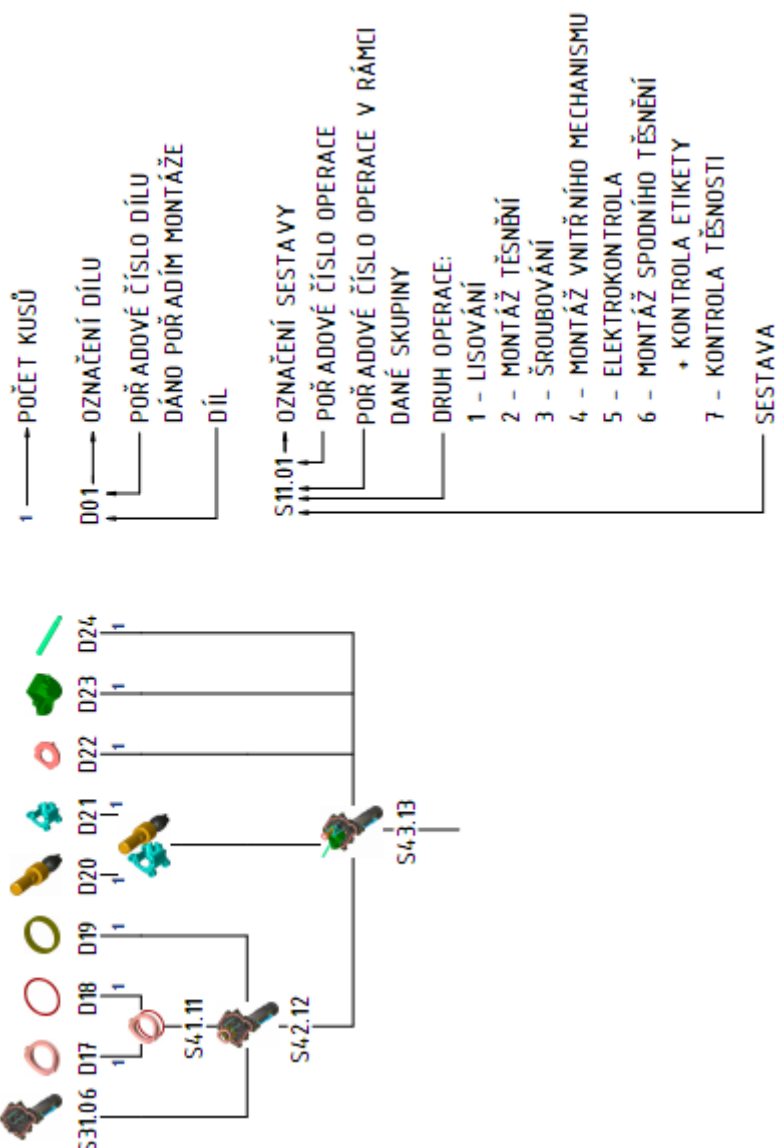
Označení	Název	Počet kusů	Znázornění v rámci sestavy
D00	tělo kanálové jednotky	1	Obr. 1, 7
D01	horní kryt	1	Obr. 1, 2
D02	pouzdro pro šroub M5x16	17	Obr. 2
D03	tělo vodního ventilu	1	Obr. 1, 5, 6
D04	závitová vložka	1	Obr. 6
D05	pouzdro pro šroub M5x20	9	Obr. 6
D06	pouzdro pro šroub M6	1	Obr. 6
D07	těsnění vodního ventilu	1	Obr. 6
D08	kryt vodního ventilu	1	Obr. 1, 4
D09	těsnění krytu vodního ventilu	1	Obr. 4
D10	šestihránná matice M5	6	Obr. 4
D11	šroub M5x14 s půlkulatou hlavou s drážkou TX s podložkou	6	Obr. 4
D12	spodní kryt	1	Obr. 1, 3
D13	těsnění spodního krytu	1	Obr. 3
D14	šroub M6x20 s půlkulatou hlavou a drážkou TX	11	Obr. 3
D15	těsnění horního krytu	1	Obr. 2
D16	šroub M5x16 s půlkulatou hlavou s drážkou TX s podložkou	17	Obr. 2
D17	těsnící kroužek	1	Obr. 5
D18	o-kroužek	1	Obr. 5
D19	kruhová pružina	1	Obr. 5
D20	termostat	1	Obr. 5
D21	unašeč termostatu	1	Obr. 5
D22	kroužek	1	Obr. 5
D23	rotační píst	1	Obr. 5
D24	osa pístu	1	Obr. 5
D25	pružina	1	Obr. 5, 7
D26	kanálová vložka	1	Obr. 7
D27	šroub M5x20 s půlkulatou hlavou s drážkou TX s podložkou	9	Obr. 6
D28	háček	1	Obr. 7
D29	spodní těsnění menší	2	Obr. 3
D30	spodní těsnění větší	2	Obr. 3

### 3 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ MONTÁŽNÍ LINKY

Postup stávající montáže je schématicky uveden na obr. 21 a obr. 22, slovní popis obsahuje tab. 10.



Obr. 21: Schéma montáže při stávajícím řešení.



Obr. 22: Schéma montáže vodního ventilu při stávajícím řešení.

Tab. 10: Montážní postup s popisem pohybů mezi pracovišti.

Pořadí operace	Popis operace	Výsledná sestava
pracoviště: LISOVÁNÍ		
1.	• nalisování 17-ti pouzder (D02) do horního krytu (D01)	S11.01
2.	• nalisování závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03)	S12.02
3.	• nalisování 9-ti pouzder pro šroub M5x20 (D05) a pouzdra pro šroub M6 (D06) do sestavy sestavy vodního ventilu (D12.02)	S13.03
přechod k pracovišti: MONTÁŽ TĚSNĚNÍ		
4.	• ruční montáž těsnění vodního ventilu (D07) na sestavu vodního ventilu (S13.03)	S21.04

## STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ MONTÁŽNÍ LINKY

5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž těsnění krytu vodního ventilu (D08) na kryt vodního ventilu (D09)</li> </ul>	S22.05
přechod k pracovišti: ŠROUBOVÁNÍ		
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>sešroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) se sestavou těla vodního ventilu (S21.04) 6-ti šrouby M5x16 (D11) s šesti maticemi (D10)</li> <li>namazání závitového bitu a kalibrování (prošroubování) závitové vložky (D04)</li> </ul>	S31.06
přechod k pracovišti: MONTÁŽ TĚSNĚNÍ		
7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž těsnění spodního krytu (D13) na spodní kryt (D12)</li> </ul>	S23.07
přechod k pracovišti: ŠROUBOVÁNÍ		
8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>sešroubování sestavy spodního krytu (S23.07) s tělem kanálové jednotky (D00) 10-ti šrouby M6x20 (D14)</li> </ul>	S32.08
přechod k pracovišti: MONTÁŽ TĚSNĚNÍ		
9.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž těsnění horního krytu (D15) na sestavu horního krytu (S11.01)</li> </ul>	S24.09
10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>zašroubování jednoho šroubu M6x20 (D14) (ten je posledním z 11-ti šroubů, které spojují sestavu spodního krytu (S23.07) s tělem kanálové jednotky (D00))</li> <li>sešroubování sestavy horního krytu (S24.9) se sestavou těla kanálové jednotky 17-ti šrouby M5x16 (D11)</li> </ul>	S33.10
přechod k pracovišti: MONTÁŽ VNITŘNÍHO MECHANISMU		
11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž o-kroužku (D18) na těsnící kroužek (D17)</li> </ul>	S41.11
12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>namazání vnitřku sestavy těla vodního ventilu (S31.06)</li> <li>nalísování kruhové pružiny (D19) a sestavy s o-kroužkem (4.11) do sestavy těla vodního ventilu (S31.06)</li> </ul>	S42.12
13.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž termostatu (D120) s nosičem termostatu (D21), vložení do sestavy těla vodního ventilu (S41.12) a nasazení kroužku (D22)</li> <li>montáž pístu (D23) a osy pístku (D24) do sestavy těla vodního ventilu (S42.12)</li> </ul>	S43.13
přechod k pracovišti: ELEKTROKONTROLA		
14.	<ul style="list-style-type: none"> <li>provedení elektrokontroly sestavy těla vodního ventilu (kontrola termostatu (D20))</li> <li>v případě pozitivního výsledku nalepení etikety</li> </ul>	S51.14
přechod k pracovišti: ŠROUBOVÁNÍ		
15.	<ul style="list-style-type: none"> <li>vložení pružiny (D25) a kanálové vložky (D26) do sestavy těla kanálové jednotky (S33.10)</li> <li>sešroubování sestavy vodního ventilu (S51.14) se sestavou těla kanálové jednotky (S33.10) 9-ti šrouby M5x20 (D27)</li> </ul>	S34.15
přechod k pracovišti: MONTÁŽ SPODNÍHO TĚSNĚNÍ + KONTROLA ETIKETY		
16.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž háčku (D28), dvou spodních těsnění menších (D29) a dvou spodních těsnění větších (D30)</li> </ul>	S61.16
17.	<ul style="list-style-type: none"> <li>provedení kontroly etikety (lepené v 14. operace)</li> </ul>	S62.17

přechod k pracovišti: KONTROLA TĚSNOSTI		
18.	<ul style="list-style-type: none"> <li>provedení kontroly těsnosti sestavy těla kanálové jednotky (S71.17)</li> </ul>	S71.18 (FS)
přechod k paletám a kontejnerům		
19.	<ul style="list-style-type: none"> <li>odložení finální sestavy do připravené přepravky</li> </ul>	
20.	<ul style="list-style-type: none"> <li>naložení nových dílů (D00, D03, D03, D12) na pojízdný stůl</li> </ul>	

**Názvosloví sestav:**

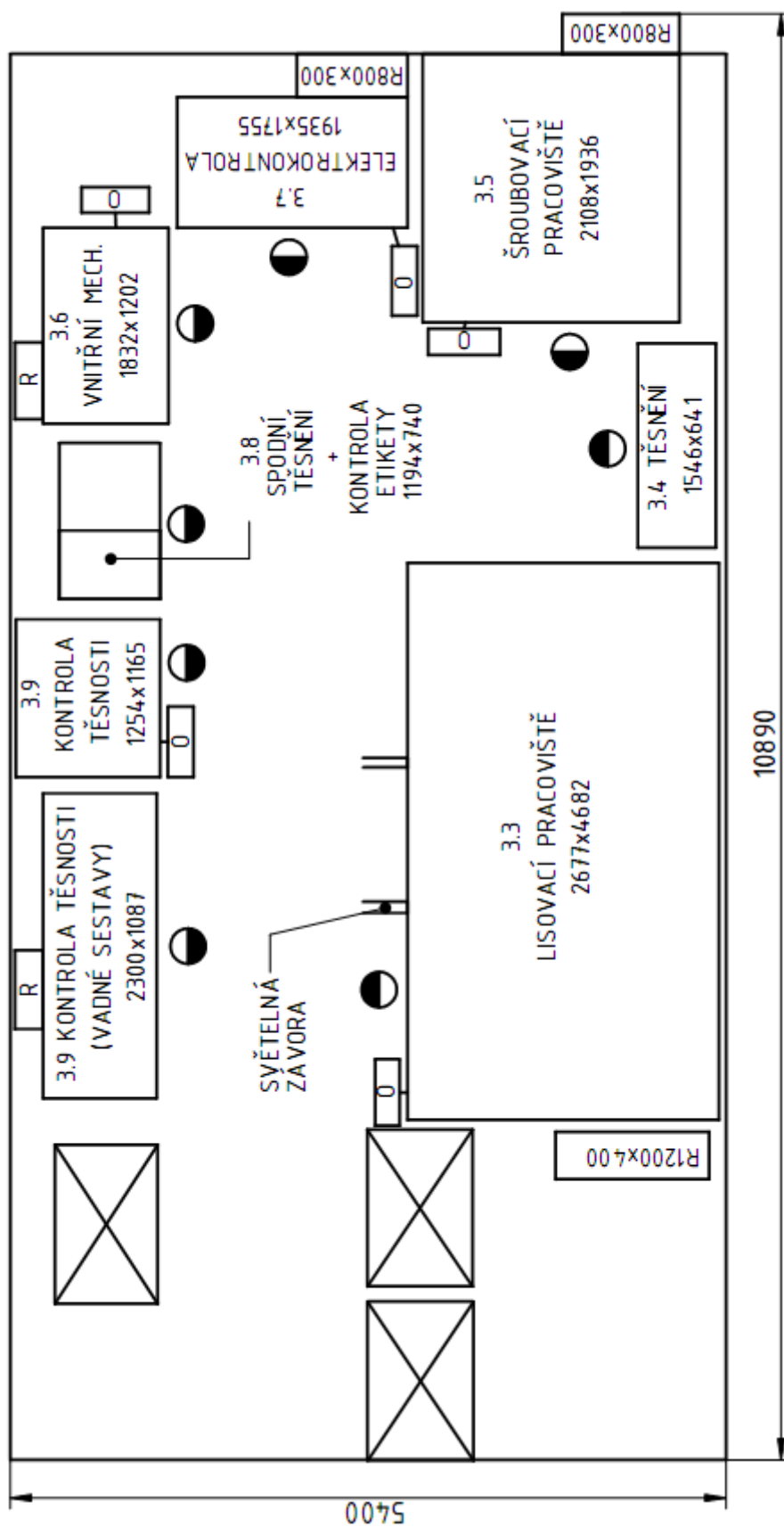
Bylo by velmi obtížné zavádět 18 různých názvů sestav pro 18 různých operací a následně se v nich přehledně orientovat. Proto jsou jednotlivé sestavy ve slovním popisu nazvány dle jejich základního dílu. Označení v závorkách za názvy je samozřejmě již specifické. Více v tab. 11.

Tab. 11: Názvosloví sestav.

Označení sestavy	Název	prováděná operace
S11.01	sestava horního krytu	lisování
S12.02	sestava těla vodního ventilu	
S13.03	sestava těla vodního ventilu	
S21.04	sestava těla vodního ventilu	přecházení mezi montážmi těsnění a šroubováním
S22.05	sestava krytu těla vodního ventilu	
S31.06	sestava těla vodního ventilu	
S23.07	sestava spodního krytu	
S32.08	sestava těla kanálové jednotky	
S24.09	sestava horního krytu	
S33.10	sestava těla kanálové jednotky	montáž vnitřního mechanismu
S41.11	sestava těla vodního ventilu	
S42.12	sestava těla vodního ventilu	
S43.13	sestava vodního ventilu	elektrokontrola
S51.14	sestava vodního ventilu	
S34.15	sestava těla kanálové jednotky	šroubování celku
S61.16	sestava těla kanálové jednotky	spodní těsnění
S62.17	sestava těla kanálové jednotky	kontrola etikety
S71.18 (FS)	finální sestava	kontrola těsnosti

**3.1 Dispoziční řešení stávající montážní linky**

Přehledné dispoziční řešení stávající montážní linky je přehledně znázorněno na následující straně (obr. 23a). Čísla u jednotlivých pracovišť značí čísla kapitol v nichž je dané pracoviště popisováno.



Obr. 23a: Dispoziční řešení stávající montážní linky.

Pro danou montážní linku (viz obr. 23a a 23) bylo zvoleno předmětné uspořádání pracovišť ve tvaru písmene „U“. První poloautomatické pracoviště je určeno k zalisování pouzder, následuje ruční pracoviště určené k montáži těsnění a dále poloautomatické pracoviště šroubovací s otočným stolem zabírající zadní roh linky. Vrchol pomyslného písmene „U“ je dotvořen dvěma kontrolními stanicemi, kde je ověřena správná elektro-funkce systému. Ruční pracoviště pro montáž vnitřní části vodního ventilu se nachází jako další v pořadí (již na delší straně pomyslného „U“). Vedle něj dochází i k ruční montáži spodních těsnění. Poslední stanicí je kontrola těsnosti finální sestavy. Správné kusy se odkládají na palety (do přepravek), vadné do pozic vymezených na pracovním stole, odkud poputují k analýze.

Rozměry linky: 10890 x 5400 x 2470 mm.



Obr. 23: Stávající montážní linka.

#### Zhodnocení:

Předmětné uspořádání montážní linky je výhodné vzhledem ke snížení nákladů na stroje – předepsaný takt stroje umožňuje použití pouze jednoho šroubováku a ruční nasazování šroubů do jednotlivých dílů/sestav. Lisování je prováděno také jediným strojem, což opět může snížit náklady.

Na lince se vyskytuje nesoulad mezi kontrolami provedení jednotlivých úkonů. Jsou pracoviště (šroubování), kde je potvrzování příliš časté, naopak ruční pracoviště montáže těsnění je zcela bez kontroly.

Pravděpodobně největší nevýhodou je způsob návaznosti jednotlivých pracovišť. Z jistého pohledu se jedná o logické uspořádání, které má vhodný tvar pro operátory. Nepříznivější už je přecházení operátora od jednoho stanoviště k druhému (mnohdy napříč linkou) – nejen, že je příliš mnoho času spotřebováno na chůzi, ale roste pravděpodobnost vynechání jednoho z pracovišť.

### Závěr:

Je těžké a mnohdy i nemožné navrhnout montážní linku, která by byla ve všech ohledech tím nejlepším možným řešením. Vždy se najdou dva protipóly, kdy naplnění jednoho bude znamenat nesplnění druhého. Avšak jisté zlepšení je možné snad vždy.

Zde by mohl být zlepšením návrh nového rozmístění jednotlivých pracovišť, nebo snad i změna celého konceptu montážní linky.

### 3.2 Převoz dílů mezi pracovišti

Pro převoz jednotlivých dílů (D00, D01, D03, D12) mezi stanicemi se používá pojízdný stůl (obr. 24), jehož výška je dána požadavky ergonomie. Každý díl určený k převozu mezi pracovišti je umístěn na desce stolu ve vymezené pozici, která brání horizontálnímu posuvu dílů.



Obr. 24: Pojízdný stůl.

### Zhodnocení:

Pro operátory se jedná o nenáročné převážení dílů mezi jednotlivými pracovišti. Drobnou nevýhodou je, že se pojízdný stůl při nevhodném zaparkování může stát přítěží a překážkou při přecházení mezi operacemi.

Je třeba zmínit, že je tento způsob přepravy nejvíce využíván při přesunu dílů mezi lisovacím pracovištěm a ručním pracovištěm k montáži těsnění. Mezi dalšími operacemi jsou výsledné montážní jednotky přenášeny ručně – jedná se o přirozenější a rychlejší postup práce. Dojde-li k takovému přenášení až k poslednímu pracovišti, je patrné, že se operátor musí vracet zpět pro pojízdný stůl a převést jej do výchozí polohy.

### Závěr:

Automatické řešení systému dopravy dílů do jednotlivých stanic by bylo příliš nákladné a pravděpodobně i neefektivní. Bylo by příhodné řešit technologické uspořádání pracovišť takovým způsobem, aby pojízdný vozík nepřekážel operátorům v průběhu montáže a aby nebylo nutné navracet vozík do výchozí polohy. Případně by měla být zvážena možnost vozík zcela vypustit.

### 3.3 Lisovací pracoviště









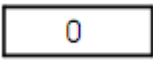
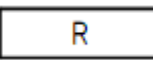
Lisovací pracoviště je uzpůsobeno do písmene „O“ (obr. 25). Uprostřed tohoto útvaru stojí lis, kolem něj je situován dopravní systém a dále pak průhledné krytování. Půdorysné rozměry pracoviště (s rozvaděčem) jsou: 4682 x 2677 mm.

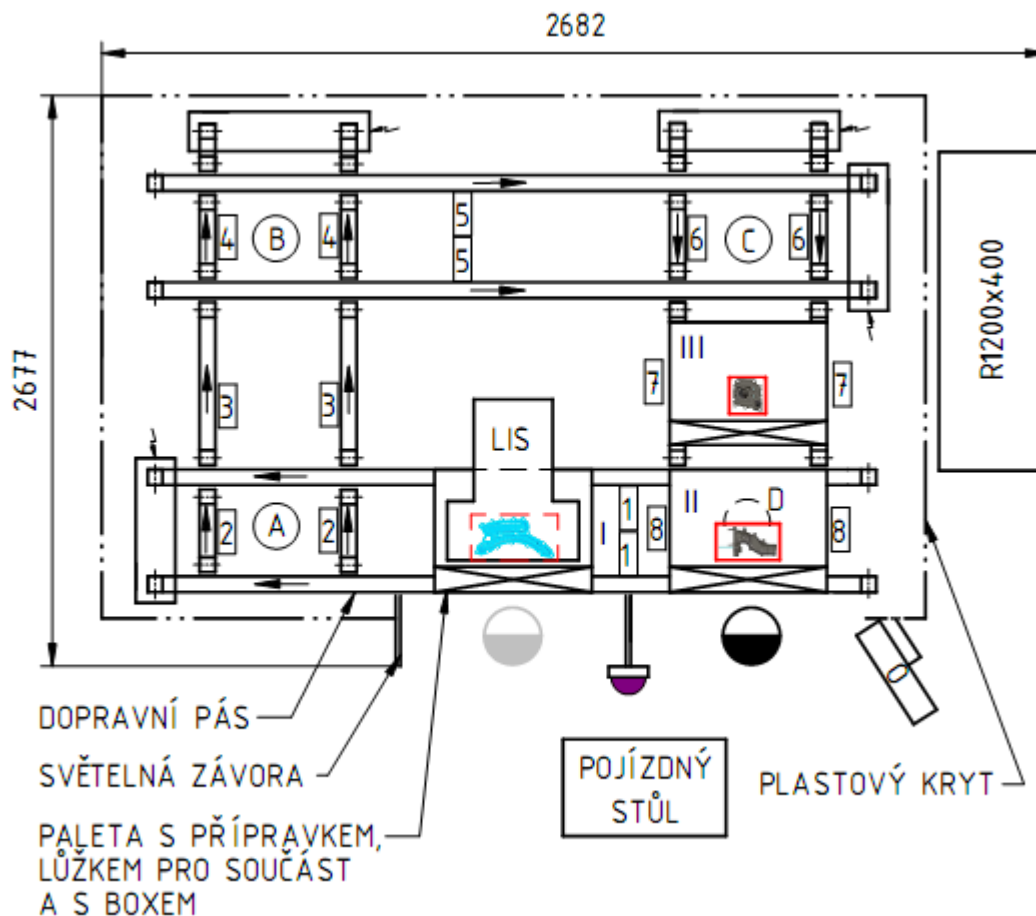


Obr. 25: Lisovací pracoviště.

Schématické znázornění je uvedeno na obr. 26, symboly nepopsané v rámci obrázku popisuje tab.11.

Tab. 12: Schématické značky.

symbol	popis	symbol	popis
	tlačítko signalizující ukončení operace v rámci pracoviště		box
	stop tlačítko		lůžko v němž je ustaven díl/sestava
	pod sebou umístěné červené a černé tlačítko		prostor vymezený pro přípravek
	operátor		ochranný (plastový) kryt kolem pracoviště
	obrazovka 500 x 200 mm		rozvaděč 600 x 200 mm (jiná velikost je poznačena za R)



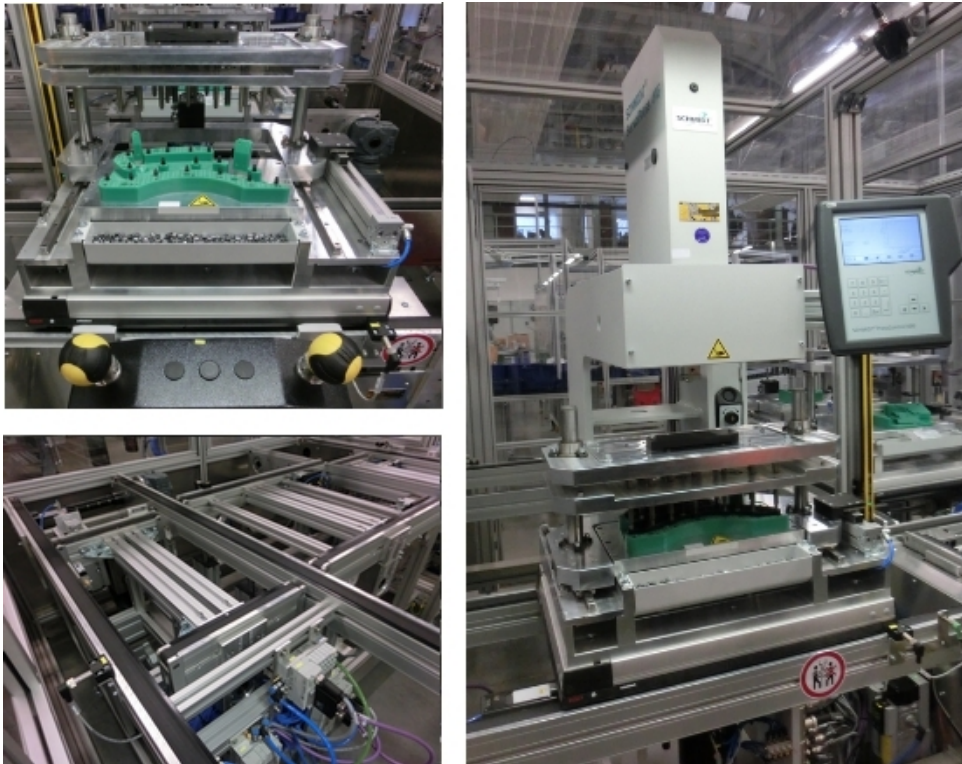
Obr. 26: Schéma lisovacího pracoviště.

Číslice 1 a 5 umístěné v obdélnících označují dvojice úzkých pásů (viz obr. 27 vlevo nahoře) provedených rovnoběžně s delší stranou „U“ montážního pracoviště, číslice 2 až 4 a 6 až 8 popisují dvojice pásů uložených příčně. Dvojice pásů 3 a 7 jsou uloženy výše ve srovnání s pásy 1 a 5. Zbylé segmenty (3, 5, 6, 8) jsou do požadované výšky zvedány pneumatickými motory A, B, C, D.

Jsou-li přípravky I, II, III v pozici dané obrázkem (F), bude další přesun probíhat následujícím způsobem:

- a) rozpohybování dvou úzkých rovnoběžných pásů s označením 1 vlevo (po směru hodinových ručiček)
  - motory D a A v dolní úvratí
  - najetí přípravku I nad dvojici pásů s označením 3
  - najetí přípravku II pod lis
- b) lisování
  - vyvýšení segmentů 2 a 4 na úroveň dvojice pásů 3 (motory A a B v horní úvratí)
  - vyvýšení segmentů 6 a 8 na úroveň dvojice pásů 7 (motory C a D v horní úvratí)

- c) rozpohybování dvojic pásů s označením 2, 3, 4 a 6, 7, 8 po směru hodinových ručiček
- příčný pohyb přípravku II směrem od operátora
  - příčný pohyb přípravku III k obsluze



Obr. 27: Vlevo nahoře je vyobrazen detail dopravního pásu. Pod ním se nachází jeden z přípravků a vpravo od něj pak lis.

#### Práce operátora:

- a) pojízdný stůl (umístěný v blízkosti lisovacího pracoviště)
- odebrat horní kryt (D01) z pojízdného stolu
- b) stanoviště zakládání (stanoviště vlevo od lisu, v místě symbolu operátora) – I. přípravek
- založit horní kryt (D01) do přípravku I, který se nachází na levé straně pásu 1 (ve stanovišti zakládání)
  - vložit pouzdra (D02) na trny, které vyčníhají skrz otvory v horním krytu (D01) (viz obr. 27 vlevo dole)
  - zaaretovat pouzdra (D02) v přípravku pohybem joysticku (viz obr. 27 vlevo dole)
    - horní část přípravku sjede níže a uchytlí pouzdra
  - potvrdit provedení úkonu (stisknout tlačítko na obrazovce)
    - první přípravek je přesunut pod lis, druhý k operátorovi
- c) pojízdný stůl
- odebrat tělo vodního ventilu (D03) z pojízdného stolu

- d) stanoviště zakládání – II. přípravek
- založit tělo vodního ventilu (D03) do přípravku II
  - najet aretací z boku pohybem joysticku
  - vložit závitovou vložku (D04)
  - zaaretovat závitovou vložku (D04) v přípravku pohybem joysticku
    - horní část přípravku sjede níže
  - potvrdit provedení úkonu (stisknout tlačítko na obrazovce)
- e) stanoviště lisování (stanoviště nacházející se před lisem, uprostřed dopravního pásu 1) – I. přípravek
- odebrat sestavu horního krytu (S11.01) z lisu
  - odstoupit ze světelné závory + potvrdit odebrání černým tlačítkem
    - první přípravek je odsunut od lisu po směru hodinových ručiček, druhý zaujme jeho místo a třetí najede do pozice zakládání
  - čekat na lis
    - tělo vodního ventilu (D03) nacházející se ve druhém přípravku (kde právě probíhá lisování) je využíváno i v přípravku třetí operace
- f) pojízdný stůl
- odložit sestavu horního krytu (S11.01) na desku stolu
- g) stanoviště lisování – II. přípravek
- odebrat sestavu těla vodního ventilu (S12.02) z přípravku II
  - odstoupit ze světelné závory a potvrdit dokončení úkonu (černé tlačítko)
- h) stanoviště zakládání – III. přípravek
- založit sestavu těla vodního ventilu (S12.02) do přípravku III ve stanovišti zakládání
  - vložit pouzdra (S05, S06) na trny, které vybíhají skrz otvory v sestavě vodního ventilu (D03)
  - zaaretovat pouzdra v přípravku pohybem joysticku
    - horní část přípravku sjede níže a uchytí pouzdra
  - potvrdit provedení úkonu (stisknout tlačítko na obrazovce)
    - druhý přípravek je odsunut od lisu po směru hodinových ručiček, třetí zaujme jeho místo
- i) stanoviště lisování – III. přípravek
- odebrat sestavu těla vodního ventilu (S13.03) z přípravku III
- j) pojízdný stůl
- odebrat čip a připevňovací pásek z desky stolu
  - uchytit čip na předepsané místo na sestavě těla vodního ventilu (S13.03)
    - na ten budou postupně zaznamenávány operace prováděné na sestavě vodního ventilu (D03)
- k) stanoviště lisování
- potvrdit provedení operace přiblížením čipu k „zapisovací jednotce“, která je uložena u levé světelné závory druhého stanoviště

- přejít k dalšímu pracovišti

#### Zhodnocení:

Lisovací pracoviště obsahuje mnoho zajímavých podmětů, ale jsou zde jistá slabá místa, která by měla být upravena.

