

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání přístupů pro tvorbu virtuálních návodek

Autor: **Bc. Jan ŠULC**

Vedoucí práce: **Ing. Petr Hořejší, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D. a také konzultantovi diplomové práce Ing. Jiřímu Polcarovi za pomoc a odborné vedení při vypracování této práce. V neposlední řadě děkuji své rodině a nejbližším za jejich podporu.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Bc. Šulc	Jan
STUDIJNÍ OBOR	Průmyslové inženýrství a management	
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Hořejší Ph.D.	Petr
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Porovnání přístupů pro tvorbu virtuálních návodek	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	70	TEXTOVÁ ČÁST	48	GRAFICKÁ ČÁST	22
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS	<p>Práce se zabývá porovnáním různých přístupů tvorby virtuálních návodek. Virtuální návodky se využívají v dnešním průmyslu jako alternativa k papírovým návodkům, které slouží k zobrazení postupu montážních či demontážních operací, nebo také činností spojených s údržbou. Práce obsahuje popis současných řešení návodek, na který navazuje vytvoření vlastní videonávodky montáže. Praktické ověření funkčnosti návodky bylo provedeno měřením na studentech. Naměřené hodnoty byly podrobeny analýze, ze které vyplynuly výhody a nevýhody jednotlivých přístupů pro tvorbu montážních návodek.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	montážní návodka, videonávodka, montáž

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Bc. Šulc	Jan
FIELD OF STUDY	Industrial Engineering and Management	
SUPERVISOR	Ing. Hořejší Ph.D.	Petr
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Comparison of Different Approaches for Virtual Instruction Lists	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	70	TEXT PART	48	GRAPHICAL PART	22
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION	<p>The purpose of this diploma thesis is to compare different approaches for virtual instruction lists. Virtual instruction lists are used as an alternative to paper instruction lists in nowadays industry. In the virtual list can be found animation or video content of assembly operation. In this thesis was created a video instruction list for assembly of a washbasin pipeline. The functionality of the list was tested on students and the results of the testing were discussed in the thesis overview. Measured data have brought a summary of advantages and disadvantages of particular approaches for instruction lists.</p>
KEY WORDS	assembly instruction list, video instruction list, assembly

Obsah

Seznam zkratk	11
1 Úvod	12
2 Analýza současného stavu	13
2.1 Montáž	13
2.1.1 Montážní činnosti	13
2.1.2 Význam montáže v průmyslu	14
2.2 Moderní technologie	14
2.2.1 Pojem rozšířená a virtuální realita	14
2.2.2 Hardwarové komponenty potřebné k práci s AR	16
2.2.3 Hardwarové komponenty potřebné k práci s VR	19
2.3 Návodky	21
2.3.1 Papírová návodka	22
2.3.2 Virtuální návodka	23
2.3.3 Příklady virtuálních návodek	24
2.3.4 Příklady videonávodek	26
2.4 Zhodnocení analýzy současného stavu	28
3 Tvorba vlastní videonávodky	29
3.1 Představení sifonu A441P	29
3.2 Montážní pracoviště	30
3.3 Vlastní návodka	30
4 Výchozí studie	34
4.1 Data získaná dle papírové návodky	34
4.2 Data získaná dle virtuální návodky	35
5 Metodika testování videonávodky	36
6 Testování virtuální návodky	38
6.1 Měření 10. 4. 2018	38
6.1.1 1. dobrovolník	38
6.1.2 2. dobrovolník	40
6.1.3 3. dobrovolník	41
6.1.4 4. dobrovolník	42
6.2 Měření 11. 4. 2018	43
6.2.1 5. dobrovolník	43
6.2.2 6. dobrovolník	45

6.2.3	7. dobrovolník	46
6.2.4	8. dobrovolník	47
6.2.5	9. dobrovolník	48
6.2.6	10. dobrovolník	49
6.2.7	11. dobrovolník	50
6.3	Měření 12. 4. 2018.....	51
6.3.1	12. dobrovolník	51
6.3.2	13. dobrovolník	52
6.3.3	14. dobrovolník	53
6.3.4	15. dobrovolník	54
6.3.5	1. dobrovolník – bez instrukcí.....	55
6.3.6	2. dobrovolník – bez instrukcí.....	56
6.4	Poznatky z měření	57
7	Porovnání výsledků s výchozí studií.....	62
7.1	Porovnání průměrných časů všech testovaných subjektů.....	62
7.2	Porovnání průměrných časů mužů	63
7.3	Porovnání průměrných časů žen.....	63
7.4	Nejrychlejší čas mužů.....	64
7.5	Nejrychlejší čas žen	64
7.6	Nejpomalejší čas mužů.....	65
7.7	Nejpomalejší čas žen	65
7.8	Porovnání časů přípravy a samotné montáže	66
7.9	Zhodnocení využití návodek	67
8	Závěr.....	69
9	Citovaná literatura	70
10	Přílohy	73

Seznam obrázků

Obrázek 2-1	Činnosti při montáži [2]	13
Obrázek 2-2	Klasifikace prostředí [4].....	15
Obrázek 2-3	Příklad hraní na konzoli Xbox pomocí Kinect [6]	15
Obrázek 2-4	Využití AR v televizním vysílání [8]	15
Obrázek 2-5	Použití AR na PC [10].....	16
Obrázek 2-6	Využití AR v tabletu [11].....	17

Obrázek 2-7 Příklad HMD displeje od spol. Cinoptics [12]	17
Obrázek 2-8 Příklad použití stacionárního displeje spol. Lego [13].....	18
Obrázek 2-9 Brýle HoloLens od společnosti Microsoft [16].....	18
Obrázek 2-10 Brýle Google Glass [19].....	19
Obrázek 2-11 HMD HTC Vive [21]	20
Obrázek 2-12 Ukázka CAVE [23]	20
Obrázek 2-13 Pyramida učení [26]	21
Obrázek 2-14 Ukázka papírové návodky [27]	22
Obrázek 2-15 Ukázka použití virtuální návodky v praxi [28].....	23
Obrázek 2-16 Ukázka návodky v automobilce BMW [29].....	24
Obrázek 2-17 Ukázka návodky MARTA [31].....	25
Obrázek 2-18 Ukázka návodky společnosti Boeing [32].....	25
Obrázek 2-19 Ukázka návodky společnosti Bosch [34]	26
Obrázek 2-20 Ukázka návodky od Picomto [35]	26
Obrázek 2-21 Ukázka návodky EASEWORKS [36].....	27
Obrázek 2-22 Ukázka návodky Visual Knowledge Share [38]	27
Obrázek 3-1 Dřezový sifon A441P	29
Obrázek 3-2 Schéma rozstřelu sestavy sifonu A441P [vlastní tvorba dle [39]]	29
Obrázek 3-3 Montážní pracoviště	30
Obrázek 3-4 Ukázka videa z pohledu první osoby.....	31
Obrázek 3-5 Ukázka výsledného záběru	31
Obrázek 3-6 Ukázka prostředí Windows Movie Maker	32
Obrázek 3-7 Ukázka finální návodky.....	33

Seznam grafů

Graf 6-1 Časový průběh pokusů 1. dobrovolníka	39
Graf 6-2 Časový průběh pokusů 2. dobrovolníka	40
Graf 6-3 Časový průběh pokusů 3. dobrovolníka	41
Graf 6-4 Časový průběh pokusů 4. dobrovolníka	42
Graf 6-5 Časový průběh pokusů 5. dobrovolníka	43
Graf 6-6 Časový průběh pokusů 6. dobrovolníka	45
Graf 6-7 Časový průběh pokusů 7. dobrovolníka	46
Graf 6-8 Časový průběh pokusů 8. dobrovolníka	47
Graf 6-9 Časový průběh pokusů 9. dobrovolníka	48
Graf 6-10 Časový průběh pokusů 10. dobrovolníka	49

Graf 6-11 Časový průběh pokusů 11. dobrovolníka	50
Graf 6-12 Časový průběh pokusů 12. dobrovolníka	51
Graf 6-13 Časový průběh pokusů 13. dobrovolníka	52
Graf 6-14 Časový průběh pokusů 14. dobrovolníka	53
Graf 6-15 Časový průběh pokusů 15. dobrovolníka	54
Graf 6-16 Časový průběh pokusů 1. dobrovolníka bez instrukcí.....	55
Graf 6-17 Časový průběh pokusů 2. dobrovolníka bez instrukcí.....	56
Graf 6-18 Výsledné časy jednotlivých pokusů	58
Graf 6-19 Srovnání všech časů u mužů.....	59
Graf 6-20 Srovnání všech časů u žen	59
Graf 6-21 Srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy	60
Graf 6-22 Srovnání průměrných časů mužů a žen	60
Graf 6-23 Srovnání časů dobrovolníků bez instrukcí.....	61
Graf 7-1 Srovnání průměrných časů jednotlivých pokusů.....	62
Graf 7-2 Srovnání průměrných časů mužů	63
Graf 7-3 Srovnání průměrných časů žen.....	63
Graf 7-4 Nejrychlejší čas mužů.....	64
Graf 7-5 Nejrychlejší čas žen	64
Graf 7-6 Nejpomalejší čas mužů.....	65
Graf 7-7 Nejpomalejší čas žen	65
Graf 7-8 Srovnání celkového času, přípravy dílů a čisté montáže (data přejetá z [41])	67

Seznam tabulek

Tabulka 4-1 Průměrné časy činností [40]	34
Tabulka 4-2 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle papírové návodky [40].....	35
Tabulka 4-3 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle virtuální návodky [40].....	35
Tabulka 6-1 Naměřené hodnoty 1. dobrovolníka.....	39
Tabulka 6-2 Naměřené hodnoty 2. dobrovolníka.....	40
Tabulka 6-3 Naměřené hodnoty 3. dobrovolníka.....	41
Tabulka 6-4 Naměřené hodnoty 4. dobrovolníka.....	42
Tabulka 6-5 Naměřené hodnoty 5. dobrovolníka.....	44
Tabulka 6-6 Naměřené hodnoty 6. dobrovolníka.....	45
Tabulka 6-7 Naměřené hodnoty 7. dobrovolníka.....	46
Tabulka 6-8 Naměřené hodnoty 8. dobrovolníka.....	47
Tabulka 6-9 Naměřené hodnoty 9. dobrovolníka.....	48

Tabulka 6-10 Naměřené hodnoty 10. dobrovolníka.....	49
Tabulka 6-11 Naměřené hodnoty 11. dobrovolníka.....	50
Tabulka 6-12 Naměřené hodnoty 12. dobrovolníka.....	51
Tabulka 6-13 Naměřené hodnoty 13. dobrovolníka.....	52
Tabulka 6-14 Naměřené hodnoty 14. dobrovolníka.....	53
Tabulka 6-15 Naměřené hodnoty 15. dobrovolníka.....	54
Tabulka 6-16 Naměřené hodnoty 1. dobrovolníka bez instrukcí	55
Tabulka 6-17 Naměřené hodnoty 2. dobrovolníka bez instrukcí	56
Tabulka 6-18 Výsledné časy jednotlivých pokusů.....	58
Tabulka 6-19 Výsledné časy jednotlivých pokusů dobrovolníků bez instrukcí.....	61

Seznam zkratk

VR – Virtual Reality (virtuální realita)

AR – Augmented Reality (rozšířená realita)

HW – Hardware

SW – Software

PC – Osobní počítač

HMD – Head Mounted Display

1 Úvod

Současná doba disponuje nepřehlednou nabídkou technologií, které člověku usnadňují práci i každodenní život. Většina populace rozvinutých zemí si bez moderních technologií svůj život nedovede představit. Osobní počítač (PC) již patří k naprosto běžnému vybavení domácnosti i podniku. PC však již dávno nepatří k nejmodernějším technologiím, je postupně nahrazován kompaktnějšími zařízeními, jako jsou chytré telefony či tablety. Přívlastek chytrý (smart) se dostává do celého odvětví techniky.

Jsou však stále činnosti, které vyžadují naši manuální zručnost a sílu a znalosti pracovních postupů.auta stále nejsou tak chytrá, aby si sama vyměnila kolo, postel se sama nesloží a ani PC nedokáže sám manipulovat se svým hardwarem. Člověk pak musí studovat dlouhé stránky návodů, případně přivolat pomoc odborníka. Manuální opravy však mohou mít jednodušší řešení, které za pomoci správného návodu dokáže každý. Tímto návodem může být virtuální návodka využívající videa.

Hlavním cílem této práce je vytvoření vlastní videonávodky. Návodka je zaměřena na kompletaci dřezového sifonu. Po vytvoření virtuální návodky bude její funkce prakticky ověřena na dobrovolnících z řad studentů Průmyslového Inženýrství. Testování bude probíhat na katedře Průmyslového inženýrství a managementu a každému testovanému subjektu bude měřen čas potřebný na kompletaci celé sestavy. Po provedení testování budou data analyzována a sumarizována do přehledových tabulek a grafů.

Výsledky nasbírané z tohoto měření budou porovnány s výchozí studií z minulého roku vytvořenou Lucií Fejfarovou. V této studii byla provedena měření za použití papírové a virtuální návodky. Výsledkem tohoto porovnání by mělo být určení nejlepší možné varianty pro realizaci návodky a potvrzení možných přínosů, které lze u videonávodky nalézt.

Hlavními cíli diplomové práce na téma Porovnání přístupů pro tvorbu virtuálních návodek jsou:

- 1) Analýza současného stavu
- 2) Vytvoření vlastní videonávodky
- 3) Metodika testování videonávodky
- 4) Samotné testování
- 5) Analýza a porovnání naměřených dat

2 Analýza současného stavu

Cílem této kapitoly je popsání aktuálně používaných přístupů pro tvorbu návodů. Ukázat již realizované případy vytvořených návodů a ukázání možných budoucích řešení. Dále budou v této kapitole popsány základní pojmy spojené s návodkami.

2.1 Montáž

Výrobní proces je ve strojírenství často zakončen montáží, při níž dochází ke kompletaci finálního výrobku. Je velmi důležitá pro spolehlivost a kvalitu výrobku. Každý výrobek v oblasti strojírenství se skládá z jednotlivých součástí. Charakteristickým prvkem montážních procesů je počáteční spojování dvou či více dílů dohromady do montážních podskupin, tyto podskupiny do větších skupin až k finální sestavě. [1]

Pro sestavování dílů jsou využívány takové technologie, které zabezpečují přímé spojení (bez přídavných součástí nebo materiálů). Dalšími činnostmi, se kterými se lze při montáži setkat, jsou činnosti přípravné, kontrolního typu, činnosti spojené s údržbou nebo přepravního charakteru na pracovišti. Montáž lze charakterizovat jako ucelený soubor činností pracovníků, zařízení a strojů, který vede ke vzniku hotového výrobku a tyto činnosti musí být provedeny ve stanoveném pořadí. [1]

2.1.1 Montážní činnosti

Jak bylo popsáno výše, do montáže se neřadí pouze samotné činnosti sestavování finálního výrobku, ale patří sem i činnosti s nimi spojené. Mezi tyto činnosti patří např. čištění, šroubování, měření, seřizování, kontrolování, balení, expedice). Celkově tyto činnosti lze rozdělit do šesti základních skupin:

- přípravné činnosti
- přízpusobovací činnosti
- manipulační činnosti
- spojovací činnosti
- kontrolní činnosti
- ostatní činnosti

Tyto činnosti jsou navzájem provázány vazbami a také společně musí splňovat podmínky kladené na kvalitu, životnost a spolehlivost finálního výrobku. [1]



Obrázek 2-1 Činnosti při montáži [2]

Vzájemný podíl jednotlivých činností se liší v závislosti na realizovaném druhu výroby, na sériovosti a opakovatelnosti výroby, složitosti montážních celků, dostupném stupni technologičnosti konstrukce nebo na stupni mechanizace a automatizace ve výrobě. V kusové a malosériové výrobě jsou nejvíce zastoupené činnosti spojené s přípravou a podstatný význam má také kontrola a seřizování spolu s demontážními pracemi. Tyto činnosti tvoří v souhrnu asi 80 % pracnosti montáže. V sériové a hromadné výrobě je zvyšován podíl montážních činností spojování a manipulace. [1]

Klasifikace montážních činností je důležitá i pro tvorbu virtuálních návodek. Je nutné si uvědomit, že pracovní návodka musí operátorovi dát podrobné instrukce o všech typech činností během montáže. Proto jinak vypadají návodky pro manipulační činnosti než např. návodky spojené s kontrolou a seřizováním.