Je třeba ocenit zajímavé řešení přípravků. Jedná se o vcelku jednoduchou, avšak efektivní konstrukci. Výrazným prvkem jsou zde dva joysticky, které musí operátor přidržet, aby kryt přípravku přijel nad vložený díl. Tímto je vhodným a decentním způsobem zabráněno vniku rukou do prostoru, kde dochází k manipulaci. Bohužel má však konstrukce přípravků i svá úskalí – ne všechny trny dostatečně drží pouzdra ve správné poloze. Při rozpohybování přípravku směrem k lisu dochází k trhnutí, které může způsobit vyklonění nepřesně uložených pouzder. Sjíždějící aretace poté zpevní dané pouzdro ve vychýlené pozici a následné lisování poškodí v lepším případě pouze pouzdro či základní díl. Samotné lisování i aretace probíhají pozvolně. Operátor má mnoho času na reakci v podobě zmáčknutí stop tlačítka, či vkročení do světelné závory. Riziko chybovosti ovšem zůstává.

Pouzdra, jež mají být zalisována, si každý přípravek vozí ve své přední části. Tento převoz snižuje možnost namontování odlišného typu pouzdra na daný díl a vyhovuje požadavkům ergonomie. Nevýhodou řešení je obtížné doplňování dílů pracovníkem zásobování. Celý cyklus musí být spuštěn „na prázdko“, nebo bude muset tuto činnost zajišťovat přímo operátor.

Další částí lisovacího pracoviště, která stojí za zmínku, je dopravní systém. Nelze mu upřít konstrukční nápaditost, funkčnost, doladěnou návaznost jednotlivých kroků, avšak jsou zde i slabiny. Velká rozlehlost, příliš složitá programová a konstrukční náročnost a tím i vyšší pravděpodobnost poruch, dlouhé prodlevy a vyšší cena (jak dopravního systému, tak hotového výrobku (takt) a též údržby).

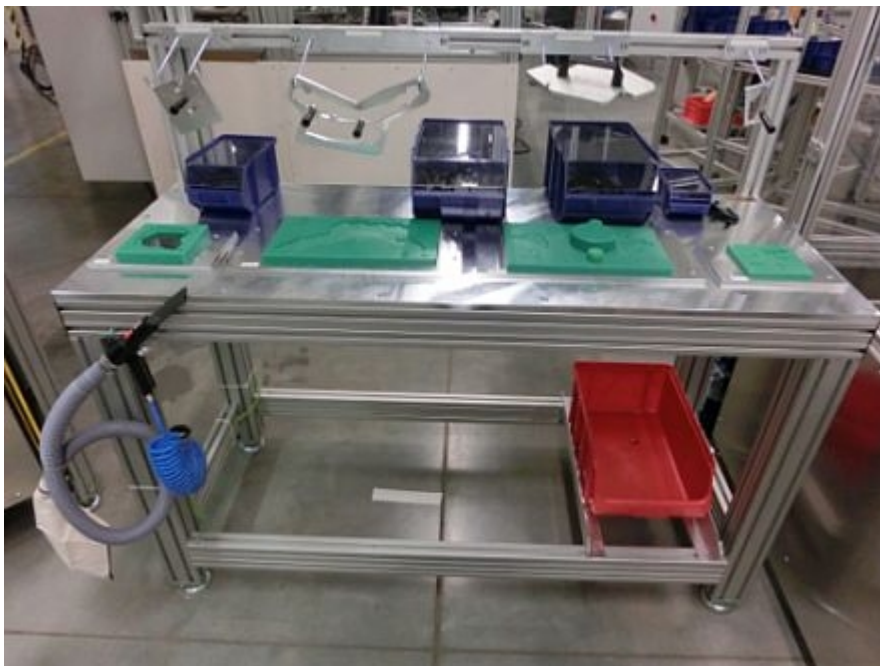
Nevýhodou celého zařízení je časté přecházení operátora mezi zakládáním, lisováním a pojízdovým stolem. Přičemž při přechodu mezi stanovišti se nejedná pouze o úkrok stranou, ale o obejití světelné závory. Potvrzování provedení jednotlivých úkonů tlačítka je z hlediska správnosti funkce a bezpečnosti výhodou, avšak z hlediska taktu a přehlednosti pro operátora to může být přítěž.

#### Závěr:

Odchytky ve správné funkci přípravků lze napravit malou změnou v konstrukci a senzorickém vybavení pracoviště, způsob doplňování dílů není ideální, avšak je relativně jednoduše řešitelný. Největší změnu je třeba provést v systému dopravy přípravků k operátorovi a lisu – méně přechodů pro operátora, méně zastavěného prostoru, méně potvrzování (bude-li to v rámci bezpečnosti možné).

### **3.4 Pracoviště na montáž těsnění**

Toto pracoviště (viz obr. 28 a 29) je tvořeno stolem o výšce dané vhodnou ergonomií při práci ve stoje. Na stole jsou uložena čtyři lůžka pro čtyři různé díly, na něž se montuje těsnění. Ke správnému přitisknutí těsnících gum do dílů jsou pracoviště vybavena pomůckami (přípravky) připomínajícími „větší razítka“ (pro každý díl je určen jiný tvar pomůcky).

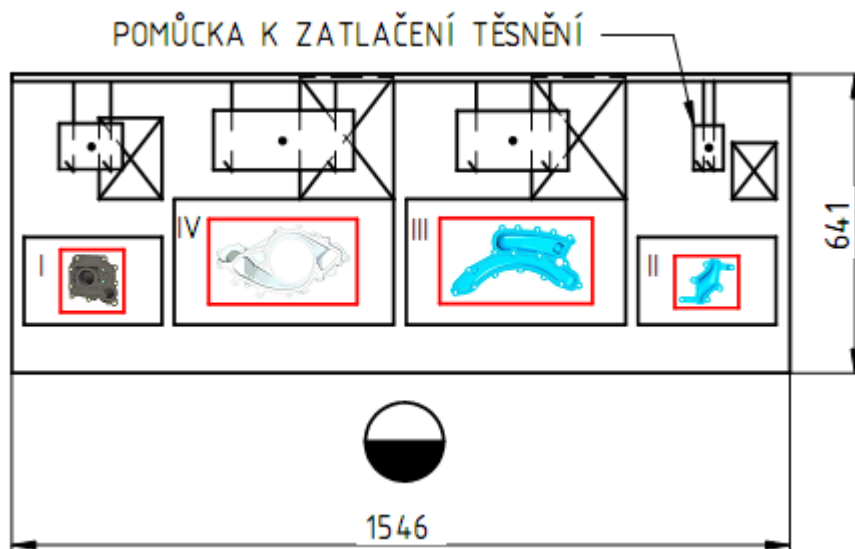


Obr. 28: Pracoviště na montáž těsnění.

Práce operátora:

Operátor postupně odebere sestavu horního krytu (S11.01), sestavu těla vodního ventilu (S13.3) a spodní kryt (D12) z desky pojízdného stolu a vloží je do určených lůžek. Čtvrtý díl, kryt vodního ventilu (D08), je doplněn z boxu přímo na pracovišti. Na každý díl (sestavu) je třeba ručně vložit odpovídající těsnění (D07, D09, D13, D15) a to přitlačit určenou pomůckou.

Půdorysné rozměry pracoviště: 41546 x 64 mm.



Obr. 29: Schéma pracoviště na montáž těsnění.

Zhodnocení:

Montáž těsnění je úkon jednoduchý pro člověka, avšak obtížný pro automatizaci. Volba ruční montáže je proto rozumným řešením.

Z hlediska ergonomie lze vytknout pouze natáčení operátora k pojízdnému stolu, ale zde jiné, rozlohou nenáročné a stejně efektivní řešení pravděpodobně neexistuje. Jednotlivé boxy s díly jsou dostatečně přístupné i pro doplňování.

Zatímco v prvním pracovišti byl problém s přílišným potvrzováním jednotlivých úkonů, zde není kontrola žádná. V případě opomenutí jednoho z těsnění finální sestava pravděpodobně nevyhoví testům těsnosti a bude předána k analýze. Na vahách proti sobě stojí pravděpodobnost chyby montáže a cena dodatečných senzorů, které by pravděpodobně pouze nepřímou metodou hodnotily nasazení těsnění.

#### Závěr:

Operátor by měl být upozorněn, pokud zapomene provést danou operaci. Jinak se jedná o vhodné a výhodné řešení montáže těsnění.

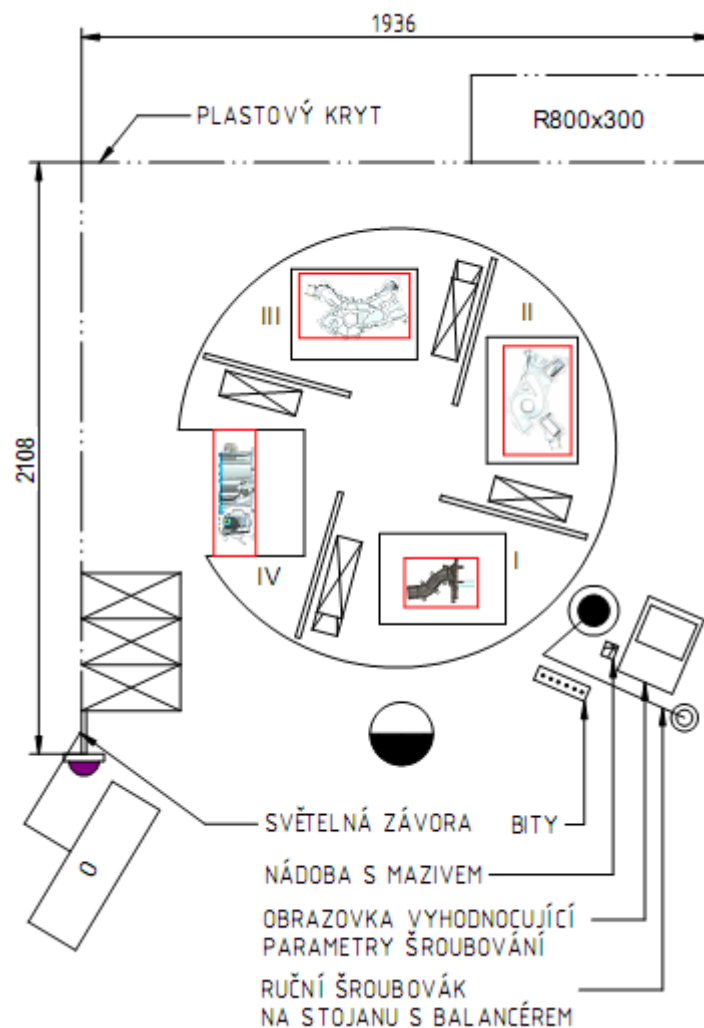
### 3.5 Šroubovací pracoviště

Základem tohoto pracoviště (viz obr. 30 a 31) je otočný stůl se čtyřmi přípravky, které slouží k upnutí požadovaného dílu. Po pravé straně operátora se nachází stojan se šroubovákem. Díky správnému vybalancování a silnému elektromotoru není potřeba vyvíjet mnoho sil na přesun šroubováku do pracovní polohy a následné šroubování. Dle přání zákazníka je možno každý šroub šroubovat pouze 3x. Pokud ani potřetí není šroub správně zašroubován (dle požadovaného momentu a úhlu natočení), sestava je vyřazena.

Půdorysné rozměry pracoviště: 2108 x 1936 mm.



Obr. 30: Šroubovací pracoviště.

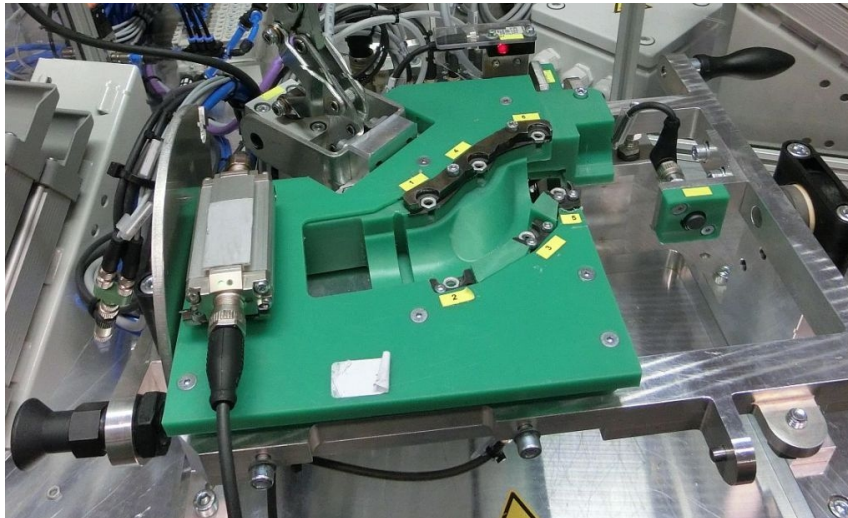


Obr. 31: Schéma šroubovací pracoviště.

Práce operátora:

- a) sešroubovat tělo vodního ventilu (S21.04) s krytem (S22.05) – obr. 32:
- vložit šest matic (D10) z boxu na otočném stole do přípravku I
  - odebrat sestavu těla vodního ventilu (S21.04) a krytu (S22.05) z předchozího pracoviště (montáž těsnění) a jejich umístění do přípravku I
  - odstoupit z dosahu světelné závory a potvrdit provedení úkonu (modré tlačítko na obrazovce)
    - stroj zaaretuje díly
  - nasadit šest šroubů (D11) na určená místa (box se šrouby se nachází na otočném stole) a nasadit odpovídající bit do šroubováku
  - potvrdit nasazení šroubů (tlačítko START na šroubováku)
  - šroubovat (vyhodnocování momentu) dle předlohy (pro zaručení správné smontovatelnosti dílů)
  - odstoupit z dosahu světelné závory a potvrdit provedení úkonu (modré tlačítko)
  - odjistit a natočit přípravek do druhé polohy
  - vyměnit a namazat závitový bit

- „prošroubovat“ závitovou vložku (D04)
  - ta byla vlisována v rámci prvního pracoviště
- odstoupit z dosahu světelné závory a potvrdit provedení úkonu (modré tlačítko)
- stroj odaaretuje sestavu
- odebrat sestavu těla vodního ventilu (S31.6)
- odstoupit z dosahu světelné závory a potvrdit konec operace (černé tlačítko)
- přesun otočného stolu na další pozici



Obr. 32: První přípravek šroubovacího pracoviště.

b) sešroubovat tělo kanálové jednotky (D00) se sestavou spodního krytu (S23.07) – obr. 33:

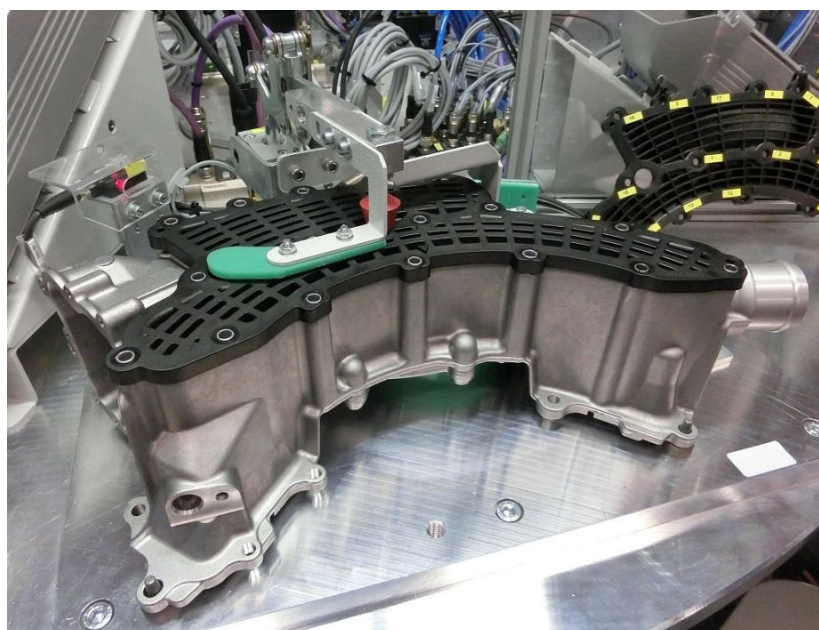
- sešroubovat spodní kryt (D12) s tělem (D00) jedenácti šrouby (D14)
- princip šroubování je stejný jako na předchozím stanovišti. Odlišnosti:
  - chybí matice,
  - aretace nejen strojně, ale i ručně dvěma aretačními kolíky,
  - jiný počet a typ šroubů,
  - díl není třeba nijak manuálně natáčet.



Obr. 33: Druhý přípravek šroubovacího pracoviště. V popředí se nachází tělo kanálové jednotky (D00), na které má být přiložen spodní kryt (D12). Zelené oválné plošky přípravku (za popsaným dílem) jsou určeny k zakrytí přesně opracovaných částí, které by mohly být šroubováním znekválněny.

c) sešroubovat sestavu těla kanálové jednotky (S32.08) se sestavou horního krytu (S24.09) – obr. 34:

- našroubovat jeden šroub (D14) spojovacího spodní kryt (D12) a tělo kanálové jednotky (D00)
- sešroubovat sestavu horního krytu (S24.09) s tělem kanálové jednotky (S32.08) sedmnácti šrouby (D16)
- princip šroubování je stejný jako na prvním stanovišti. Odlišnosti:
  - chybí matice,
  - jiný počet šroubů + jeden šroub odlišný,
  - díl není třeba nijak manuálně natáčet.



Obr. 34: Třetí přípravek šroubovacího pracoviště.

- d) sešroubovat sestavu těla kanálové jednotky (S33.10) s vodním ventilem (S51.14) – obr. 35:
- vložit sestavu těla kanálové jednotky (S33.10) svisle do přípravku, nasadit kanálovou vložku (D26) a vložit pružiny (D25)
  - přejít k dalšímu pracovišti
    - operátor namontuje do sestavy chobotu (S31.06) vnitřní mechanismus, prověří správnou funkčnost termostatu (D20) a přejde zpět ke šroubovacímu pracovišti
  - sešroubovat sestavu těla kanálové jednotky (S33.10) s vodním ventilem (S51.14)
  - namontovat háček (D28)
  - princip šroubování je stejný jako na prvním stanovišti. Odlišnosti:
    - chybí matice,
    - odlišný typ a počet šroubů,
    - nejprve se do sestavy chobotem nasadí šrouby, až po té je sestava umístěna do přípravku a zaaretována,
    - díl není třeba nijak manuálně natáčet,
    - do čipu se zapíše provedení operace.



Obr. 35: Čtvrtý přípravek šroubovacího pracoviště.

### Zhodnocení:

Řešení šroubovacího pracoviště lze hodnotit jako: inspirativní. Má své chyby, ale má zajímavou základní myšlenku. Otočný stůl se čtyřmi pozicemi a jeden ruční šroubovák. Toto zařízení není nijak zvlášť efektivní a nenáročné pro operátora, avšak splňuje požadovaný takt a k tomu výrazně snižuje finanční náklady na dané pracoviště.

Přípravky, nacházející se na otočném stole, jsou vcelku příhodně řešeny. Několik drobností lze však vytknout:

1. přípravek: vypadávání matic při jejich vkládání do přípravku,
2. přípravek: po automatickém zaaretování dílů připravených ke šroubování je třeba ručně vložit dva aretační kolíky, na které operátor zapomíná → špatné sešroubování,
3. přípravek: OK,
4. přípravek: nebezpečí přivření prstů při vkládání dílu + nepříjemné vkládání dílu do přípravku (ohrádka kolem spodní části dílu brání ergonomicky vhodnému ustavení = nepřírozený pohyb pro ruce).

Ergonomie pracoviště je podstatná převážně v operacích, u nichž operátor setrvává delší čas. Neergonomické umístění obrazovky může být překážkou hlavně v Zaučený člověk již zmíněnou obrazovku nevyužívá. Příkladem nevhodného umístění je i přístroj na vyhodnocování momentu a úhlu natočení šroubu. Zatímco operátorovy ruce šroubují, oči směřují do pravého spodního rohu, kde v případě správného zašroubování displej přístroje zezelená. Celkem se takto operátor natočí 44x během montáže jedné finální sestavy. Pokud by byl dodržen takt stroje 17,5 minut/kus a operátor pracoval nepřetržitě 7,33 hodin, znamená to 1105 natočení za den. Jedná se sice o mírná natočení, ale při takovémto počtu by měla být řešena.

Jednotlivé šrouby (případně matice) se nachází v boxech na otočném stole po levé straně jednotlivých přípravků. Výhody a nevýhody tohoto řešení jsou stejné jako v případě lisovacího pracoviště. Snižuje se riziko, že operátor vloží nesprávný šroub do nesprávné sestavy, ale komplikuje se doplňování materiálu.

Charakteristikou tohoto pracoviště je i „potvrzování“. Potvrzování provedení jednotlivých úkonů je z hlediska bezpečnosti a kontroly důležité, avšak nemělo by být složité a přespříliš časté. Stávající princip potvrzování a práce s programem:

- následuje-li další úkon → modré tlačítko na obrazovce,
- následuje-li další operace → potvrzení černým tlačítkem,
  - otočný stůl se pootočí
- následuje-li šroubování → potvrzení tlačítkem na šroubováku,
- pro přepínání stránek na obrazovce → tlačítko „+“.

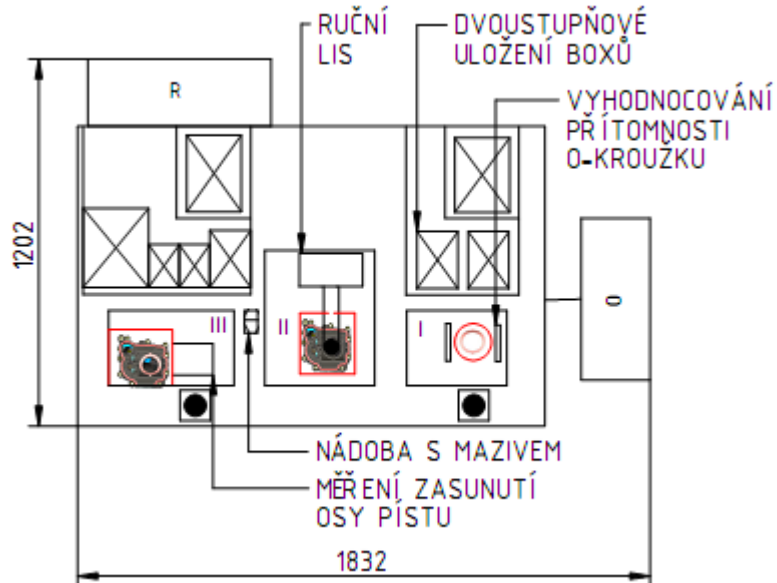
S tímto je spojeno i časté přecházení operátora. Nejen, že odebírá díly z vedlejšího ručního pracoviště a pojízdného stolu, ale také často odstupuje za dosah světelné závory.

### Závěr:

Základní mechanismus je nápaditý, ovšem některé úkony by se daly snadno automatizovat. V každém případě by bylo vhodné mírně upravit přípravky a změnit

polohu přístroje na vyhodnocování kroutícího momentu a úhlu natočení šroubu. Potvrzování jednotlivých úkonů je třeba zjednodušit.

### 3.6 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu



Obr. 36: Schéma pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.

Toto pracoviště (obr. 36 a 37) je tvořeno nižším stolem, na němž jsou umístěny 3 vyvýšené přípravky. První z nich slouží k montáži o-kroužku na těsnící kroužek, další je určeno k ručnímu lisování a poslední ke konečnému smontování vnitřního celku.

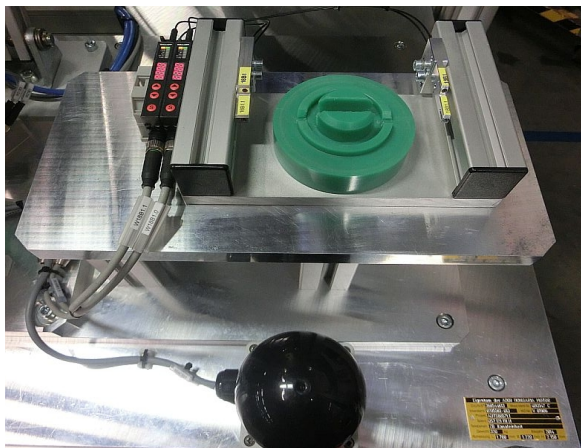
Půdorysné rozměry pracoviště: 1832 x 1202 mm.



Obr. 37: Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.

Práce operátora:

- a) navléknout o-kroužek (D18) na těsnící kroužek (D17) – obr. 38:
- vložit těsnící kroužek (D17) do připraveného lůžka a navléknout o-kroužek (D18)
  - potvrdit provedení operace černým tlačítkem sensor u lůžka vyhodnotí namontování

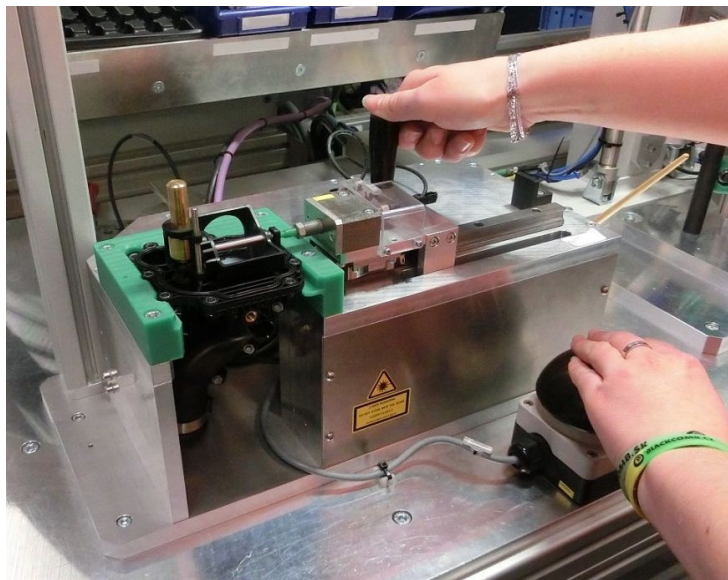


Obr. 38: První přípravek pracoviště na montáž vnitřního mechanismu.

- b) zalisovat kruhovou pružinu (D19) a sestavu těsnícího kroužku (S41.09) do těla vodního ventilu (S31.06) – obr. 39:
- z levého boku zasunout sestavu těla vodního ventilu (S31.06) do lisovacího přípravku a vymazat jeho vnitřní část
  - vložit kruhovou pružinu (D19) a sestavu těsnícího kroužku (S41.11)
  - zalisovat ručním lisem
- c) namontovat zbytek vnitřního mechanismu vodního ventilu – obr. 40:
- vložit sestavu vodního ventilu (S42.12) do dalšího přípravku
  - smontovat termostat (D20) s unašečem (D21) a nasadit do sestavy vodního ventilu (S42.12)
  - vsunout výběžek rotačního pístu (D23) do sestavy vodního ventilu (S42.12) a zajistit osou pístu (D24)
  - zkontrolovat správné dotlačení osy pístu (D24) přípravkem
  - navléknout kroužek (D22) na hřídelku (S19) a potvrdit provedení úkonu černým tlačítkem
    - kontrola přítomnosti všech požadovaných dílů je prováděna kamerou uloženou nad třetím lůžkem



Obr. 39: Druhý přípravek pracoviště na montáž vnitřního mechanismu.



Obr. 40: Třetí přípravek pracoviště na montáž vnitřního mechanismu.

Provedení jednotlivých úkonů je hlídáno a zobrazováno na obrazovce.

### Zhodnocení:

Toto pracoviště by se dalo charakterizovat jako: rozporuplné. Z hlediska operátora jsou zde použity zbytečně složité přípravky, z hlediska kontroly provedení jednotlivých operací je však tato složitost pravděpodobně neodstranitelná. A naopak.

### Příklady:

1. přípravek/lůžko = montáž o-kroužku na těsnění
  - výhoda: vyhodnocení přítomnosti o-kroužku
  - nevýhoda: tuto operaci lze jednodušeji provést bez ustavení
2. přípravek/lůžko = zalisování pružiny a těsnění do chobotu
  - výhoda: vhodné pracoviště pro operátora
  - nevýhoda: není vyhodnoceno vkládání pružného členu, ani vymazání vnitřní části chobotu
3. přípravek/lůžko = montáž vnitřního mechanismu
  - výhoda: kontrola namontování všech elementů
  - nevýhoda: díl je třeba vkládat do lůžka pouze určitým způsobem (z přední části). Při vkládání shora pošle kamera povel k sepnutí aretace předčasně.

Měření správného dotlačení osy pístu probíhá trnem, který operátor dotlačí na onu osu. Zároveň s dotlačením je třeba stisknout černé tlačítko pro ukončení operace.

Z pohledu ergonomie se jedná o vhodně navržené pracoviště. Lůžka přípravků jsou ve výšce vhodné pro dlouhodobou práci člověka, montované díly se nachází na dosah rukou skloněné pod dostatečným úhlem (viz. obr) . Pracoviště je příhodné i pro doplňování materiálů.

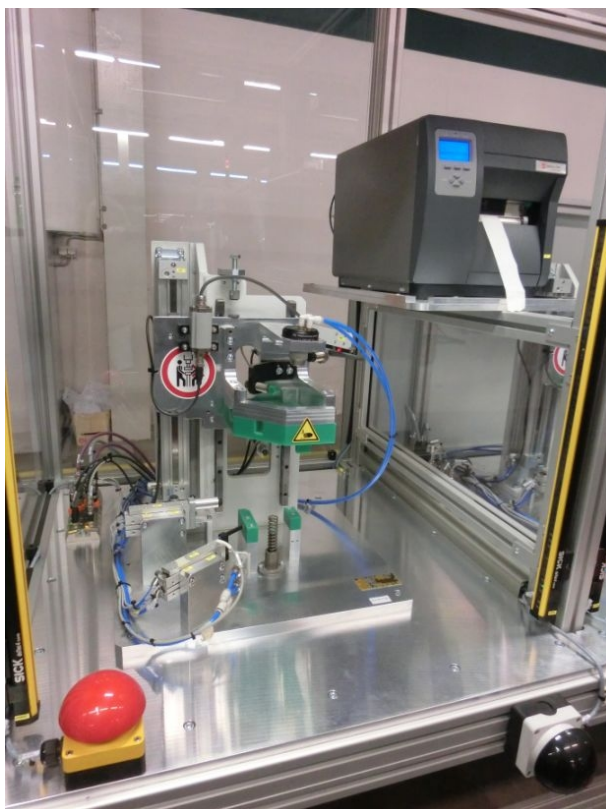
### Závěr:

Mechanizaci tohoto pracoviště lze vyloučit. Jedná se o skupinu úkonů, které člověk vykoná rychleji a levněji než stroj. Otázkou zůstává, zda je možno napravit výše definované nevýhody tohoto ručního pracoviště, aniž by byly ovlivněny výhody.