2.1.2 Význam montáže v průmyslu

Důležitost montáže ve strojním průmyslu vyplývá z podílu montáže na pracnosti strojírenských výrobků, která se rovná v průměru 30 až 40 %. Druhým ukazatelem, který dokazuje význam montáže je podíl zaměstnaných pracovníků v montáži. Z celkového počtu pracovníků ve výrobě je v montáži zaměstnáno asi 30 až 50 %. Jen u velkosériové výroby se podíl montáže na pracnosti snižuje. Toto je zapříčiněno především zpracováním konstrukce samotných výrobků a i stupněm automatizace a mechanizace montážních operací. [3]

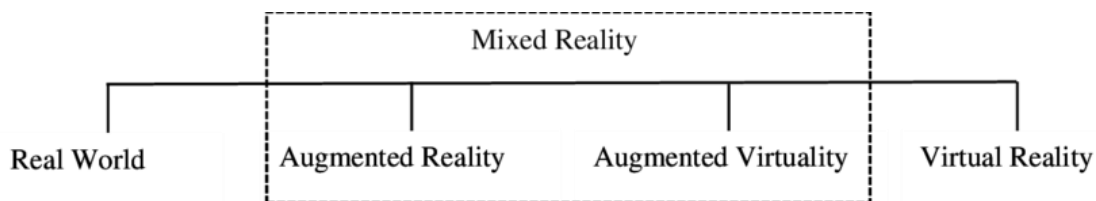
Požadavky na kvalitu montáže jsou shodné s požadavky na sestavovaný výrobek. Pokud nebude sestavován kvalitně, může dojít k znehodnocení sestavovaných dílů, tím pádem k produkci zmetků. Naopak kvalitní montáží lze zhodnotit i kvalitu vyrobených součástí a přenést ji na výsledek. Z těchto důvodů je třeba věnovat montáži dostatečnou pozornost a aktivně se zabývat problematikou montážních procesů. Hledat možnosti ke snižování nákladů s nimi spojenými např. vhodným konstrukčním návrhem, vhodným členěním do jednotlivých montážních skupin, volbou jednodušších způsobů spojení nebo používáním pokročilých návodek k sestavení výrobku. [1]

2.2 Moderní technologie

I do oblasti průmyslového inženýrství pronikají moderní technologie, které přinášejí zlepšení výrobních procesů. Slova rozšířená či virtuální realita (VR – virtual reality) si mnozí spojí s herními konzolami a zábavou. To však již není jediné odvětví, kde se prvky virtuální reality kombinují s reálným světem. I když si to pravděpodobně mnohdy neuvědomujeme, s rozšířenou realitou se setkáváme vždy, když používáme své chytré telefony či tablety nebo například sledujeme televizi. Díky chytrým technologiím se rozšířená realita (AR – augmented reality) dostává do mnohých dalších odvětví a dotváří např. navigační systém či pracovní návodky v montáži.

2.2.1 Pojem rozšířená a virtuální realita

Aby mohla být AR definována, je nutno ji nejprve klasifikovat ve vztahu k reálnému prostředí. Skutečná realita je reálné prostředí, které nás (lidi) obklopuje, kde žijeme. S příchodem počítačů se začalo tvořit virtuální prostředí (VR - virtuální realita). Jedná se o umělý svět vytvořený člověkem, který slouží například pro komunikaci, správu, simulaci nebo zábavu (počítačové hry apod.).



Obrázek 2-2 Klasifikace prostředí [4]

Někde mezi těmito póly se nachází rozšířená realita a rozšířená virtualita. Za rozšířenou virtualitu je označováno prostředí, ve kterém jsou přidávány prvky reálného světa do toho virtuálního. Těmito prvky jsou např. hmotné věci nebo i reálné pohyby. [5] Příkladem rozšířené virtuality je možné uvést rozšířené hraní her na konzoli Xbox s připojeným zařízením Kinect. Kinect snímá pohyb uživatele před konzolí, tento pohyb je poté převeden na pohyb dané postavy ve virtuálním prostředí a celý výsledek je poté promítnut na obrazovce.



Obrázek 2-3 Příklad hraní na konzoli Xbox pomocí Kinect [6]

Oproti tomu lze AR definovat jako reálný svět obohacený o prvky virtuálního světa generované počítačem. Těmito virtuálními prvky mohou být objekty jako např. text, grafika (obrázek, video), zvuk, nebo dokonce 3D objekty či hmatová vazba. Jinak řečeno, prvkům reálného světa je dána určitá přidaná hodnota, čímž je vytvořen nový typ uživatelského rozhraní mezi člověkem, elektronickými zařízeními a objekty v reálném čase. [7]

Příkladem použití AR, se kterým je možné se setkat každý den, je televizní vysílání. Prvky AR jsou použity např. ve sportovních přenosech, při kterých je obraz daného sportu doplněn o aktuální skóre nebo jiné doplňující informace.



Obrázek 2-4 Využití AR v televizním vysílání [8]

2.2.2 Hardwarové komponenty potřebné k práci s AR

Možnosti vytvoření a zobrazování prvků rozšířené reality jsou závislé nejen na vývoji softwarových nástrojů, ale i na hardwarovém vybavení, které je uživateli k dispozici. Právě na trhu s elektronikou dochází v současnosti k rychlému pokroku, dostupné technologie se tedy zdokonalují. V dnešní době je možné zmínit následující HW. [7]

- PC s webkamerou
- mobilní zařízení (tablet, smartphone)
- Zobrazovací zařízení, např. Head Mounted Display (HMD), Smart Glasses (chytré brýle)
- Digitální stacionární displeje

Nepřímé zobrazení scény

Při práci s těmito technologiemi se rozlišují dva typy zobrazení, přímé a nepřímé. Nepřímé zobrazení je rozšířenější a je využíváno při práci s PC, tablety nebo mobilními telefony. V případě těchto zařízení je reálný svět snímán kamerou a přenášen na displej zařízení nebo

na obrazovku PC. Uživatel tedy vidí reprodukci reálného světa zprostředkovaně (nepřímo), a ta je opět doplněna o virtuální prvky. Další alternativou nepřímého zobrazení jsou HMD, tedy nepropustné brýle nebo helmy, které zobrazují virtuální obsah na displeji přímo před očima.

1. PC s webkamerou

Tento první systém využívá pro zobrazení prvků AR připojené webkamery a scénu promítá na obrazovku monitoru. Velkou nevýhodou oproti mobilním zařízením je nekompaktnost zařízení, která omezuje jeho využití. [9]



Obrázek 2-5 Použití AR na PC [10]

2. Mobilní zařízení

Nejrozšířenějším a nejpoužívanějším zařízením v této oblasti jsou chytré telefony a tablety. V současné době tato zařízení disponují dostatečným výpočetním výkonem, funkcemi jako je GPS, kompas, senzory (akcelerometr) ale i dostatečnou přesností. Preferovaná jsou i díky relativně dobré dostupnosti z pohledu pořizovací ceny zařízení. Nevýhodou je, že zařízení tohoto typu nejsou nositelná a uživatel nemá volné ruce pro svou práci. [7]



Obrázek 2-6 Využití AR v tabletu [11]

3. Head Mounted Display

Tato technologie opět patří do nepřímého zobrazení, HMD se skládá z headsetu (helmy) se zobrazovacím displejem a dále kamery pro skenování reálného prostředí. Uživatel vidí prostředí opět nepřímo na nepropustném displeji. HMD mohou být monokulární (uživatel vidí displej pouze před jedním okem), nebo binokulární, kde uživatel vidí displej oběma očima. Výhodou je i existence sensorů pro snímání pohybu v prostoru, které napomáhají v propojení reálného světa s virtuálním obsahem. Výhodou oproti předcházejícím zařízením jsou volné ruce uživatele, nevýhodou je naopak vyšší pořizovací cena. [7]



Obrázek 2-7 Příklad HMD displeje od spol. Cinoptics [12]

4. Digitální stacionární displeje

Stacionární displeje jsou nejčastěji používány v komerční sféře např. pro zkoušení oblečené, nebo k získání více informací o daném produktu. Tyto systémy mohou disponovat lepšími kamerami pro přesnější rozpoznávání scény a disponují větším rozlišením než mobilní zařízení. Kvalitnější displej je také schopný poskytnout uživateli realističtější dojem výsledného zobrazení, který není ovlivněn ani vnějšími vlivy jako je odraz světla nebo sluneční záření. Pro svou velikost je dobré je použít tam, kde jejich poloha bude neměnná. [7]



Obrázek 2-8 Příklad použití stacionárního displeje spol. Lego [13]

Přímé zobrazení

Přímé zobrazení znamená, že člověk vidí reálný obraz, který je za pomoci displeje v zorném poli doplněn o virtuální prvky. Jedná se tedy výhradně o zobrazení rozšířené reality. Platformou pro tento typ zobrazení jsou například výše zmíněné Smart Glasses¹. Společně s HMD patří Smart Glasses do tzv. nositelných zařízení, se kterými uživatel nemusí manipulovat rukama. [14]

Vedle Smart Glasses je možné v současnosti sledovat vývoj tzv. Smart Lenses, tedy chytrých čoček, které by byly schopné sloužit stejně, přičemž veškeré hardwarové zařízení by se vešlo na povrch oka. Smart Lenses by vznikly přidáním ovládacích a komunikačních obvodů, LED diod a dalších elektronických prvků do kontaktních čoček. V cestě chytrým čočkám však stále stojí otázky týkající se napájení systému i zdravotních dopadů na lidské oko. [7]

Nejnovejším zařízením na trhu pro zobrazení AR jsou brýle HoloLens vyvinuté společností Microsoft. Zatím se jedná pouze o verzi produktu učenou k vývoji, komerční verze zařízení by se měla dostat na trh v roce 2019. Oproti Smart Glasses a HMD by měly brýle například disponovat schopností rozpoznat a zpracovat to, co uživatel vidí a slyší v reálném čase, díky pokročilejšímu hardwarovému vybavení. Mezi další výhody nového produktu bude patřit např. delší výdrž baterie nebo lepší ergonomie, což umožní dlouhodobější práci s AR [15].



Obrázek 2-9 Brýle HoloLens od společnosti Microsoft [16]

¹ Pod označení Head Mounted Displej lze zahrnout i Smart Glasses, v této kapitole však byly pojmy odděleny pro vysvětlení rozdílů v zobrazení.

Tyto chytré brýle jsou v současné době ve stádiu vývoje, jak bylo zmíněno výše, a nejsou plně odladěné. Podobné zařízení na trhu jsou chytré brýle od společnosti Google, avšak tento produkt nenaplnuje veškerá očekávání uživatelů a kromě svých nesporných výhod (volné ruce umožňující vykonávání činností) přináší i značné množství nevýhod, jako je malá výdrž baterie, jedna velikost zařízení (ne každému uživateli sedí), soukromí ostatních (člověk nemůže vědět, zda je natáčen pomocí brýlí v daný okamžik) a vysoká pořizovací cena. [17], [18] Proto je využití nepřímého zobrazení v podobě používání tabletů či jiných zařízení umožňujících toto zobrazení stále preferováno.



Obrázek 2-10 Brýle Google Glass [19]

2.2.3 Hardwarové komponenty potřebné k práci s VR

K zobrazení virtuální reality je na dnešním trhu nepřehledné množství zařízení. Mezi nejpoužívanější patří počítače, mobilní zařízení a HMD. Speciálním nástrojem pro zobrazení VR je také např. CAVE (Computer Aided Virtual Environment).

1. PC a mobilní zařízení

Při použití počítače nebo tabletu je virtuální obsah zobrazován přímo na displeji samotného zařízení. Výhodou těchto dvou způsobů zobrazení je relativně dobrá dostupnost z pohledu pořizovací ceny zařízení. Velkou výhodou mobilních zařízení je dostatečný výpočetní výkon a zároveň jejich kompaktnost. [7]

2. Head Mounted Display

Technologie HMD byla popsána v předcházející kapitole. HMD displeje pro zobrazení virtuální reality se příliš neliší od těch pro zobrazení AR. Uživateli je promítán pouze virtuální obsah přímo na displeji. Jelikož k zobrazení VR není potřebný obraz reálného světa, HMD není opatřen kamerou. Existence sensorů pro snímání pohybu uživatele v prostoru byla zachována. Výhodou oproti předcházejícím zařízením jsou volné ruce uživatele, nevýhodou je naopak vyšší pořizovací cena. Jako příklady HMD pro zobrazení virtuální reality lze uvést např. zařízení Oculus Rift nebo HTC Vive. [20]



Obrázek 2-11 HMD HTC Vive [21]

3. CAVE

Toto označení je ve skutečnosti zkratka pro několik slov: „Computer Aided Virtual Environment“ – Počítačem řízené virtuální prostředí. Toto speciální zařízení přináší uživateli možnost zažít 3D vjem virtuálního světa stejně jako předcházející zařízení. Virtuální obsah je promítán na projekční plochu. Umístěním více projekčních ploch v prostoru vzniká CAVE (neboli jeskyně). Výsledkem je obklopení uživatele produkovaným virtuálním obsahem, čímž je navozen velmi silný vjem propojení pozorovatele s celou scénou. Tento jev se označuje jako „immersion“ – což může být volně přeleženo jako „vnoření“. [22]



Obrázek 2-12 Ukázka CAVE [23]

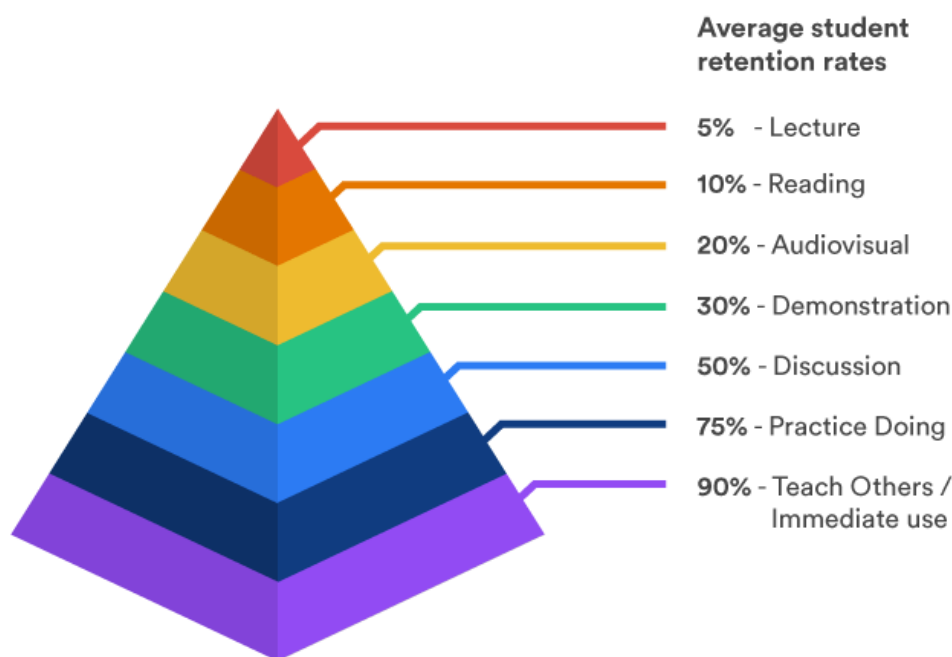
2.3 Návodky

Pojem návodka je pojen se základními oblastmi průmyslu a to výrobou, montáží a údržbou. Ve všech těchto odvětvích pracovníci pracují např. s nástroji nebo stroji, ke kterým je třeba znát způsob jejich ovládání. K tomu složí právě návodky.

Pracovní návodky se snaží redukovat riziko vzniku chyb zapříčiněných člověkem. Tyto chyby vznikají nepozorností nebo například špatným proškolením pracovníka. Těmto jevům se návodky pomáhají vyhýbat. Pokud vznikne nějaká chyba při montáži, je zvykem vinit právě pracovníky, kteří jsou za tuto montáž odpovědní, nicméně pokud k tomuto dochází často, může to mít vliv na samotnou morálku. Mít proto jasné pracovní instrukce je zásadní. [24]

Pracovní návodka je jakýsi manuál, který slouží k zajištění správného vykonání dané činnosti. Lze nalézt dva hlavní typy pracovních návodků. Prvním typem jsou papírové návodky. Tyto návodky je nejjednodušší vytvořit, nicméně pro složitější operace, se kterými se pracovník může v běžném provozu setkat, nejsou tak intuitivní a pochopitelné. [25]

Druhým typem jsou virtuální návodky. Při tomto způsobu realizace návodu jsou využívány moderní technologie, jako je výše zmíněná rozšířená realita. Nebo sem patří návody, ve kterých lze nalézt audio či dokonce video obsah. Tyto návodky se dostávají do popředí kvůli zajištění lepšího pochopení a zapamatování si jednotlivých instrukcí z manuálu. Podle pyramidu učení si respondent zapamatuje dvakrát více informací z audiovizuálního obsahu než z přečteného textu. [25]



Obrázek 2-13 Pyramida učení [26]

Tvorba jakéhokoliv typu pracovní návodky stojí spoustu času a také počáteční analýzy. Ke zkrácení tohoto procesu je běžné, že prvně je vytvořen jakýsi standardní vzor nebo šablona pracovní návodky. Vzor je používán nejen k vytvoření nových návodů, ale také k obnovení či aktualizaci návodu starších. Prvním krokem vytvoření vzoru a vývojového diagramu závisí na výběru samotného typu pracovní návodky. Tento vývěr je ovlivněn několika parametry jako: časy jednotlivých procesů, znalostí transportních operací, složitostí sestavení výrobku, používanými nástroji aj. [25]

2.3.1 Papírová návodka

Papírová návodka je první možností, jak sdělit instrukce pracovníkovi. Aby byl tento manuál efektivní, je třeba, aby byl správně vytvořený a podal pracovníkovi dostatečné informace o jeho činnostech.