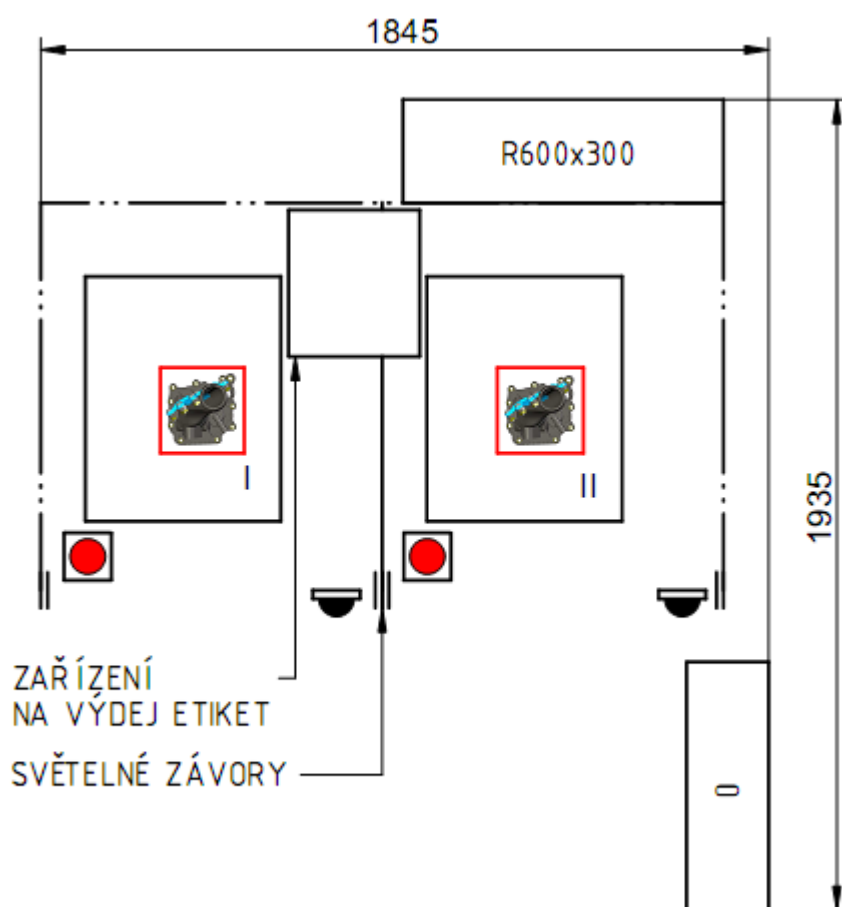
## 3.7 Pracoviště elektrokontroly

Na tomto pracovišti (obr. 41 a 42) je provedena kontrola správné funkce termostatu (D20), která trvá přibližně 200 sekund. Jelikož se jedná o relativně dlouhý časový interval, nacházejí se v rámci montážní linky tyto pracoviště dvě (zcela identická).

Půdorysné rozměry pracoviště: 1935 (s vysunutým displejem) x 1755 mm.



Obr. 41: Pracoviště elektrokontroly (přípravek + zařízení na výdej etiket).



Obr. 42: Schéma elektrokontroly.

Práce operátora:

Operátor vloží vodní ventil (S43.13) do zkušecího stroje, odstoupí z dosahu světelné závory a černým tlačítkem potvrdí vložení. Během následujících několika minut probíhá zmíněná kontrola správné funkce termostatu (D20). Je-li test úspěšný, operátor odebere díl ze stroje, nalepí na předem definované místo etiketu a přejde ke šroubovacímu pracovišti (viz.3.5d).

Zhodnocení:

Na první pohled působí zařízení kompaktním a jednoduchým dojmem, jak z hlediska konstrukce, tak i z pohledu obsluhovatelosti. Dvojice stejných strojů zrychluje čekací interval na polovinu, avšak je otázkou, zda je toto zrychlení nutné při taktu stroje 17,5 minut.

Problémem tohoto pracoviště je nevhodná kontrola provedení dané operace. Operátor může operaci nechťně vynechat a nevšimne-li si nepřítomnosti etikety, putuje k zákazníkovi neověřený díl. Operátor také může udělat chybu a nalepit štítek na nezkontrolovanou sestavu.

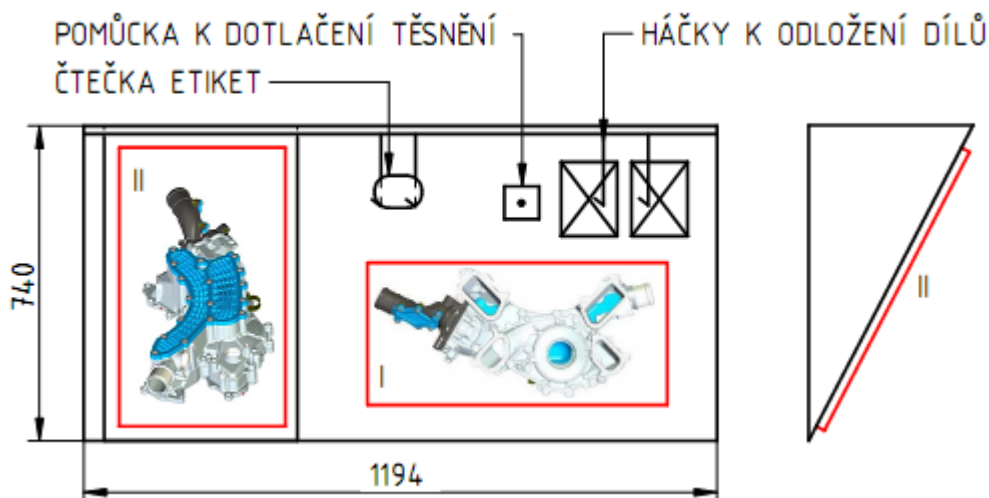
Závěr:

Konstrukčně je pracoviště vhodně řešeno a není třeba provádět výraznější změny.

### 3.8 Pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety

Toto pracoviště (obr. 43 a 44) je tvořeno stolem o výšce dané vhodnou ergonomií při práci ve stoje. Na stole je umístěno lůžko k vhodnému polohování již téměř finální sestavy (S61.16). Ke správnému dotlačení dvou těsnění menších (D29) a dvou větších (D30) na zmíněnou sestavu je pracoviště opět vybaveno pomůckou (montážním přípravkem) k dotlačení těsnění připomínající velké razítko.

Po levé ruce operátora je umístěna nakloněná rovina se speciálním lůžkem pro sestavu S61.16) a vedle něj i čtečka na kontrolu etiket lepených na tělo vodního ventilu (D03) po správném provedení elektrokontroly. Nebude-li čtečkou vyhodnocena etiketa, systém i přes úspěšnou zkoušku těsnosti (viz. 3.9) prohlásí finální sestavu za nevyhovující.



Obr. 43: Schéma pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety.



Obr. 44: Pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety.

Půdorysné rozměry pracoviště: 1194 x 740 mm.

#### Zhodnocení:

Výhody a nevýhody tohoto pracoviště jsou srovnatelné s výše popsaným pracovištěm na montáž těsnění (viz 3.4). Ergonomické hledisko i možnost doplňování materiálu jsou vhodně řešeny. Rizikem je možnost zapomenutí provedení dané operace. Tím spíše, že operace svým umístěním nenavazuje na operaci předchozí.

#### Závěr:

Lepší návaznost operací a větší kontrola provedení operace, bude-li to možné.

### **3.9 Pracoviště na kontrolu těsnosti**

Po vložení tělesa do zkušební komory (obr. 45 a 47) a stisknutí tlačítka značícího start jsou zatěsněny všechny výstupy a je provedena zkouška těsnosti sestavy (S62.17) dle požadavků zákazníka. Je-li test úspěšný, operátor založí těleso do přepravky. Selže-li test, rozsvítí se kontrolka, které nezhasne, dokud operátor neodloží vadný kus na přesně definovanou pozici (obr. 46 a 48). Tímto je zabráněno odložení chybné sestavy mezi sestavy správné.

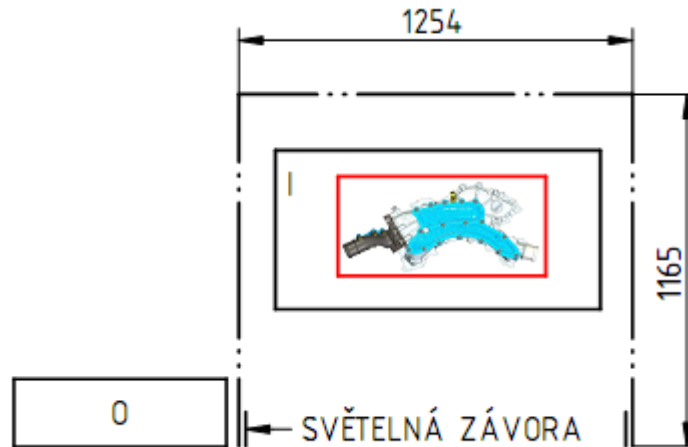
Půdorysné rozměry pracoviště: 3654 x 1165 mm.



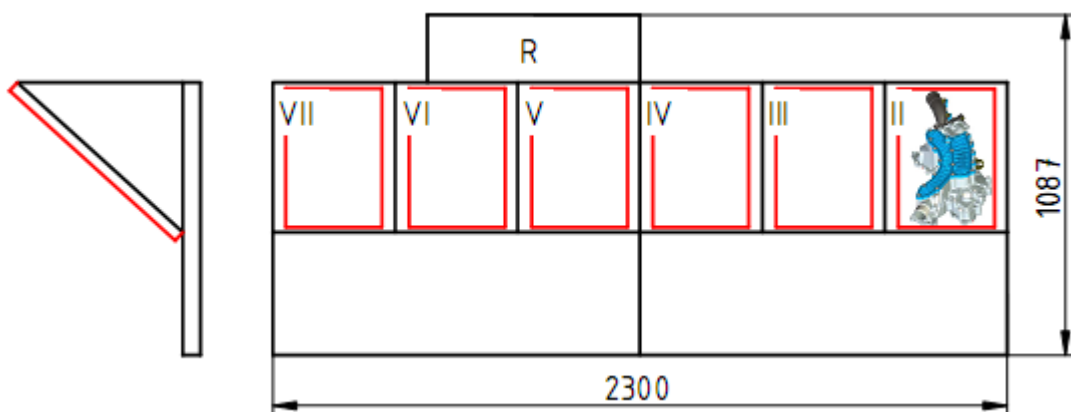
Obr. 45: Pracoviště na kontrolu těsnosti.



Obr. 46: Odkládací stůl na vadné kusy.



Obr. 47: Schéma pracoviště na kontrolu těsnosti.



Obr. 48: Schéma odkládacího stolu na vadné kusy.

**Zhodnocení:**

Systém a způsob kontroly není třeba nijak měnit. Jedná se o kompaktní zařízení zabezpečené světelnou závorou a krytem. Snad drobnou nevýhodou je vzdálené ustavení lůžka pro kontrolu, což způsobuje namáhání zad, avšak světelnou závoru nelze umístit blíže.

Vzhledem k vysoké výrobní ceně jedné finální sestavy (150 eur) je systém odbavování špatných kusů na nakloněný stůl příhodně řešen.

**Závěr:**

V daném pracovišti pravděpodobně nebude třeba provádět změny.

**3.10 Zásobování**

Napříč pracovištěm se vyskytují nejen proporcionálně, ale i tvarově různé typy boxů.

Za nulté montážní pracoviště by mohlo být uložení dílů na pojízdný stůl. Operátor v tomto kroku odebere požadované díly (D00, D01, D03, D12) z euro-kontejnerů, uložených před montážní linkou, a ustaví je na daný stůl.

Díly zalisovávají se na prvním pracovišti (D02, D04, D05, D06) jsou uloženy v jednoúčelově navržených nádobách. Každý lisovací přípravek je vybaven právě jednou nádobou (obr. 27 a 49).



Obr. 49: Nádobka pro díly D02, D04, D05, D06.

Z řady obvyklých boxů vynikají i násypky pro šrouby a matice (D10, D11, D14, D26, D27). Jedná se o úzké, tím pádem prostorově vhodné, násypky, skloněné pod úhlem a otevřené z obou stran. Horní strana je otevřena pouze k vložení šroubů, spodní část je více vybrána pro jednoduchý a rychlý přístup k dílům.



Obr. 51: Nádobka/násypka pro šrouby.



Obr. 50: Dvojitá nádobka/násypka pro šrouby a matice.

Poslední výjimkou z průměru je plastový výlis v němž jsou uspořádány termostaty (D20). Všechny ostatní díly (D07 ÷ D09, D13, D15, D17 ÷ D19, D21 ÷ D26, D28 ÷ D30) jsou uloženy do plastových boxů odpovídající velikosti.



Obr. 52: Vlevo plastový výlis, vedle něj pak boxy linky.



Obr. 53: Boxy.

### Zhodnocení:

Objem a tvar boxů na jednotlivých stanovištích odpovídá všem požadavkům (ať už ergonomickým, tak velikostním). Drobné nedostatky ve způsobu zásobování byly

zmíněny již při popisu lisovacího a šroubovacího pracoviště (jedná se zde především o nepřístupnost operátora k nádobám/speciálním boxům).

Pravděpodobně nejrozporuplnějším prvkem jsou zde euro-kontejnery v kombinaci s pojízdným stolem. Vzniká zde relativně velká časová ztráta, než jsou všechny potřebné díly naloženy. Nepříjemností je také hluboké ohýbání operátora na případné dno euro-kontejneru. Naopak velkou výhodou je cena této přepravy. Vzhledem k okolnostem pravděpodobně neexistuje lepší a levnější způsob dopravy jednotlivých dílů na určená místa.

Závěr:

I zde je třeba zmínit výhodu, kterou by přineslo nové technologické uspořádání pracovišť (z hlediska možnosti přístupnějšího zásobování). Nalezení výhodnějšího systému nežli euro-kontejner-operátor-pojízdný stůl je nepravděpodobné, avšak i tato možnost by měla být prověřena.

## 4 VARIANTY MONTÁŽE

Výsledné řešení by mělo být nejlepším možným z hlediska pořizovací ceny, bezporuchovosti, minimální rozměrové náročnosti, bezpečnosti, rychlosti a přesnosti provedení jednotlivých operací. Je obtížné najít řešení, které vyhovuje ve všech zmíněných oblastech. Mechanismy s jejich pozitivy a negativy jsou popsány v následující kapitole.

### 4.1 Lisovací pracoviště

#### Operace:

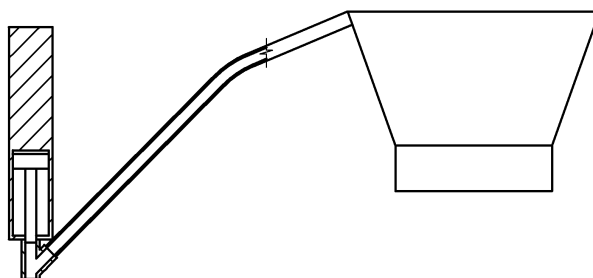
- nalisování 17-ti pouzder (D02) do horního krytu (D01)
  - v rámci současného řešení je využíván servolis o síle 30 kN
- nalisování závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03) (je nutno počítat s vyloučením této operace – závitová vložka bude v budoucnu pravděpodobně šroubována)
- nalisování 10-ti pouzder (D05 a D06) těla vodního ventilu (D03)

#### Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení – viz 3.3:

- krátké trny v přípravcích
- obtížné doplňování dílů
- velká rozlehlost dopravního systému
- časté přecházení obsluhy mezi stanovišti

#### 4.1.1 Ruční pracoviště

Základem tohoto pracoviště by bylo ruční lisovací zařízení, které lze připodobnit k ručnímu šroubováku. Je patrné, že takt by se mnohonásobně zvýšil, pokud by operátor musel nejprve díly založit a následně po jednom zalisovat. Vybavení systémem automatického přívodu dílů je proto bezpodmínečně nutné alespoň pro nalisování 17-ti pouzder M5 a 9-ti pouzder M5. Viz obr. 54.



Obr. 54: Lisovací zařízení s přívodem dílů z vibračního zásobníku.

#### Výhody:

Při aplikaci tohoto řešení lze využít až tři úplně oddělená pracoviště při zachování, nebo jen mírné změně stávajícího taktu. Vyloučily by se složité přípravky i obtížné doplňování dílů. Celý systém by se výrazně zmenšil a jednotlivé operace by mohly být zařazeny dle předmětného uspořádání, což je při hromadné výrobě vhodnější. Cena by teoreticky nepřevyšovala stávající řešení.

**Nevýhody:**

Lisovací síla vyvolaná lisovacím zařízením by byla kompenzována rukou operátora. Ten by musel vyvíjet sice malou, leč pravidelnou a častou sílu.

**Zhodnocení:**

Z ergonomického hlediska nelze tuto koncepci doporučit.

**4.1.2 Poloautomatické pracoviště**

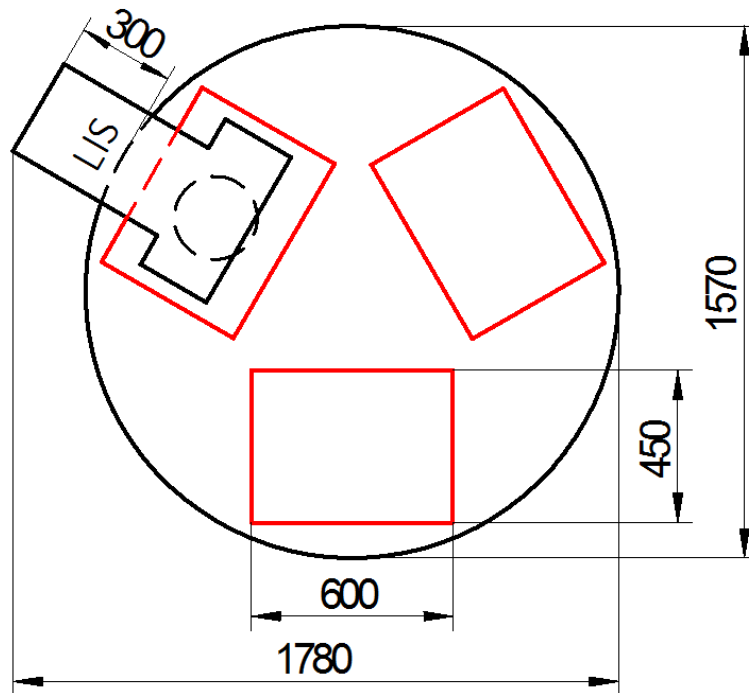
Poloautomatické řešení by spočívalo v ručním založení jednotlivých dílů na dané pozice a v mechanickém zalisování. Nyní jsou využity 3 přípravky, kdy v prvním probíhá zalisování 17-ti pouzder pro šroub M5x16 (D02), ve druhém zalisování 9-ti pouzder pro šroub M5x20 (D05) a pouzdra pro šroub M6 (D06) a ve třetím zalisování závitové vložky (D04). Nabízí se možnost spojit všechny tři operace do jedné – vložit pod lis všechny díly najednou, nasadit všechna pouzdra i závitovou vložku (zde by musela být využita pomocná aretace tak jako ve stávajícím řešení) a zmáčknout volbu lisovat. Problémem může být možnost záměny jednotlivých pouzder. Další možností je využití přípravků dvou – v jednom by došlo k zalisování všech potřebných dílů do těla vodního ventilu (D03) a ve druhém k zalisování 17-ti pouzder (D02) do horního krytu (D01). Zde je zaměnitelnost dílů výrazně nižší, jelikož se pouzdra liší průměrem, nejen délkou.

Existují tři základní kategorie poloautomatického řešení tohoto pracoviště. První možností je posun přípravků pod nepohyblivým lisovacím zařízením. Lze využít i opačné varianty, kterou je posun lisovacího zařízení nad nehybnými přípravky, nebo do třetice pevné ustavení lisovacího zařízení i přípravků. Teoreticky by měla existovat i čtvrtá možnost, a to pohyb jak lisovacího zařízení, tak i přípravků. Zde se však kumulují spíše nevýhody základních třech kategorií.

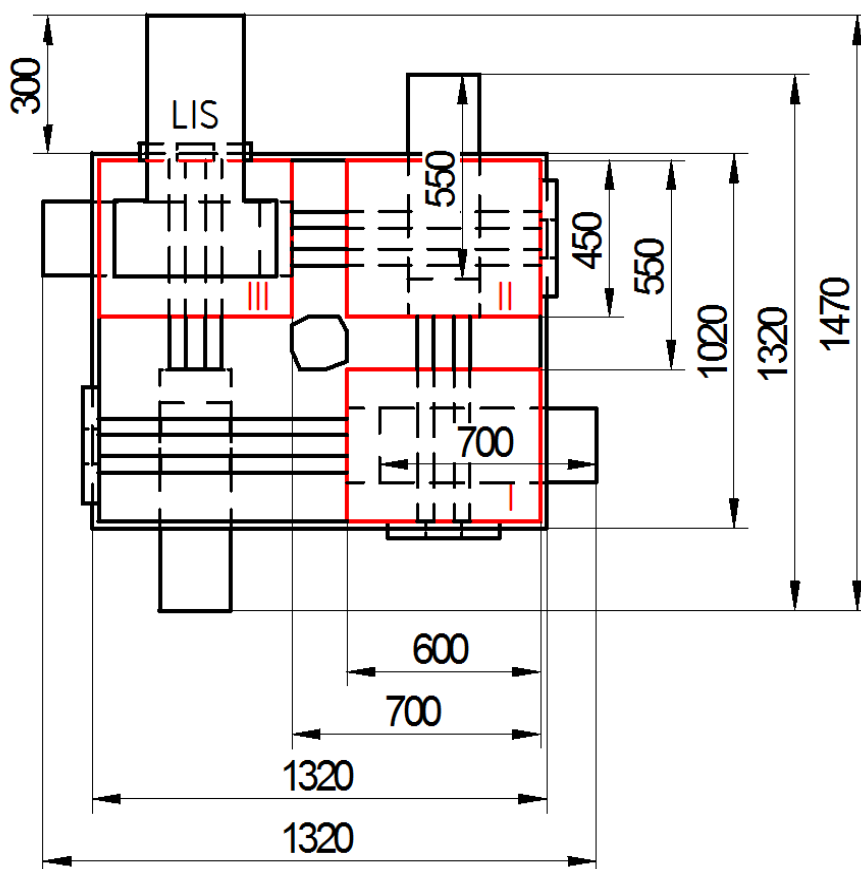
Všechny níže zmíněné kategorie lze kombinovat s rozličným počtem přípravků, případně s jiným rozložením dílů v rámci přípravku. Dále je možno navrhnout pro montáž závitové vložky externí pracoviště s jedním menším hydraulicko-pneumatickým válcem. Tímto se výrazně zjednoduší mechanismus přesunu přípravků pod lis (1 přípravek ubude), vzroste možnost využití předmětné uspořádání pracovišť a v případě záměny lisovací operace závitové vložky (D04) za operaci šroubovací může dojít k odebrání celé stanice. Nevýhodu lze najít ve vyšší finanční náročnosti – zde záleží na systému, se kterým je tato možnost porovnávána.

**4.1.2.1 Posuvné přípravky a nepohyblivý lis**

Do této skupiny spadá i současné řešení systému, kde se lze nechat inspirovat například v přípravcích. Trny těchto přípravků by bylo potřeba obecně zvýšit (prodloužit). Při jejich dostatečném prodloužení by nemusela najíždět horní aretace (ta by byla nutná pouze u lisování závitové vložky) a ušetřil by se tak mechanismus přípravku. Níže (obr. 55 a 56) jsou zobrazeny možné varianty řešení, u nichž byl kladen důraz na kompaktnost a stálost místa obsluhy při doplňování/odběru dílů do/z lisu.



Obr. 55: Varianta s otočným stolem.



Obr. 56: Posuv palet za pomoci pneumatických válců v rovině desky stolu.

Výhody:

Základní výhodou je využití pouze jednoho lisu.

Nevýhody:

Bohužel je nutno řešit přepravu přípravků, což vyžaduje jejich robustnější konstrukci. To obecně znamená více mechanických částí (více možných chyb) a více práce v konstrukční, výrobní i programovací oblasti. Také koncentrace třech nenavazujících operací na jednom pracovišti není pro hromadnou výrobu nikterak přínosná.

**4.1.2.2 Nepohyblivé přípravky, posuvný lis**

Výhoda méně rozlehlého a jednoduššího mechanismu posuvu je vyvážena nevýhodou v podobě přesouvání větší zátěže lisu.

Existuje zde ovšem možnost využít lisovací zařízení (bez automatického přívodu dílů) uvedené v podkapitole 4.1.1 a spojit jej s tříosým manipulátorem, které by mu umožňovalo posuv v pracovní rovině. Jeden lisovací pohyb (pohyb ve svislé ose) by tak zalisoval právě jedno pouzdro. I přes složitější programové řešení by pořizovací i provozní cena mohla vyjít lépe, než při přesouvání většího lisu.

Výhody:

Konstrukční návrh, výroba i programové vybavení posuvu jednoho lisu je jednodušší ve srovnání s principem posuvu několika přípravků. Řešení je prostorově nenáročné, hlavně jedná-li se o využití tříosého manipulátoru.

Nevýhody:

Jak již bylo zmíněno, jedná se o přesouvání vyšší zátěže (jedná-li se o provedení bez tříosého manipulátoru), a proto je obecně zapotřebí mohutnějších komponent přesouvajících lis.

**4.1.2.3 Nepohyblivé přípravky, nepohyblivý lis**

V tomto případě se jedná o dvě (případně tři) samostatná pracoviště, kdy je každé vybaveno svým pracovním stolem, lůžkem a lisem.

Výhody:

Přípravky se nepohybují, proto nemůže dojít k přílišnému zrychlení a vypadnutí pouzder ze správné polohy. Jednotlivé lisovací operace na sebe nemusejí být nikterak vázány (jedná-li se o tři pracoviště), což může být výhodou vzhledem k předemtnému uspořádání montážní linky. Jelikož se zde nevyskytují složité mechanismy, poruchovost celého zařízení bude pravděpodobně nižší, stejně jako konstrukční, výrobní a programovací náročnost.

Nevýhody:

Je otázkou do jaké míry vzroste cena tohoto zařízení. Jelikož jsou požadavky na lisovací síly opravdu malé, existuje předpoklad, že bude toto řešení cenově odpovídat řešení stávajícímu. (Hlavně v případě zvolení pouze dvou lisů a dvou přípravků – viz 4.1.2 úvod.)

#### 4.1.2.4 Zhodnocení

V mnoha ohledech jsou nejlepším řešením dvě samostatná pracoviště, což umožňuje výhodné předmětné rozložení jednotlivých operací v rámci celé montážní linky a cenově přespříliš nepřevyšuje aktuální řešení. Bude-li cena i mohutnost lisu příliš vysoká, je nasnadě zvolit řešení s pohyblivými přípravky, případně s přípravkem jedním a lisem ještě o něco málo mohutnějším. V případě drahého avšak lehkého lisu se lze přiklonit k variantě zbývající (posuvné lisovací zařízení, nepohyblivé přípravky).

#### 4.1.3 Automatické pracoviště

Nejprve je třeba zdůraznit, že přeprava jednotlivých větších montážních dílů v rámci pracoviště bude prováděna operátory – dopravní pásy, manipulátory k ustavení součástky a podobně by svými výhodami nepřebily vysoké pořizovací náklady. Proto, ačkoliv se jedná o oddíl textu věnovaný automatizovanému pracovišti, budou díly do nichž bude prováděno lisování (horní kryt (D01) a tělo vodního ventilu (D03)) vkládány a odebírány ručně.

Zbývá jediná činnost, kterou je možno automatizovat – zakládání pouzder na trny a vložení závitové vložky do aretace. Nabízí se zde 2 možnosti:

##### 4.1.3.1 Tři lisovací zařízení a posuvný stůl s přípravkem na 3 díly

V podstatě by šlo o zautomatizování ručního pracoviště popsaného v podkapitole 4.1.1. Operátor by do přípravku uloženého na stole (posuvném v rovině x, y) ručně založil horní kryt (D01) a dvě těla vodního ventilu (D03). (Závitová vložka neleží ve stejné rovině jako pouzdra, proto je třeba dvou těl vodního ventilu.) Ručně by proběhlo i založení pouzdra (D06) a závitové vložky (D04) na vymezená místa.

Následně by byla jednotlivá pouzdra spolu se závitovou vložkou postupně nalisována třemi na sebe navazujícími lisovacími zařízeními (dvěma s přívodem pouzder (D02, D05) z vibračních zásobníků a jedním bez přívodu (pro již založené D04 a D06)). Nutno podotknout, že lisovací zařízení by na jedno stlačení zalisovalo pouze jeden díl.

##### Výhody a nevýhody:

Mezi výhody lze zařadit zkrácení taktu výrobní linky a kompaktnost pracoviště (jedno stanoviště). Bohužel je zapotřebí návrh principu lisovacích zařízení.

##### 4.1.3.2 Lis, automatický dávkovač dílů a posuvný stůl

Tento princip je charakteristický hlavně zakladačem dílů. Ten by byl pouze jediný pro celé pracoviště. Jeho úkolem by bylo najet pod požadovaný zásobník s díly, odebrat příslušný počet dílů a vložit je do vymezených pozic. Takto by celkem najížděl čtyřikrát. Zatímco pro pouzdra pro šrouby M5 (D02, D05) je nejvhodnější plánovat vibrační cylindrický zásobník, pro závitové vložky (D04) a pouzdro M6 (D06) by bylo dostačující ruční zásobování po několika málo kusech.

Posuvem stolu by se přípravek (se všemi třemi díly) dostal pod lis a (po provedení lisování) zase zpět na výchozí pozici.

#### Výhody a nevýhody:

Ač se jedná o méně kompaktní variantu, než byla předchozí (je zde zapotřebí jedno stanoviště na založení dílů a druhé na jejich zalisování), takt je zde výrazně zrychlen. Systém kontroly založení všech dílů na určené pozice je též výhodnější. Drobnou překážkou je návrh automatického dávkování dílů.

#### **4.1.3.3 Zhodnocení**

V rámci 17,5-minutového taktu by zautomatizování pracoviště nepřineslo rapidní užitek. Pokud by se cena významně nelišila od poloautomatických řešení, jsou tyto způsoby montáže vhodnou volbou.

#### **4.1.4 Robotizované pracoviště**

Pracoviště, v němž by robot odebral požadované lisovací zařízení s automatickým přívodem dílů (výjimku by opět tvořila závitová vložka (D04) a pouzdro pro šroub M6 (D06)) a pouzdra jedno po druhém zalisoval. Případně by mohlo jít o pracoviště s automatickým dávkovačem dílů, kde by robot nemusel měnit nástroje.

#### Zhodnocení:

Tato volba, která na první pohled působí příliš nereálně a zbytečně, vůbec nemusí být špatná. Najde-li se i jiné možné využití robotu, stane se možná tato varianta vysoce ceněnou.