Nejdůležitější vlastností, kterou má papírová návodka mít, je její rozsah. Měla by být tak krátká a tak jednoduchá, jak to je jen možné. Pracovník by neměl dostat šanci interpretovat si instrukce z návodky podle sebe a být z ní zmatený. [24]

Prvním důležitým znakem při vytváření papírové návodky je srozumitelnost. Každý pracovník, který přijde do styku s touto návodkou, by jí měl rozumět. Žádná komplexní dlouhá souvětí, slang, zkratky nebo technické termíny (bez jejich vysvětlení) by se v návodce neměly vyskytovat. Papírová návodka musí být pracovníkovi pořád k dispozici, to znamená, že ji bude mít na pracovišti. [24]

Dalším znakem, který by měla návodka splňovat, je konzistentnost sdělení. To se týká užitých pojmů, rozložení návodky, užitých metod. Jednotný styl pomáhá k držení se pracovníka vlastní návodky a podporuje dovednosti pracovníků. S konzistentností se pojí i rozsah sdělení. Velmi důležité je sepsat instrukce tak krátce a jednoduše, jak je to jen možné. [24]

Dobře vytvořená papírová návodka neobsahuje dlouhé texty a odstavce, jsou využívány i vizuální nástroje, jako obrázky používaných dílů, nástrojů, tabulky, nákresy apod. Tyto nástroje mají větší vypovídající hodnotu než dlouhý odstavec textu. [24]

Example of Job Instruction Sheet (標準作業指導書の例)

Job Instruction Sheet		Part #		Required Quantity:	Date:	Dept./Location:		Team Leader:	Supervisor:
		26-0012				550	April 26, 2007		
		Part Name					Prepared By:		
		Base Unit Assembly							
#	Step	Quality Check		Note	Time	Takt Time	Cycle Time	STD WIP	◇ Quality
		Sampling	Tool			42	40	3	◆ Safety ● STD WIP
1	Get a work piece and set into fixture			With both left and right hand	1				
2	Remove finished & set new one				2				
3	Check appearance	1/1	Slide Gauge		12				
4	Remove finished & set new one			Clean up head for every cycle	14				
5	Remove finished & set new one			Ensure direction	3				
6	Check appearance & put into container	1/1	—	Check both sides	8				
Total					40				

The Job Instruction Sheet is used to train new operators. It lists the steps of the job, detailing any special knack that may be required to perform the job safely with utmost quality and efficiency. It can also be useful for experienced operators to reconfirm the right operations.

標準作業指導書は、新人の訓練に用いるものです。作業手順を書き出し、安全に、良い品質のものを、効率的にこなすための注意点、つまり「急所」を記入します。ベテランの作業者にとっても、注意点を確認するのに役立ちます。

Obrázek 2-14 Ukázka papírové návodky [27]

Na Obrázek 2-14 je vidět příklad dobře sestavené papírové návodky. Je řešena formou tabulky. V levé části je vidět sekvence jednotlivých kroků s krátkým popisem, použitými nástroji, poznámkami a údajem času jednotlivých operací. V pravé části je vidět náhled na cestu výrobku jednotlivými pracovišti.

2.3.2 Virtuální návodka

Virtuální návodka musí splňovat ty samé podmínky jako návodka papírová. Výhoda tohoto způsobu realizace návodky spočívá v přenesení (zapamatování si) většího množství instrukcí pracovníkem. [26]

Výhodou oproti papírové návodce je úplné nebo alespoň z velké části vynechání textů. Jednotlivé operace jsou v návodce ukázány názorně, buď animací 3D modelů jednotlivých dílů, nebo jsou díly reálně montované na instruktážním videu.

Ve virtuální návodce se tedy objevují tři základní typy objektů:

- text – krátké instrukce, doplňující informace
- obrázek – používané díly, podskupiny, používané nástroje aj.
- video/virtuální obsah – ukázka dané operace

Důležité je si uvědomit, že vytvoření takovéto návodky, určitě zabere více času, nicméně dnešní softwarová řešení práci velmi usnadňují a zpřístupňují toto řešení i běžným uživatelům. [25]



Obrázek 2-15 Ukázka použití virtuální návodky v praxi [28]

Na Obrázek 2-15 je vidět reálný příklad využití pracovní návodky vytvořený v SW Visual Knowledge Share (VKS). [28] Pracovník má k dispozici na svém montážním pracovišti displej, kde mu je zobrazena virtuální návodka. Pomocí této návodky operátor přesně vidí, jak má postupovat s daným dílem.

2.3.3 Příklady virtuálních návodek

Spolu s vidonávodkami patří virtuální návodky s prvky AR mezi nejrozšířenější alternativy k papírovým návodkám. V této kapitole budou představeny právě příklady návodek, které využívají prvky rozšířené reality.

Návodka v automobilce BMW

Návodky s technologií AR využívá např. automobilka BMW v montáži vozů i opravách. Pracovník montáže má nasazené brýle Smart Glasses, ve kterých se mu na displeji zobrazují jednotlivé instrukce. Tím dochází k propojení reálných prvků automobilu s virtuálním obsahem v zorném poli pracovníka.



Obrázek 2-16 Ukázka návodky v automobilce BMW [29]

Na Obrázek 2-16 je vidět tato návodka. Pracovník vidí žlutě označené montované díly s aktuálně používanými nástroji a přehrává se mu animace montážní operace.

Návodka MARTA

Významným odvětvím využití AR se stal servis automobilů pomocí virtuálních návodek, které pracují v reálném čase. Společnosti Metaio GmbH a Volkswagen Concern vyvinuly software MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance), který poskytuje informace na tabletu a v reálném čase ukazuje pracovníkovi jednotlivé servisní operace. MARTA po načtení vypíše seznam nutných oprav na autě a vyjmenuje pracovní nástroje a jednotlivé úkony. Nejprve musí dojít k inicializaci, tedy načtení vozidla do mobilního zařízení. Jakmile je ukončena inicializace, na tabletu se zobrazí jednotlivé kroky opravy. Pracovníkovi tak systém zaručuje větší přesnost a rychlejší práci. [30]



Obrázek 2-17 Ukázka návodky MARTA [31]

Návodka letadlové společnosti Boeing

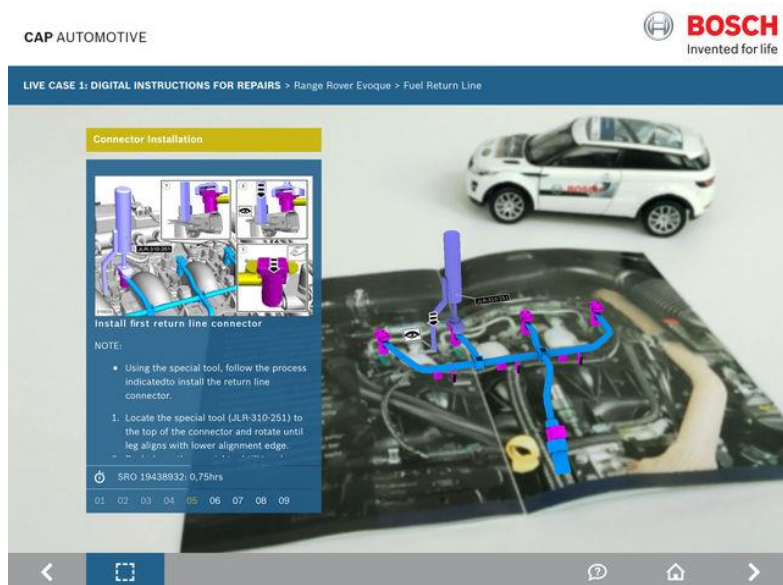
Příkladem využití virtuální návodky je i montáž letadel Boeing. V této společnosti jsou používány Google Glass pro sestavování kabelových systémů letadla. Pracovníci montáže ukazují přes displej pracovní postup. Boeing tuto technologii nasadil pouze jako zkušební program v úzkém kolektivu pracovníků a již byl ukončen. Aby vše fungovalo dokonale, je třeba mít veškeré informace dostupné na síti, k čemuž je společnost Boeing skeptická. Problémem zůstává bezpečná výměna dat, ke které je třeba mít vyřešenou otázku IT podpory. [32]



Obrázek 2-18 Ukázka návodky společnosti Boeing [32]

Návodka společnosti Bosch

Na závěr stojí za zmínku Common Augmented Reality Platform (CAP) od společnosti Bosch. Tato návodka poskytuje rychlé propojení reálného a virtuálního obsahu, a to díky databázi technických informací k poruchám. Výhodou této technologie je její schopnost integrovat velké množství verzí jednotlivých automobilových produktů, je tedy použitelná téměř pro každého zákazníka spol. Bosch. [33]



Obrázek 2-19 Ukázka návodky společnosti Bosch [34]

2.3.4 Příklady videonávodek

Jak bylo zmíněno výše, dnešní softwarová řešení práci s videonávodkami velmi ulehčují. V této kapitole budou představeny jednotlivé možnosti již fungujících návodek, které využívají video obsah.

Návodky Picomto

Jedním takovým programem je software Picomto. Tento SW umožňuje vytvořit, organizovat a také rychle analyzovat pracovní návodky. Výhodou tohoto řešení je i použití napříč jednotlivými platformami od počítačů, přes mobilní telefony až k tabletům. [35]



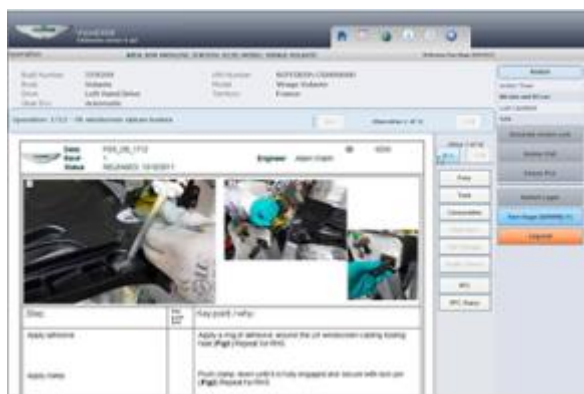
Obrázek 2-20 Ukázka návodky od Picomto [35]

Na Obrázek 2-20 je vidět příklad takovéto návodky. V ukázce je vidět jak se používá přístroj k vytvoření laserového otisku. Návodka je provedena formou videa s doprovodnými instrukcemi o bezpečnosti. [35]

Pomocí tohoto SW lze vyvířet i návodky spojené s údržbou. Tyto návodky jsou vytvořené propojením dvou platform "jak to dělat" (Picomto) a "co dělat" (CMMS - Computerized maintenance management system). Opět tyto návodky jsou k dispozici napříč jednotlivými platformami a také lze přímo analyzovat anomálie a chyby k zajištění kontinuálního zlepšování. Mezi průmyslové podniky, které využívají tento SW, patří: SKF, ONET, Engie group, Steelcase aj. [35]

Návodky EASEWORKS

Software vyvinutý společností Easeworks optimalizuje přístup ke všem typům dokumentace spojené s produkcí či servisem. Mimo jiné lze v tomto SW také vytvářet virtuální návodky. Finální řešení jsou opět dostupná pro mobilní zařízení, ale i pro počítače. Tento software je dále schopen zpracovávat a analyzovat data v reálném čase a také umožňuje vytvářet ihned reportní zprávy, které mohou být podrobeny další analýze nebo být odeslány přímo zákazníkovi. [36]



Obrázek 2-21 Ukázka návodky EASEWORKS [36]

Tyto návodky pro sdělení pracovních instrukcí opět využívají video obsah. Mezi průmyslové podniky využívající řešení od této společnosti patří např. Aston Martin, Continental, Mubea, Eaton aj. [36]

Návodky Visual Knowledge Share (VKS)

Další možný nástroj pro vytvoření virtuální návodky je SW od společnosti VKS. Řešení od této společnosti umožňuje místo klasické papírové návodky přidat video, nebo audio obsah, vytvářet plány a grafy a mnoho dalšího. Opět umožňuje práci s daty v reálném čase, pro vytvoření jasného obrazu o jednotlivých pracovních operacích. [37]



Obrázek 2-22 Ukázka návodky Visual Knowledge Share [38]

Na Obrázek 2-22 je vidět ukázka vytvořené návodky pomocí VKS pro společnost Clearpath Robotics. [38] V horní části je vidět sekvence jednotlivých montážních kroků. Pod touto částí je zobrazen samotný obsah návodky (obrázek nebo video) doplněný o instrukce. V pravé části lze nalézt přehled používaných dílů a další doplňující informace. Mezi společnostmi, které využívají toto řešení, patří např. Ametek Inc., Bombardier Transportation, Haas Automation nebo Tesla Motors Inc. [28]

2.4 Zhodnocení analýzy současného stavu

Úvodní část práce shrnula dostupné způsoby tvorby návodků a manuálů pro montáž strojírenských produktů. Stále oblíbenějšími se stávají návodky na bázi vizuálních prvků videa či rozšířené reality. Tyto jsou efektivnější než pouhý popis práce bez obrazových vjemů. V rámci rešerše byly popsány technologie zobrazení rozšířené a virtuální reality pro vytvoření přehlednějšího teoretického základu k návodkům jako takovým.

Jak bylo popsáno výše, návodky s prvky rozšířené reality jsou výhodné zejména v tom, že uživatele neochudí o obraz reálného světa, naopak ho doplní virtuálními prvky a pracovní postup mu ukazují v reálném prostředí a čase. Na druhou stranu videonávodky i návodky využívající rozšířenou realitu jsou oproti tradičním papírovým návodům náročnější na zpracování. I když se na současném trhu nacházejí softwarová řešení umožňující vytvoření interaktivních návodků, čas strávený jejich vývojem je mnohonásobně vyšší než čas výroby papírové návodky.

Mnoho výrobců se v posledních letech přiklonilo k virtuálním návodkům. Jde zejména o společnosti, jejichž výrobní manuály jsou velmi náročné na přípravu i prostudování. Moderní technologie jsou také lákavé pro podniky, které využívají sezónní pracovníky mluvící cizím jazykem. Textové prvky virtuálních návodků jsou zpravidla překládány, pracovníci se tak v návodce rychleji zorientují. [28]

Využití virtuálních návodků redukuje vznik chyb způsobených pracovníkem špatnou interpretací instrukce, jelikož pracovník vidí přesně, jak danou operaci provést a nemusí si kroky montáže domýšlet. Tímto se předchází produkci zmetků a celý výrobní proces se stává efektivnějším. [24]

Softwarové nástroje umožňují zpracování dat z aktuální montáže a jejich zaznamenání do tabulek či grafů. Tato data mohou sloužit k dalším analýzám montáže. SW dokáže data z montáže online poslat zákazníkovi či sdílet v rámci podniku, aby všechny výrobní aktivity byly vždy snadno dostupné a dohledatelné. [37]

V rešeršní části této práce byly zmapovány způsoby vytvoření virtuálních návodků. V odborné literatuře je věnována pozornost především návodkům využívajícím prvků rozšířené reality. Oblast návodků využívající video obsah, je oproti tomu výrazně menší a jedná se o mezeru, kterou by tato práce měla vyplnit.

V následující části práce bude prozkoumána efektivita videonávodky. V minulosti byla na katedře provedena testování virtuálních návodků s prvky virtuální a rozšířené reality. K porovnání posloužila papírová návodka a virtuální návodky se vždy ukázaly jako efektivnější. V této práci bude provedeno testování videonávodky a výsledky budou porovnány s hodnotami naměřenými při použití papírové a virtuální návodky z minulých let. Úvodním předpokladem budiž, že videonávodky budou efektivnější než papírové manuály. Otázkou zůstává, jakou konkurenci budou představovat pro návodky s virtuálními prvky. Podle provedené rešerše se jeví jako správný předpoklad, že videonávodky budou téměř na stejné úrovni.

3 Tvorba vlastní videonávodky

V této kapitole bude popsána vlastní tvorba videonávodky, dále také bude popsáno montážní pracoviště, na kterém bude probíhat vlastní testování návodky, ale i samotný produkt, pro který je tato návodka určena.

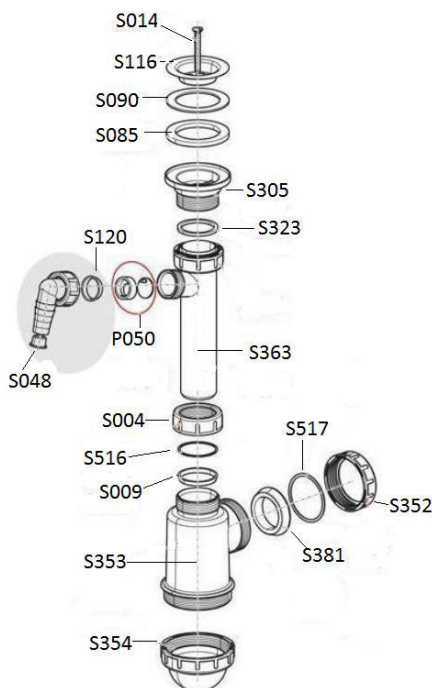
3.1 Představení sifonu A441P

Vlastní návodka je určena pro dřezový sifon A441P od společnosti Alca plast, s. r. o.. Tento sifon se skládá celkem z osmnácti dílů. Především se skládá z různých plastových výlisků, matic, kroužků, dále také jsou potřeba gumová těsnění ale i kovové součásti, jako např. šroub pro zajištění pilety. Každá součást nese specifické označení formou písmena a třímístného číselného kódu.

Na Obrázek 3-1 je vidět celý sifon ve finální složené podobě a Obrázek 3-2 ukazuje rozstřel sifonu na jednotlivé díly. Přehled všech používaných dílů pro sestavení sifonu lze nalézt v Příloze č. 1 v kapitole 10 Přílohy.



Obrázek 3-1 Dřezový sifon A441P



Obrázek 3-2 Schéma rozstřelu sestavy sifonu A441P [vlastní tvorba dle [39]]

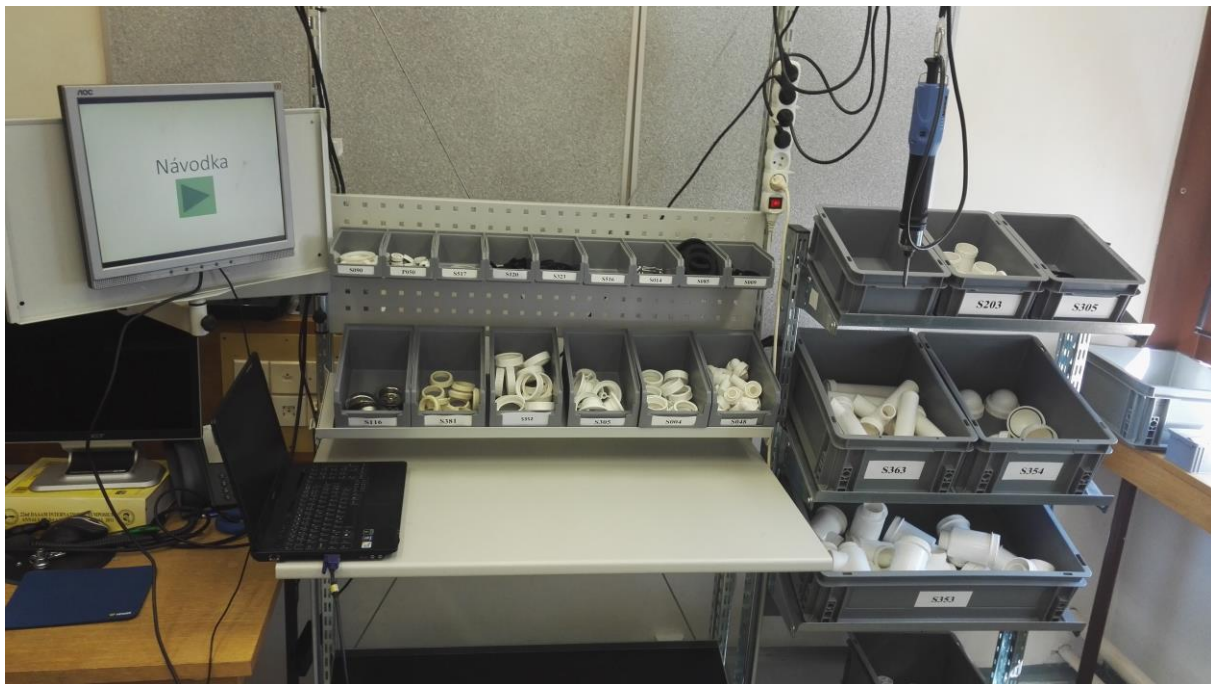
3.2 Montážní pracoviště

Montážní pracoviště bylo vytvořeno na katedře Průmyslového inženýrství a managementu v laboratoři ergonomie a virtuální reality v místnosti UK 310. Na tomto pracovišti je možné kompletovat různé druhy sifonů, pro testování byl vybrán sifon A441P.

Samotné pracoviště je vybaveno montážní deskou, regálem s boxy, do kterých byly umístěny jednotlivé součásti, a také monitorem pro zobrazení virtuální návodky. Dále se na tomto pracovišti nachází elektrický šroubovák pro zašroubování potřebného šroubu v rámci kompletace dřezového sifonu.

Na Obrázek 3-3 je vidět samotné pracoviště s již rozmístěnými díly. Jediným omezujícím prvkem je umístění notebooku na kraj pracovní desky pro ovládání návodky. Jinak je pracoviště co nejvíce ergonomicky upraveno pro pohodlí pracovníka. Například boxy s díly jsou naklopeny směrem k pracovníkovi, elektrický šroubovák visí na zatahovacím laně a je dobře přístupný.

Monitor pro zobrazení návodky je umístěn vlevo od pracovní desky a je naklopen šikmo směrem k pracovníkovi, tak aby nezamezoval ve výhledu na boxy se součástmi.



Obrázek 3-3 Montážní pracoviště

3.3 Vlastní návodka

Tvorbu vlastní návodky lze rozdělit do tří samostatných kroků. Prvním krokem bylo natočení všech montážních operací pro kompletaci dřezového sifonu A441P. V druhém kroku byla tato videa sestříhána a rozdělena celkově do deseti ucelených montážních kroků. V posledním kroku byla sestavena finální návodka formou PowerPoint prezentace.

Natáčení videa probíhalo přímo na montážním pracovišti. Pro natočení videa byla použita kamera GoPro Hero5 Black. Tato kamera byla vybrána kvůli svému širokouhlému záběru scény, pro dostatečné zachycení detailů.

Prvním řešením, jak natočit kompletaci celého sifonu, bylo připevnění kamery na hlavu uživatele. Tento způsob je vidět na Obrázek 3-4. Mezi nevýhody tohoto pohledu patří relativně

velká vzdálenost kamery od probíhající montážní scény, kvůli které nejsou úplně vidět veškeré detaily jednotlivých součástí. Dalším problémem je samotná stabilizace obrazu, jelikož s pohybem hlavy se mění i pozice kamery, což by mohlo být rušivým elementem, pro uživatele výsledné návodky.



Obrázek 3-4 Ukázka videa z pohledu první osoby

Kvůli zmíněným nevýhodám byl tento způsob zavrhnut. Dále bylo uvažováno o umístění kamery na hrud' figuranta. Oproti předchozímu záběru přinesl zlepšení v podobě přiblížení scény, nicméně třes obrazu nebyl úplně odstraněn a proto i od tohoto pohledu bylo upuštěno.

Finálním řešením se stalo umístění kamery na stativ, na kraj montážní desky. Tento záběr se jevil jako nejlepší a odstranil problémy předchozích dvou způsobů. Scéna se nachází relativně blízko kamery a přináší dostatečně detailní záběr na montované díly a byl odstraněn i problém se stabilizací videa. Na Obrázek 3-5 je vidět výsledný záběr.

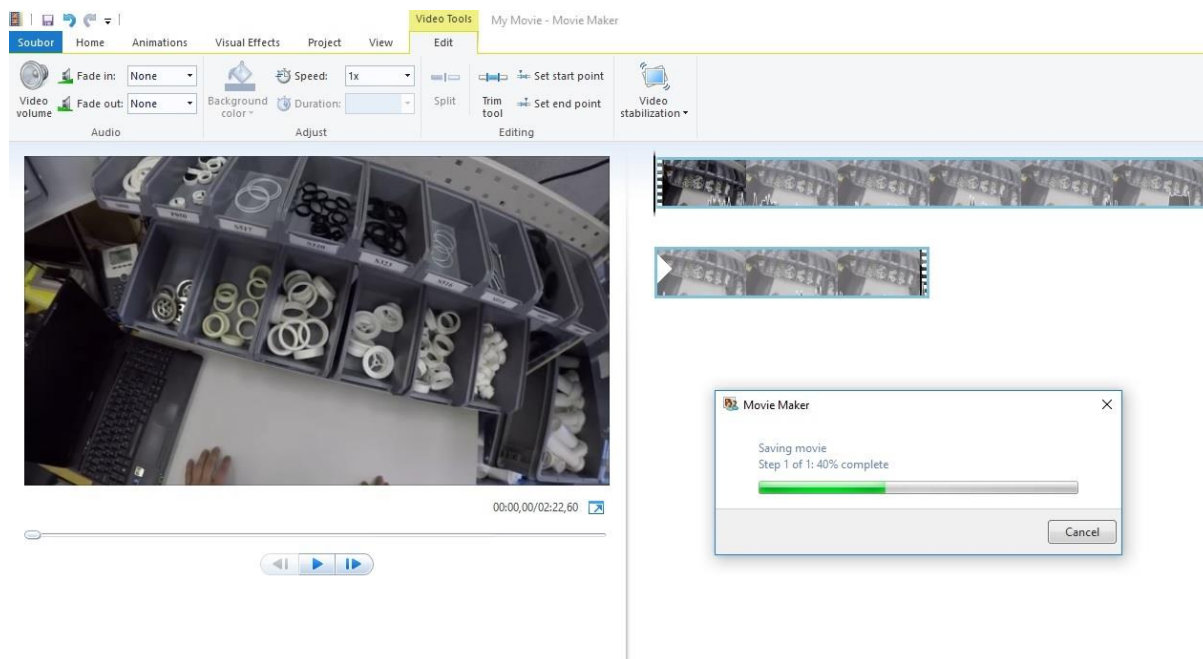


Obrázek 3-5 Ukázka výsledného záběru

Po dokončení a natočení všech montážních scén musela být všechna videa nastříhána a rozdělena do jednotlivých kroků pro finální návodku. Úpravy videa probíhaly v software Windows Movie Maker. Jelikož nebylo třeba radikálních úprav videa a přidávání speciálních

efektů, byl zvolen tento jednoduchý základní nástroj pro práci s videem. Mezi nejpoužívanější nástroje tohoto softwaru byla editační karta pro střih videa. Na následujícím obrázku je toto prostředí vidět. V levé části se nachází náhled videa a v pravé části se nachází stopáž videa. V horní části se nachází pás karet pro ovládání programu.

Hlavní úpravou, jak bylo zmíněno, byl střih videa. Na kartě Edit v hlavním menu se nacházejí dvě položky Set start point a Set end point. Pomocí těchto dvou nástrojů byl nastaven začátek a konec daného video kroku. Výsledkem byl záznam dané montážní operace. Video bylo uloženo ve formátu .mp4 v rozlišení 1920 na 1080 bodů a snímkovou frekvencí 30 snímků za sekundu. Video byla ukládána bez zvukové stopy, jelikož zvuk by pouze navyšoval velikost celého videa a není pro testovací účely potřebný.



Obrázek 3-6 Ukázka prostředí Windows Movie Maker

Posledním krokem bylo vytvoření finální návodky. Pro seskupení jednotlivých videokroků do jednoho souboru byla vybrán prezentační nástroj Microsoft PowerPoint. Tento software byl vybrán i s ohledem na jednoduché ovládání, které nebude testovaným subjektům zabírat příliš času.

Na Obrázek 3-7 je ukázán první krok montáže sifonu A441P. Každému kroku montáže odpovídá jeden snímek prezentace. Uprostřed snímku se nachází video vlastní montážní operace, které je spouštěno automaticky a přehrává se ve smyčce, dokud uživatel nepřeskočí na další krok. Pro ovládání jsou přítomná tlačítka pro krok zpět a krok vpřed, která se spouštějí kliknutím myši. Dalším možným způsobem, jak ovládat návodku, je použití kláves Enter a Backspace na klávesnici notebooku.

Dalším prvkem, který se nachází na daném snímku, jsou aktuálně používané díly montážní operace. Ty jsou umístěny do levého horního rohu, každý díl je označen identifikačním kódem, kterým jsou označeny i boxy s těmi samými díly na pracovišti. Pravý roh je výhradně určen pro obrázek umístění boxů s díly na pracovišti. Boxy s díly jsou olemovány výrazně červenou čarou. Posledním prvkem, který lze spatřit na návodce, je doplňující informace k danému kroku, například upozornění, čeho se uživatel má vyvarovat, na co si dát pozor, nebo jak v aktuálním kroku postupovat.

V pozdějších krocích montáže se místo aktuálně používaných dílů zobrazují podestavy, které uživatel bude potřebovat, nebo se zde nacházejí obrázky nedokončeného sifonu, jak by měl vypadat po aktuálním kroku montáže.

Celkově montáž probíhá v deseti krocích. V prezentaci se nachází tedy deset snímků s videem a na posledním snímku je pouze fotografie finálního výrobku. Tento snímek slouží uživateli pro kontrolu, zda má sifon zkompletovaný správně a na nic nezapomněl.

Ukázka celé návodky je umístěna v Příloze č. 2 v kapitole 10 Přílohy.



Obrázek 3-7 Ukázka finální návodky

4 Výchozí studie

Podnětem pro vznik této práce byly poznatky a výsledky diplomové práce Lucie Fejfarové. Tato práce s názvem: Využití virtuálních montážních návodů se ve svém jádru zabývá porovnáním přístupů pro tvorbu návodů formou papírové návodky a virtuální návodky.

Studentka Fejfarová ve své práci tedy vytvořila papírový návod a následně i virtuální návodku formou animačních kroků jednotlivých modelů součástí. Obě tyto návodky byly vytvořeny pro dřezový sifon A441P od firmy Alca plast, s. r. o..

Obsahem obou návodů byly jednotlivé montážní kroky. Papírová návodka byla rozdělena celkem do 20 montážních kroků. Oproti tomu virtuální návodka obsahovala pouze 18 kroků, z důvodů vynechání kroku jedné kontroly a spojení kroku 18 a 20 dohromady. V obou případech jednotlivé kroky obsahují doplňkové informace potřebné pro danou montážní operaci. Papírová návodka byla k dispozici v deskách přímo na pracovišti a virtuální návodka byla promítána na monitor v levé části pracoviště. [40]

Obě návodky byly testovány na montážním pracovišti v laboratoři ergonomie a virtuální reality na katedře Průmyslového inženýrství a managementu. Studentka provedla celkové časové měření u 24 testovaných subjektů. A to pro každou návodku v počtu dvanácti dobrovolníků. Každý testovaný kompletoval dřezový sifon celkově čtyřikrát. Montážní pracoviště bylo vybaveno a poskládáno přesně, jako je popsáno v kapitole 3.2 Montážní pracoviště. V obou případech, jak u papírové, tak u virtuální návodky docházelo u jednotlivých testovaných subjektů ke zrychlení celé kompletace a docházelo tedy ke snížení celkového času. Ze získaných výsledků byly sestaveny tabulky a grafy srovnání např. v rámci pohlaví nebo nejrychlejších pokusů. [40]

4.1 Data získaná dle papírové návodky

Kompletace dřezového sifonu dle papírové návodky probíhala na dvanácti testovaných subjektech v rozmezí od 20 do 26 let. Zúčastnění byli jak mužského, tak ženského pohlaví.

Každý testovaný subjekt byl pozván do laboratoře jednotlivě, tak aby nedocházelo k ovlivnění ostatních výsledků a bylo mu vysvětleno, jak se má na pracovišti chovat apod. Na montážní desce pracoviště byly položeny desky s návodkami s jasnými instrukcemi:

- 1) Najdi v deskách návodku pro montáž dřezového sifonu A441P
- 2) Podle návodky sestav daný dřezový sifon

V deskách bylo vloženo celkem 27 návodů, ze kterých student musel vybrat tu správnou, následně ji vyndat z desek a dále postupovat dle instrukcí v této návodce. Průměrné časy těchto činností jsou zobrazeny v Tabulka 4-1 Průměrné časy činností. Tyto činnosti musely být vykonány ještě před kompletací samotného sifonu. [40]

	Vyhledání návodky v deskách [mm:ss]	Vyndání návodky z desek [mm:ss]	Nalistování stránky [mm:ss]	Příprava dílů [mm:ss]
Průměrný čas	00:16	00:12	00:16	01:20

Tabulka 4-1 Průměrné časy činností [40]

Následná montáž probíhala celkově čtyřikrát. V každém pokusu byl sestavován ten samý sifon a docházelo tím pádem k časovému zlepšení oproti předchozím pokusům. Důvodem je automatizace a zapamatování si jednotlivých montážních kroků. Výsledný čas jednotlivých pokusů u každého dobrovolníka je zobrazen v následující tabulce: Tabulka 4-2 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle papírové návodky.

Testovaný subjekt	Pohlaví	Věk	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus
1. dobrovolník	žena	24	16:12	06:55	07:00	04:02
2. dobrovolník	žena	25	10:41	07:06	04:04	03:37
3. dobrovolník	muž	20	12:36	05:59	03:55	03:38
4. dobrovolník	žena	21	15:29	05:59	05:31	04:38
5. dobrovolník	muž	25	10:42	05:31	05:01	04:02
6. dobrovolník	muž	21	09:22	04:28	03:55	03:16
7. dobrovolník	muž	21	08:45	04:57	03:51	02:57
8. dobrovolník	muž	21	13:05	04:49	06:38	04:12
9. dobrovolník	muž	26	07:22	04:36	04:22	03:34
10. dobrovolník	žena	25	10:53	06:01	04:36	03:51
11. dobrovolník	žena	23	12:09	06:35	04:16	03:20
12. dobrovolník	muž	26	08:22	04:50	03:31	03:44

Tabulka 4-2 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle papírové návodky [40]

4.2 Data získaná dle virtuální návodky

Kompletace dřezového sifonu dle virtuální návodky probíhala na dvanácti testovaných subjektech v rozmezí od 20 do 40 let. Zúčastnění byli jak mužského, tak ženského pohlaví. Každý testovaný subjekt byl pozván do laboratoře jednotlivě, tak aby nedocházelo k ovlivnění ostatních výsledků stejně jako u testování papírové návodky a opět mu bylo vysvětleno, jak se má na pracovišti chovat.

Virtuální návodka byla uživateli zobrazena na monitoru v levé části pracoviště. Ovládání virtuální návodky bylo zajištěno pomocí pravého a levého tlačítka myši. Pravé tlačítko fungovalo pro krok vpřed, levé pro krok vzad. Na monitoru byla zobrazována animace modelů aktuálního kroku ve smyčce, dokud uživatel nezmáčkl tlačítko pro posun k dalšímu kroku. [40]

Kompletace dřezového sifonu probíhala opět u každého testovaného subjektu čtyřikrát. Čas potřebný pro kompletaci se také snižoval a oproti papírové návodce byly výrazně nižší i časy prvních pokusů. Výsledné časy jsou zobrazeny v následující tabulce Tabulka 4-3 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle virtuální návodky.

Virtuální návodka byla spuštěna stiskem tlačítka play. V reálných podmínkách se předpokládá, že by se naskenováním příslušného čárového nebo QR kódu zboží automaticky zobrazila požadovaná návodka na displeji. Pro účely testování nebyla k dispozici čtečka, proto studentka do výsledků zahrнула dobu tří vteřin, které si stanovila jako dobu potřebnou pro naskenování. Výhodou oproti papírové návodce je i odpadnutí činností před samotnou kompletací sifonu. [40]

Testovaný subjekt	Pohlaví	Věk	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus
1. dobrovolník	muž	28	05:34	03:58	03:28	03:19
2. dobrovolník	muž	40	07:42	06:28	03:53	03:33
3. dobrovolník	žena	26	05:41	03:29	02:33	02:06
4. dobrovolník	žena	25	06:41	04:38	03:00	02:55
5. dobrovolník	žena	22	06:42	04:50	04:52	02:32
6. dobrovolník	muž	20	07:10	04:15	03:11	02:55
7. dobrovolník	muž	20	07:45	05:37	05:18	03:41
8. dobrovolník	žena	20	06:58	04:36	03:20	02:57
9. dobrovolník	muž	21	05:18	03:38	02:35	02:25
10. dobrovolník	muž	21	07:16	04:16	03:31	02:26
11. dobrovolník	muž	21	07:14	03:23	03:48	02:33
12. dobrovolník	muž	21	06:50	04:59	04:19	03:58

Tabulka 4-3 Naměřené hodnoty pro kompletaci dle virtuální návodky [40]

5 Metodika testování videonávodky

Ještě před samotným měřením musí být stanovena metodika testování, aby bylo zaručeno, že výchozí podmínky budou pro všechny testované subjekty stejné a data získaná z měření tím pádem mohou být porovnávána, jak mezi sebou, tak s výchozí studií Lucie Fejfarové.