### **4.2 Pracoviště na montáž těsnění**

#### Operace:

- montáž těsnění vodního ventilu (D07) na sestavu těla vodního ventilu (S13.03)
- montáž těsnění krytu vodního ventilu (D09) na kryt vodního ventilu (D08)
- montáž těsnění spodního krytu (D13) na spodní kryt (D12)
- montáž těsnění horního krytu (D15) na sestavu horního krytu (S11.01)

#### Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- nepřítomnost kontroly namontování jednotlivých těsnění na daný díl
- vhodnější řešení doplňování dílů

#### **4.2.1 Ruční pracoviště**

Ručním pracovištěm je i stávající řešení. Díl, do něž má být těsnění montováno, je nejprve ustaven na přesnou pozici, následně do něj operátor založí těsnění a nástrojem řádně přitlačí. V rámci těchto operací neexistuje mnoho různorodých variant – snad jen rozdělení jednoho velkého pracoviště na několik pracovišť menších tak, aby na sebe operace probíhající po sobě lépe navazovaly.

#### Výhody a nevýhody:

Jedná se snad o nejrychlejší a cenově nejdostupnější variantu. Problémem může být obtížné nalezení vhodného způsobu kontroly provedení operace.

#### Zhodnocení:

Vzhledem k montovaným komponentům se jedná o nejpříjemnější variantu.

### 4.2.2 Poloautomatické pracoviště

Toto řešení by spočívalo v ručním nasazení těsnění na jednotlivé komponenty a jejich následné přitlačení strojem.

#### Výhody a nevýhody:

Kontrola provedení jednotlivých operací by se zjednodušila, takt o něco málo zrychlil, avšak nároky na konstrukci, výrobu a programové vybavení stroje by výrazně vzrostly.

#### Zhodnocení:

Pokud by zatlačování těsnění probíhalo pod lisem, který v první operaci nalisoval všechny pouzdra a závitovou vložku, mohlo by se jednat o zajímavé řešení. Bohužel by se zde musel vymyslet systém přepravy jednotlivých dílů pod lis.

### 4.2.3 Automatické a robotické pracoviště

Těsnění někdy přesně nekopírují zadaný tvar, mohou být vytahána a jinak nepřesná – proto je velmi obtížné představit si stroj, který by kompenzoval všechny tyto problémy.

## 4.3 Šroubovací pracoviště

#### Operace:

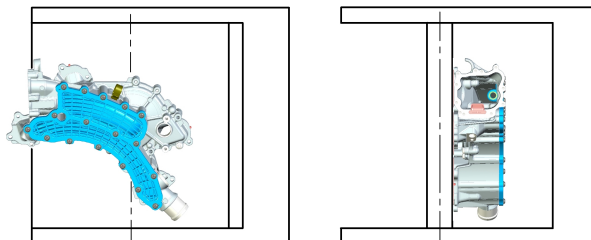
- sešroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) se sestavou těla vodního ventilu (S21.04)) 6-ti šrouby M5x14 (D11) s šesti maticemi M5 (D10)
- sešroubování sestavy spodního krytu (S23.07) s tělem kanálové jednotky (D00) 11-ti šrouby M6x20 (D14)
- sešroubování sestavy horního krytu (S24.09) se sestavou těla kanálové jednotky (S32.08) 17-ti šrouby M5x16 (D16)
- vložení pružiny (D25) a kanálové vložky (D26) do sestavy těla kanálové jednotky (S33.10) a její sešroubování s vodním ventilem (S51.14) 9-ti šrouby M5x20 (D27), montáž háčku (D28)

#### Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- nedostatky v přípravcích:
  1. přípravek: vypadávání matic při jejich vkládání do přípravku
  2. přípravek: po automatickém zaaretování součástí připravených ke šroubování je třeba ručně vložit dva kolíky, na které obsluha zapomíná → špatné sešroubování
  4. přípravek: nebezpečí přivření prstů při vkládání dílu + nepříjemné vkládání dílu do přípravku (ohrádka kolem spodní části dílu brání ergonomicky vhodnému ustavení = nepřírozený pohyb pro ruce)
- nevhodné umístění obrazovky na vyhodnocování kroutícího momentu
- obtížné doplňování dílů
- časté a mnohdy neintuitivní potvrzování provedení jednotlivých úkonů
- přecházení obsluhy mezi šroubovacím pracovištěm a pracovištěm k montáži těsnění

### Návrh spojení třetího a čtvrtého přípravku v jeden:

Do čtvrté operace je třeba založit díl poměrně nepříjemným způsobem. Jistě by bylo možno tento způsob zdokonalit, avšak otázkou je, zda by nebylo vhodnější se tomuto úkonu zcela vyhnout. Pokud by třetí přípravek dostatečně uchytil a zaaretoval díl ve spodní části, jednoduchým provedením by mohlo dojít k jeho natočení do polohy vyžadované čtvrtou operací (obr. 57). Problém možné záměny šroubků mezi danými operacemi lze ošetřit například mechanickou cestou.



Obr. 57: Spojení třetího a čtvrtého přípravku.  
Středem vede pomyslná osa kolem níž se vnitřní část přípravku natočí směrem vpravo.

## 4.3.1 Ruční pracoviště

### 4.3.1.1 Tři přípravky a dva šroubováky (na stojanu s balancérem)

Řešení, které by umožňovalo částečné předemné uspořádání pracovišť. První operace, sešroubování sestavy horního krytu vodního ventilu (S22.05) se sestavou těla vodního ventilu (S21.04), by probíhala na samostatném pracovišti. Pro zbylé operace by byl navržen pracovní stůl se dvěma přípravky (jeden z přípravků by odpovídal současnému přípravku 2 (viz 3.5b), zatímco druhý by kombinoval přípravek 3 a 4 (viz 3.5c,d)). Šroubovák i zařízení k vyhodnocování krouticího momentu by byly umístěny ve středové poloze stolu. Pokud by bylo umístění zařízení k vyhodnocování krouticího momentu ve středové části stolu nevhodné pro operátora, bylo by možno vybavit jednotlivé stanoviště kontrolkami svítícími dle signálu z jednotky. Je nutno podotknout, že nasazování šroubů a matic na požadované pozice by probíhalo ručně.

#### Výhody:

Cena tohoto řešení je srovnatelná s řešením současným, přičemž vzniká možnost ustavit první šroubovací operaci nezávisle na ostatních. Příznivější je i doplňování materiálu.

#### Nevýhody:

Konstrukce složitějšího přípravku, který kombinuje současný přípravek 3 a 4, řešení nezaměnitelnosti vkládaných šroubů při těchto operacích. Prvotním nezvykem pro operátora může být i ustavení šroubováku ve druhé operaci po levé straně.

### 4.3.1.2 Šroubovák (na stojanu s balancérem) na pásu

Základem tohoto pracoviště by byly 3 přípravky (1. operace, 2. operace, 3. + 4. operace) uložené vedle sebe na pracovním stole. Za nimi by byl na pojízdném pásu umístěn šroubovák (na stojanu s balancérem), který by přejížděl k jednotlivým

přípravkům dle požadavků operátora (dle operace, jenž má být vykonána). V pohybu by samozřejmě bylo i zařízení k vyhodnocování kroutícího momentu.

### Výhody:

Cena tohoto řešení je srovnatelná s řešením současným. Příznivější je i doplňování materiálu. Šroubovák i vyhodnocovací jednotka jsou ergonomicky vhodně ustaveny.

### Nevýhody:

Nemožnost přemístění pracovišť dle předemného uspořádání. Bylo by třeba vyřešit mechanismus pohybu a uložení šroubováku. Nutno podotknout, že pohyb šroubováku a stojanu není přímo ideálním řešením.

### **4.3.1.3 Menší otočný stůl a jedno samostatné pracoviště**

Otočný stůl by byl určen pouze pro dva přípravky (2. a 3.+ 4. v jednom), čímž by se výrazně zmenšila jeho rozloha. První šroubovací operace (s vlastním šroubovákem) by bylo možno umístit dle potřeb.

### Výhody a nevýhody:

Nevýhody i výhody jsou podobné prvnímu popsanému návrhu (4.3.1.1).

### **4.3.1.4 Zhodnocení**

Varianty jsou si velice podobné, avšak nejvýrazněji působí první možnost s dvěma šroubováky a třemi přípravky. Mechanicky je toto řešení relativně jednoduché, což se může projevit v nižší poruchovosti. Programování se zjednoduší a možnost rozmístění pracovišť dle potřeb je též výhodou.

## **4.3.2 Poloautomatické pracoviště**

Ruční šroubováky lze doplnit automatickým přívodem dílů (hlavně pro operaci druhou a třetí, kde je zapotřebí našroubovat nejprve 11 šroubů (D14) a poté 17 (D16). Toto by samozřejmě obnášelo využití minimálně třech šroubováků (2 pro výše zmíněné operace a jeden pro operace zbývající – bez přívodu dílů). Rozmístění pracovišť by se stalo komplikovanějším (první operace a poslední spolu mnoho nesouvisí) a kratší výrobní takt by pravděpodobně nepřevážil zvýšení ceny.

Druhou možností je vytvořit pracoviště v němž obsluha založí šrouby a matice na určená místa a poté spustí šroubovací operaci. Toto samostatné šroubování může probíhat pouze ve dvou operacích (zbývající dvě operace by byly provedeny ručně), nebo v rámci celku. Nutno podotknout, že sestavení automatického výměníku nástrojů by se mohlo rovnat ceně dalšího automatického šroubováku (samozřejmě záleží na mnoha faktorech).

### **4.3.2.1 Ruční automatická výměna bitů, ruční nasazování šroubů, vestavný šroubovák, tříosý manipulátor**

Název je více než vystihující. Jednotlivé šroubovací operace by byly zařazeny do jedné linie, nad kterou by se mohl pohybovat šroubovák. Výměnu nástrojů lze provádět ručně (obtížné vybalancování úkonů operátora), případně automaticky

---

(vyšší cena). Ruční nasazování šroubů je jistým zpomalením pracoviště, avšak nijak výrazným.

Výhody a nevýhody:

Zvýšení rychlosti montážní linky a přesnost zašroubování se zde střetává s vyšší cenou a obtížnějším vybalancováním operací.

#### **4.3.2.2 Dva šroubováky (případně s vibračními zásobníky), dva manipulátory a šroubovák pro zbývající operace**

Jedná se o mechanickou obdobu předchozího řešení.

Výhody a nevýhody:

Jednotlivá pracoviště by mohla být rozestavěna předmětněji a takt by se výrazně zkrátil - bohužel za vyšší cenu.

#### **4.3.2.3 Zhodnocení**

Jelikož je samotné šroubování nejdelší operací, takt by se při tomto poloautomatickém řešení výrazně zkrátil (operátor by mohl v překrytém čase vykonávat další úkony). Pokud by k tomu byla zvolena možnost ruční výměny nástrojů, cena by zůstala na relativně nízké hladině. Otázkou zůstává, zda je možno vybalancovat pracoviště na takové úrovni, aby nebyl takt zpomalen právě onou výměnou nástrojů → toto řešení je přespříliš a zbytečně komplikované.

#### **4.3.3 Automatické pracoviště**

Zautomatizování by se týkalo všech pohybů v rámci šroubovacích operací, nikoliv zakládání a odběru dílů z přípravků.

Jednalo by se o liniové řazení jednotlivých operací se šroubovákem umístěným v horních polohách na třiosém manipulátoru. Je zde možnost vybavit pracoviště automatickým výměníkem „hlav šroubováku“ v případě přívodu dílů prostřednictvím vibračního zásobníku, nebo výměníkem bitů, pokud by byly využity podavače šroubů.

Výhody a nevýhody:

Výrazné zvýšení taktu montážní linky, ale též výrazné zvýšení ceny.

Zhodnocení:

Po ekonomickém zhodnocení této varianty bude patrné, zda je či není toto provedení reálné.

#### **4.3.4 Robotické pracoviště**

Náhrada třiosého manipulátoru robotem. Bylo by možno využít systém na automatickou výměnu nástrojů, systém na automatickou výměnu bitů, nebo naopak více vestavných šroubováků.

Výhody a nevýhody:

Výhodou je možnost bočního šroubování, která však pravděpodobně nebude využita. S robotizací bohužel poroste cena a nároky na zabezpečení pracoviště.

Zhodnocení:

Úvahy o robotickém pracovišti jsou spíše nereálné, avšak pokud by mohl být robot využit i jinak, jednalo by se o zajímavé řešení.

#### 4.4 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu

Operace:

- montáž o-kroužku (D18) na těsnící kroužek (D17)
- vymazání vnitřku sestavy vodního ventilu (S31.06), vložení kruhové pružiny (D19) a sestavy těsnícího kroužku (S41.11), zalisování ručním lisem
- montáž termostatu (D20) s nosičem (D21), vložení do sestavy vodního ventilu (S42.12) a nasazení kroužku (D22) + namontování pístu (D23) a osy pístu (D24) do sestavy vodního ventilu (S42.12)

Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- montáž o-kroužku (D18) v přípravku je pro obsluhu komplikovanější, než by byla montáž bez použití tohoto přípravku
- vkládání kruhové pružiny (D19) a vymazání vnitřní části těla vodního ventilu není vyhodnoceno
- do třetího přípravku je třeba vkládat díl pouze určitým způsobem (z přední části) – při vkládání shora pošle kamera povel k sepnutí aretace předčasně

Zhodnocení:

Jednotlivé úkony jsou pro stroj relativně komplikované a při nízké četnosti jejich provádění je zbytečné dané pracoviště mechanizovat.

Současné řešení navlékání o-kroužku je standardizované a vyhovuje požadavkům na kontrolu provedení daného úkonu, proto nebude navrhováno zlepšení.

Druhý přípravek, kde je problémem nedostatečná kontrola vložení pružného členu, lze dovybavit indukčním snímačem, který i přes plast dokáže vyhodnotit přítomnost kovového předmětu. Hrdlo nádoby s mazivem by bylo vhodné dovybavit snímačem přítomnosti/nepřítomnosti štětce – tím by byla nepřímo zajištěna kontrola vymazání těla vodního ventilu.

V rámci třetího přípravku nebyly vyhodnoceny žádné chyby v mechanismu. Případného zlepšení by se dosáhlo odladěním stávajícího programu.

#### 4.5 Pracoviště elektrokontroly

Operace:

- vložení vodního ventilu (S43.11) do zkušebního zařízení, 200 sekundová zkouška a odebrání sestavy

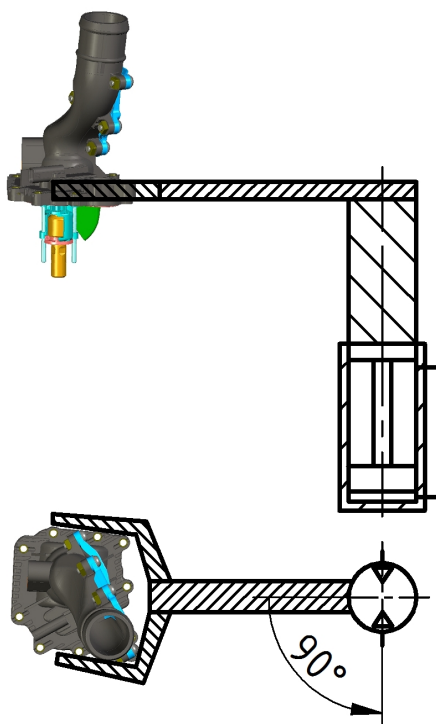
Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- dva stejné stroje pro jednu zkoušku trvající 200 sekund (+-10 sekund na vložení a odebrání sestavy)

Zhodnocení:

Pracoviště zkoušky je adekvátní vzhledem k požadavkům - je malé, kompaktní a funkční s předpokladem vysoké spolehlivosti. Finanční výhodou by bylo vyřadit jeden ze dvou totožných zkoušejících strojů.

Zajímavou možností se jeví zautomatizování odebírání sestavy z pracoviště elektrokontroly a její automatické vkládání do poslední šroubovací operace. Nejprve by byla sestava chobotu vložena do ramene manipulátoru nacházejícího se ve stanici elektrokontroly (obr. 58). Po provedení zkoušky by se rameno mírně zvedlo a přesunulo o definovaný úhel do další pozice (do dalšího pracoviště), kde by operátor vybavil zkontrolovanou sestavu potřebnými šrouby. Manipulátor by se následně snížil a tím by sestava, v něm uložená, dosedla na protikus (S33.10). Toto řešení je závislé na výsledném dispozičním řešení linky.



Obr. 58: Manipulační rameno svírající vodní ventil. Ve stojně ramene se nachází pneumatický válec, který umožňuje jeho přizvednutí.

#### 4.6 Pracoviště na montáž spodního těsnění a kontrolu etikety

Operace:

- montáž dvou spodních těsnění menších (D29) a dvou spodních těsnění větších (D30)
- kontrola etikety, která potvrzuje provedení elektrokontroly

Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- viz 4.2 → nedostatečná kontrola provedení operace
- možnost zkontrolovat etiketu v rámci jiného pracoviště

- možnost namontovat těsnění v rámci jiného pracoviště

### Zhodnocení:

Vše co bylo napsáno u montáže těsnění (4.2) platí i zde – nejrychlejší a nejpraktičtější je volba ručního provádění daných operací. Za zvážení by stálo vynechat stanoviště kontroly výstupního štítku z elektrokontroly a sloučit tuto operaci s operací jinou.

## 4.7 Kontrola těsnosti

### Operace:

- vložení sestavy (S62.17) do zkušební kontroly
  - je-li zkouška úspěšná → uložení finální sestavy (FS) do kontejneru
  - je-li zkouška neúspěšná → uložení finální sestavy (FS) do přesně definované pozice na pracovním stole, který se nachází opodál

### Oblasti možného zlepšení stávajícího řešení:

- zmenšení prostoru na odkládání vadných sestav (FS)

### Zhodnocení:

Současné řešení dané stanice je standardizované. Nelze nic podstatného vytknout průběhu těsnicí zkoušky, ani následnému způsobu odkládání dílů – ať už do kontejneru, či na definované pozice pracovního stolu.

Možnost vylepšení by existovala například v oblasti zacházení se špatnými sestavami. Vadná sestava by se vůbec nemusela dostat do rukou obsluhy. Po neúspěšné zkoušce by sjela pomocí pneumatického válce níž – pod úroveň stolu, kde by ji další válec vodorovně přesunul do volné pozice v zakladači. Zakladač by následně vyvodil mechanický pohyb, čímž by nově zaplněnou pozici přesunul o stupeň výš a na její místo přiřadil opět pozici volnou. Ač je toto řešení zajímavé, není praktické. Je irelevantní konstruovat složité mechanismy, které by měly být použity pro odvod špatných kusů, které by se teoreticky vůbec neměly vyskytovat.

Jisté zlepšení by ovšem přineslo zmenšení pracovního stolu na odkládání finálních sestav (2300 x 1087 mm), které neprošly zkouškou těsnosti. Místo liniového řazení sestav vedle sebe by bylo možno řazení do regálů, či příček nad sebou. Funkce by zůstala zachována. Po identifikaci chyby ve zkoušce těsnosti by světelná kontrolka nezhasla, dokud by například indukční snímač v příslušné přihrádce nevyhodnotil přítomnost objektu.

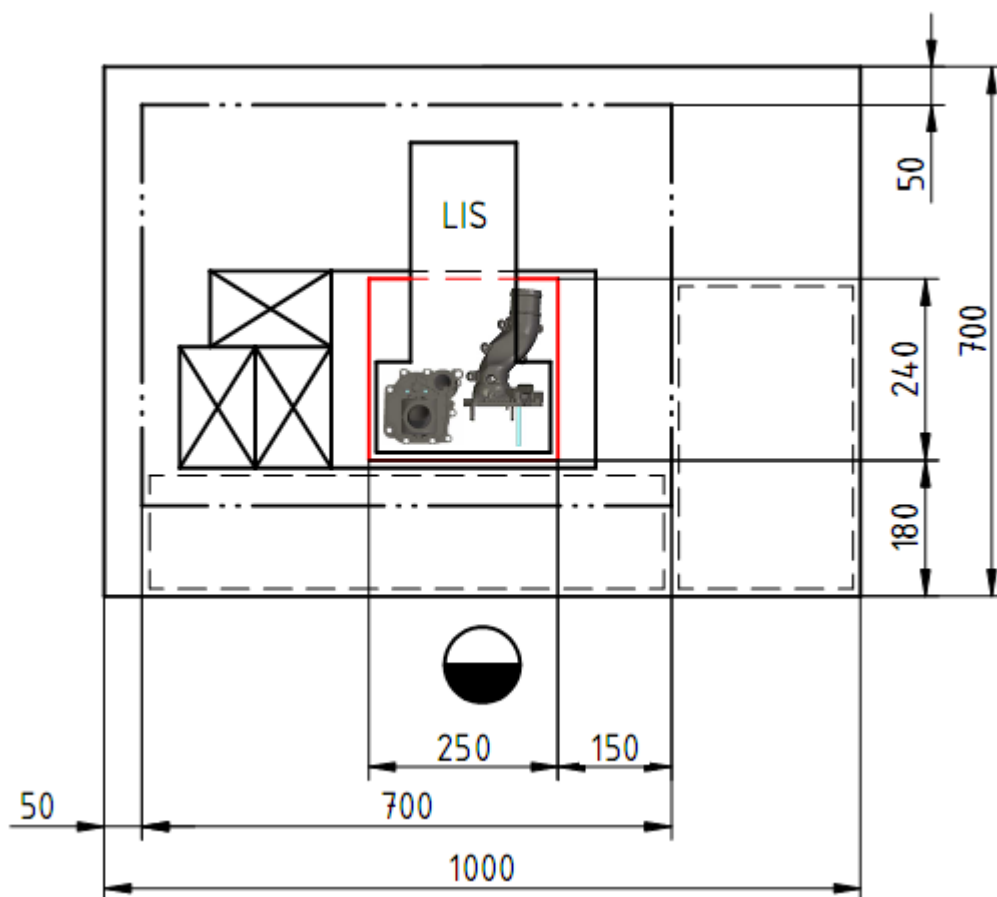
## 5 ZVOLENÝ ZPŮSOB MONTÁŽE

Jednotlivé schémata (vyjma obr. 60) jsou kreslena v měřítku 1:10. Případná nepřesnost měřítka je způsobena převodem 2D modelů do textového editoru.

### 5.1 Lisování

Jako mechanismus lisování byl zvolen princip popsany v podkapitole 4.1.2.3 Nepohyblivé přípravky, nepohyblivý lis. Cena stávajícího servolisu o síle 30 kN (a vyšší) činí přibližně 1 000 000 Kč, cena dvou hydro-pneumatických lisovacích válců (o síle srovnatelné) i se stojanem byla odhadnuta na méně než 600 000 Kč. Už jen v tomto porovnání je vidět citelný rozdíl – a to zde není započítán dopravní systém využívaný ve stávajícím řešení. Další výhody a nevýhody jsou uvedeny ve zmíněné podkapitole.

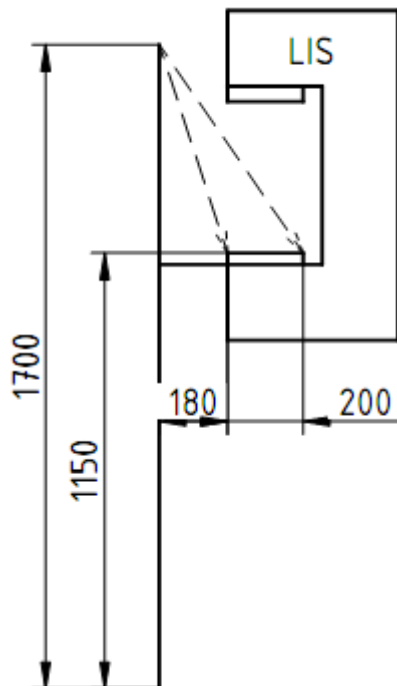
#### 5.1.1 Lisování pouzder (D05, D06) a závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03)



Obr. 59: Lisování pouzder (D05, D06) a závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03).

Pracoviště je názorně zobrazeno na obr. 59. Dle ergonomických zásad by bylo nejvhodnější umístit střed dílu do vzdálenosti 150 mm od hrany stolu, avšak tato vzdálenost je v daném příkladě nemožná. Lis by příliš zastiňoval součást pro operátora (obr. 60). Při vzdálenosti lůžka 180 mm od hrany stolu (vysokého 1150 mm

i s lůžkem) je pro osobu s očima ve výšce 1700 mm lisování bezproblémové. Ergonomicky je tato vzdálenost a výška pracovní polohy přijatelná. Výhodou tohoto řešení je i volný prostor, který se vytvořil před operátorem. Zde si může s výhodou odkládat vyměňované díly. Aby pracoviště nebylo příliš semknuté, bylo prodlouženo na 1000 mm, tím se zvětšil i odkládací prostor.



Obr. 60: Stručné schéma pohledu operátora na lisovaný díl. Dvě přerušované šipky vedou od potenciálních očí operátora k přední a zadní hraně dílu.

Dále je třeba zmínit přípravek potřebný pro zalisování závitové vložky (D04). Tuto vložku nelze umístit na trn, avšak musí být zakládána do otvoru a z něj pak lisem „protlačena“ až do požadované polohy v těle vodního ventilu (D03). Tento zmíněný otvor bude pod pružinou, aby díl po založení nevypadl, ale také aby se při lisování nezadíral. Přípravek nebude vybaven pneumatickými válci, ani jiným zdrojem energie, operátor jej jen pootočí do požadované polohy tak, aby zmíněný otvor ležel souose s otvorem v těle vodního ventilu (D03) určeným pro závitovou vložku (D04).

### 3D prostor:

V rámci tohoto řešení je pracovní prostor umístěn 1150 mm nad zemí. (Stůl + lůžko = 1150 mm.) Na pomysleném stropě krytu bude umístěno přisvícení. Pracoviště lze dovybavit podpěrou pro nohy.

### Boxy:

Boxy pro pouzdra (D05 a D06) a závitovou vložku (D04) jsou umístěny po levici operátora. Je-li operátor pravák, levou rukou si nabere díly a tou druhou je umě zakládá.

Senzory:

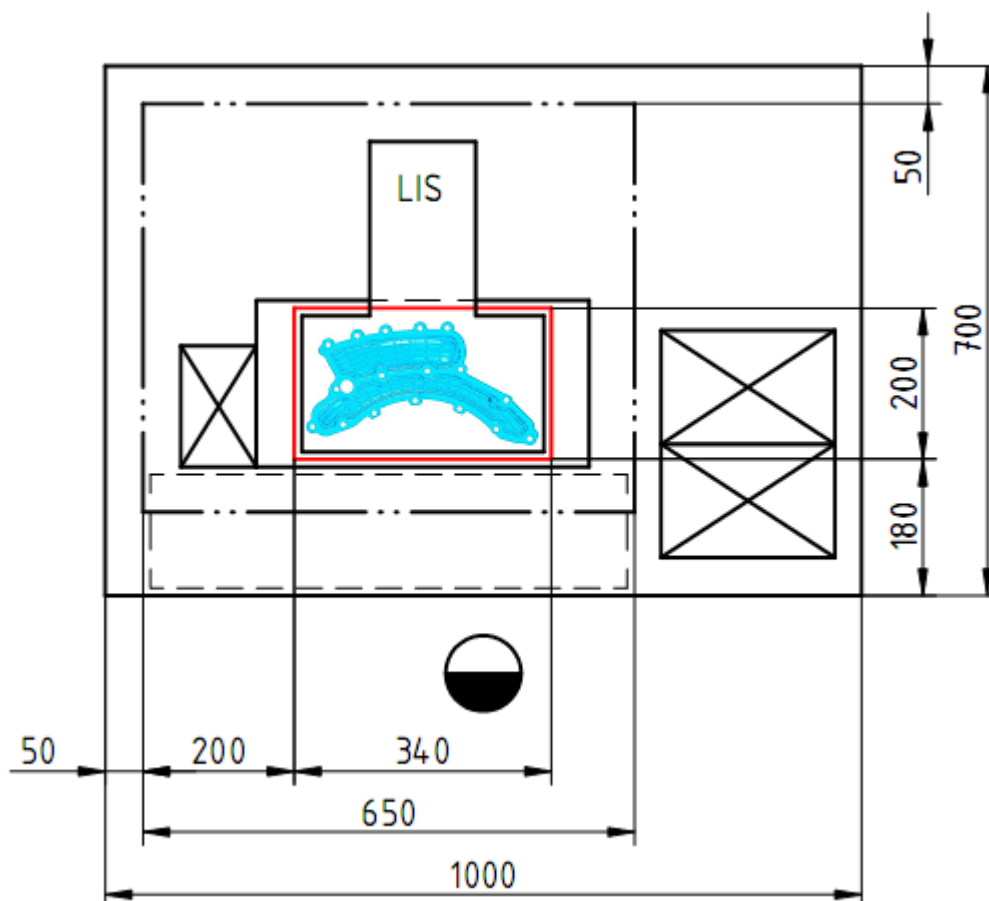
Pracoviště je třeba vybavit kamerou ke kontrole založení všech dílů. Nejsou-li založeny všechny díly, kryt (popsaný v následujícím odstavci) se nespustí. Lisovací síla je zde hlídána senzory implementovanými přímo na hydraulicko-pneumatickém válci.

Bezpečnost:

Lis i s lůžkem a přípravkem je umístěn uvnitř průhledného plastového krytu se zásuvnou přední stěnou. Jakmile operátor uloží poslední pouzdra na místa, stiskne tlačítko a přední stěna krytu se začne pomalu spouštět k desce pracovního stolu. Není třeba dvouruční ovládání, jelikož tíha tohoto „plastu“ je zanedbatelná a rychlost pomalá. Po dokončení lisovací operace se plastová stěna opět vysune a operátor může odebrat hotový díl.

Příslušenství:

Rozvaděč – samostatný nebo společný pro více pracovišť.

**5.1.2 Lisování pouzder (D12) do horního krytu (D01)**

Obr. 61: Lisování pouzder (D12) do horního krytu (D01).

Popis tohoto pracoviště (obr. 61) není třeba mnoho rozvádět – platí zde vše zmíněné v podkapitole minulé (5.1.1). Snad jen je vhodné zdůraznit, že odkládací prostor vpravo byl nahrazen boxy s díly.



**3D prostor:**

Každý díl je umístěn 900 mm nad zemí, což je nejvýhodnější poloha pro operátora. (Stůl + lůžko = 900 mm.) Jedná se o montáž větších celků, proto by celkové osvětlení haly mělo být dostatečné. V případě nutnosti je možno dovybavit pracoviště konzolou s přisvícením či podpěrou pro nohy.