Testování bude probíhat v laboratoři ergonomie a virtuální reality na katedře průmyslového inženýrství a managementu. Zde na připraveném montážním pracovišti budou dobrovolníci sestavovat dřezový sifon A441P. Stejný sifon byl použit i u výchozí studie a nová návodka byla vytvořena ve stejných krocích, jako tomu bylo u výchozí studie, opět z důvodu porovnatelnosti výsledků.

Experimentální měření budou probíhat za umělého osvětlení uvnitř místnosti a celá montáž bude probíhat vestoje. Pracovní postoj vestoje byl zvolen z důvodu reálnosti experimentu, protože ve výrobních podnicích většina pracovišť je obsluhována stejně. Další omezující podmínky nejsou nutné, jelikož videonávodka není ničím jiným limitována a to samé platí pro montážní pracoviště.

Celkově se testování zúčastní 17 dobrovolných studentů, kteří mají zapsaný předmět Průmyslové Inženýrství. Do hlavního výzkumu bude použito 15 dobrovolníků a zbylí dva studenti poslouží k ověření fungování celé návodky. Počet 15 studentů byl po domluvě s vedoucím diplomové práce shledán jako dostačující pro získání relevantních dat.

Před začátkem měření dobrovolníci vyplní jednoduchý formulář k získání základních informací o daném studentovi. Mezi tyto informace bylo zařazeno: pohlaví, věk, fakulta a výška. Tyto informace jsou exaktní a posledním polem tohoto formuláře bylo individuální ohodnocení sebe sama v manuální zručnosti. Respondent se sám klasifikuje, jak je manuálně zručný, podle toho, jak se on sám cítí. Na výběr jsou tři možnosti: Nadprůměrný (1), Průměrný (2), Podprůměrný (3).

Po vyplnění tohoto formuláře je hlavní skupina patnácti studentů proškolená a seznámena s pracovištěm. Testovaný subjekt je seznámen s tím, že bude kompletovat dřezový sifon. Jsou mu ukázány díly, které bude pro sestavování používat. V jednom kroku návodky je třeba použít elektrický šroubovák pro utažení jednoho šroubu. Dobrovolník je seznámen i s použitím tohoto šroubováku na názorné ukázce. Poslední instrukce směřují k ovládnutí samotné návodky.

Vlastní návodka byla vytvořena formou PowerPoint prezentace a každý snímek představuje jeden krok montáže sifonu. Na každém snímku se nachází videozáznam daného kroku montáže s dalšími informacemi (popsáno v kapitole 2) a sada dvou tlačítek pro krok dopředu a samozřejmě krok zpět. Dobrovolníkovi je k dispozici klávesnice a myš. Buď se může mezi jednotlivými kroky přesouvat pomocí kliků myši na jednotlivá tlačítka, nebo může použít klávesu Enter pro krok vpřed a klávesu Backspace pro krok zpět. Prostředí PowerPoint je zvoleno s ohledem právě na jednoduchost ovládnutí návodky, aby se tímto způsobem dobrovolník zdržoval co nejméně.

Jak bylo řečeno, předchozí dva odstavce se týkají skupiny patnácti studentů. Pro zbylé dva toto neplatí. Tito dva dobrovolníci po vyplnění formuláře přejdou rovnou k pracovišti a začnou sami bez instrukcí postupovat v montáži sifonu. Měly by být odhaleny nedostatky návodky, nebo naopak prokázány vlastnosti, jako např. intuitivní pochopení návodky, jednoduché ovládnutí i samotná funkčnost celého návodu. Tento experiment také simuluje reálný stav z podniků, ve kterém velmi často dochází k velké fluktuaci montážních operátorů a agenturních pracovníků, kteří ne vždy dobře rozumí všem instrukcím apod.

Kompletace sifonu bude probíhat celkově u každého zúčastněného v šesti pokusech. Je tomu tak z důvodu zjištění náběhového cyklu, při kterém dochází k automatizaci jednotlivých kroků sestavení sifonu. Uživatel si začne pamatovat i pozice používaných dílů aktuálního kroku a samotná návodka bude sloužit jen pro kontrolu, a nebude na ní doslova závislý. Pokud by časové rozdíly mezi posledními dvěma pokusy byly příliš, musel by počet pokusů být navýšen. Nicméně šest opakování by mělo být dostačující.

Měření časů jednotlivých kroků je zaznamenáváno přímo při probíhající montáži, spolu se zapisováním případných chyb či problémů vzniklých při kompletaci. Časy jsou zaznamenány do tabulek v jednotkách minut a vteřin: [mm:ss]. Zaokrouhlení času na vteřiny je naprosto dostačující, vzhledem k celkové době montáže. Ke každému pokusu je přičten čas tří vteřin z důvodu porovnatelnosti výsledků s výchozí studií Lucie Fejfarové.

Výsledky každého dobrovolníka jsou zaznamenány do tabulky, z které je vytvořen graf pro větší přehlednost. Po získání všech měřených dat jsou porovnány časy dobrovolníků mezi sebou a je vytvořen aritmetický průměr času každého pokusu. Jsou vytvořeny grafy srovnání všech dobrovolníků, dobrovolníků pouze mužského pohlaví, to samé pro ženy a také srovnání nejrychlejší ženy a muže. Dále je vytvořeno srovnání mezi dvěma dobrovolníky, kteří postupovali bez instrukcí, s průměrným časem dobrovolníků testovaných v hlavním měření. Časy pokusů každého dobrovolníka jsou popsány v kapitole 6 a vytvořením srovnání všech výsledků se zabývá podkapitola 6.4 Poznatky z měření.

Posledním krokem je porovnání výsledků dosažených za použití této videonávodky s časy naměřenými Lucií Fejfarovou ve výchozí studii. Tato studie byla provedena za použití papírové a virtuální návodky u 12 testovaných subjektů. Každý testovaný skládal sifon celkově čtyřikrát, proto budou vybrány pouze první čtyři pokusy každého dobrovolníka z této práce. Porovnáním výsledků by mělo být vyhodnoceno nejlepší řešení.

6 Testování virtuální návodky

V této kapitole bude popsáno samotné měření časů montáže jednotlivých dobrovolníků, kteří se tohoto výzkumu zúčastnili. Před začátkem samotného testování návodky proběhla konzultace s vedoucím práce a také s konzultantem práce. Byly opraveny menší drobné chyby a následně také bylo prakticky ověřeno, že lze podle takto připravené návodky dřezový sifon složit.

Po tomto ověření se mohlo přejít k samotnému testování návodky na dobrovolnících. Těchto měření se zúčastnili studenti zapsáni v rámci předmětu Průmyslové inženýrství. Tito studenti byli z fakulty strojní a z fakulty ekonomické. Celkem se na výzkumu podílelo 17 studentů, z toho byli čtyři studenti z fakulty ekonomické. Co se týče pohlaví testovaných subjektů, 12 dobrovolníků bylo mužského pohlaví a 5 dobrovolníků bylo ženského pohlaví. Věkový rozptyl studentů byl mezi 20 – 26 lety. Měření probíhala v týdnu od 9. 4. 2018 do 13. 4. 2018.

Student byl před začátkem měření poučen s prací na pracovišti, s ovládním virtuální návodky a také o použití nástrojů pro samotnou montáž. Poté, jak bylo zmíněno v kapitole 5, proběhlo celkem 6 pokusů sestavení kompletního sifonu. Takto bylo provedeno měření celkově u 15 studentů a u zbylých dvou proběhl experiment bez sdělení informací pro ověření, zda je návodka dostatečně intuitivní i bez počátečního proškolení. Aby bylo možné výsledné časy porovnat s výchozí studií Lucie Fejfarové z minulého roku, muselo být přičteny tři sekundy. Tento čas představuje dobu, při které pracovník vezme do ruky čtečku QR kódů, naskenuje si kód návodky a návodka se mu načte na monitoru montážního pracoviště. Jedná se o simulaci procesu, jak by to vypadalo v reálné situaci v nějakém podniku.

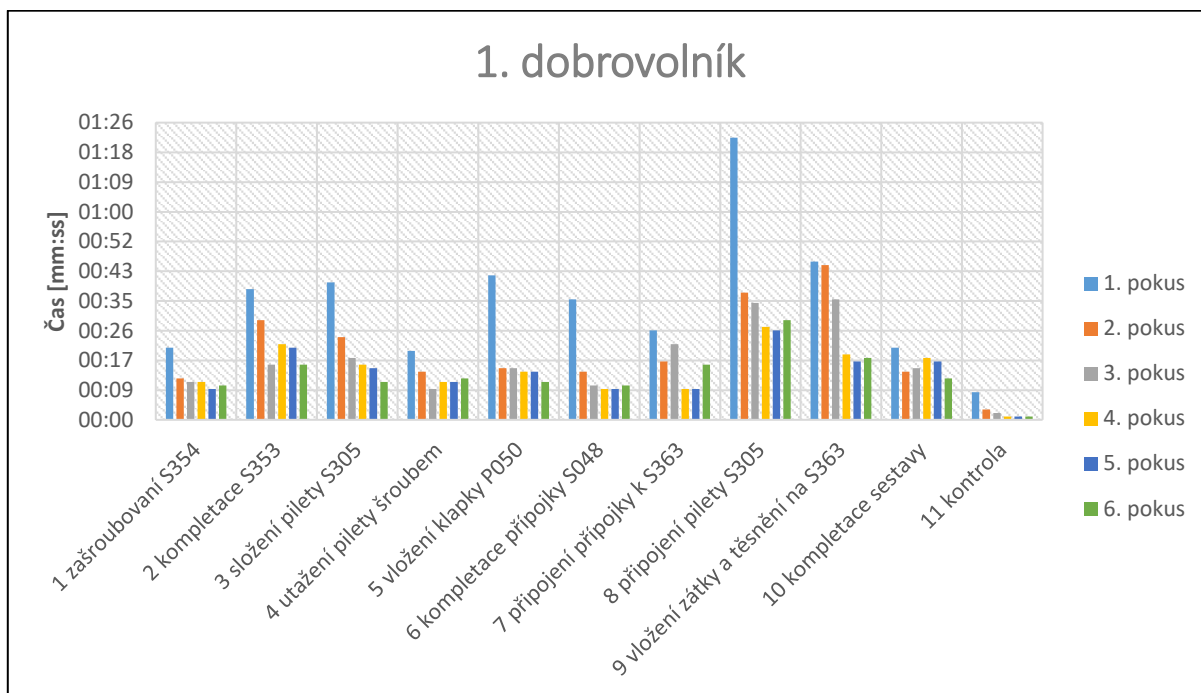
6.1 Měření 10. 4. 2018

Prvního měření se zúčastnili celkem 4 studenti. Jednalo se tři muže a jednu ženu. Všichni byli z fakulty strojní. Prvně byli studenti seznámeni s obecnými podmínkami montáže a následně provedli šestkrát sestavení celého sifonu.

6.1.1 1. dobrovolník

První dobrovolník byl 25letý muž. Do vyplňovaného formuláře uvedl výšku 193 cm a klasifikoval se také jako nadprůměrně manuálně zručný. Při prvním pokusu se zastavoval a čekal na začátky videí, z důvodů kontroly, zda na něco v daném kroku nezapomněl.

Největší problém mu dělал osmý krok s připojením pilety k sestavě. Testovanému se nezdálo, že úplně přesně pileta dosedá k sestavě. Celkově se dobře orientoval na pracovišti a postupoval systematicky. Od třetího pokusu začal automatizovat jednotlivé kroky. K největšímu zlepšení docházelo právě v osmém kroku montáže s připojením pilety, který dokázal zkrátit o necelou minutu. V prvním pokusu mu zabrala montáž celkově 6:22 a naopak nejrychlejší čas byl naměřen v posledním šestém pokusu 2:29. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-1 Časový průběh pokusů 1. dobrovolníka

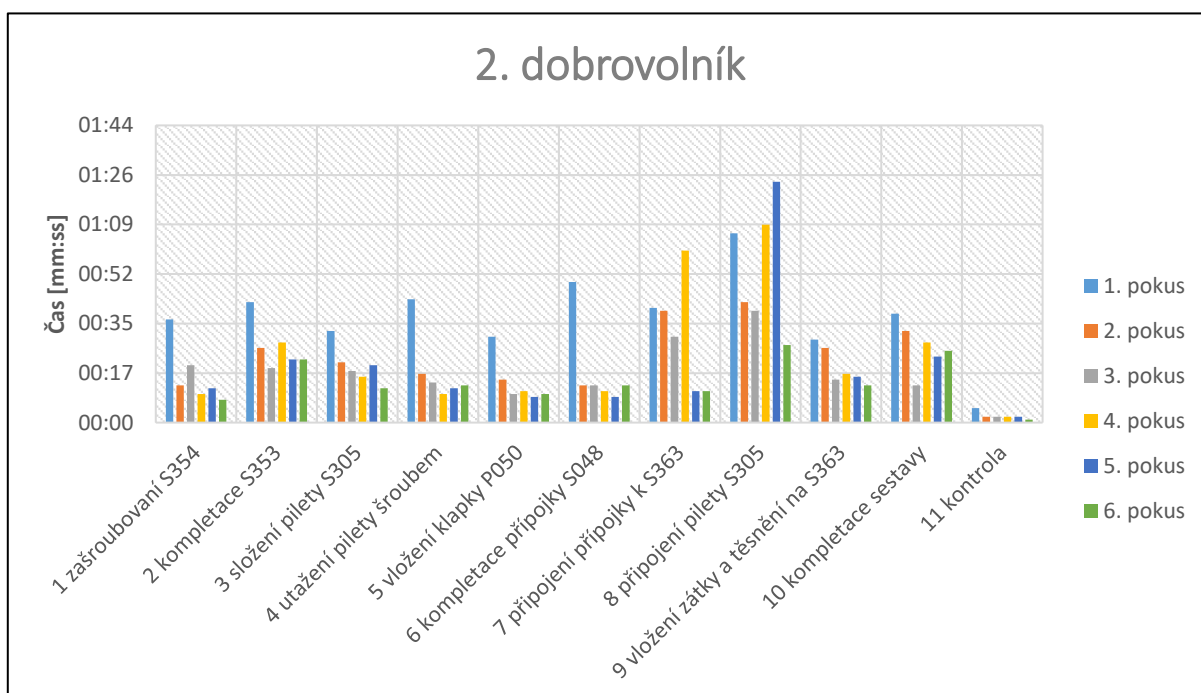
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:21	00:12	00:11	00:11	00:09	00:10
2 kompletace S353	00:38	00:29	00:16	00:22	00:21	00:16
3 složení pilety S305	00:40	00:24	00:18	00:16	00:15	00:11
4 utáhnutí pilety šroubem	00:20	00:14	00:09	00:11	00:11	00:12
5 vložení klapky P050	00:42	00:15	00:15	00:14	00:14	00:11
6 kompletace přípojky S048	00:35	00:14	00:10	00:09	00:09	00:10
7 připojení přípojky k S363	00:26	00:17	00:22	00:09	00:09	00:16
8 připojení pilety S305	01:22	00:37	00:34	00:27	00:26	00:29
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:46	00:45	00:35	00:19	00:17	00:18
10 kompletace sestavy	00:21	00:14	00:15	00:18	00:17	00:12
11 kontrola	00:08	00:03	00:02	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	06:22	03:47	03:10	02:40	02:32	02:29

Tabulka 6-1 Naměřené hodnoty 1. dobrovolníka

6.1.2 2. dobrovolník

Druhým dobrovolníkem byla 25letá žena z fakulty strojní. U kolonky pro manuální zručnost se hodnotila jako průměrná a 173 cm vyplnila u své výšky. U prvního pokusu studentce dělala největší problém hledání součástí, jelikož moc nesledovala obrázky v návodce ukazující pozici jednotlivých dílů, spíše se dívala podle označení. Problém měla i v osmém kroku se zašroubováním pilety k celé sestavě.