**Boxy:**

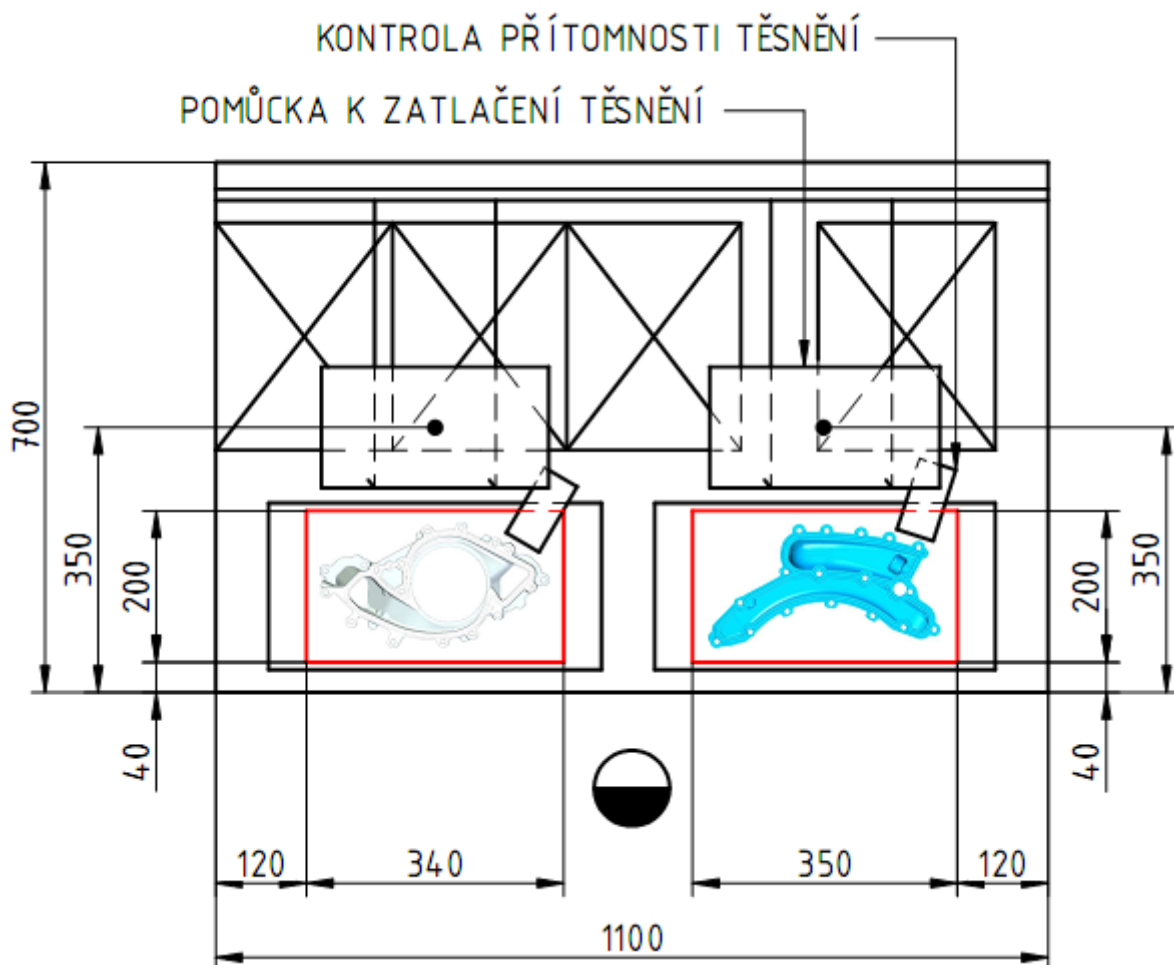
Boxy jsou umístěny za lůžky ve vzdálenosti přijatelné pro operátora. Ten vlevo je příhodně určen pro těsnění vodního ventilu (D07), pravé dva pro kryt vodního ventilu (D08) a jeho těsnění (D09).

**Senzory:**

U každého lůžka se nachází malý mechanický přípravek, nebo přesněji mechanická pomůcka, ke kontrole přítomnosti těsnění. Tato pomůcka v základním stavu nijak nepřekáží operátorovi v činnosti – je vykloněna od dílu. Po dokončení operace ji lze jednoduše přiklopit k dílu a malým zásuvným trnem tak zkontrolovat přítomnost těsnění. Je-li těsnění přítomno, trn se o něj zasune a senzor vyhodnotí přítomnost. Toto vyhodnocení odblokuje další pracoviště – šroubování. Dokud není vyhodnocena přítomnost těsnění, do té doby není možno spustit zaaretování součástí potřebné pro spuštění šroubovací operace.

**Bezpečnost + příslušenství:**

Pracoviště není třeba nijak zvláště zabezpečovat či vybavovat.



Obr. 63: Montáž těsnění horního (D15) a spodního (D13) krytu.

### 5.2.2 Montáž těsnění horního (D15) a spodního (D13) krytu

Jedná se o objemnější obdobu pracoviště popsaného výše (5.2.1). Viz. 63.

#### Boxy:

Box nejvíce vlevo je určen pro těsnění spodního krytu (D13), na něj navazují dva boxy pro spodní kryt (D12) a nad pravým lůžkem pak i box pro těsnění krytu horního (D01).

#### 3D prostor + senzory + bezpečnost:

Viz podkapitola 5.2.1.

## 5.3 Šroubovací pracoviště

Pro šroubovací operaci bylo zvoleno pracoviště nejlevnější a i tak přesně splňující takt stroje. Jedná se o ruční způsob šroubování jehož podstatou jsou 2 šroubováky (každý umístěný na svém stojanu s balancérem). Podrobnosti o mechanismu jsou uvedeny v podkapitole 4.3.1.1, podrobnosti o přípravcích v kapitole o stávajícím řešení 3.5.

### 5.3.1 Šroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) na sestavu těla vodního ventilu (S21.04)

Šroubovák je umístěn v takové vzdálenosti od lůžka, aby byla zajištěna jeho správná funkce (pracovní rozsah = 295 až 600 mm; viz obr. 64). Šroubování probíhá do hliníku s kroutícím momentem 8 Nm. Jelikož je konec šroubováku výsuvný, je třeba udělat pracoviště širší – proto je po pravé straně vytvořen odkládací prostor i přesto, že možná ani nebude využit.

Kroutící moment je vyhodnocován a zobrazován na malé obrazovce umístěné ve vhodné pozici před obsluhou (za přípravkem). V případě správného zašroubování obrazovka zezelená, v případě špatného zčervená. Modrá barva zde značí připravenost k dalšímu šroubování.

#### 3D prostor:

Výška desky stolu společně s výškou lůžka je stanovena na 900 mm od země. Jelikož se jedná o vkládání drobnějších dílů do dílu základního, pracoviště bude vybaveno přisvícením. V případě potřeby lze přidat opěrku pro nohy.

#### Boxy:

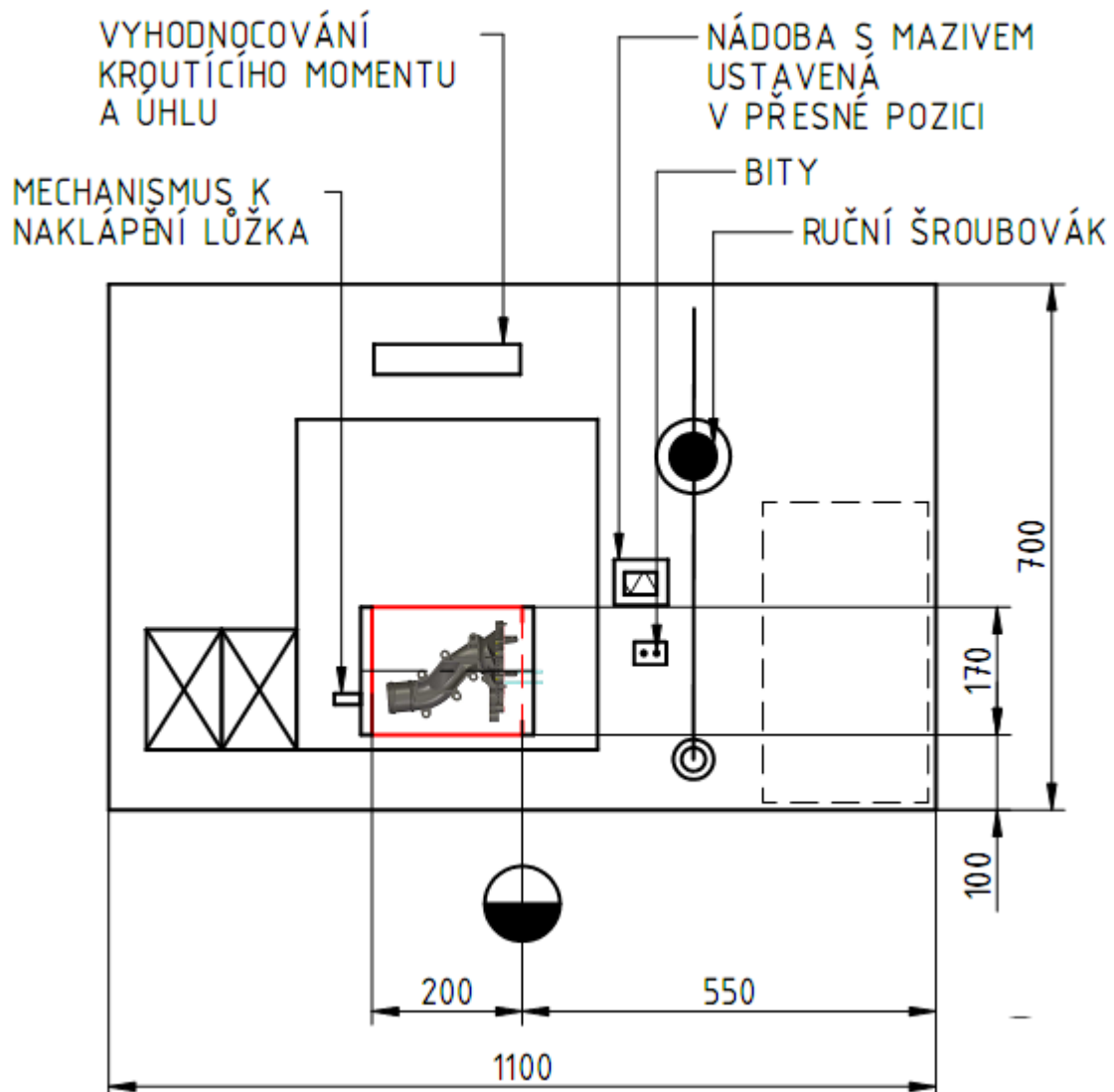
Boxy pro šrouby (D11) a matice (D10) jsou umístěny po levici operátora. Je-li operátor pravák, levou rukou si nabere díly a tou druhou je bez problémů zakládá.

#### Senzory:

V prostoru před samotným lůžkem součásti budou uložena dvě tlačítka dvouručního ovládání a mezi nimi ještě 3 barevné kontrolky:

- nepřipraveno bude mít barvu červenou a bude značit neprovedení předchozí operace – pravděpodobně nedošlo k montáži těsnění na kryt vodního ventilu, nebo nebyla správně zalisována pouzdra,

- oranžová, barva připravenosti, dává znamení k vložení dílů do lůžka, ke spuštění aretace, zašroubování potřebných šroubů a závitové vložky,
- zelená značí úspěšný výsledek dané operace → aretace může být po současném stisknutí dvou zmíněných tlačítek uvolněna.



Obr. 64: Šroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) na sestavu těla vodního ventilu (S21.04).

Součástí šroubováku je i systém k vyhodnocování kroučícího momentu a úhlu natočení. Součást lze odaretovat až příslušné počítadlo zaznamená předepsaný počet správných utažení. (V případě špatného dotažení je třeba zmáčknout zpětný chod šroubováku, šroub vyšroubovat a opakovat proces šroubování.) Je zde třeba kontrolovat i množství chyb za sebou. Je-li jeden a ten samý šroub 3x po sobě špatně zašroubován, není dovoleno pokračovat v montáži dané sestavy.

Před samotným zaaretováním soustavy je třeba nejprve vyhodnotit přítomnost obou sešroubovávaných dílů.

Kalibrování (prošroubování) závitové vložky (D04) je možné pouze s namazaným závitovým bitem. Pro zajištění kontroly provedení této operace bude hrdlo nádoby

s mazivem vybaveno indukčním senzorem. Sedmá šroubovací operace daného pracoviště se nespustí, dokud senzor nevyhodnotí přítomnost bitu uvnitř nádoby.

### Bezpečnost:

Jak již bylo zmíněno, pracoviště je vybaveno dvouručním ovládním pro spuštění zaaretování součástí.

### Příslušenství:

Rozvaděč – samostatný nebo společný pro více pracovišť.

## **5.3.2 Šroubování sestavy spodního (S23.07) a horního (S24.09) krytu na tělo kanálové jednotky (D00)**

Co platilo v předchozí kapitole, platí i zde (obr. 65) – a mnohdy dvojnásob vzhledem ke dvěma přípravkům, které se zde nacházejí.

Krouticí moment je, jako v předcházejícím popisu, vyhodnocován a zobrazován na malé obrazovce umístěné uprostřed pracoviště. Protože tato poloha není přímo ideální pro delší část pracovní směny, bude za každým přípravkem umístěna světelná signalizace přebírající informace se zmíněné obrazovky (zde se budou zobrazovat tytéž barvy).

### 3D prostor:

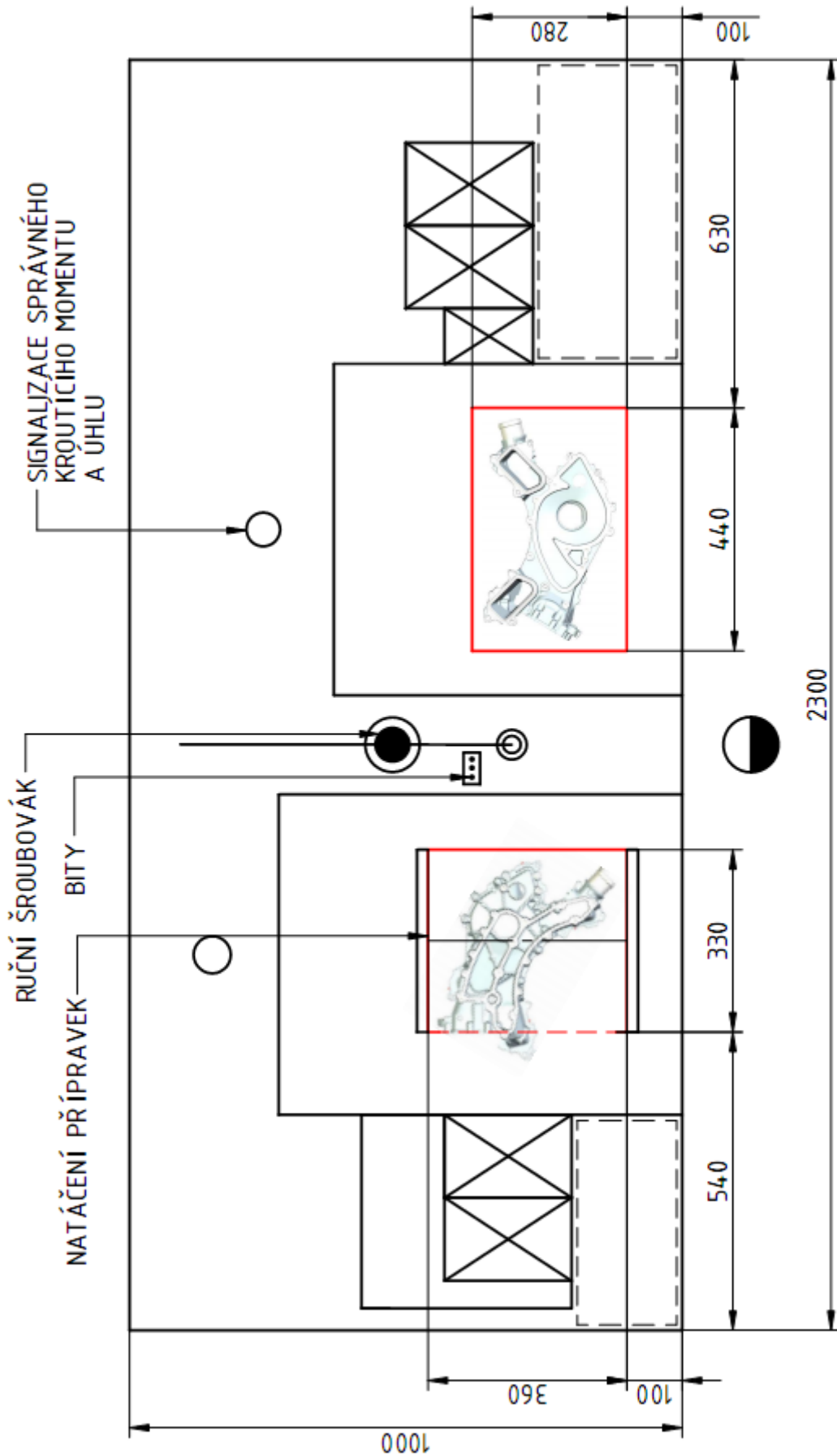
Vychází z předchozího pracoviště. Liší se však v ploše (polici) vyvýšené nad deskou stolu. Více je zmíněno v části Boxy. Jelikož se jedná o pracoviště, které bude operátor využívat po delší čas, opěrka na nohy je nutná.

### Boxy:

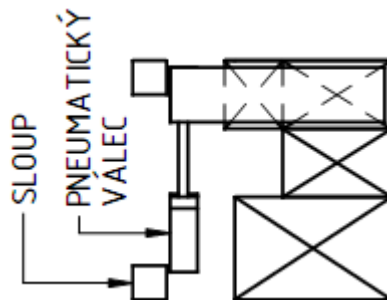
Toto pracoviště by mělo být z hlediska odkládacího prostoru a prostoru úložného zcela v režii operátorů. Boxy (společně se stojanem) lze lehce přesunout (přešroubovat) dle potřeby.

Vlevo na desce stolu jsou vyobrazeny tři menší boxy se třemi druhy šroubů (D14, D16, D27). Šrouby D14 a D16 (určené k montáži krytů) lze jen stěží zaměnit a stane-li se tak, obsluha si toho všimne. Problém nastává se šrouby D27 – záměna s D16 je možná a je jí potřeba předejít. K tomuto účelu má sloužit pneumatický válec, na jehož konci se nachází kryt pro box (boxy), který se právě nevyužívá. V případě šroubování horního krytu je válec v základní pozici – zakrývá šrouby D27. Má-li být šroubován celek, válec se vysune (viz obr. vlevo) a překryje momentálně neužitečné šrouby D14 a D16. V posledním boxu spodní části se nachází háček (D28) montovaný na zadní část stěny sestavy kanálové jednotky (S51.14).

Jelikož je boxů zapotřebí vícero, byla zde navržena ještě plocha (police) vyvýšená o 400 mm nad deskou stolu a nakloněná pod úhlem k vhodnému odběru součástí (viz současné řešení, uložení boxů na pracovišti montáže vnitřního mechanismu 3.6). Zde jsou ve dvou boxech uloženy díly potřebné k montáži celkové sestavy (D25 a D26).



Obr. 65: Šroubování sestavy spodního (S23.07) a horního (S24.09) krytu na tělo kanálové jednotky (D00).



Obr. 66: Boxy uložené na pracovním stole (vlevo).

Na protilehlé straně jsou boxy pouze tři. Ten nejmenší pro šrouby (D14) a zbylé dva pro spodní těsnění (D29 a D30). V tomto prostoru budou umístěny i kolíky potřebné k aretaci spodního krytu.

#### Senzory:

K senzorům zmíněným v předcházející podkapitole (vyjma senzoru vyhodnocujícího namazání bitu) je třeba připojit vyhodnocování přítomnosti aretačních kolíků, které je třeba do dílu vložit ještě před jeho celkovým zaaretováním.

#### Bezpečnost + příslušenství:

Viz 5.3.1

### **5.4 Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu**

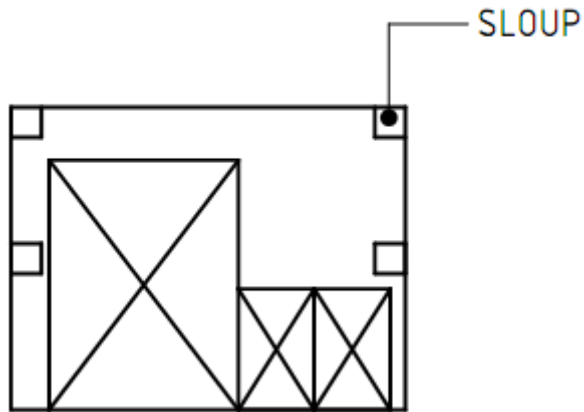
Základní mechanismy stávajícího pracoviště i způsob uskladnění boxů ve dvou řadách nad sebou byly vesměs ponechány – viz 3.6. Změna tohoto konceptu je v přerozdělení boxů a v drobné změně šířek úložného prostoru, který je pro ně vymezen.

#### 3D prostor:

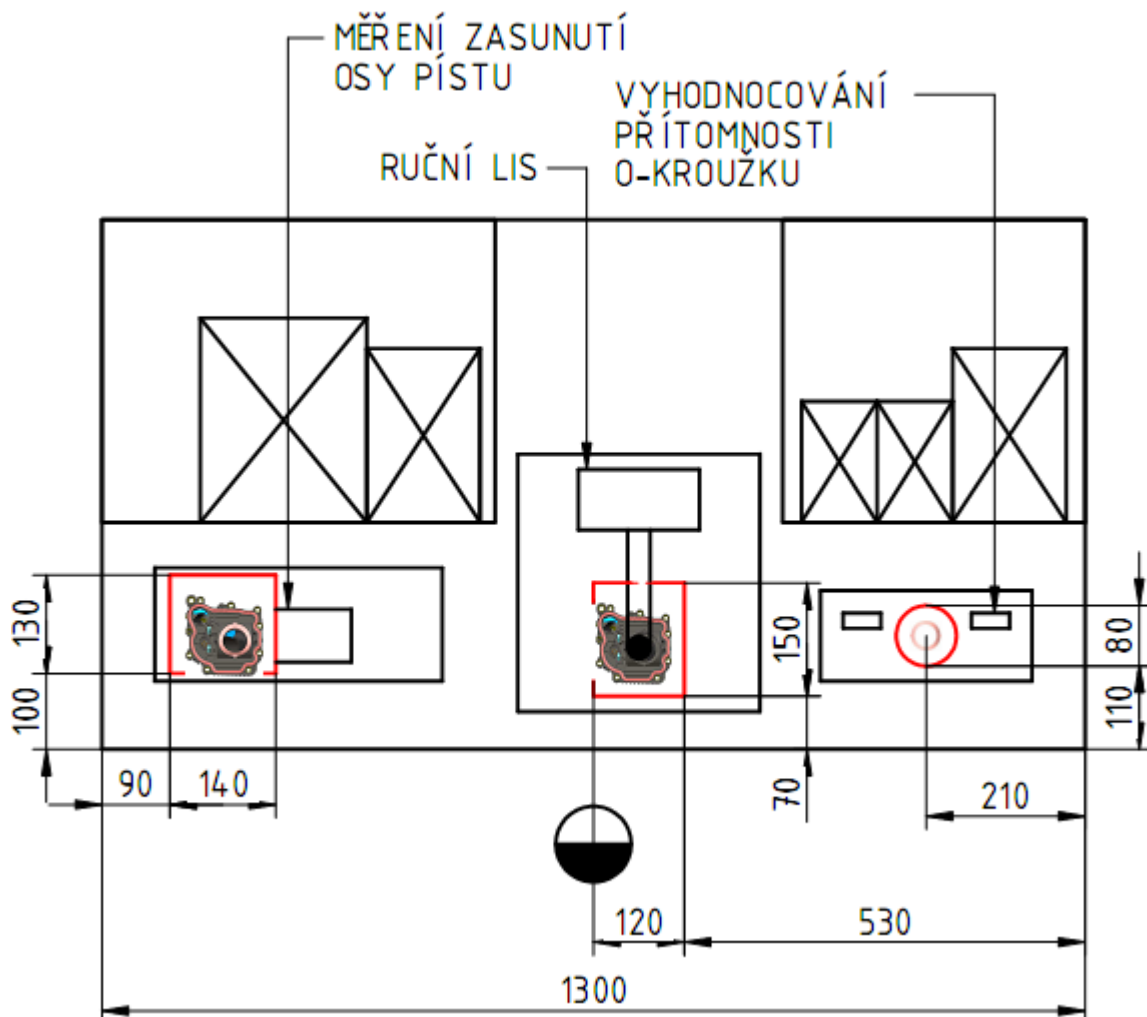
Jelikož bude tělo vodního ventilu zakládáno „na výšku“ je třeba vynést jednotlivá lůžka přibližně 200 mm nad desku pracovního stolu – ten by pak dosahoval výšky 700 mm (aby součet tvořil oněch 900 mm nad zemí).

Tak jako budou vynesena lůžka, tak musí být vyneseny boxy. K tomuto účelu jsou na každé straně zadní stěny umístěny dva hliníkové profily (sloupy), na nichž jsou pevně přichyceny desky (police) skloněné pod úhlem tak, aby mohlo dojít k co nejpříjemnějšímu odběru dílů z boxů – viz stávající řešení. Vpravo je tato vyvýšená plocha pouze jedna ve výšce 350 mm od desky stolu (od této vzdálenosti se svažuje směrem k lůžkům), na protilehlé straně se jedna z ploch nachází ve stejné rovině a ta druhá o 400 mm výš. Pro zpevnění nosné konstrukce jsou vymezena i místa pro podpěrné hliníkové profily.

Pracoviště lze dovybavit přisvícením či podpěrou pro nohy.



Obr. 67: Boxy uloženy v levém rohu daného pracoviště.



Obr. 68: Pracoviště na montáž vnitřního mechanismu vodního ventilu.

#### Boxy:

Boxy pravé strany jsou určeny pro těsnící kroužek (D17), o-kroužek (D18) a kruhovou pružinu (D19). Spodní roh protilehlé strany vyplňuje speciální plastový výlis k uložení termostatů (D20), na který navazují menší boxy pro kroužek (D22) a osy pístu (D24). Roh horní je pak určen pro zbývající dva díly – rotační píst (D23) aunašeč termostatu (D22).

### Senzory:

Nejvíce vpravo probíhá montáž o-kroužku (D18) na těsnící kroužek (D17). Jakmile operátor vloží kroužek těsnění do lůžka, vyhodnotí snímač (uložený na dnu lůžka) přítomnost dílu. Poté operátor namontuje o-kroužek (ten může namontovat již dříve), ponechá sestavu v lůžku a přejde doprostřed pracoviště.

Zde levou rukou uchopí štětec umístěný v nádobě s mazivem a vymaže sestavu těla vodního ventilu (S31.06) uloženou v lůžku a pevně zaaretované mechanismem. Na hrdle nádoby je přichycen senzor, který vyhodnocuje přítomnost štětce a je napojen na pracoviště předchozí. Odebrání a navrácení štětce do nádoby znamená nejen vymazání součásti, ale i to, že operátor se nachází mimo lůžko k montáži o-kroužku (D18). Dva optické snímače, jejichž paprsky jsou přerušeny přítomným o-kroužkem, tak mohou vyhodnotit stav, aniž by byl zkreslen prsty operátora.

Indukční snímač pak vyhodnocuje přítomnost kruhové pružiny (D19) v sestavě těla vodního ventilu (S31.06) uložené v prostředním lůžku. Sestava těla vodního ventilu nebude mechanicky odaretována, dokud všechny senzory nepotvrdí provedení jednotlivých operací.

V třetím lůžku se mimo kamerového snímání a vyhodnocování přítomnosti jednotlivých dílů kontroluje i správné zatlačení osy pístu (D24). Obsluha přípravkem najede na osu pístu, mírně přitlačí a senzor vyhodnotí správnou hloubku namontování. Až kamera vyhodnotí kompletnost této sestavy a přípravek správnou montáž osy pístu (D24), jednoduchý aretační mechanismus se odaretuje.

### Bezpečnost:

Pracoviště není třeba nijak zvláště zabezpečovat.

### Příslušenství:

Rozvaděč – samostatný nebo společný pro více pracovišť. Dále obrazovka zobrazující činnosti, které již operátor na daném pracovišti provedl a které teprve mají být provedeny.

## **5.5 Pracoviště elektrokontroly**

Jedná se o řešení popsané v 3.7 a 4.5 (obr. 69). Není zde zapotřebí nějakých zvláštních kontrol přítomnosti všech předepsaných dílů – ty jsou zkontrolovány již na pracovišti předchozím.

Elektrokontrola započne po splnění třech podmínek, kterými jsou:

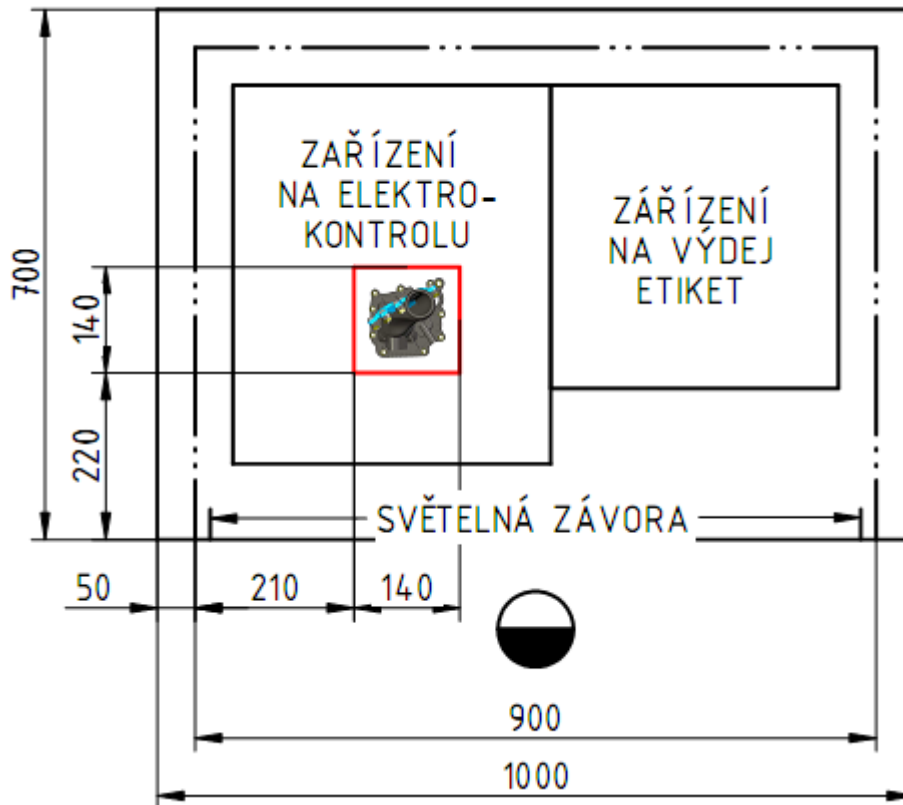
- vyhodnocení přítomnosti dílu v lůžku,
- nepřerušená světelná závora,
- stisk tlačítka, které je umístěno na předním sloupu pracoviště.

### 3D prostor:

Výška pracovního prostoru je stanovena na 900 mm od země.

### Boxy:

-



Obr. 69: Pracoviště elektrokontroly.

Senzory:

Pokud zkouška zjistí chybu, nevyjede etiketa ze zařízení na výdej etiket. Nevyjede-li etiketa, nemůže být zkontrolována a vyhodnocena čtečkou etiket na šroubovacím pracovišti. Není-li etiketa vyhodnocena, neproběhne zkouška těsnosti.

Dále je třeba do pracoviště integrovat snímač přítomnosti/nepřítomnosti dané sestavy.

Na sloupu pracoviště budou vedle tlačítka ke spuštění operace ještě 3 barevné kontrolky:

- nepřipravenost bude mít barvu červenou a bude značit neprovedení předchozí operace – nelze vložit díl, protože není zpráva o tom, že by byl správně sestaven,
- oranžová, barva připravenosti, říká, že nic nebrání vložení sestavy do přípravku a zahájení kontroly,
- zelená značí úspěšnost zkoušky. Není-li zkouška úspěšná, kontrolka zčervená a etiketa nevyjede.

Bezpečnost:

Jako v řešení současném i v řešení navrženém je v rámci pracoviště zabudována světelná závora.

Příslušenství:

Rozvaděč – samostatný nebo společný pro více pracovišť a případně i obrazovka pro nastavování požadovaných parametrů zkoušky. (Jelikož se bude obrazovka



3D prostor:

Výška pracovního prostoru je opět stanovena na 900 mm od země.

Boxy:

-

Senzory:

V rámci tohoto pracoviště bude probíhat nejen kontrola těsnosti, ale i kontrola přítomnosti spodních těsnění na sestavě. V rámci lůžka budou uloženy 4 trny. Po vložení sestavy kanálové jednotky (S26.16) do lůžka bude každý z těchto čtyř trnů zatlačen jedním ze čtyř spodních těsnění (D29, D30). Dokud všechny trny nebudou současně stlačeny, do té doby není povolena zkouška. Dalším efektem těchto senzorů je vyhodnocení přítomnosti tělesa a jeho správného ustavení.

Na sloupu pracoviště budou vedle tlačítka ke spuštění operace ještě 3 barevné kontrolky:

- červená má značit nepřipravenost – chybu. Obsluha zapomněla provést kontrolu etikety na předcházejícím pracovišti, nebo neumístila vadnou finální sestavu na správné místo. Se sestavami, které neprošly zkouškou těsnosti se to má stejně jako ve stávajícím řešení (viz) – způsoby se liší jen typem uskladnění vadných sestav. Zjistí-li se netěsnost, rozsvítí se popisovaná červená kontrolka a ta nezhasne, dokud není v regálu na vadné kusy vyhodnocena přítomnost sestavy,
- oranžová má značit připravenost na vložení dílu. Nic nebrání tomu, aby obsluha založila díl a stiskla tlačítko signalizující start,
- zelená je barvou úspěšného dokončení operace.

Bezpečnost:

Jako v řešení současném i v řešení navrženém je v rámci pracoviště zabudována světelná závora.

Příslušenství:

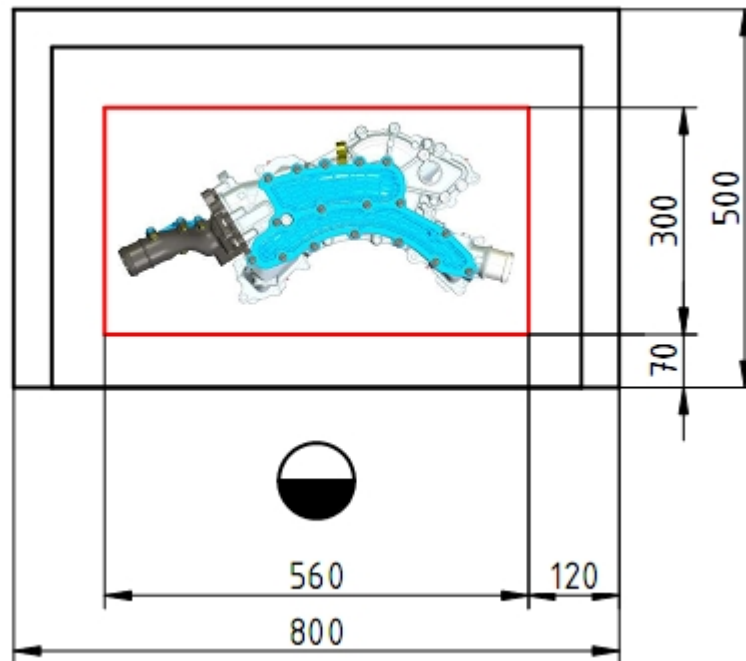
Rozvaděč (samostatný nebo společný pro více pracovišť) a obrazovka jednak pro nastavování požadovaných parametrů zkoušky (což se týká techniků), tak i pro přehled splněných a provedených úkonů. Jedná se o jakousi nápovědu pro obsluhu. Pokud přístroj nereaguje, měla by obrazovka vypsát své požadavky na operátora – co má ještě ověřit, doplnit či zkontrolovat.

### 5.6.2 Odkládání vadných finálních sestav (FS)

Rozsáhlé řešení současné (viz. 3.8) bylo nahrazeno kompaktním regálem s policemi. Každá z polic je z obou stran uložena na válečcích pro zajištění lehkého vysunování. Vybavenost lůžky pro finální tělesa je samozřejmostí (obr. 71).

3D prostor:

Vzdálenost mezi dvěma přihrádkami bude 20 mm. Počet lůžek pro vadné finální sestavy je nyní roven šesti → po vynásobení počtu přihrádek a jejich vzdálenosti vychází potřebná výška regálu na 1200 mm. Po připočtení vzdálenosti první police od země (100 mm) hodnota stoupne na 1300 mm. Ergonomicky se nejedná o ideál, avšak tato část pracoviště bude využita pouze výjimečně.



Obr. 71: Odkládání vadných finálních sestav (FS).

Boxy:

-

Senzory:

Pokud zkouška těsnosti zjistí chybu, nezhasne kontrolka do doby, než senzor přítomnosti (uložený v dané přihrádce) nevyhodnotí přítomnost nové finální sestavy. Viz předchozí odstavec o senzorech v podkapitole 5.6.1.

Bezpečnost + příslušenství:

Pracoviště není třeba nijak zvláště zabezpečovat či vybavovat.

## 6 URČENÍ MONTÁŽNÍCH ČASŮ A CYKLŮ LINKY

### 6.1 Stanovení taktu linky

Efektivní časový fond pracoviště:

Ve firmě, pro niž je tato diplomová práce zpracovávána, je přesně stanoven počet pracovních dnů, proto byly vzorce (1) a (3) zjednodušeny.

$$d = 240 \text{ dnů}$$

$$h_s = 7,33 \text{ h}$$

$$E = d \cdot h_s \quad (19)$$

$$E = 240 \cdot 7,33$$

$$E = 1759,2 \text{ h}$$

kde:

E ... efektivní časový fond pracoviště [h/rok]

d ... počet pracovních dnů v roce (dle podkladů společnosti) [dny]

$h_s$  ... počet hodin v jedné směně za den [h]

Zákaznický montážní takt linky (takt požadovaný zákazníkem):

Vzorec vychází z výpočtu taktu linky (4), ovšem nezahrnuje prodlevy – vyjadřuje takt, který si přeje zákazník.

$$E = 1759,2 \text{ h}$$

$$s_s = 3 \text{ směny}$$

$$N = 18000 \text{ ks/rok}$$

$$t_{zák} = \frac{60 \cdot E \cdot s_s}{N} \quad (20)$$

$$t_{zák} = \frac{60 \cdot 1759,2 \cdot 3}{18000}$$

$$t_{zák} = 17,592 \text{ min}$$

kde:

$t_{zák}$  ... takt montážní linky [min/ks]

E ... efektivní časový fond pracoviště [h/rok]

$s_s$  ... počet směn za den [-]

N ... požadovaný objem výroby [ks]

Teoretický montážní takt (takt linky, který započítává prodlevy):

Tento takt vyjadřuje nejnižší možný takt linky, který splní požadovaný objem výroby.

$$t_{zák} = 17,592 \text{ min}$$

$$t_t = \frac{t_{zák}}{1,12} \quad (21)$$

$$t_t = \frac{17,592}{1,12}$$

$$t_t = 15,7 \text{ min}$$

kde:

$t_t$  ... teoretický takt montážní linky [min/ks]

$t_{zák}$  ... takt montážní linky [min/ks]

1,12 ... konstanta započítávající prodlevy

## 6.2 Zhodnocení výsledků Basic MOSTu

Příklad ohodnocení jednotlivých úkonů systémem Basic MOST je uveden v příloze 6, kde jsou podrobně rozepsány jednotlivé úkony vykonávané v rámci nového návrhu dispozičního řešení montážní linky. Pro snadnou orientaci je třeba zmínit následující body:

- Č označuje čekání na stroj (vhodnější symboly jsou bohužel již zabrány samotným systémem Basic MOST)
- počátečním stavem je operátor stojící u daného pracoviště
  - jsou případy, kdy již svírá sestavu, nebo díl v ruce – pak je prvním úkonem vložení dílu do lůžka/přípravku
  - nesvírá-li operátor žádný díl/sestavu, musí jej nejprve odebrat ze zásobníku
- posledním úkonem na daném pracovišti je přenesení dílu/sestavy k pracovišti následujícímu

Tab. 13: Stávající řešení.

Pracoviště	Kapitola popisu	Spotřeba času		
		TMU	sekundy	minuty
vložení dílů na pojízdný stůl	3.2	970	34,56	0,58
lisování	3.3	3600	129,6	2,16
montáž těsnění	3.4	3320	119,52	1,99
šroubování	3.5	14660	527,76	8,8
montáž vnitřního mechanismu	3.6	2310	83,16	1,39
elektrokontrola	3.7	6360	228,96	3,82
montáž spodního těsnění a kontrola etikety	3.8	1900	68,4	1,14
kontrola těsnosti	3.9	1450	52,2	0,87
<b>součet:</b>		<b>34560</b>	<b>1244,16</b>	<b>20,74</b>

Hlavní nevýhodou současného řešení je čekání operátora na stroj při elektrokontrolě a kontrole těsnosti (viz tab. 13). Dalším zpomalením je několikrát zmiňované

potvrzování provedení jednotlivých úkonů, časté přecházení mezi stanicemi a částečně i nutnost uskladnění dílů na pojízdný stůl a odebírání komponentů z něj.

Tab. 14: Nové řešení.

Pracoviště	Kapitola popisu	Spotřeba času		
		TMU	sekundy	minuty
lisování těla vodního ventilu	5.1.1	1140	41,04	0,68
lisování horního krytu	5.1.2	1000	36,00	0,6
montáž těsnění těla vodního ventilu	5.2.1	1420	51,12	0,85
montáž těsnění krytů	5.2.2	1570	56,52	0,94
šroubování těla vodního ventilu	5.3.1	3320	119,52	1,99
šroubování krytů	5.3.2	12290	442,44	7,37
montáž vnitřního mechanismu	5.4	2290	82,44	1,37
elektrokontrola	5.5	380	13,68	0,23
kontrola těsnosti	5.6	910	32,76	1,55
<b>součet:</b>		<b>24320</b>	<b>875,52</b>	<b>14,59</b>

Změnou dispozičního řešení a změnou organizace práce bylo dosaženo taktu uvedeného v tab. 14. Podrobný popis jednotlivých operací v systému Basic MOST je přiložen v příloze 3. Vyhodnocení probíhalo současně s navrhováním dispozičního řešení linky. I přesto, že navrhovaná montážní linka prozatím nebyla v této práci popsána, v Basic MOSTu definována je.

Potřebný počet operátorů navržené linky:

Tento vzorec vychází z (5).

$$t_v = 14,59 \text{ min/ks}$$

$$t_t = 15,7 \text{ min/ks}$$

$$D_{nl} = \frac{t_v}{t_t} \quad (22)$$

$$D_{nl} = \frac{14,59}{15,7}$$

$$D_{nl} = 0,93 \text{ operátorů}$$

kde:

$D_{nl}$  ... potřebný počet operátorů v navrhované lince [operátor]

$t_v$  ... vypočítaný čas potřebný na smontování jednoho výrobku [min/ks]

$t_t$  ... teoretický takt montážní linky [min/ks]

Vyhodnocení časové rezervy:

$$t_v = 14,59 \text{ min}$$

$$t_t = 15,7 \text{ min}$$

$$\Delta t = t_t - t_v \quad (23)$$

$$\Delta t = 15,7 - 14,59$$

$$\Delta t = 1,11 \text{ minut}$$

kde:

$\Delta t$  ... časová rezerva [min]

$t_v$  ... vypočítaný čas potřebný na smontování jednoho výrobku [min/ks]

$t_t$  ... teoretický takt montážní linky [min/ks]

Procentuální zkrácení taktu oproti stávajícímu řešení:

$$t_{\text{souč}} = 20,74 \text{ min}$$

$$t_v = 14,59 \text{ min}$$

$$\Delta t_{\%} = \frac{t_{\text{souč}} - t_v}{t_{\text{souč}}} \cdot 100 \quad (24)$$

$$\Delta t_{\%} = \frac{20,74 - 14,59}{20,74} \cdot 100$$

$$\Delta t_{\%} = 29,6 \%$$

kde:

$\Delta t_{\%}$  ... procentuální zkrácení taktu [%]

$t_v$  ... vypočítaný čas potřebný na smontování jednoho výrobku [min/ks]

$t_{\text{souč}}$  ... takt současného řešení montážní linky [min/ks]

Teoretický počet vyrobitelných kusů:

Kombinace vzorců (20) a (21).

$$E = 1759,2 \text{ h}$$

$$s_s = 3 \text{ směny}$$

$$t_v = 14,59 \text{ min}$$

$$N = \frac{60 \cdot E \cdot s_s}{t_v \cdot 1,12} \quad (25)$$

$$N = \frac{60 \cdot 1759,2 \cdot 3}{14,59 \cdot 1,12}$$

$$N = 19378 \text{ ks}$$

kde:

$N$  ... požadovaný objem výroby [ks]

$E$  ... efektivní časový fond pracoviště [h/rok]

$s_s$  ... počet směn za den [-]

$t_v$  ... vypočítaný čas potřebný na smontování jednoho výrobku [min/ks]

Závěr:

Navrhované řešení snížilo počet operátorů ze dvou na jednoho. Pracoviště proto není zapotřebí nijak vyvažovat. Takt nově navrhované linky má rezervu 1,11 minut od taktu požadovaného, což znamená, že by teoreticky bylo možno za rok při trojměnném provozu vyrobit až 19378 ks. Celkové zkrácení oproti stávajícímu taktu činí 29,6 %.

## 7 ZÁSOBOVACÍ SYSTÉM

### Požadavky firmy:

- díly jsou ve skladu z původní bedny/krabice přeloženy do menších boxů/přepravek, které jsou převezeny a následně vhodně uloženy poblíž montážní linky
  - dodavatelé dodávají větší množství dílů najednou v delších časových intervalech, proto byla zvolena tato varianta
  - zaměstnanec zásobování případně operátor má možnost rychlejšího doplnění dílů do prázdných boxů na lince
- plastové boxy na lince mohou mít maximální délku 300 mm
- finální sestavy se uskladňují do přepravek KLT 600 x 400 x 147
  - 2 kusy v jedné přepravce
  - 30 přepravek na paletě 1200 x 800 mm (délka x šířka)
- doporučenou dodavatelskou firmou je Kaiser+Kraft

### 7.1 Vybrané komponenty

V následujících odstavcích jsou popsány vybrané boxy a přepravky firmy Kaiser+Kraft. Základními určujícími parametry byla možnost vybavení boxu/přepravy protiprašným víkem, vhodná rozměrová řada, přizpůsobení obsluze a možnost stohovatelnosti u základních typů (ke kapacitně výhodnějšímu uskladnění).

#### 7.1.1 Plastové boxy

##### Box s viditelným obsahem z polyetylenu (obr. 72 a 73) [24]

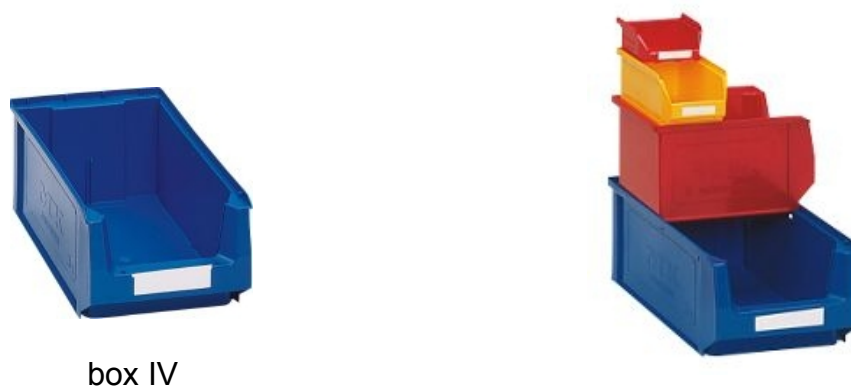
(oficiální název: Přepravka s viditelným obsahem z polyetylenu)

Tento box umožňuje bezpečné uložení dílů, rychlou přestavitelnost a snadnou údržbu díky hladkým vnitřním stěnám. Základním důvodem volby právě těchto boxů byla možnost jejich dovybavení protiprašným víkem.

- materiál: polyethylen
- příslušenství: etikety, protiprašné víko, přední deska
- odolnost: proti velkému množství olejů, tuků, kyselina louhů a proti teplotám v rozmezí -50 °C až +80 °C



Obr. 72: Boxy I, II, III s viditelným obsahem z polyetylenu [24].



Obr. 73: Boxy IV a boxy stohované [24].

Box s viditelným obsahem z polypropylenu (obr. 74 V) [24]

(oficiální název: Přepravka s viditelným obsahem z polypropylenu)

Tento box byla zvolena z důvodu velikosti jeho vnitřní části, do níž bude uložen horní a spodní kryt. Tyto kryty budou z boxu bohužel přečnivat, avšak i tak se jedná o nejlepší možné řešení z hlediska taktu stroje a jednoduché obsluhovatelnosti.

- materiál: polypropylen
- příslušenství: etikety, přední deska, podélná přepážka, příčná překážka
- odolnost: proti velkému množství olejů, tuků, kyselina louhů a proti teplotám v rozmezí  $-20\text{ °C}$  až  $+80\text{ °C}$

Regálový box (obr. 74 VI) [24]

(oficiální název: Regálová přepravka)

Ač se jedná o regálový box, svými rozměry je nejlepší možnou volbou pro uložení těsnění horního a těsnění spodního krytu. Jeho přední část není zkosená pro praktické odebírání materiálu, avšak vzhledem k malým výškovým rozměrům to není překážkou. Práce operátora nebude nijak omezena.

- materiál: polypropylen
- příslušenství: protiprašné víko, příčná přepážka, podélná přepážka, etikety
- odolnost: proti velkému množství olejů, tuků, kyselina louhů a proti teplotám v rozmezí  $-20\text{ °C}$  až  $+90\text{ °C}$



box V



box VI

Obr. 74: Box V s viditelným obsahem z polypropylenu vlevo a regálová přepravka VI vpravo [24].

Tab. 15: Soupiska rozměrů a cen boxů [24].

	Jednotky	I	II	III	IV	V	VI
Cena	[Kč]	990	860	1390	1479	2290	1140
Vnější délka	[mm]	85	160	230	350	300	300
Vnější šířka	[mm]	100	100	150	210	230	234
Vnější výška	[mm]	50	75	130	140	150	140
Objem	[l]	0,26	0,8	3,3	7,46	8	-
Vnitřní délka	[mm]	65	140	200	300	225	270**
Vnitřní šířka	[mm]	95	95	142	200	224	220**
Vnitřní výška	[mm]	42*	60*	116*	124*	158*	130**
Nosnost	[kg]	1,5	5	10	20	15	7
Zatížení	[kg]	10,5	35	50	100	75	20

\* Firma Kaiser+Kraft neuvádí tyto položky u daných typů boxů. Hodnoty byly dopočteny z hodnot objemů.

\*\* Firma Kaiser+Kraft neuvádí tyto položky u regálových přepravek. Hodnoty byly odhadnuty a vepsány do kulatých závorek.

### 7.1.2 Plastové přepravky

#### Plastová přepravka z polypropylenu (obr. 75 VII, VIII, IX) [24]

(oficiální název: Stohovací přepravky Euro)

Ač se jedná o vcelku robustní přepravky, jejich rozměrová škála a možnost stohovatelnosti je nejlepší možná z katalogu společnosti Kaiser+Kraft. Mezi jejich výhody patří i praktické žlábkové nosné rukojeti a hladké, plné dno i stěny.

- materiál: polypropylen
- příslušenství: plastové víko pro přepravku 400 x 300 mm, rámeček na etikety, ochranný kryt 1200 x 800, vozík pro přepravku 600 x 400 mm
- odolnost: proti velkému množství olejů, tuků, kyselina louhů a proti teplotám v rozmezí -20 °C až +80 °C

#### Plastová přepravka R-KLT (obr. 75 X) [24]

(oficiální název: Nosič na malé náklady R-KLT)

Nosič R-KLT je vybaven ergonomickou rukojetí pro snadnější ruční manipulaci. Jedná se o stohovatelný typ nosiče s uzavřeným dnem a jednou stěnou.

- materiál: polypropylen
- příslušenství: plastové víko
- odolnost: proti kyselinám, louhům a teplotám v rozmezí -20 °C až +90 °C



Euro přepravka VII, VIII, IX



R-KLT X

Obr. 75: Plastové přepravky [24].

Tab. 16: Soupiska rozměrů a cen přepravek [24].

	Jednotky	VII	VIII	IX	X
Cena	[Kč]	210	430	2340	960
Vnější délka	[mm]	400	600	800	600
Vnější šířka	[mm]	300	400	600	400
Vnější výška	[mm]	175	235	415	147
Objem	[l]	16	45	165	22
Vnitřní délka	[mm]	356	556	750	544
Vnitřní šířka	[mm]	257	356	550	364
Vnitřní výška	[mm]	162	222	400	109
Nosnost	[kg]	15	20	120	20
Zatížení	[kg]	400	300	800	600

### 7.1.3 Příslušenství

#### Plastová paleta (tab. 17) [24]

Tato paleta se vyznačuje svou odolností proti vlhkosti (mokru), možností zajíždění vozíku ze čtyř stran a vnější aretací 7 mm.

Tab. 17: Parametry plastové palety [24].

materiál:	recyklovaný polyethylen
rozměry vnější:	1200 x 800 x 150 mm (délka x šířka x výška)
hmotnost:	12 kg
rozměry k zajíždění:	775 x 595 x 100 mm
statická/dynamická nosnost:	5000/1000 kg
příslušenství:	podvozek, plastový nastavný rám
odolnost:	proti mokru, vlhkosti a teplotám od -40 °C do +70 °C

Zásuvný regál (tab. 18) [24]

Rám zásuvného regálu je vyroben z ocelového plechu a vyztužen křížovou diagonálou. Základní dodávka zahrnuje 5 pozinkovaných polic.

Tab. 18: Parametry zásuvného regálu [24].

materiál:	ocelový plech (pozinkované police)
rozměry:	1060 x 436 x 2000 mm (délka x hloubka x výška)
hmotnost:	12 kg
nosnost police:	150 kg
nosnost pole:	1300 kg



Obr. 76: Vlevo plastová paleta, vpravo zásuvný regál [24].

## 7.2 Volba boxů k uložení na montážní lince

Na jednotlivých pracovištích montážní linky se mohou nacházet boxy o maximálním rozměru 300 x 300 mm (viz úvod této kapitoly). V úvahu tedy připadají boxy I, II, III, V, VI (tab. X), z nichž bylo za pomoci programu OpenOffice.org Calc zvoleno rozměrově nejvhodnější řešení.

Program OpenOffice.org Calc je alternativou k tabulkovému kalkulátoru Microsoft Excel. Do jednotlivých buněk tabulky byly postupně zadány vzorce uvedené v teoretické stati (1.6) a všechny hodnoty potřebné k výpočtu (vnější rozměry a hmotnosti dílů, vnitřní rozměry boxů a jejich nosnost, počet dílů potřebných na jednu operaci a požadovaný takt montážní linky). Viz příloha 3 a níže uvedená tabulka (tab. 19).

Tab. 19: Výsledné boxy určené pro dané díly.

	$d_d$	$\check{s}_d$	$v_d$	$N_{op1}$	typ boxu	$N_{bL}$	$m_{skL}$	$N_{opL}$	$t_{zL}$	typ uložení
	[mm]	[mm]	[mm]	[ks]		[ks]	[kg]	[operace]	[h]	
D00	400	210	100	1	uloženo pouze vedle linky					
D01	304	170	32	1	V	2	2,11	14	4	D
D02	8	7	7	17	II	1	0,88 ÷ 0,91	104 ÷ 107	30 ÷ 32	*
D03	208	105	100	1	uloženo pouze vedle linky					
D04	10	9	9	1	II	1	0,81 ÷ 0,90	810 ÷ 900	236 ÷ 263	*

D05	10	7	7	9	II	1	0,72 ÷ 0,78	160 ÷ 173	46 ÷ 51	*
D06	12	8	8	1	II	1	0,42 ÷ 0,47	833 ÷ 935	243 ÷ 273	*
D07	93	91	5	1	VI	1	0,52	104	30	A, B
D08	104	90	16	1	VI	1	1,34	48	14	B
D09	85	38	2	1	II	1	0,05	90	26	B
D10	9	9	3	6	II	1	2,76 ÷ 3,00	460 ÷ 500	134 ÷ 146	*
D11	17	12	12	6	II	1	0,65 ÷ 0,78	38 ÷ 46	11 ÷ 14	*
D12	300	170	30	1	V	2	2,85	14	4	D
D13	250	125	5	1	VI	1	0,29	26	7	A
D14	25	12	12	10	II	1	1,03 ÷ 1,17	15 ÷ 17	4 ÷ 5	*,***
D15	270	185	5	1	VI	1	0,47	26	7	A
D16	19	12	12	17	II	1	0,74 ÷ 0,88	13 ÷ 16	3 ÷ 5	*
D17	46	42	14	1	III	1	0,96	96	28	A, B**
D18	43	43	2	1	II	1	0,18	180	52	A, B**
D19	39	39	7	1	II	1	0,29	48	11 ÷ 14	A, B
D20	81	8	8	1	-	1	1,87	36	10	forma
D21	31	31	21	1	III	1	0,72	120	35	B**
D22	23	20	6	1	II	1	0,09 ÷ 0,14	184 ÷ 276	53 ÷ 81	*
D23	60	57	41	1	VI	1	1,15 ÷ 1,28	40	10 ÷ 12	*
D24	58	6	6	1	II	1	3,9	300	87	A
D25	98	17	17	1	III	1	1,63	96	28	A, D
D26	43	32	17	1	III	1	1,06	108	28	A**
D27	23	12	12	9	II	1	0,57 ÷ 0,81	17 ÷ 24	5 ÷ 7	*
D28	34	30	12	1	II	1	0,24	60	17	A**
D29	75	44	5	2	III	1	0,48	69	20	A**
D30	88	54	5	2	III	1	0,41	46	13	A**

\*tyto díly je neekonomické a neefektivní přesně ukládat

\*\*tyto díly by bylo možno přesně ukládat, avšak není to nezbytně nutné

\*\*\*tento díl bude na lince uložen i v přepravce typu I (jeden šroub má být zašroubován z jiné strany než šrouby ostatní – proto je zapotřebí umístit tyto díly na dvě pracoviště. Počty kusů i časy výměn však touto změnou nebudou zasaženy.

kde:

$d_d$	... délka dílu [mm]
$\check{s}_d$	... šířka dílu [mm]
$v_d$	... výška dílu [mm]
$N_{1op}$	... počet stejných dílů potřebných na jednu montážní operaci [ks]
typ boxu	... viz obr. 13
$N_{bL}$	... počet boxů uložených na lince pro určitý díl [ks]
$m_{skL}$	... skutečná hmotnost dílů v boxu uloženém na lince [kg]
$N_{opL}$	... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů na lince pro daný díl [operace]
$t_{zL}$	... zásobovací takt boxů na lince [h]

typ uložení ... viz kap. teorie o boxech

### 7.2.1 Vzorový výpočet

Díl: D08

Umístění: na montážní lince (dolní index L)

Doporučený typ uložení: B

Teoretický počet dílů v boxu:

$d_{bLD08} = 270$  mm

$\check{s}_{bLD08} = 220$  mm

$v_{bLD08} = 130$  mm

$d_{dD08} = 104$  mm

$\check{s}_{dD08} = 90$  mm

$v_{dD08} = 16$  mm

$$N_{tBLD08} = \frac{d_{bLD08}}{\check{s}_{dD08}} \cdot \frac{\check{s}_{bLD08}}{d_{dD08}} \cdot \frac{v_{bLD08}}{v_{dD08}} \quad (26)$$

$$N_{tBLD08} = \frac{270}{90} \cdot \frac{220}{104} \cdot \frac{130}{16}$$

$$N_{tBLD08} = 48 \text{ ks}$$

kde:

$N_{tBLD08}$  ... teoretický počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$d_{bLD08}$  ... délka boxu pro díl D08 [mm]

$\check{s}_{bLD08}$  ... šířka boxu pro díl D08 [mm]

$v_{bLD08}$  ... výška boxu pro díl D08 [mm]

$d_{dD08}$  ... délka dílu D08 [mm]

$\check{s}_{dD08}$  ... šířka dílu D08 [mm]

$v_{dD08}$  ... výška dílu D08 [mm]

Následující vztahy je třeba aplikovat na každý z šesti typů uložení.