Ve čtvrtém pokusu kvůli vypadnutí klapky P050 a také kvůli vadné přípojce S048 došlo k nárůstu času u sedmého kroku. V čtvrtém ale i pátém pokusu měla studentka problém s osmým krokem, kdy začala zmatkovat s připojením pilety k sestavě a vracela se zbytečně k předchozímu kroku, zda to opravdu má na sebe takto dosedat. Nejlepším šestým pokusem se dostala na čas 2:38, přitom začínala časem 6:53. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-2 Časový průběh pokusů 2. dobrovolníka

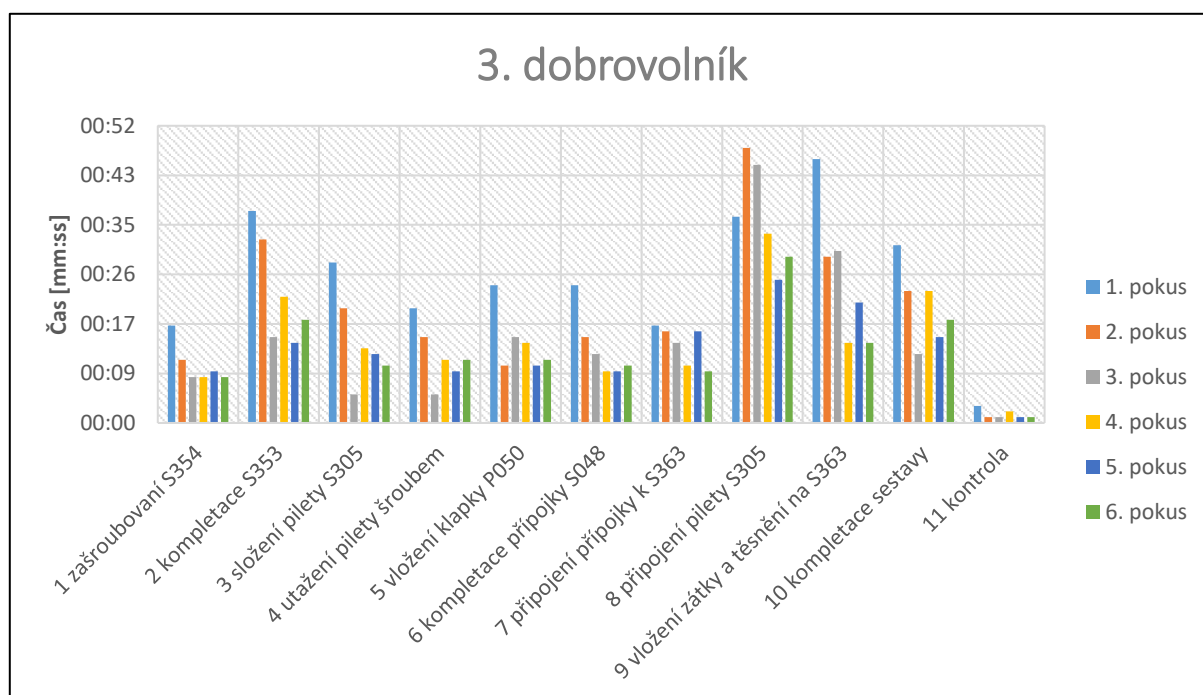
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:36	00:13	00:20	00:10	00:12	00:08
2 kompletace S353	00:42	00:26	00:19	00:28	00:22	00:22
3 složení pilety S305	00:32	00:21	00:18	00:16	00:20	00:12
4 utažení pilety šroubem	00:43	00:17	00:14	00:10	00:12	00:13
5 vložení klapky P050	00:30	00:15	00:10	00:11	00:09	00:10
6 kompletace přípojky S048	00:49	00:13	00:13	00:11	00:09	00:13
7 připojení přípojky k S363	00:40	00:39	00:30	01:00	00:11	00:11
8 připojení pilety S305	01:06	00:42	00:39	01:09	01:24	00:27
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:29	00:26	00:15	00:17	00:16	00:13
10 kompletace sestavy	00:38	00:32	00:13	00:28	00:23	00:25
11 kontrola	00:05	00:02	00:02	00:02	00:02	00:01
Celkový čas	06:53	04:09	03:16	04:25	03:43	02:38

Tabulka 6-2 Naměřené hodnoty 2. dobrovolníka

6.1.3 3. dobrovolník

Třetím dobrovolníkem byl 20letý student z fakulty strojní. Uvedl svou výšku 176 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný.

V prvním pokusu převládala u tohoto subjektu nejistota a striktně se držel jednotlivých kroků. Nicméně s celou kompletací neměl problém a vše zvládal bez chyb a to i s osmým krokem s připojením pilety k sestavě. S tou bojoval pouze v druhém a třetím pokusu vinou špatně umístěného těsnění, sám však tento problém vyřešil bez nutnosti zakročení. Celkově se jednalo o pečlivého studenta a to se podepsalo na počátečním čase 4:46, ale i na nejlepším čase 2:22 v šestém pokusu. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-3 Časový průběh pokusů 3. dobrovolníka

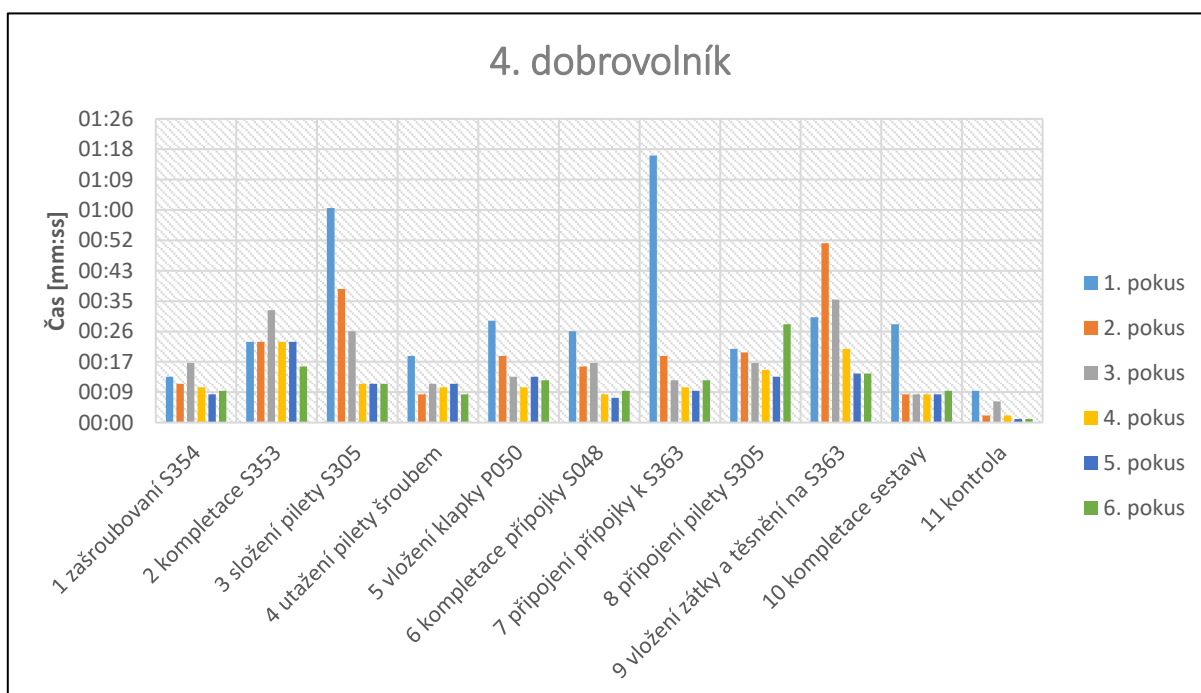
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:17	00:11	00:08	00:08	00:09	00:08
2 kompletace S353	00:37	00:32	00:15	00:22	00:14	00:18
3 složení pilety S305	00:28	00:20	00:05	00:13	00:12	00:10
4 utažení pilety šroubem	00:20	00:15	00:05	00:11	00:09	00:11
5 vložení klapky P050	00:24	00:10	00:15	00:14	00:10	00:11
6 kompletace přípojky S048	00:24	00:15	00:12	00:09	00:09	00:10
7 připojení přípojky k S363	00:17	00:16	00:14	00:10	00:16	00:09
8 připojení pilety S305	00:36	00:48	00:45	00:33	00:25	00:29
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:46	00:29	00:30	00:14	00:21	00:14
10 kompletace sestavy	00:31	00:23	00:12	00:23	00:15	00:18
11 kontrola	00:03	00:01	00:01	00:02	00:01	00:01
Celkový čas	04:46	03:43	02:45	02:42	02:24	02:22

Tabulka 6-3 Naměřené hodnoty 3. dobrovolníka

6.1.4 4. dobrovolník

Čtvrtý dobrovolník měřil 187 cm a byl z fakulty strojní. U manuální zručnosti se klasifikoval jako průměrně zručný. V prvním pokusu se seznamoval s jednotlivými kroky a snažil se být velmi pečlivý. Proto se také sám vrátil ke třetímu kroku, při kterém prvně zapomněl těsnění. V sedmém kroku prvního pokusu mu vypadla klapka P050, proto si na ni dává v dalších pokusech větší pozor.

Do třetího pokusu si nevěšmá příliš, jak jsou dané součásti montovány a spojuje si je podle sebe. To se od čtvrtého pokusu lepší a kroky začíná provádět skoro automaticky. Video v těchto pokusech bylo už jen pro kontrolu a sleduje ho méně. Dobrovolník neměl ani problémy s nejtěžším krokem s připojením pilety, u kterého se zdržel pouze v šestém pokusu. V prvním měření dosáhl času 5:38, který se mu podařilo vylepsit na 2:01 v pokusu pátém. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-4 Časový průběh pokusů 4. dobrovolníka

	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:13	00:11	00:17	00:10	00:08	00:09
2 kompletace S353	00:23	00:23	00:32	00:23	00:23	00:16
3 složení pilety S305	01:01	00:38	00:26	00:11	00:11	00:11
4 utažení pilety šroubem	00:19	00:08	00:11	00:10	00:11	00:08
5 vložení klapky P050	00:29	00:19	00:13	00:10	00:13	00:12
6 kompletace přípojky S048	00:26	00:16	00:17	00:08	00:07	00:09
7 připojení přípojky k S363	01:16	00:19	00:12	00:10	00:09	00:12
8 připojení pilety S305	00:21	00:20	00:17	00:15	00:13	00:28
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:30	00:51	00:35	00:21	00:14	00:14
10 kompletace sestavy	00:28	00:08	00:08	00:08	00:08	00:09
11 kontrola	00:09	00:02	00:06	00:02	00:01	00:01
Celkový čas	05:38	03:38	03:17	02:11	02:01	02:12

Tabulka 6-4 Naměřené hodnoty 4. dobrovolníka

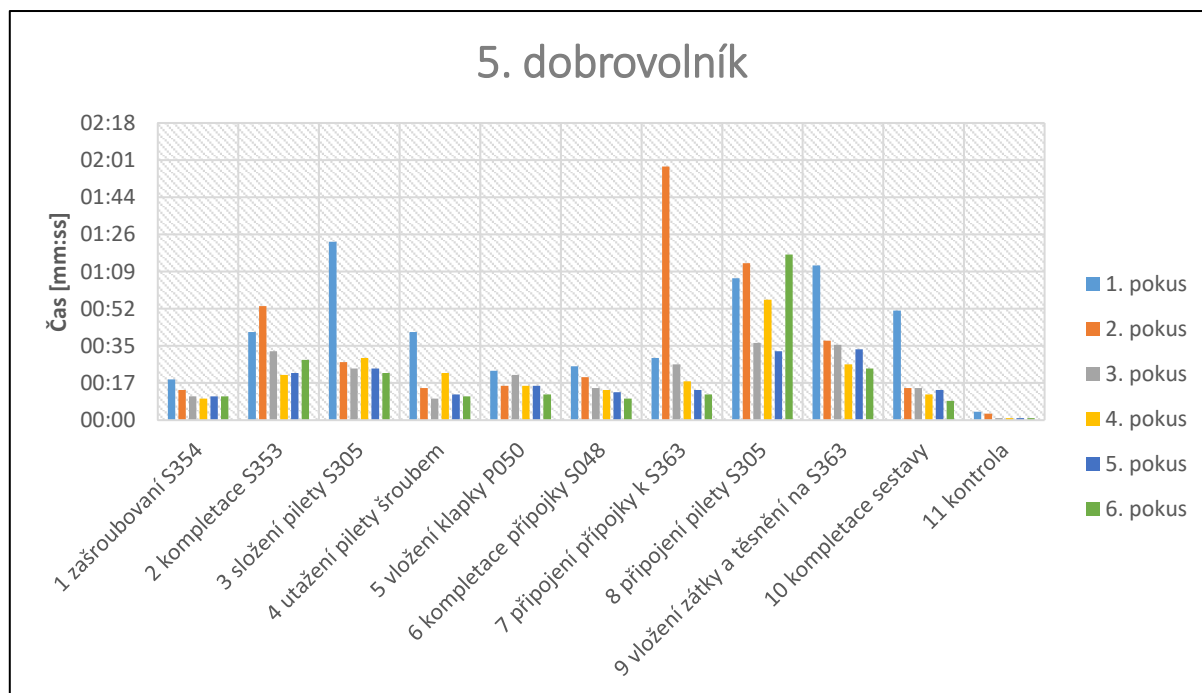
6.2 Měření 11. 4. 2018

Druhého měření se zúčastnilo celkem 7 studentů. Jednalo se čtyři muže a tři ženy. Zúčastnění byli z fakulty strojní i fakulty ekonomické. Každý student byl poučen o montáži na pracovišti a poté provedl sestavení celého sifonu šestkrát.

6.2.1 5. dobrovolník

Pátým dobrovolníkem byl 21letý muž z fakulty strojní. Uvedl výšku 172 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný. V prvním pokusu ale hledá jednotlivé díly, nesleduje vůbec obrázky umístění v návodce. Také se musel vracet do třetího kroku, jelikož zapomněl u složení pilety na jedno těsnění. V druhém pokusu byl největší problém vypadnutá klapka P050, kvůli které narostl montážní čas sedmého kroku připojení přípojky.

Jako nejtěžší krok se mu jevil krok s připojením pilety, ve kterém dosahoval velmi odlišných časů, podle toho, jak se mu zrovna podařilo umístit těsnění. Tento testovaný subjekt dokázal smontovat celou sestavu nejrychleji za 3:15 a dokázal se tímto zlepšit o více než 4 minuty z prvního pokusu 7:37. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-5 Časový průběh pokusů 5. dobrovolníka

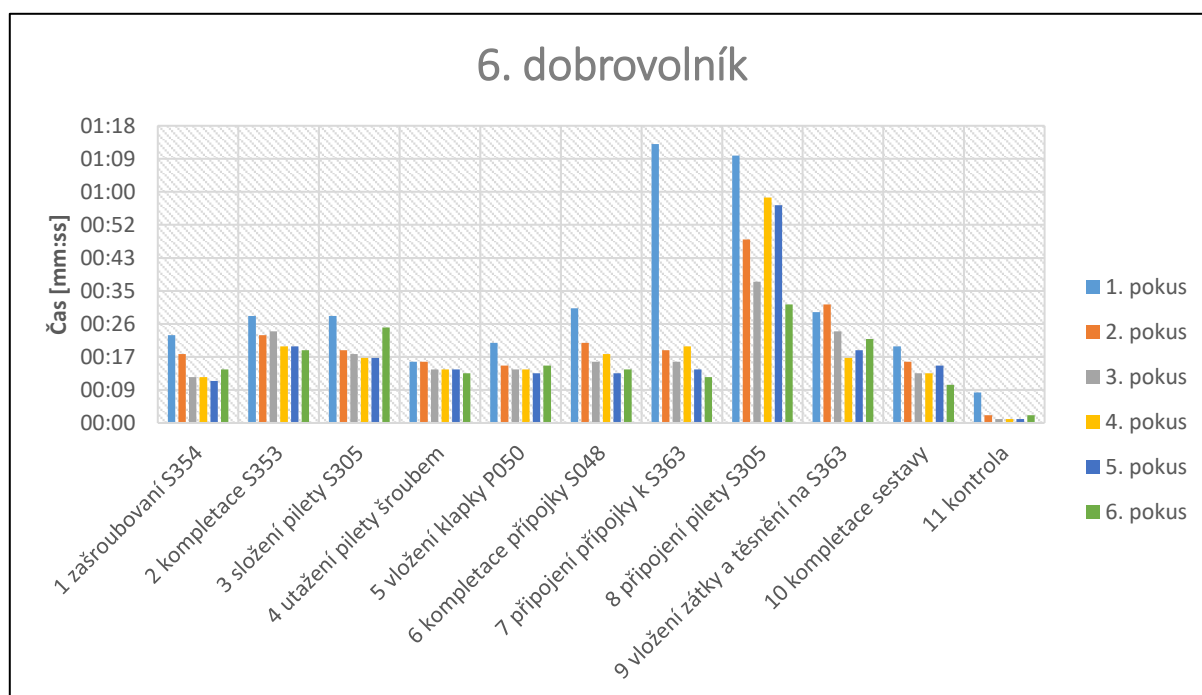
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:19	00:14	00:11	00:10	00:11	00:11
2 kompletace S353	00:41	00:53	00:32	00:21	00:22	00:28
3 složení pilety S305	01:23	00:27	00:24	00:29	00:24	00:22
4 utažení pilety šroubem	00:41	00:15	00:10	00:22	00:12	00:11
5 vložení klapky P050	00:23	00:16	00:21	00:16	00:16	00:12
6 kompletace přípojky S048	00:25	00:20	00:15	00:14	00:13	00:10
7 připojení přípojky k S363	00:29	01:58	00:26	00:18	00:14	00:12
8 připojení pilety S305	01:06	01:13	00:36	00:56	00:32	01:17
9 vložení zátky a těsnění na S363	01:12	00:37	00:35	00:26	00:33	00:24
10 kompletace sestavy	00:51	00:15	00:15	00:12	00:14	00:09
11 kontrola	00:04	00:03	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	07:37	06:34	03:49	03:48	03:15	03:40

Tabulka 6-5 Naměřené hodnoty 5. dobrovolníka

6.2.2 6. dobrovolník

Šestým dobrovolníkem byla 21letá žena z fakulty strojí. Měřila 175 cm a klasifikovala se jako průměrně manuálně zručná. V prvním pokusu zapoměla na těsnění v druhém kroku, ale sama se opravila a těsnění přidala. Dále jí v sedmém kroku vypadla klapka P050, kvůli kterému se výrazně navýšil čas. Od druhého pokusu si na tento krok dává větší pozor.