Teoretická hmotnost:

$N_{tBbD08} = 48$  ks

$m_{dD08} = 0,028$  kg

$$m_{tBLD08} = N_{tBLD08} \cdot m_{dD08} \quad (27)$$

$$m_{tBLD08} = 48 \cdot 0,028$$

$$m_{tBLD08} = 1,344 \text{ kg}$$

kde:

$m_{tBLD08}$  ... teoretická hmotnost dílů D08 v boxu (uložení typu B) [kg]

$N_{tBLD08}$  ... teoretický počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$m_{dD08}$  ... hmotnost jednoho dílu D08 [kg]

Skutečný počet dílů v boxu:

$$m_{tBLD08} = 1,344 \text{ kg}$$

$$m_{bLD08} = 7 \text{ kg}$$

$$N_{tBLD08} = 48 \text{ ks}$$

$$m_{tBLD08} \leq m_{bLD08} \quad N_{skBLD08} = N_{tBLD08} \quad (28)$$

$$N_{skBLD08} = 48 \text{ ks}$$

kde:

$m_{tBLD08}$  ... teoretická hmotnost dílů D08 v boxu (uložení typu B) [kg]

$m_{bLD08}$  ... nosnost boxu určeného pro díly D08 [kg]

$N_{skBLD08}$  ... skutečný počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$N_{tBLD08}$  ... teoretický počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

Skutečná hmotnost:

$$N_{skBLD08} = 48 \text{ ks}$$

$$m_{bLD08} = 7 \text{ kg}$$

$$m_{skBLD08} = N_{skBLD08} \cdot m_{dD08} \quad (29)$$

$$m_{skBLD08} = 48 \cdot 0,028$$

$$m_{skBLD08} = 1,344 \text{ kg}$$

kde:

$m_{skBLD08}$  ... skutečná hmotnost dílů D08 v boxu (uložení typu B) [kg]

$N_{skBLD08}$  ... skutečný počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$m_{dD08}$  ... hmotnost jednoho dílu D08 [kg]

Počet montážních operací:

$$N_{skBLD08} = 48 \text{ ks}$$

$$N_{1opD08} = 1 \text{ ks}$$

$$N_{opBLD08} = \frac{N_{skBbD08}}{N_{1opD08}} \cdot N_{bLD08} \quad (30)$$

$$N_{opBLD08} = \frac{48}{1} \cdot 1$$

$$N_{opBLD08} = 48 \text{ ks}$$

kde:

$N_{opBLD08}$  ... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů pro díl D08 (uložení typu B) [operace]

$N_{skBLD08}$  ... skutečný počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$N_{1opD08}$  ... počet dílů D08 potřebných na jednu montážní operaci [ks]

$N_{bLD08}$  ... počet boxů/přepravek pro díl D08 [ks]

Zásobovací takt (doma mezi dvěma zásobováními):

$$N_{opBLD08} = 48 \text{ ks}$$

$$t_{zák} = 17,5 \text{ min}$$

$$t_{zBLD08} = \frac{N_{opBLD08} \cdot t_{zák}}{60} \quad (31)$$

$$t_{zBLD08} = \frac{48 \cdot 17,5}{60}$$

$$t_{zBLD08} = 14 \text{ h}$$

kde:

$t_{zBLD08}$  ... zásobovací takt pro díly D08 (uložení typu B) [h]

$N_{opBLD08}$  ... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů pro díl D08 (uložení typu B) [operace]

$t_{zák}$  ... teoretický takt montážní linky [min]

Nutno zmínit, že tento výpočet stanovuje pouze orientační zásobovací tak, jelikož počítá s taktem zákaznickým, který nezahrnuje ani „plánované“ prodlevy. Jedná se pouze o orientační výpočet, který je třeba zkorigovat výsledným taktem stroje.

Využitá kapacita boxu:

$$d_{bLD08} = 270 \text{ mm}$$

$$\check{s}_{bLD08} = 220 \text{ mm}$$

$$v_{bLD08} = 130 \text{ mm}$$

$$d_{dD08} = 104 \text{ mm}$$

$$\check{s}_{dD08} = 90 \text{ mm}$$

$$v_{dD08} = 16 \text{ mm}$$

$$N_{skBLD08} = 48 \text{ ks}$$

$$K_{BLD08} = \frac{d_{dD08} \cdot \check{s}_{dD08} \cdot v_{dD08} \cdot N_{skBLD08}}{d_{bLD08} \cdot \check{s}_{bLD08} \cdot v_{bLD08}} \cdot 100 \quad (32)$$

$$K_{BLD08} = \frac{104 \cdot 90 \cdot 16 \cdot 48}{270 \cdot 220 \cdot 130} \cdot 100$$

$$K_{BLD08} = 93 \%$$

kde:

$K_{BLD08}$  ... využitá kapacita boxu pro díl D08 (uložení typu B) [%]

$N_{skBLD08}$  ... skutečný počet dílů D08 v boxu (uložení typu B) [ks]

$d_{bLD08}$  ... délka boxu pro díl D08 [mm]

$\check{s}_{bLD08}$  ... šířka boxu pro díl D08 [mm]

$v_{bLD08}$  ... výška boxu pro díl D08 [mm]

$d_{dD08}$  ... délka dílu D08 [mm]

$\check{s}_{dD08}$  ... šířka dílu D08 [mm]

$v_{dD08}$  ... výška dílu D08 [mm]

Dle stejného algoritmu probíhal výpočet většiny dílů. Do zmíněné většiny nezapadají D00, D01, D03, D12 a D20.

### 7.2.2 Uložení dílů D00 a D03

Do zvolených boxů by bylo možno uskladnit pouze minimum dílů D03. Proto je nutno uskladnit dané díly v přepravkách vedle montážní linky, stejně jako díly D00.

### 7.2.3 Uložení dílů D01 a D12

V nabídce společnosti Kaiser+Kraft bylo obtížné nalézt box pro díly D01 (horní kryt) a D12 (spodní kryt), který by rozměrově vyhovoval požadavkům kladeným na boxy na lince (délka x šířka = max. 300 x 300 mm). Výsledkem je kompromis mezi strojařskou precizností a jednoduchou obsluhovatelností. Zvolený box není dostatečně objemný, aby obsáhl celý díl (díly), avšak svůj účel (jakožto prvek kumulace většího množství kusů) splní, pokud bude zanedbáno mírné přečnívání dílů.

Pro dané díly je nutno poopravit standardní vzorce. Bez opravy by počet kusů v boxu vycházel vždy nula.

Díl: D01

Typ uložení: D

Teoretický počet dílů v boxu:

$\check{s}_{bLD01} = 224 \text{ mm}$

$v_{dD01} = 32 \text{ mm}$

$$N_{tLD01} = \frac{\check{s}_{bLD01}}{v_{dD01}} \quad (33)$$

$$N_{tLD01} = \frac{224}{32}$$

$$N_{tLD01} = 7 \text{ ks}$$

kde:

$N_{tLD01}$  ... teoretický počet dílů D01 v boxu (na montážní lince) [ks]

$\check{s}_{bLD01}$  ... šířka boxu (na montážní lince) pro díl D01 [mm]

$v_{dD01}$  ... výška dílu D01 [mm]

Díl: D12

Typ uložení: D

Teoretický počet dílů v boxu:

$\check{s}_{bLD12} = 224 \text{ mm}$

$v_{dD12} = 30 \text{ mm}$

$$N_{tLD12} = \frac{\check{s}_{bLD12}}{v_{dD12}} \quad (34)$$

$$N_{tLD12} = \frac{224}{30}$$

$$N_{tLD12} = 7 \text{ ks}$$

kde:

$N_{iLD12}$  ... teoretický počet dílů D12 v boxu (na montážní lince) [ks]

$\mathring{s}_{bLD12}$  ... šířka boxu (na montážní lince) pro díl D12 [mm]

$V_{dD12}$  ... výška dílu D12 [mm]

### 7.2.4 Uložení dílů D20

Díl D20 (roztažná hřídel) je dodávána ve speciálních formách (prolisech) 400 x 300 mm (délka x šířka), které slouží jako ochrana proti mechanickému poškození. Jedna forma obsahuje celkem 36 dílů.

## 7.3 Volba boxů a přepravek k uložení vedle montážní linky

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, jednotlivé boxy umístěné na montážní lince budou doplňovány díly z boxů/přepravek umístěných vedle montážní linky.

Výpočty probíhaly analogicky s výpočty boxů na montážní lince. Základními předpoklady bylo co největší množství dílů v jednotlivých boxech/přepravkách při zachování jednoduché obsluhovatelnosti a rozměrové nenáročnosti. Je obtížné najít kompromis mezi takto protichůdnými požadavky, avšak jsou zde další proměnné, které situaci zprůhledňují.

Pro finální sestavy má být přichystána paleta 1200 x 800 mm (délka x šířka). Lze předpokládat že pro díly D00 by měla být paleta stejně rozsáhlá, jelikož se jedná o díly velmi podobné. Je obtížné představit si vměstnání zbylých 30-ti dílů na jednu paletu tak, aby byly lehce odebíratelné – proto byl navržen regál k uložení boxů a přepravek s menším množstvím dílů. Jsou zde ovšem ještě rozměrné díly, které potřebují více prostoru, než nabízí police a hloubka regálu, pro ně je naplánována třetí paleta. Viz příloha 4 a souhrnná tab. 20.

Boxy připadající v úvahu (viz tab. 15): II, III, IV

Přepravky připadající v úvahu (viz. tab. 16): VII, VIII, IX

Přepravka pro finální sestavy (viz. tab. 16): X

Počet palet: 3 (1200 x 800 mm = délka x šířka)

Počet regálů: 1 (1060 x 436 x 2000 mm = délka x šířka x výška, 5 polic)

Tab. 20: Výsledné přepravky určené pro dané díly.

	$d_d$	$\mathring{s}_d$	$V_d$	$N_{op1}$	typ boxu	$N_b$	$m_{sk}$	$N_{op}$	$t_z$	typ uložení
	[mm]	[mm]	[mm]	[ks]		[ks]	[kg]	[operace]	[h]	
D00	400	210	100	1	X	30	3,99	72	21	A
D01	304	170	32	1	IX	1	21,67	72	21	A
D02	8	7	7	17	III	1	3,81 ÷ 4,00	461 ÷ 470	131 ÷ 137	*
D03	208	105	100	1	IX	1	10,56	60	18	A
D04	10	9	9	1	II	1	0,81 ÷ 0,9	810 ÷ 900	236 ÷ 263	*
D05	10	7	7	9	II	1	0,72 ÷ 0,78	160 ÷ 173	47 ÷ 50	*
D06	12	8	8	1	II	1	0,42 ÷ 0,47	833 ÷ 935	243 ÷ 27	*

D07	93	91	5	1	VII	1	0,96	192	56	A, B
D08	104	90	16	1	VII	3	1,68	180	53	B
D09	85	38	2	1	IV	1	0,43	868	253	B
D10	9	9	3	6	II	1	2,76 ÷ 3,00	460 ÷ 500	134 ÷ 146	*
D11	17	12	12	6	III	1	2,96 ÷ 2,23	176 ÷ 192	51 ÷ 56	*
D12	300	170	30	1	IX	2	31,75	156	46	A
D13	250	125	5	1	VIII	2	1,94	352	103	A
D14	25	12	12	10	IV	1	10,72 ÷ 13,4	160 ÷ 192	47 ÷ 58	*
D15	270	185	5	1	VIII	2	1,58	176	51	A
D16	19	12	12	17	IV	1	7,68 ÷ 8,00	141 ÷ 147	41 ÷ 43	*
D17	46	42	14	1	III	2	0,96	200	56	B**
D18	43	43	2	1	II	1	0,18	264	53	B**
D19	39	39	7	1	III	1	1,44	147	70	A, B
D20	81	8	8	1	výlis	36	1,87	108	32	forma
D21	31	31	21	1	IV	1	1,62	270	79	B**
D22	23	20	6	1	II	1	0,09 ÷ 0,14	270 ÷ 336	54 ÷ 82	*
D23	60	57	41	1	VII	3	1,92 ÷ 2,3	184 ÷ 280	53 ÷ 63	*
D24	58	6	6	1	II	1	3,9	300	88	A
D25	98	17	17	1	IV	1	4,05	238	69	B, D
D26	43	32	17	1	IV	1	2,77	252	74	A,B**
D27	23	12	12	9	IV	1	7,4 ÷ 7,7	222 ÷ 231	65 ÷ 67	*
D28	34	30	12	1	IV	1	2	500	146	B**
D29	75	44	5	2	IV	1	1,34	192	56	A**
D30	88	54	5	2	VII	1	2,3	256	75	A**
FS	520	237	103	1	X	30	6,35	72	21	A

\*tyto díly je neekonomické a neefektivní přesně ukládat

\*\*tyto díly by bylo možno přesně ukládat, avšak není to nezbytně nutné

kde:

$d_d$  ... délka dílu [mm]

$\check{s}_d$  ... šířka dílu [mm]

$v_d$  ... výška dílu [mm]

$N_{1op}$  ... počet stejných dílů potřebných na jednu montážní operaci [ks]

typ boxu/přepravky ... viz obr. 13

$N_b$  ... počet boxů/přepravek pro určitý díl [ks]

$m_{sk}$  ... skutečná hmotnost dílů v boxu/přepravce [kg]

$N_{op}$  ... počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů/přepravek pro daný díl [operace]

$t_z$  ... zásobovací takt boxů/přepravek [h]

typ uložení ... viz kap. teorie o boxech a přepravkách

### 7.3.1 Palety

#### 1. paleta

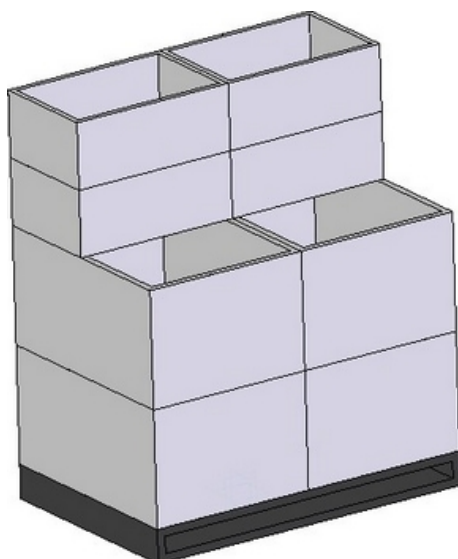
- 30x přepravka R-KLT pro FS

#### 2. paleta

- 30x přepravka R-KLT pro díly D00

#### 3. paleta (obr. 77)

- 4x přepravka typu IX (1x pro D01, 1x pro D03 a 2x pro D12)
  - přepravky jsou celkem 4 z důvodu jejich vhodného uspořádání na paletě
  - 2x je zde přepravka pro díl D12, jelikož se jedná o nejhmotnější díl dané palety
- 4x přepravka typu VIII (2x pro D13 a 2x pro D15)
  - přepravky jsou celkem 4 z důvodu jejich vhodného uspořádání na paletě



Obr. 77: 3. paleta.

### 7.3.2 Regál

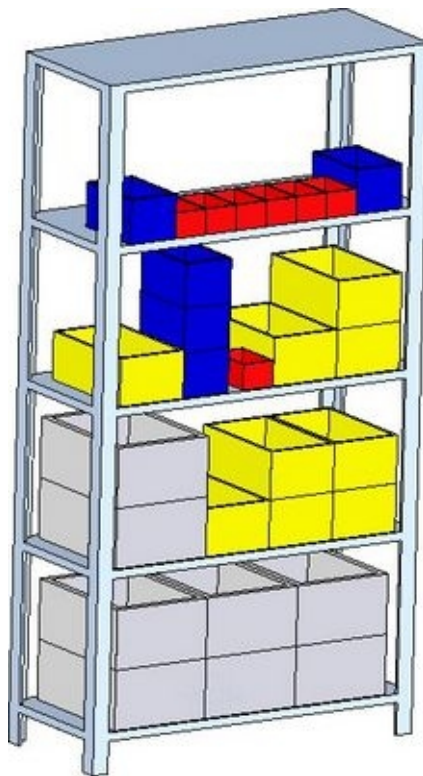
V rámci regálu byla snaha uložit jednotlivé boxy a přepravky jednak dle jejich příbuznosti k určitému pracovišti a jednak dle hmotnosti, či objemu přepravek. Ty rozlohou nejrozměrnější jsou uloženy na posledních příčkách, kde má obsluha možnost využít podlahu k případnému odložení přepravek. Šrouby a matice, nejhmotnější díly zde uložené, jsou na polici třetí, která je přibližně v úrovni pasu obsluhy. Boxy nejmenší se vyskytují úplně nahoře na úrovni 1500 až 1600 mm (obr. 78).

Pro díly k montáži těsnění výstupu jsou určeny 4 přepravky typu VII ve středové části první police regálu a přepravka typu IV v polici druhé uprostřed pro těsnění krytu vodního ventilu (D09). Ve spodním patře se přesněji jedná o přepravku vlevo nahoře

pro těsnění těla vodního ventilu (D07), dvě přepravky prostřední a tu v pravém dolním rohu pro kryty vodního ventilu (D08).

Roh horní pravý vyplňuje přepravka k uložení větších spodních těsnění (D30), která jsou montována v předposlední šroubovací operaci. Jejich pomyslnými příbuznými jsou menší spodní těsnění (D29), háčky (D28), vložky (D26) a pružiny (D25) uložené v boxech typu IV ve druhé polici vpravo.

Zbývající dosud nepopsaná část druhé police patří přeprávkám typu VII určeným pro rotační písty (D23), díl potřebný k montáži vnitřního mechanismu (ten má své místo i v levém spodním rohu). Od tohoto bodu je celá pravá část věnována dílům vnitřního mechanismu. V třetí polici nejvíce vlevo se jedná o box typu IV pro unašeče rozpínací hřídele (D21) a hned vedle dva boxy typu III pro těsnící kroužky (D17). V polici poslední je to box typu III pro kruhové pružiny (D19) a boxy nejmenší, typu II, pro o-kroužky (D18), kroužky (D22) a osy pístu (D24).



Obr. 78: Regál.

Ještě je třeba zmínit pravou stranu police třetí, kde první tři boxy typu IV zabírají šrouby D14, D16 a D27, na které navazují matice (D10) v boxu typu II a poté i zbývající šrouby D11 v boxu typu III.

V pravém horním rohu má své stanoviště lisování. Nejprve je to box typu III pro D02 a následně menší boxy typu II pro pouzdra a závitové vložky (D04, D05, D06).

### 7.3.3 přepravka pro díl D00

Výsledné sestavy FS jsou ukládány do přepravek typu R-KLT (X). Teoreticky by bylo zapotřebí mít jednu paletu pouze s těmito přeprávkami prázdnými a druhou paletu, na níž by se do přepravek skládaly finální sestavy (FS). Věc lze zjednodušit vložením

dílů D00 do přepravek stejného typu. Operátor získá odebráním dvou dílů D00 prázdnou přepravku pro dvě finální sestavy.

### 7.3.4 Přepravka pro díl D03

Je nutno podotknout, že pracoviště bude obsahovat 2 tyto přepravky, ač je v tabulce uvedena pouze jedna. Druhá bude součástí montážní linky. Nebude uložena přímo na stole, tím pádem nebude bránit obsluze v provádění činnosti, ale bude uložena jako plnohodnotné pracoviště. Více v kap. 8 o tvorbě pracoviště.

### 7.3.5 Finální sestava

Dle podkladů zadavatelské firmy lze do přepravky R-KLT umístit dvě finální sestavy i přesto, že dle použitých vzorců by bylo možno uložit pouze jednu. Tato neshoda je způsobena zjednodušením výpočtů – ty počítají se součástí ve tvaru krychle a zanedbávají její skutečný tvar.

## 7.4 Skladové zásoby boxů a přepravek

Teoreticky je výhodné mít ve skladu navíc pouze jednu přepravku 800 x 600 x 417 mm (délka x šířka x výška) pro díly S00 a též zásobu přepravek R-KLT dle doby odběru finálních sestav odběratelem. Zbývající díly mají relativně vysokokapacitní boxy uložené přímo na lince (u linky), proto má zaměstnanec relativně mnoho času na doplnění dílů do boxů a přepravek u linky → není třeba hned zaměnit prázdnou bednu za plnou, je zde čas k odvezení přepravek/boxů do skladu, k jejich naplnění a následnému převozu na původní místo.

## 7.5 Zhodnocení

Výše navržené boxy a přepravky by měly dostatečně vhodně zajistit chod montážní linky bez prodlev a nepříjemností v oblasti zásobování. Jak je patrné z jednotlivých vyhodnocení, pouze dvě přepravky s díly mají hodnotu hmotnosti vyšší než 20 kg, ale nižší než 50 kg. Což znamená, že i žena může s téměř všemi přepravkami bezproblémově manipulovat, muž se všemi.

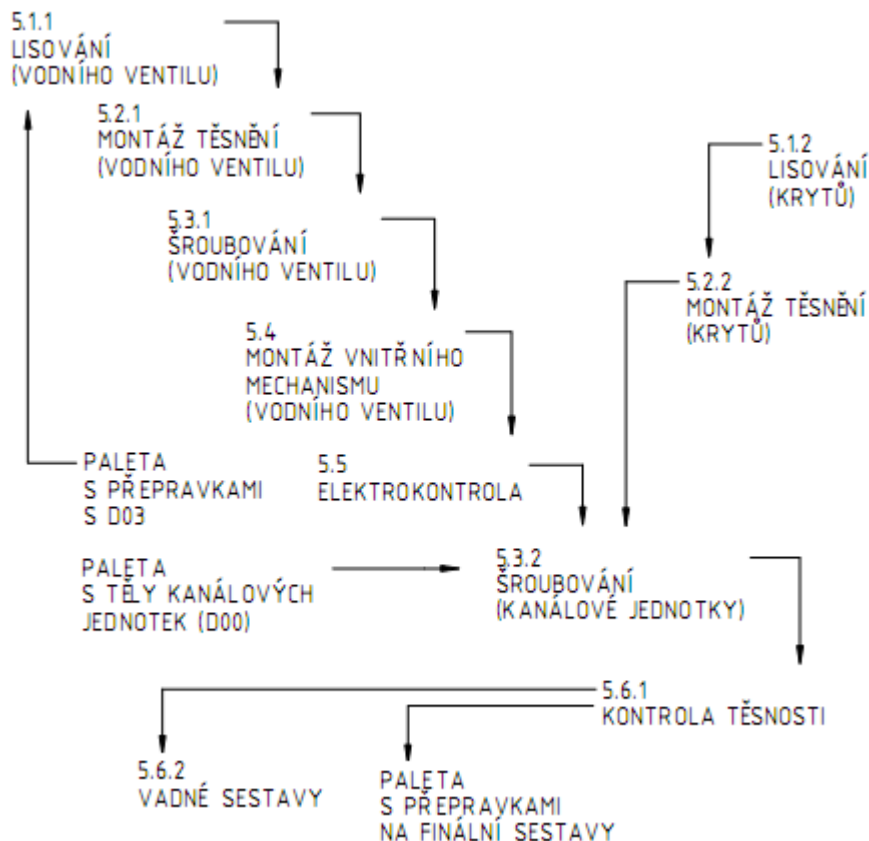
Posledním bodem, který by měl být zmíněn, je nutnost použití předepsaných přepravek. Vše záleží na jednotlivých dodavatelských baleních. Pokud budou díly dodány v krabicích či přepravkách, které lze vhodně uskladnit vedle montážní linky, je zbytečné díly přeskládat do navržených boxů a přepravek.

## 8 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ PRACOVISTĚ

V rámci úvah o nejvýhodnějším rozmístění jednotlivých pracovišť popsanych v kapitole 5 bylo stanoveno 5 základních požadavků.

### 8.1 Základní požadavky

1. Logická návaznost jednotlivých pracovišť vhodná jak pro jednoho operátora, tak (v případě potřeby zkrácení taktu) pro operátory dva (obr. 79):



Obr. 79: Logická návaznost pracovišť.

Systémem Basic MOST bylo zjištěno následovné možné vyvážení montážní linky následovně:

1. operátor: 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1, 5.4, 5.5, 5.3.2 (částečně), 5.6.1 (částečně)
2. operátor: 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2 (částečně), 5.6.1 (částečně), 5.6.2

Toto vyvážení není podloženo v příloze a nebude ani více rozebíráno vzhledem k tomu, že současný takt splňuje zadání. Avšak v případném návrhu by bylo výhodné zvolit rozmístění pracovišť právě tímto způsobem, pokud by to neomezilo práci operátora jednoho.

Je patrné, že v centru dispozičního řešení bude umístěno šroubování (5.3.2). V těsné blízkosti by se měla vyskytovat kontrola těsnosti (5.6.1), která má být případně přístupná oběma operátorům. Na jednu stranu od tohoto centra je vhodné logicky rozmístit pracoviště využívané 1. operátorem, na stranu druhou pak pracoviště zbývající.

### 2. Přenášení těžkých dílů:

Samotné tělo kanálové jednotky (D00) váží bez pár gramů 2 kg, což není mnoho, ale přesto by přenášení tohoto dílu (i sestav, v nichž se vyskytuje) mělo být omezeno na minimum. Ve stávajícím řešení je toto přenášení vyřešeno pojízdným stolem, ten má však i jisté nevýhody:

- požadavek širšího pracoviště (pro bezproblémový převoz),
- překážení vozíku,
- navýšení počtu úkonů
  - operátor musí nejprve uložit díl na pojízdný stůl, převést a pak teprve z pojízdného stolu odebrat a uložit do daného lůžka.

Další možností by bylo umístění pracovišť a palet, kde se manipuluje s tělem kanálové jednotky (D00), do těsné blízkosti.

### 3. Rozmístění palet tak, aby mohlo docházet k jejich bezproblémové výměně:

Je nasnadě, že by palety měly být umístěny u dopravní cesty takovým způsobem, aby mohlo docházet k jejich co nejjednodušší výměně.

### 4. Prostorové možnosti:

Stávající montážní linka má rozměry 10890 x 5400 mm. Po jejím boku se nachází dopravní cesta (rovnoběžná s rozměrem 5400 mm), před ní i za ní jsou umístěny linky další. Nové dispoziční řešení by nemělo překročit tyto rozměry.

### 5. Optimální vybavení obrazovkami a rozvaděči:

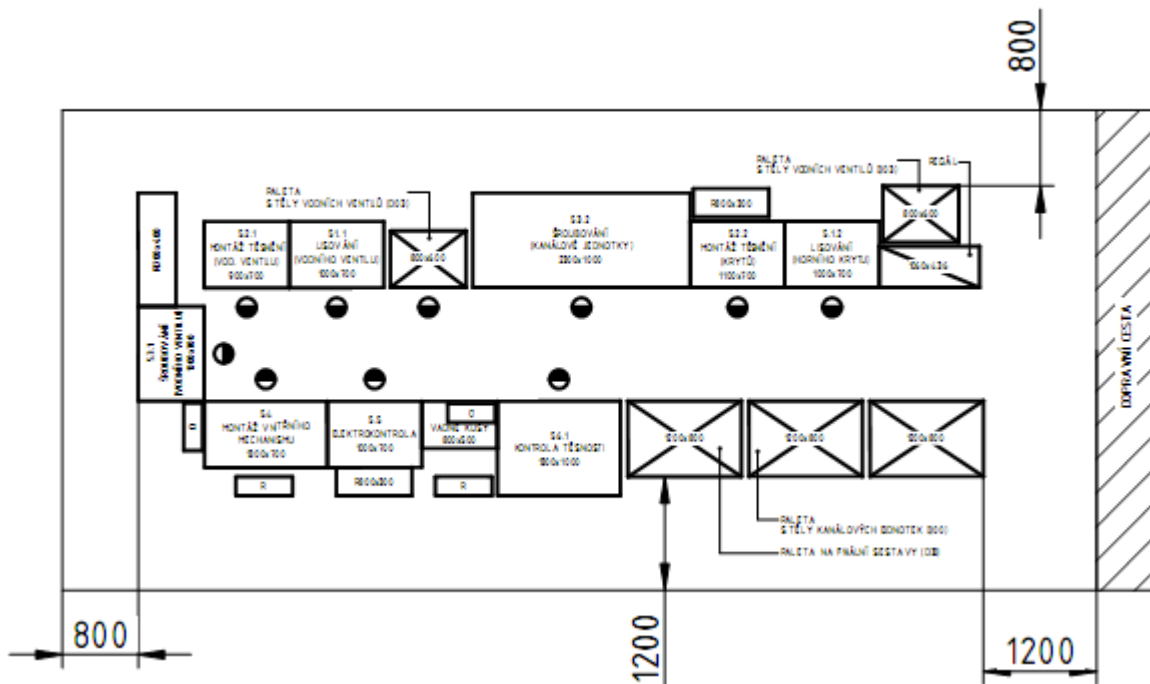
Obrazovka je potřebná u montáže vnitřního mechanismu vodního ventilu a kontroly těsnosti. Pro elektrokontrolu, nebo přesněji pro techniky nastavující parametry této zkoušky, by byla obrazovka výhodou – pro operátory je nepodstatnou.

Je třeba zachovat rozvaděče pracovišť, která neprošla výraznou změnou (montáž vnitřního mechanismu, elektrokontrola a kontrola těsnosti). Centrální rozvaděč bude velikosti 1 200 x 400 x 2 000 mm (délka x šířka x výška), rozměry rozvaděčů ostatních budou zvoleny dle potřeby a prostoru.

## **8.2 Navržené řešení**

Navržená montážní linka má hlavní rozměry 8940 x 3280 mm. Od okolních strojů je vzdálena 800 mm, není-li zapotřebí kolem této strany linky procházet. Od dopravní cesty pak 1200 mm, aby byl umožněn pohyb operátorů i z této boční strany (viz obr. 80). Vnitřní prostor pracoviště je široký 1200 mm – tak aby kolem sebe mohli případně projít dva operátoři.

Popis jednotlivých operací a především jejich návazností je uveden v tabulce níže (tab. 21).



Obr. 80: Vzdálenost navrhované montážní linky od dopravní cesty a od okolních strojů.

Zbývá dovysvětlit několik maličkostí, které výše uvedené schéma, ani text nezdůrazňuje.

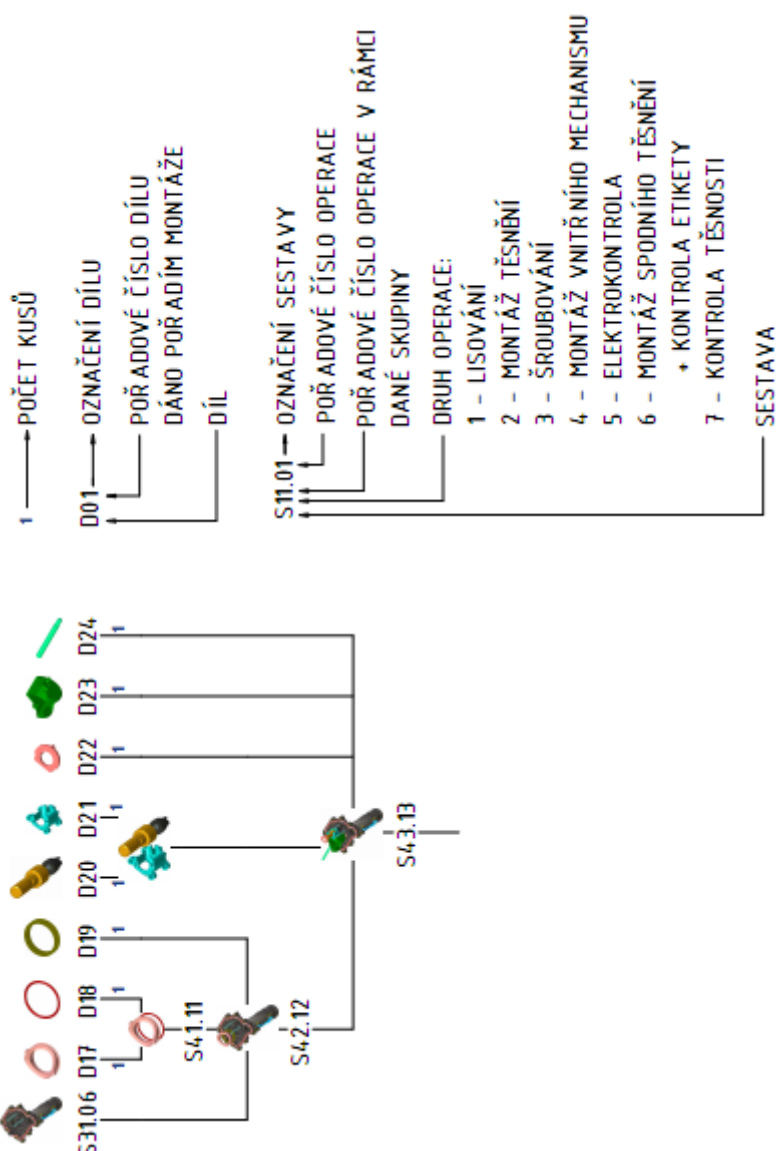
Těla vodních ventilů (D03) nebudou uložena na okraji linky, jak by se dalo předpokládat, ale uvnitř ní. Jedná se sice o nestandardní řešení, ale nejlepší možné. V požadavcích na výrobní linku bylo příliš mnoho proměnných – proto ve snaze naplnit jednotlivé body co nejoptimálněji došlo k tomuto návrhu. Přepravka s těly vodních ventilů (D03) bude uložena na pojízdném podvozku (o výšce splňující požadavky ergonomie), který operátorovi umožní její snadnou výměnu za přepravku další. Další přepravku lze umístit také na podvozek (viz obr. 81 – přepravku 800x600 umístěná za regálem), nebo na paletu (výpočty zásobníku počítaly s ustavením na paletu), odkud si ji operátor uloží na vozík (hmotnost přepravky není příliš vysoká – viz. tab. 20)

Na podvozcích budou umístěny i ostatní palety, jinak by jen obtížně docházelo k jejich záměně za palety jiné (doplněné). Jelikož jsou zvoleny stejné přepravky pro těla kanálové jednotky (D00) i pro finální sestavu (FS), lze je z jedné palety plynule přesouvat na druhou (přepravka pro těla kanálové jednotky (D00) je po vyprázdnění umístěna na paletu finálních sestav (FS)).

Je třeba ještě zmínit vybavení pracoviště třetím šroubovákem. Pokud bude linka obsluhována pouze jedním operátorem, jsou dostatečné šroubováky dva (jeden pro vodní ventil, druhý pro zbylé operace). Pokud však bude pracoviště rozděleno, byl by jeden šroubovák na zbývajících operacích málo – nestačil by taktu dvou operátorů, kteří by tak na sebe museli čekat. V rámci velikosti daného šroubovacího pracoviště je s tímto přídatným šroubovákem počítáno.







Obr. 83: Schéma montáže vnitřní části mechanismu vodního ventilu.

Tab. 21: Podrobný sled operací nově navrženého řešení.

pořadí operace	popis operace	výsledná sestava
pracoviště: 5.1.1 LISOVÁNÍ (DO VODNÍHO VENTILU)		
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nalisování závitové vložky (D04) do těla vodního ventilu (D03)</li> <li>• nalisování 9-ti pouzder pro šroub M5x20 (D05) a pouzdra pro šroub M6 (D06) do sestavy sestavy vodního ventilu (D12.02)</li> </ul>	S12.02
přechod k pracovišti: 5.2.1 MONTÁŽ TĚSNĚNÍ (VODNÍHO VENTILU)		
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ruční montáž těsnění vodního ventilu (D07) na sestavu vodního ventilu (S13.03)</li> </ul>	S21.04
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ruční montáž těsnění krytu vodního ventilu (D08) na kryt vodního ventilu (D09)</li> </ul>	S22.05

přechod k pracovišti: 5.3.1 ŠROUBOVÁNÍ (VODNÍHO VENTILU)		
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>sešroubování sestavy krytu vodního ventilu (S22.05) se sestavou těla vodního ventilu (S21.04) 6-ti šrouby M5x16 (D11) s šesti maticemi (D10)</li> <li>namazání závitového bitu a kalibrování (prošroubování) závitové vložky (D04)</li> </ul>	S31.06
přechod k pracovišti: 5.4 MONTÁŽ VNITŘNÍHO MECHANISMU		
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž o-kroužku (D18) na těsnící kroužek (D17)</li> </ul>	S41.11
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>namazání vnitřku sestavy těla vodního ventilu (S31.06)</li> <li>nalísování kruhové pružiny (D19) a sestavy s o-kroužkem (4.11) do sestavy těla vodního ventilu (S31.06)</li> </ul>	S42.12
7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž termostatu (D120) s nosičem termostatu (D21), vložení do sestavy těla vodního ventilu (S41.12) a nasazení kroužku (D22)</li> <li>montáž pístu (D23) a osy pístku (D24) do sestavy těla vodního ventilu (S42.12)</li> </ul>	S43.13
přechod k pracovišti: 5.5 ELEKTROKONTRILA		
8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>vložení sestavy těla vodního ventilu (S43.13) do zařízení na elektrokontrolu (kontrola termostatu (D20))</li> </ul>	S51.14
přechod k pracovišti: 5.6.1 KONTROLA TĚSNOSTI a následně k paletám a kontejnerům		
9.	<ul style="list-style-type: none"> <li>odebrání finální sestavy (vložené v předchozím cyklu) z kontroly těsnosti, odložení do připravené přepravy</li> </ul>	S71.18 (FS)
přechod k pracovišti: 5.1.2 LISOVÁNÍ (DO HORNÍHO KRYTU)		
10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>nalísování 17-ti pouzder (D02) do horního krytu (D01)</li> </ul>	S11.01
přechod k pracovišti: 5.2.2 MONTÁŽ TĚSNĚNÍ (KRYTŮ)		
11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž těsnění spodního krytu (D13) na spodní kryt (D12)</li> </ul>	S23.07
12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruční montáž těsnění horního krytu (D15) na sestavu horního krytu (S11.01)</li> </ul>	S24.09
přechod k paletě s těly vodních ventilů (D00)		
13.	<ul style="list-style-type: none"> <li>odebrání těla vodního ventilu (D00) z palety</li> </ul>	
přechod k pracovišti: 5.3.2 ŠROUBOVÁNÍ (KANÁLOVÉ JEDNOTKY)		
14.	<ul style="list-style-type: none"> <li>sešroubování sestavy spodního krytu (S23.07) s tělem kanálové jednotky (D00) 10-ti šrouby M6x20 (D14)</li> <li>ruční montáž háčku (D28), dvou spodních těsnění menších (D29) a dvou spodních těsnění větších (D30)</li> </ul>	S32.08 S61.16
15.	<ul style="list-style-type: none"> <li>zašroubování jednoho šroubu M6x20 (D14) (ten je posledním z 11-ti šroubů, které spojují sestavu spodního krytu (S23.07) s tělem kanálové jednotky (D00))</li> <li>sešroubování sestavy horního krytu (S24.9) se sestavou těla kanálové jednotky 17-ti šrouby M5x16 (D11)</li> </ul>	S33.10 S62.17
přechod k pracovišti: 5.5 ELEKTROKONTROLA		
16.	<ul style="list-style-type: none"> <li>odebrání zkontrolované sestavy ze zařízení</li> <li>v případě pozitivního výsledku zkoušky nalepení etikety</li> </ul>	S51.14

přechod k pracovišti: 5.3.2 ŠROUBOVÁNÍ (KANÁLOVÉ JEDNOTKY)		
17.	<ul style="list-style-type: none"> <li>vložení pružiny (D25) a kanálové vložky (D26) do sestavy těla kanálové jednotky (S33.10)</li> <li>sešroubování sestavy vodního ventilu (S51.14) se sestavou těla kanálové jednotky (S33.10) 9-ti šrouby M5x20 (D27)</li> <li>provedení kontroly etikety</li> </ul>	S34.15
přechod k pracovišti: 5.6.1 KONTROLA TĚSNOSTI		
18.	<ul style="list-style-type: none"> <li>vložení sestavy těla kanálové jednotky (S71.17) do kontroly těsnosti</li> </ul>	

### 8.3 Zhodnocení

Logická návaznost definována v úvodu této kapitoly byla dodržena. Centrum tvoří šroubovací pracoviště a pracoviště na kontrolu těsnosti. Vlevo (dle obr. 81) jsou sestavena pracoviště pro operátora prvního, vpravo pro druhého, pokud by se zvýšil objem výroby. Přenášení těch nejtěžších sestav (dílu) je umístěno co nejbližší k paletám, které lze snadno zaměňovat a převážet. Rozměry 10890 x 5400 mm linky stávající byly zmenšeny na 8940 x 3280 mm. Vybavenost obrazovkami a rozvaděči je dostatečná.

Stávající rozměry: 10890 x 5400 mm = 58806000 mm<sup>2</sup>

Navržené řešení: 8940 x 3280 mm = 29323200 mm<sup>2</sup>

Procentuální pokles rozměrů linky:

$r_{sl} = 58806000 \text{ mm}^2$

$r_{nl} = 29323200 \text{ mm}^2$

$$\Delta r_{\%} = \frac{r_{sl} - r_{nl}}{r_{sl}} \cdot 100 \quad (34)$$

$$\Delta r_{\%} = \frac{58806000 - 29323200}{58806000} \cdot 100$$

$$\Delta r_{\%} = 50 \%$$

kde:

$\Delta r_{\%}$  ... procentuální pokles rozměrů plochy, která je zabrána montážní linkou [%]

$r_{sl}$  ... plocha současné montážní linky [mm<sup>2</sup>]

$r_{nl}$  ... plocha navržené montážní linky [mm<sup>2</sup>]

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V rámci této kapitoly bude provedeno porovnání navržené montážní linky s linkou stávající a následně i ekonomické vyhodnocení jednotlivých řešení.

### 9.1 Soupis základních komponentů

V následující tabulce (tab. 22) jsou přehledně vypsány významnější komponenty, které se nachází v rámci jednotlivých pracovišť.

Tab. 22: Soupis základních komponentů.

Pracoviště	Stávající řešení		Nově navržené řešení	
	prvek montážní linky	ks	prvek montážní linky	ks
lisování	servolis (Servopress 416)	1	hydraulicko-pneumatický válec (např. společnost TOX)	2
	dopravní systém (TS4plus)	1	rám (stojan) hydr.-pneu. válce (např. společnost TOX)	2
	obrazovka	1	stůl	2
	relativně složitý přípravek + lůžko (najíždění aretace, robustnost)	3	jednodušší přípravek + lůžko + nástroj na hydr.-pneu. válec	2
	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	2
	kamera	1	kamera	2
	světelná závora	1	plastový sjížděcí kryt	2
	objemný ochranný kryt	1	menší ochranný kryt	2
	větší rozvaděč	1	rozvaděč menší	1
	nádoby na díly	4	boxy	6
	pojízdný stůl	1		
montáž těsnění	pomůcka pro dotlačení těsnění	4	pomůcka pro dotlačení těsnění	4
	větší stůl	1	menší stůl	2
	lůžko	4	lůžko	4
	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	2
	boxy	4	boxy	7
			mechanismus ke kontrole přítomnosti těsnění	4
šroubování	ruční elektrický šroubovák se stojanem a balancérem (+ potřebné vybavení)	1	ruční elektrický šroubovák se stojanem a balancérem (potřebné vybavení)	3
	rotační stůl	1	menší stůl	1
	obrazovka	1	větší stůl	3
	přípravek + lůžko	4	přípravek + lůžko	2

## EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

		přípravek složitější + lůžko	1	
	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1 osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1	
		senzor na nádobě s mazivem	1	
	světelná závora	1 dvouruční ovládání	3	
	rozděč	1 rozvaděč	1	
	nádoba na šrouby a matice	6 boxy	10	
	boxy na ostatní díly	3 vyvýšená plocha na boxy	1	
montáž vnitřního mech.	kontrola přítomnosti o-kroužku (D18)	1 kontrola přítomnosti o-kroužku (D18)	1	
	ruční lis	1 ruční lis	1	
	kontrola dotlačení osy pístu (D24)	1 kontrola dotlačení osy pístu (D24)	1	
	lůžko	3 lůžko	3	
	stůl	1 stůl	1	
	obrazovka	1 obrazovka	1	
	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1 osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1	
	kamera (hodnocení celku)	1 kamera (hodnocení celku)	1	
			indukční snímač (přítomnost pružného kroužku (D19)), senzor na nádobě s mazivem	1
	rozděč menší	1 rozvaděč menší		
	boxy	7 boxy	7	
	plastový výlis	1 plastový výlis	1	
	vyvýšená plocha na boxy	2 vyvýšená plocha na boxy	2	
elektro-kontrola	zařízení na elektrokontrolu	2 zařízení na elektrokontrolu	1	
	stůl	2 stůl	1	
	obrazovka	1		
	světelná závora	2 světelná závora	1	
	ochranný kryt	2 ochranný kryt	1	
	rozděč větší	1 rozvaděč menší	1	
montáž spodního těsnění + kontrola etikety	pomůcka pro dotlačení těsnění	2 pomůcka pro dotlačení těsnění	2	
	lůžko	2		
	čtečka etiket	1 čtečka etiket	1	
	stůl	1		
	osvětlení, příčka na nohy a další menší komponenty	1		
	boxy	2 boxy	2	

zkouška těsnosti	zařízení na kontrolu těsnosti	1	zařízení na kontrolu těsnosti	1
	stůl	1	stůl	1
	velký stůl na vadné sestavy s lůžky	1	regál na vadné sestavy s lůžky	1
	obrazovka	1	obrazovka	1
	světelná závora	1	světelná závora	1
	ochranný kryt	1	ochranný kryt	1
	rozvaděč	1	rozvaděč	1
uskladnění dílů	europaleta 1200 x 800 mm	1	paleta na přepravky	3
	eurokontejner 1200 x 800 x 800 mm	2	regál	1

Srovnávané montážní linky se neliší pouze v jednotlivých komponentech, ale i v montážním taktu. Zatímco nyní jsou plánováni 2 operátoři na linku, v navrhovaném řešení je možno využít pouze operátora jednoho.

Jelikož je zadavatelem této práce velká výrobní společnost, lze předpokládat, že jednotliví operátoři popisované linky budou po vyrobení určitého počtu kusů přesunuti k lince jiné. Proto nebude porovnáván počet operátorů, ale celkový čas potřebný na výrobu stanoveného počtu finálních sestav (kanálových jednotek).

$N = 18000$  ks

$t_{sl} = 20,74$  min

$t_{nl} = 14,59$  min

výroba je plánována na 7 let

$$h_{sl} = \frac{N \cdot t_{sl}}{60} \cdot 7 \quad (36)$$

$$h_{sl} = \frac{18000 \cdot 20,74}{60} \cdot 7$$

$$h_{sl} = 43554 \text{ h}$$

$$h_{nl} = \frac{N \cdot t_{nl}}{60} \cdot 7 \quad (37)$$

$$h_{nl} = \frac{18000 \cdot 14,59}{60} \cdot 7$$

$$h_{nl} = 30639 \text{ h}$$

kde:

- N ... požadovaný počet výrobků za rok [ks]
- $t_{sl}$  ... takt současné linky [min]
- $t_{nl}$  ... takt navržené linky [min]
- $h_{sl}$  ... potřebný počet hodin provozu stávající linky [h]
- $h_{nl}$  ... potřebný počet hodin chodu navržené linky [h]

Procentuální pokles nákladů na operátora:

$$h_{sl} = 43554 \text{ h}$$

$$h_{nl} = 30693 \text{ h}$$

$$\Delta h_{\%} = \frac{h_{sl} - h_{nl}}{h_{sl}} \cdot 100 \quad (38)$$

$$\Delta h_{\%} = \frac{43554 - 30693}{43554} \cdot 100$$

$$\Delta h_{\%} = 29,6 \%$$

kde:

- $\Delta h_{\%}$  ... procentuální pokles nákladů [%]
- $h_{sl}$  ... potřebný počet hodin provozu stávající linky [h]
- $h_{nl}$  ... potřebný počet hodin chodu navržené linky [h]

Již ze vzorců (35) a (36) vyplývá, že se jednotlivé hodnoty odpracovaných hodin vyjdou přímo úměrně s velikostí taktu. Procentuální vyjádření poklesu taktu, poklesu potřebných hodin za rok i poklesu nákladů na operátory je 30,2 %.

## 9.2 Zhodnocení

Z tabulky (tab. 22) uvedené v 9.1 vyplývá, že stávající řešení se v mnoha využívaných komponentech shoduje s řešením navrženým. V rámci navrženého řešení jsou některá pracoviště rozdělena na dva samostatné celky, což s sebou mnohdy přináší zvýšené náklady. Na druhou stranu například pracoviště pro montáž spodního těsnění a kontrolu etikety bylo zcela vyřazeno. Lze vyslovit předpoklad, že se dané montážní linky budou cenově lišit hlavně v rámci použitých základních mechanismů (podbarvené řádky tab. 22) a v oblasti ceny operátorů (ceny stanovené pro potřebný počet hodin chodu stroje).

### Výsledné zhodnocení:

Ve výsledném vyhodnocení jsou uvedeny pouze přibližné ceny odhadnuté jednotlivými výrobci. Ke konkretizaci cen by došlo až při samotném objednání daných komponentů.

Tab. 23: Porovnání základních bodů stávajícího a navrženého řešení.

Stávající řešení		Nově navržené řešení	
Prvek montážní linky	Přibližná cena [€]	Prvek montážní linky	Přibližná cena [€]
1x servolis (Servopress 416)	1x 37996	2x hydraulicko-pneumatický válec (např. společnost TOX)	2x 4597
1x dopravní systém (TS4plus)	1x 18000	2x rám (stojan) hydr.-pneu. válce (např. společnost TOX)	2x 5500
1x ruční elektrický šroubovák se stojanem a balancérem (+ potřebné vybavení)	1x 6939	3x ruční elektrický šroubovák se stojanem a balancérem (potřebné vybavení)	2x 6939
1x otočný stůl	1x 2497		
součet těchto investičních nákladů	65432	součet těchto investičních nákladů	34072
cena práce	43554x 12,3 €/h	cena práce	30693x 12,3 €/h
celkový součet	601146	celkový součet	411596

Vyhodnocení poklesu investičních nákladů:

$$C_{isl} = 65432 \text{ €}$$

$$C_{inl} = 34072 \text{ €}$$

$$\Delta C_i = C_{isl} - C_{inl} \quad (39)$$

$$\Delta C_i = 65432 - 34072$$

$$\Delta C_i = 31360 \text{ €}$$

kde:

$\Delta C_i$  ... pokles investičních nákladů [€]

$C_{isl}$  ... vyhodnocované investiční náklady na současnou linku [€]

$C_{inl}$  ... vyhodnocované investiční náklady na novou linku [€]

Vyhodnocení poklesu celkových nákladů:

$$C_{sl} = 601146 \text{ €}$$

$$C_{nl} = 411596 \text{ €}$$

$$\Delta C = C_{sl} - C_{nl} \quad (40)$$

$$\Delta C = 601146 - 411596$$

$$\Delta C = 189550 \text{ €}$$

kde:

$\Delta C$  ... pokles celkových nákladů [€]

$C_{sl}$  ... vyhodnocované celkové náklady na současnou linku [€]

$C_{nl}$  ... vyhodnocované celkové náklady na novou linku [€]

### Závěr:

Jak bývá často moudře pronášeno: „Číslo hovoří za vše“. Ekonomické zhodnocení prokázalo, že navržené řešení bude z cenového hlediska výhodnější než řešení stávající. Byly sice zanedbány určité parametry jako energetická náročnost či cena zastavěného prostoru, avšak i tyto parametry jsou příznivější pro nově navržené řešení, které je rozlohou menší a energetickou náročností srovnatelné s řešením stávajícím.

## ZÁVĚR

V tab. 24 jsou stručně a přehledně uvedeny jednotlivá řešení a výsledky stanovených cílů.

Tab. 24: Závěrečné vyhodnocení.

Cíl práce	Řešení, výsledek
1. Analýza současného stavu	<ul style="list-style-type: none"> <li>popis jednotlivých pracovišť</li> <li>vyhodnocení spotřeby času pomocí Basic MOST (a chronometráže pro nepřesně definované časové intervaly – např. montáž těsnění)</li> </ul>
2. Návrh variant montáže, stanovení nejvhodnější varianty	<ul style="list-style-type: none"> <li>varianty pro ruční, poloautomatický i automatický způsob montáže</li> <li>byla zvolena nejlevnější varianta z hlediska investičních nákladů</li> </ul>
3. Určení montážních časů	<ul style="list-style-type: none"> <li>stanovení spotřeby času pomocí systému Basic MOST pro navrženou montážní linku</li> <li>takt se zkrátil o 29,6 %</li> </ul>
4. Logistická podpora	<ul style="list-style-type: none"> <li>návrh boxů umístěných na lince</li> <li>návrh přepravek a boxů uložených vedle pracoviště k snadnějšímu doplňování materiálu</li> </ul>
5. Dispoziční řešení	<ul style="list-style-type: none"> <li>nejlepší možné rozmístění montážních pracovišť dle stanovených požadavků</li> <li>půdorysné rozměry pracoviště se zmenšily o 50 %</li> </ul>
6. Ekonomické zhodnocení	<ul style="list-style-type: none"> <li>investiční náklady klesly o 31360 €</li> <li>náklady na operátora klesly o 29,6 %</li> <li>celkově náklady poklesly o 189550 €</li> </ul>

Navrhované řešení zkracuje čas montáže, zlepšuje ergonomii a eliminuje chyby obsluhy při nižší pořizovací ceně montážní linky.

---

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] Optimalizace pracoviště. API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ. *API: Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2005-20015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68401.optimalizace-pracoviste/>
- [2] Optimalizace linky. API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ. *API: Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2005-20015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68402.o-ptimalizace-linky/>
- [3] HOFMANN, Petr. *Technologie montáže*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1997. ISBN 80-7082-382-8.
- [4] HUMÁR, Anton. *Technologie montáže*. Brno. Sylaby předmětu. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.
- [5] Ford před sto lety spustil pohyblivou výrobní linku. Inspiroval se na jatkách. ČTK. *Deník.cz* [online]. Detroit/Praha, 2013 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/historie/ford-pred-sto-lety-spustil-pohyblivou-vyrobní-linku-inspiroval-se-na-jatkach-201.html>
- [6] DUŠÁK, Karel. *Technologie montáže: terminologie*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-731-4.
- [7] *Malá československá encyklopedie*, vydala ACADEMICA, nakladatelství ČSAV, Praha 1987
- [8] DUŠÁK, Karel. *Technologie montáže: základy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-906-6.
- [9] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [10] DEPRAG. *Deprag* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.deprag.com/home.html>
- [11] BRADÁČ, František. *Senzory a snímače*. Brno, 2013. Výuková prezentace. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky.
- [12] Indukční snímače. SDA. *SDA: Sensors-Drivers-Automation* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://s-d-a.sk/images/balluff/pdf/indukcne/induk-principy-cz.pdf>
- [13] Kapacitní snímače. SDA. *SDA: Sensors-Drivers-Automation* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://s-d-a.sk/balluff/pdf/kapacitne/bcs-principy.pdf>
- [14] *HBM: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.hbm.cz/>
- [15] PARLAMENT ČESKÉ REPUBLIKY, Poslanecká sněmovna. *Poslanecká sněmovna parlamentu České republiky* [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/hp.sqw?akk=3>
- [16] VAVRUŠKA, Jan. REFA a měření práce. *Projekt EduCom: Technická*

- 
- univerzita v Liberci* [online]. 2012, s. 43 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: [http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY\\_03\\_022-Refa%20a%20m%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20pr%C3%A1ce\\_MZ\\_5.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY_03_022-Refa%20a%20m%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20pr%C3%A1ce_MZ_5.pdf)
- [17] H. B. MAYNARD a COMPANY. Maynard Exchange. *Maynard* [online]. 2004, roč. 9, č. 4, s. 43 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.hbmaynard.com/Exchange/vol9-4.pdf>
- [18] ZANDIN, Kjell B. *MOST work measurement systems*. Vyd.3, rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, c2003, xxiv, 519 p. ISBN 0-8247-0953-5.
- [19] VAVRUŠKA, Jan. Analýza a měření práce: systémy předem určených časů. *Projekt EduCom: Technická univerzita v Liberci* [online]. 2011, s. 36 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: [http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY\\_II/2011\\_IV\\_26\\_VSY2\\_P%C5%99+Cv3%20Vavru%C5%A1ka%20Syst%C3%A9my%20p%C5%99edem%20ur%C4%8Den%C3%BDch%20%C4%8Das%C5%AF%20Basic%20MOST\\_MZ\\_2.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY_II/2011_IV_26_VSY2_P%C5%99+Cv3%20Vavru%C5%A1ka%20Syst%C3%A9my%20p%C5%99edem%20ur%C4%8Den%C3%BDch%20%C4%8Das%C5%AF%20Basic%20MOST_MZ_2.pdf)
- [20] DLABAČ. *API: Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2012, roč. 2012, č. 1 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/70726.analyza-a-mereni-prace/>
- [21] KŘIŠŤÁK, Josef. Časové studie. *IPA: More Than Expected* [online]. 2007, 4.10.2012 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/casove-studie>
- [22] KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ, FS TUL. *KVS: Katedra výrobních systémů* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/>
- [23] Balancování operací. *API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ. API: Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2005-2015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68346.balancovani-operaci/>
- [24] KAISER+KRAFT. *Kaiser+Kraft: Všechno pro firmu*. [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.kaiserkraft.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
D	operátor	potřebný počet operátorů
$C_{inl}$	€	vyhodnocované investiční náklady na novou linku
$C_{isl}$	€	vyhodnocované investiční náklady na současnou linku
$C_{nl}$	€	vyhodnocované celkové náklady na novou linku
$C_{sl}$	€	vyhodnocované celkové náklady na současnou linku
$D_{nl}$	operátor	potřebný počet operátorů v navrhované lince
E	h/rok	efektivní časový fond pracoviště
$E_d$	h/rok	efektivní časový fond dělníka
$E_r$	h/rok	efektivní časový fond ručního pracoviště
$E_s$	h/rok	efektivní časový fond strojního pracoviště
K	%	využitá kapacita boxu/přepravy
$K_{BLD08}$	%	využitá kapacita boxu pro díl D08 (uložení typu B)
N	ks	požadovaný objem výroby
$N_{1op}$	ks	počet stejných dílů potřebných na jednu montážní operaci
$N_{1opD08}$	ks	počet dílů D08 potřebných na jednu montážní operaci
$N_b$	ks	počet boxů/přepravek pro určitý díl
$N_{bL}$	ks	počet boxů uložených na lince pro určitý díl
$N_{bLD08}$	ks	počet boxů/přepravek pro díl D08
$N_{op}$	operace	počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů/přepravek pro daný díl
$N_{opBLD08}$	operace	počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů pro díl D08 (uložení typu B)
$N_{opL}$	operace	počet montážních operací, které lze vykonat při navrženém množství boxů na lince pro daný díl
$N_{sk}$	ks	skutečný počet dílů v boxu/přepravce
$N_{skBLD08}$	ks	skutečný počet dílů D08 v boxu (uložení typu B)

$N_t$	ks	teoretický počet dílů v boxu/přepravce
$N_{tBLD08}$	ks	teoretický počet dílů D08 v boxu (uložení typu B)
$N_{tLD01}$	ks	teoretický počet dílů D01 v boxu (na montážní lince)
$N_{tLD12}$	ks	teoretický počet dílů D12 v boxu (na montážní lince)
$d$	dny	počet pracovních dnů v roce (dle podkladů společnosti)
$d_b$	mm	délka boxu /přepravky
$d_{bLD08}$	mm	délka boxu pro díl D08
$d_d$	mm	délka dílu
$d_{dD08}$	mm	délka dílu D08
$h_{nl}$	h	potřebný počet hodin chodu navržené linky
$h_s$	h	počet hodin v jedné směně za den
$h_{sl}$	h	potřebný počet hodin provozu stávající linky
$m_{bLD08}$	kg	nosnost boxu určeného pro díly D08
$m_d$	kg	hmotnost jednoho dílu
$m_{dD08}$	kg	hmotnost jednoho dílu D08
$m_p$	kg	nosnost boxu/přepravky
$m_{sk}$	kg	skutečná hmotnost dílů v boxu/přepravce
$m_{skBLD08}$	kg	skutečná hmotnost dílů D08 v boxu (uložení typu B)
$m_{skL}$	kg	skutečná hmotnost dílů v boxu uloženém na lince
$m_t$	kg	teoretická hmotnost dílů v boxu/přepravce
$m_{tBLD08}$	kg	teoretická hmotnost dílů D08 v boxu (uložení typu B)
$r_{nl}$	mm <sup>2</sup>	plocha navržené montážní linky
$r_{sl}$	mm <sup>2</sup>	plocha současné montážní linky
$S_s$	-	počet směn za den
$\check{s}_b$	mm	šířka boxu/přepravky
$\check{s}_{bLD01}$	mm	šířka boxu (na montážní lince) pro díl D01 mm
$\check{s}_{bLD08}$	mm	šířka boxu pro díl D08
$\check{s}_{bLD12}$	mm	šířka boxu (na montážní lince) pro díl D12
$\check{s}_d$	mm	šířka dílu
$\check{s}_{dD08}$	mm	šířka dílu D08

$t$	min/ks	takt montážní linky
$t_0$	min/ks	čas potřebný na smontování jednoho výrobku
$t_{nl}$	min	takt navržené linky
$t_{sl}$	min	takt současné linky
$t_{souč}$	min/ks	takt současného řešení montážní linky
$t_t$	min	teoretický takt montážní linky
$t_v$	min/ks	vypočítaný čas potřebný na smontování jednoho výrobku
$t_z$	h	zásobovací takt boxů/přepravek
$t_{zák}$	min/ks	takt montážní linky
$t_{zBLD08}$	h	zásobovací takt pro díly D08 (uložení typu B)
$t_{zL}$	h	zásobovací takt boxů na lince
$v_b$	mm	výška boxu/přepravky
$v_{bLD08}$	mm	výška boxu pro díl D08
$v_d$	mm	výška dílu
$v_{dD01}$	mm	výška dílu D01 mm
$v_{dD08}$	mm	výška dílu D08
$v_{dD12}$	mm	výška dílu D12
$\Delta C$	€	pokles celkových nákladů
$\Delta Ci$	€	pokles investičních nákladů
$\Delta h_{\%}$	%	procentuální pokles nákladů
$\Delta r_{\%}$	%	procentuální pokles rozměrů plochy, která je zabrána montážní linkou
$\Delta t$	min	časová rezerva
$\Delta t_{\%}$	%	procentuální zkrácení taktu
$\eta$	-	součinitel využití stroje (0,8 až 0,9)

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Dosahy horních končetin
- Příloha 2 Hodnocení pracovních poloh
- Příloha 3 Navrhování boxů umístěných na lince
- Příloha 4 Navrhování boxů a přepravek umístěných vedle linky
- Příloha 5 Datová karta Basic MOSTu
- Příloha 6 Aplikace Basic MOSTu na navržené řešení montážní linky