Celkově byl testovaný subjekt pečlivý a dával si pozor na předchozí chyby. Od třetího pokusu bylo možno sledovat automatizaci jednotlivých kroků. Největší problém dělalo připojení pilety k sestavě v osmém kroku. Nejlepší časem se dostala na hranici 3:00 z prvního pokusu 5:49. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-6 Časový průběh pokusů 6. dobrovolníka

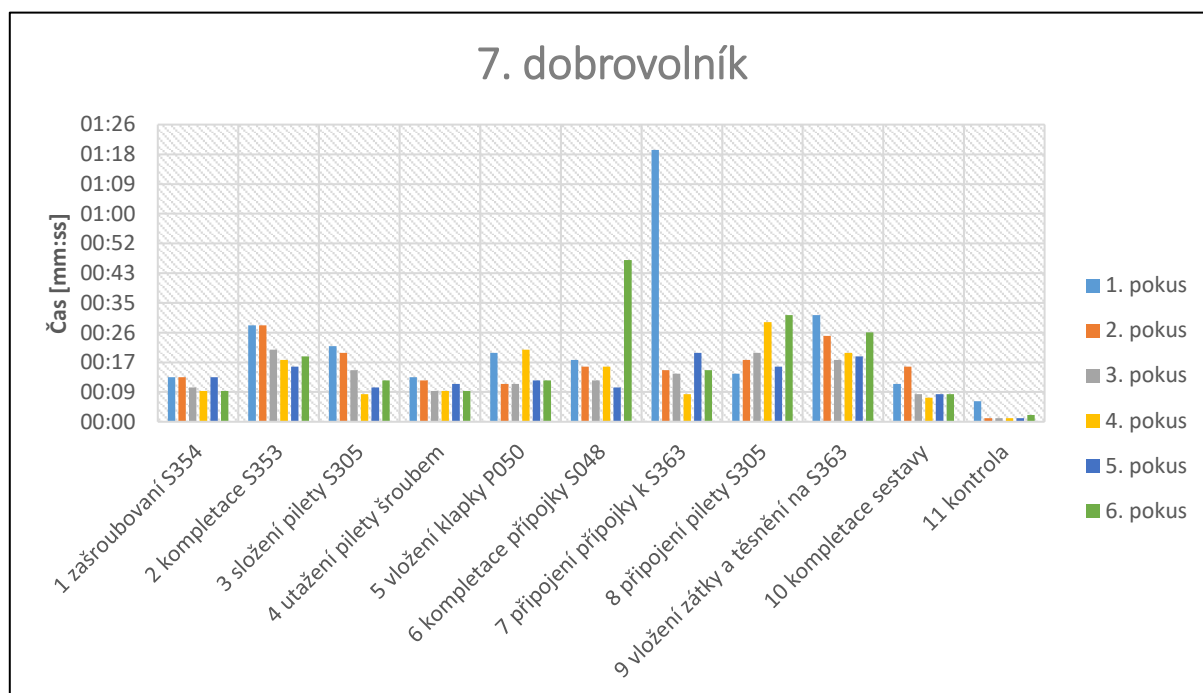
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:23	00:18	00:12	00:12	00:11	00:14
2 kompletace S353	00:28	00:23	00:24	00:20	00:20	00:19
3 složení pilety S305	00:28	00:19	00:18	00:17	00:17	00:25
4 utažení pilety šroubem	00:16	00:16	00:14	00:14	00:14	00:13
5 vložení klapky P050	00:21	00:15	00:14	00:14	00:13	00:15
6 kompletace přípojky S048	00:30	00:21	00:16	00:18	00:13	00:14
7 připojení přípojky k S363	01:13	00:19	00:16	00:20	00:14	00:12
8 připojení pilety S305	01:10	00:48	00:37	00:59	00:57	00:31
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:29	00:31	00:24	00:17	00:19	00:22
10 kompletace sestavy	00:20	00:16	00:13	00:13	00:15	00:10
11 kontrola	00:08	00:02	00:01	00:01	00:01	00:02
Celkový čas	05:49	03:51	03:12	03:28	03:17	03:00

Tabulka 6-6 Naměřené hodnoty 6. dobrovolníka

6.2.3 7. dobrovolník

Sedmým dobrovolníkem byl 20letý muž z fakulty strojní. Měřil 190 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný. Obecně mu kompletace nedělala problémy a dobře se orientoval na pracovišti hned od prvního pokusu. V prvním pokusu mu také u sedmého kroku vypadla klapka P050, ale jinak neměl s ničím velké problémy. Dával si pozor na maličkosti, aby neopakoval stejné chyby z předchozích pokusů.

Od třetího pokusu návodka spíše slouží ke kontrole a jednotlivé kroky provádí sám automaticky. Dochází u tohoto subjektu také ke spojování montážních kroků, díky zapamatování si celého postupu. O velmi dobré zručnosti lze mluvit i díky času první montáže, který byl pouhých 4:18 i tak se ale dokázal zlepšit o necelé dvě minuty na 2:19. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-7 Časový průběh pokusů 7. dobrovolníka

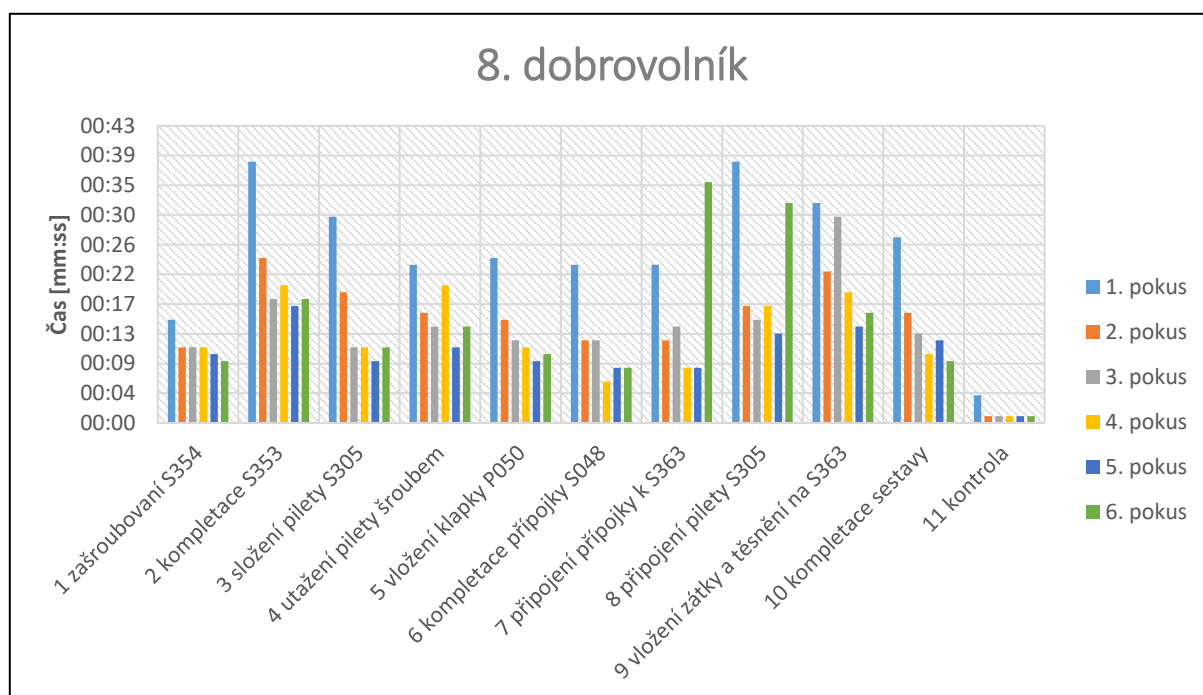
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:13	00:13	00:10	00:09	00:13	00:09
2 kompletace S353	00:28	00:28	00:21	00:18	00:16	00:19
3 složení pilety S305	00:22	00:20	00:15	00:08	00:10	00:12
4 utažení pilety šroubem	00:13	00:12	00:09	00:09	00:11	00:09
5 vložení klapky P050	00:20	00:11	00:11	00:21	00:12	00:12
6 kompletace přípojky S048	00:18	00:16	00:12	00:16	00:10	00:47
7 připojení přípojky k S363	01:19	00:15	00:14	00:08	00:20	00:15
8 připojení pilety S305	00:14	00:18	00:20	00:29	00:16	00:31
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:31	00:25	00:18	00:20	00:19	00:26
10 kompletace sestavy	00:11	00:16	00:08	00:07	00:08	00:08
11 kontrola	00:06	00:01	00:01	00:01	00:01	00:02
Celkový čas	04:18	02:58	02:22	02:29	02:19	03:13

Tabulka 6-7 Naměřené hodnoty 7. dobrovolníka

6.2.4 8. dobrovolník

Osmým dobrovolníkem byl student fakulty ekonomické. Bylo mu 22 let a měřil 190 cm. U manuální zručnosti se klasifikoval jako průměrný. V prvním pokusu byl testovaný subjekt trochu nejistý a chvíli mu trvalo, než se na pracovišti zorientoval. Nedíval se vůbec na fotografie umístění dílů ve videu, a proto časy prvního pokusu jsou výrazněji odskočené od zbylých.

Od druhé pokusu začíná být vidět automatizace jednotlivých kroků a jediný problém nastal u šestého pokusu s vypadnutím klapky v sedmém kroku a následně i s připojením pilety v kroku osmém. I přes tyto chyby subjekt dosáhl v pátém pokusu vůbec nejrychlejšího času kompletace v čase 1:55. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-8 Časový průběh pokusů 8. dobrovolníka

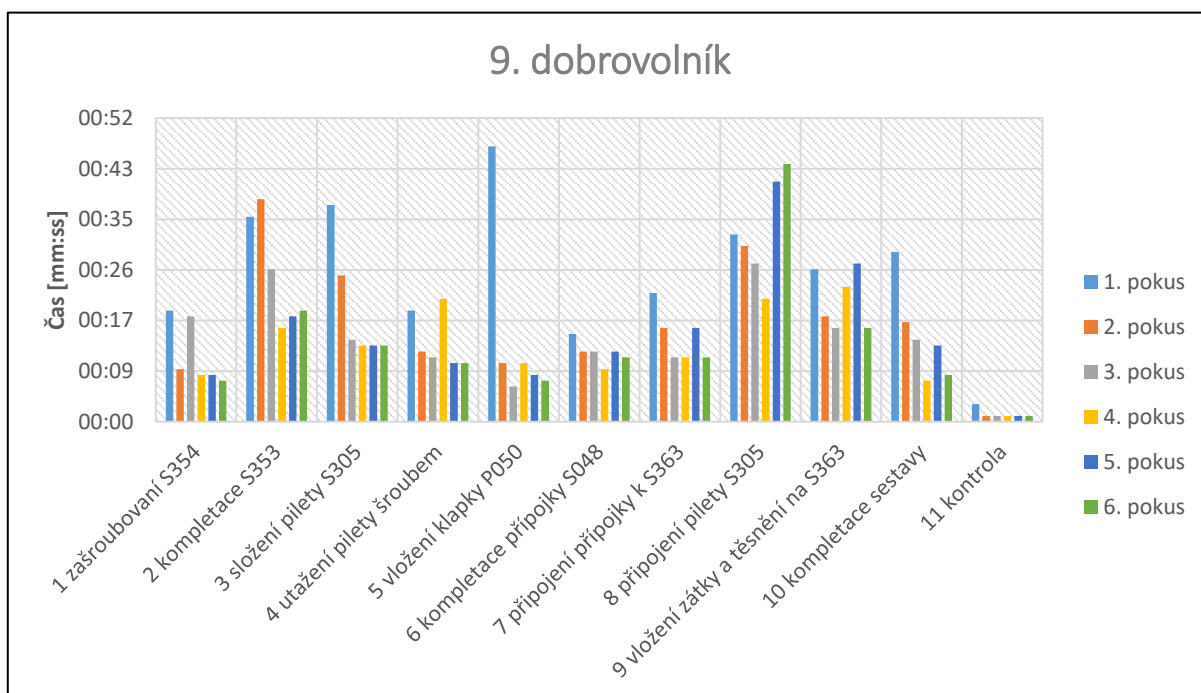
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:15	00:11	00:11	00:11	00:10	00:09
2 kompletace S353	00:38	00:24	00:18	00:20	00:17	00:18
3 složení pilety S305	00:30	00:19	00:11	00:11	00:09	00:11
4 utažení pilety šroubem	00:23	00:16	00:14	00:20	00:11	00:14
5 vložení klapky P050	00:24	00:15	00:12	00:11	00:09	00:10
6 kompletace přípojky S048	00:23	00:12	00:12	00:06	00:08	00:08
7 připojení přípojky k S363	00:23	00:12	00:14	00:08	00:08	00:35
8 připojení pilety S305	00:38	00:17	00:15	00:17	00:13	00:32
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:32	00:22	00:30	00:19	00:14	00:16
10 kompletace sestavy	00:27	00:16	00:13	00:10	00:12	00:09
11 kontrola	00:04	00:01	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	04:40	02:48	02:34	02:17	01:55	02:46

Tabulka 6-8 Naměřené hodnoty 8. dobrovolníka

6.2.5 9. dobrovolník

Devátým dobrovolníkem byla žena z fakulty ekonomické. Bylo jí 22 let a měřila 170 cm. U manuální zručnosti se klasifikovala jako nadprůměrná. V prvním pokusu hledala pozice jednotlivých dílů a nevěděla si obrázků umístění v návodce. Zdržení nastalo u pátého kroku, při kterém testovanému subjektu vypadla klapka P050 na zem a musel ji hledat. V dalších pokusech si na tuto klapku dávala pozor.

Problémy činil také osmý krok, při kterém se nedařilo připojit piletu k celé sestavě u pátého a šestého pokusu. U čtvrtého pokusu byl naměřen nejkratší čas montáže provedené ženou a to 2:23, od tohoto případu postupovala studentka skoro bez videa, do kterého nahlížela jen pro kontrolu. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-9 Časový průběh pokusů 9. dobrovolníka

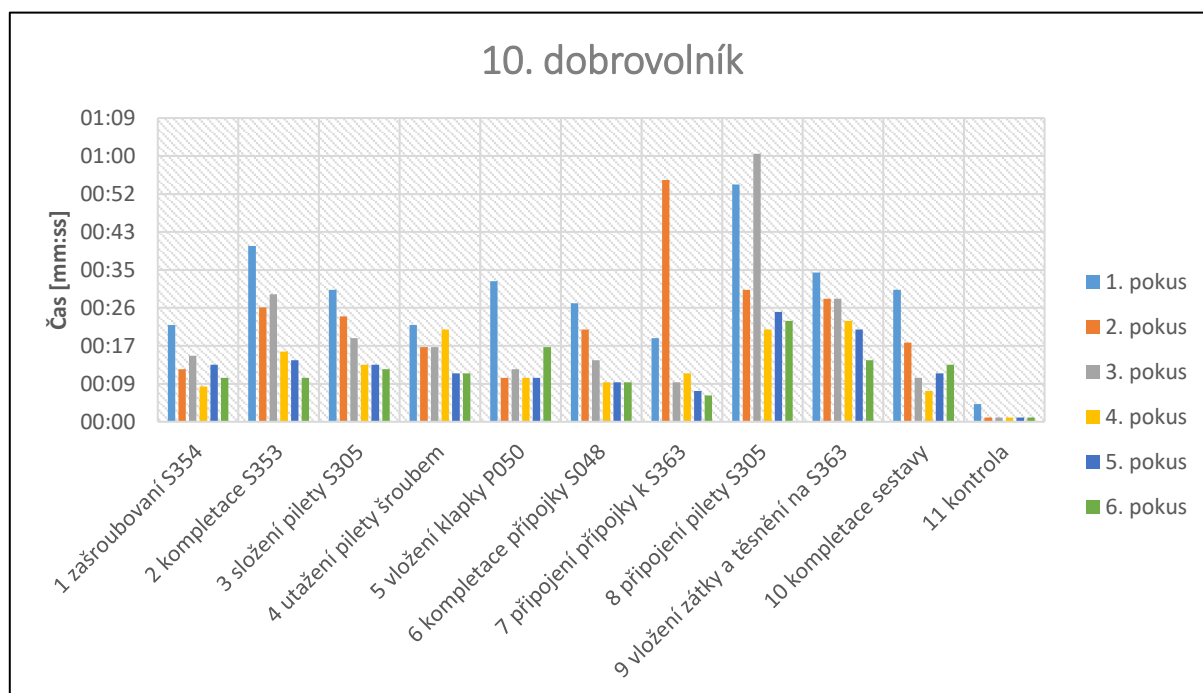
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:19	00:09	00:18	00:08	00:08	00:07
2 kompletace S353	00:35	00:38	00:26	00:16	00:18	00:19
3 složení pilety S305	00:37	00:25	00:14	00:13	00:13	00:13
4 utažení pilety šroubem	00:19	00:12	00:11	00:21	00:10	00:10
5 vložení klapky P050	00:47	00:10	00:06	00:10	00:08	00:07
6 kompletace přípojky S048	00:15	00:12	00:12	00:09	00:12	00:11
7 připojení přípojky k S363	00:22	00:16	00:11	00:11	00:16	00:11
8 připojení pilety S305	00:32	00:30	00:27	00:21	00:41	00:44
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:26	00:18	00:16	00:23	00:27	00:16
10 kompletace sestavy	00:29	00:17	00:14	00:07	00:13	00:08
11 kontrola	00:03	00:01	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	04:47	03:11	02:39	02:23	02:50	02:30

Tabulka 6-9 Naměřené hodnoty 9. dobrovolníka

6.2.6 10. dobrovolník

Desátým dobrovolníkem byl 22letý muž z fakulty ekonomické. Byl vysoký 177 cm a hodnotil se jako průměrně manuálně zručný. V prvním pokusu se seznamoval s pracovištěm a poměrně značnou dobu strávil hledáním jednotlivých dílů, jelikož nevěnoval pozornost obrázkům v návodce. Na druhou stranu si velmi dobře všímal detailů a kontroloval, zda je vše stejné jako na videu. Problém činilo pouze připojení pilety v prvním a třetím pokusu.

V druhém pokusu naopak vypadla klapka P050, čímž došlo k výraznému zvětšení doby montáže sedmého kroku. Od třetího pokusu postupuje skoro po paměti a video využívá pouze pro kontrolu. Nejlepším časem se dostává tento dobrovolník na hranici 2:09 v šestém pokusu. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-10 Časový průběh pokusů 10. dobrovolníka

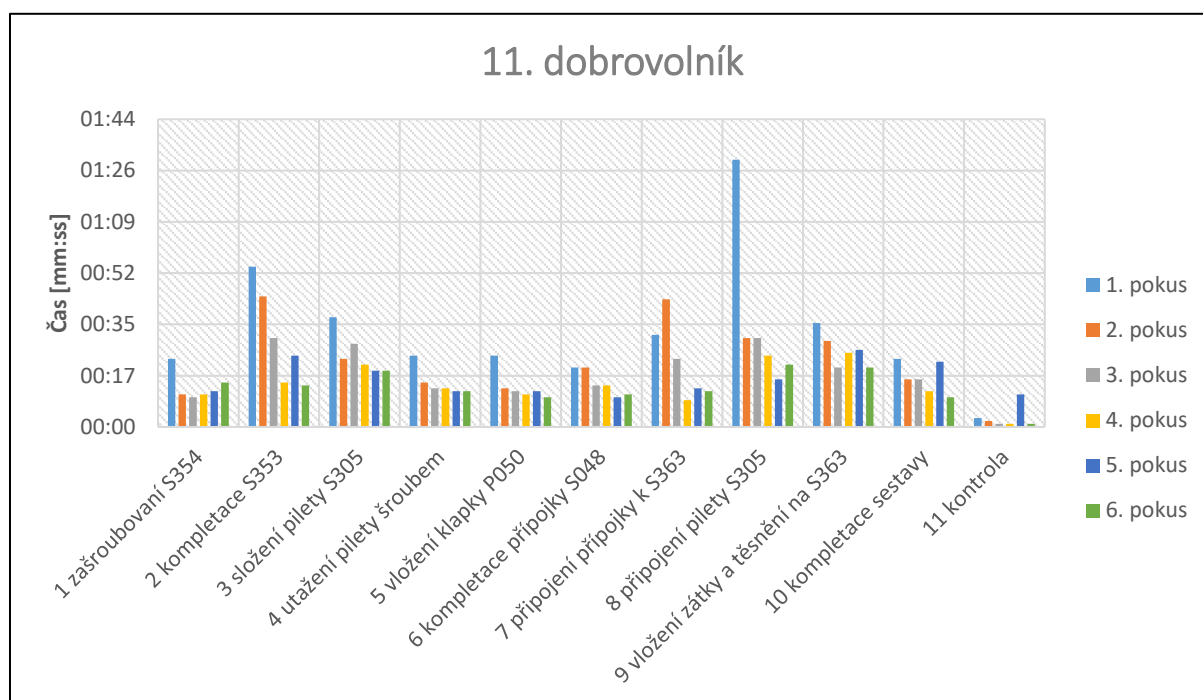
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:22	00:12	00:15	00:08	00:13	00:10
2 kompletace S353	00:40	00:26	00:29	00:16	00:14	00:10
3 složení pilety S305	00:30	00:24	00:19	00:13	00:13	00:12
4 utažení pilety šroubem	00:22	00:17	00:17	00:21	00:11	00:11
5 vložení klapky P050	00:32	00:10	00:12	00:10	00:10	00:17
6 kompletace přípojky S048	00:27	00:21	00:14	00:09	00:09	00:09
7 připojení přípojky k S363	00:19	00:55	00:09	00:11	00:07	00:06
8 připojení pilety S305	00:54	00:30	01:01	00:21	00:25	00:23
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:34	00:28	00:28	00:23	00:21	00:14
10 kompletace sestavy	00:30	00:18	00:10	00:07	00:11	00:13
11 kontrola	00:04	00:01	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	05:17	04:05	03:38	02:23	02:18	02:09

Tabulka 6-10 Naměřené hodnoty 10. dobrovolníka

6.2.7 11. dobrovolník

Jedenáctým dobrovolníkem byla 22letá žena z ekonomické fakulty. Její výška byla 175 cm a sama se hodnotila jako podprůměrně manuálně zručná. Celkově působila při montáži nervózně, že jí někdo sleduje, což se projevilo i horší orientací na pracovišti. Pracovní kroky postupu i přesto zvládala, jediným problémem bylo připojení pilety v prvním pokusu. U druhého pokusu ji zase vypadla klapka P050.

S těmito věcmi se dokázala v dalších pokusech popasovat lépe a dala si na ně pozor. V pátém pokusu pouze kontrola trvala déle, kvůli obrácené pozici přípojky S048. V šestém pokusu dosáhla nejkratší doby montáže 2:28. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-11 Časový průběh pokusů 11. dobrovolníka

	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:23	00:11	00:10	00:11	00:12	00:15
2 kompletace S353	00:54	00:44	00:30	00:15	00:24	00:14
3 složení pilety S305	00:37	00:23	00:28	00:21	00:19	00:19
4 utažení pilety šroubem	00:24	00:15	00:13	00:13	00:12	00:12
5 vložení klapky P050	00:24	00:13	00:12	00:11	00:12	00:10
6 kompletace přípojky S048	00:20	00:20	00:14	00:14	00:10	00:11
7 připojení přípojky k S363	00:31	00:43	00:23	00:09	00:13	00:12
8 připojení pilety S305	01:30	00:30	00:30	00:24	00:16	00:21
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:35	00:29	00:20	00:25	00:26	00:20
10 kompletace sestavy	00:23	00:16	00:16	00:12	00:22	00:10
11 kontrola	00:03	00:02	00:01	00:01	00:11	00:01
Celkový čas	06:07	04:09	03:20	02:39	03:00	02:28

Tabulka 6-11 Naměřené hodnoty 11. dobrovolníka

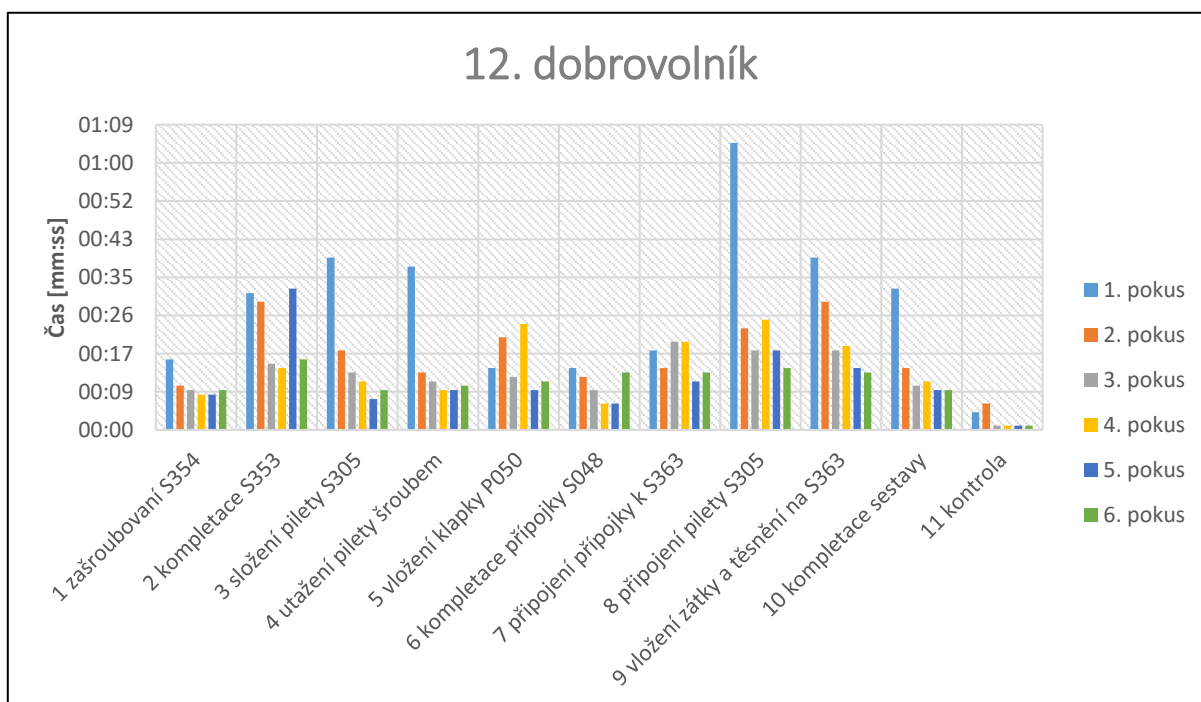
6.3 Měření 12. 4. 2018

Posledního měření se zúčastnilo celkem 6 studentů. Jednalo se o 5 mužů a 1 ženu. Zúčastnění studenti byli z fakulty strojí. Každý student provedl sestavení celého sifonu šestkrát a u dvou jedinců proběhla tato montáž bez jakéhokoliv poučení o práci na pracovišti k ověření, zda je návodka intuitivní i bez počátečního proškolení.

6.3.1 12. dobrovolník

Dvanáctým dobrovolníkem byl 21letý muž. Měřil 192 cm a uvedl, že je průměrně manuálně zručný. Hodně času strávil hledáním dílů, kvůli nesledování označení dílů ve videu (1. pokus – druhý, třetí a čtvrtý krok). Od druhého pokusu dochází k automatizaci jednotlivých kroků.

Jediným větším zdržením bylo připojení pilety k sestavě v osmém kroku. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-12 Časový průběh pokusů 12. dobrovolníka

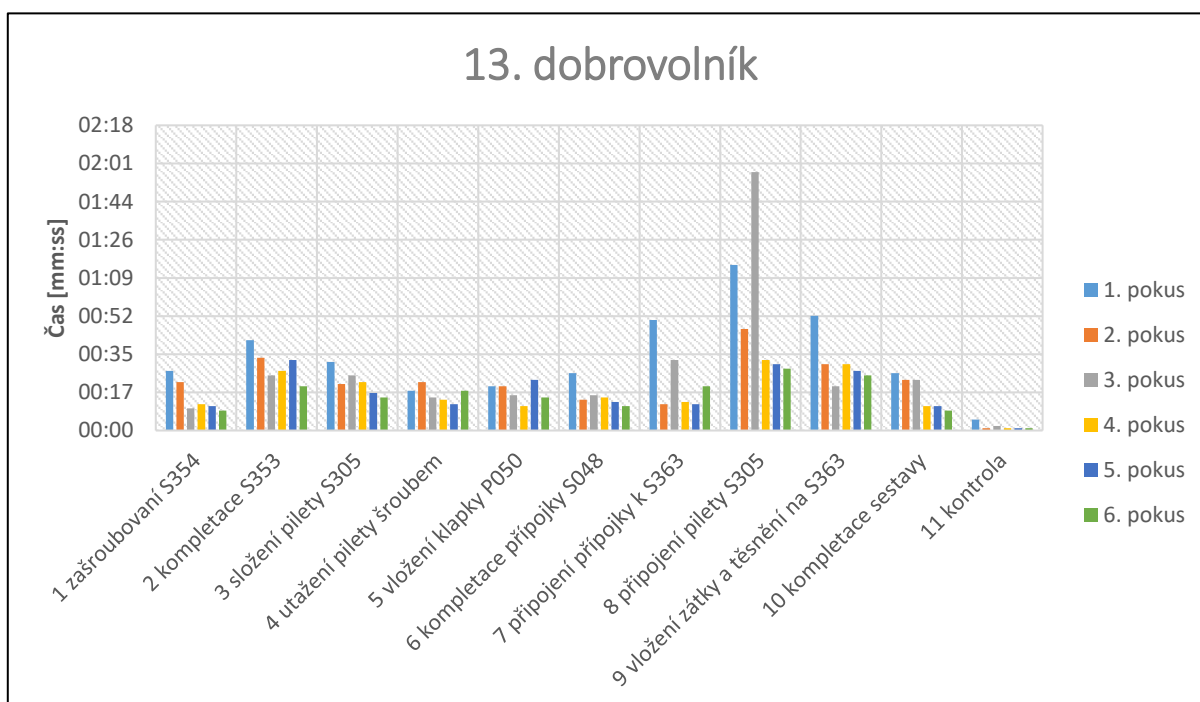
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:16	00:10	00:09	00:08	00:08	00:09
2 kompletace S353	00:31	00:29	00:15	00:14	00:32	00:16
3 složení pilety S305	00:39	00:18	00:13	00:11	00:07	00:09
4 utažení pilety šroubem	00:37	00:13	00:11	00:09	00:09	00:10
5 vložení klapky P050	00:14	00:21	00:12	00:24	00:09	00:11
6 kompletace přípojky S048	00:14	00:12	00:09	00:06	00:06	00:13
7 připojení přípojky k S363	00:18	00:14	00:20	00:20	00:11	00:13
8 připojení pilety S305	01:05	00:23	00:18	00:25	00:18	00:14
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:39	00:29	00:18	00:19	00:14	00:13
10 kompletace sestavy	00:32	00:14	00:10	00:11	00:09	00:09
11 kontrola	00:04	00:06	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	05:12	03:12	02:19	02:31	02:07	02:01

Tabulka 6-12 Naměřené hodnoty 12. dobrovolníka

6.3.2 13. dobrovolník

Třináctým dobrovolníkem byl 21letý muž z fakulty strojní. Měřil 168 cm a ohodnotil se jako průměrně manuálně zručný. V prvním pokusu mu vypadla při šestém kroku klapka, na kterou si dal poté už pozor. Výrazněji se zbrzdil pouze s připojením pilety u třetího pokusu.

Celkově dodržuje video krok za krokem, nicméně díky dobré manuální paměti automatizuje jednotlivé kroky a video sleduje pouze pro kontrolu. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-13 Časový průběh pokusů 13. dobrovolníka

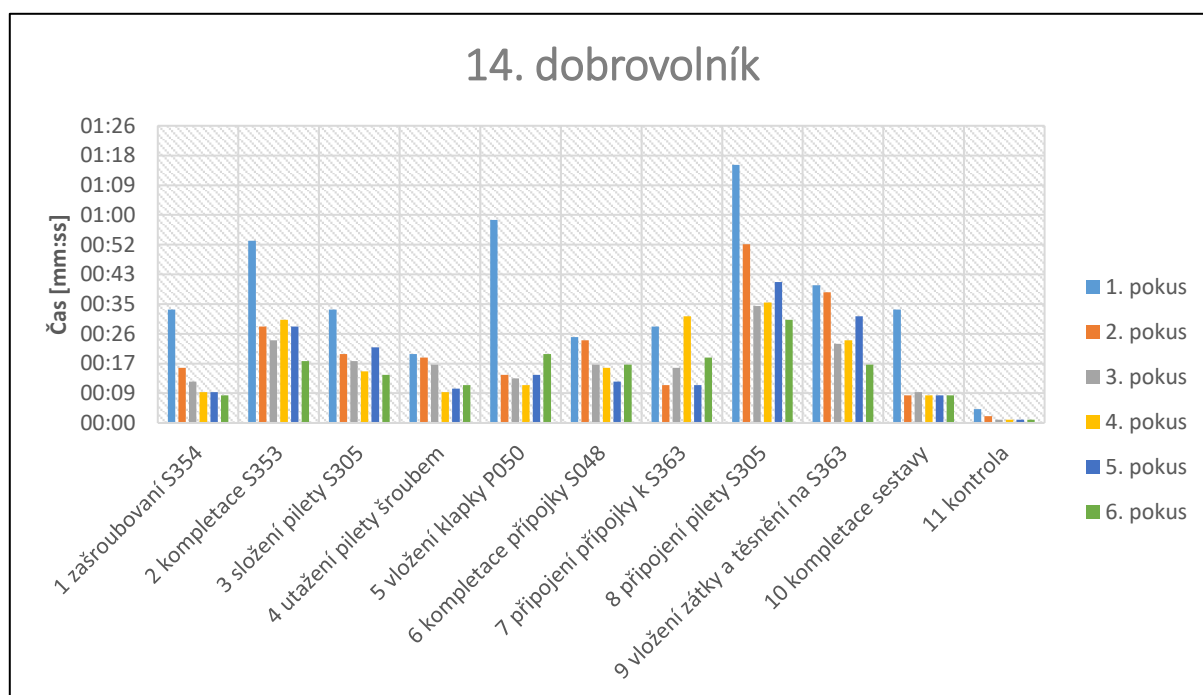
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:27	00:22	00:10	00:12	00:11	00:09
2 kompletace S353	00:41	00:33	00:25	00:27	00:32	00:20
3 složení pilety S305	00:31	00:21	00:25	00:22	00:17	00:15
4 utažení pilety šroubem	00:18	00:22	00:15	00:14	00:12	00:18
5 vložení klapky P050	00:20	00:20	00:16	00:11	00:23	00:15
6 kompletace přípojky S048	00:26	00:14	00:16	00:15	00:13	00:11
7 připojení přípojky k S363	00:50	00:12	00:32	00:13	00:12	00:20
8 připojení pilety S305	01:15	00:46	01:57	00:32	00:30	00:28
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:52	00:30	00:20	00:30	00:27	00:25
10 kompletace sestavy	00:26	00:23	00:23	00:11	00:11	00:09
11 kontrola	00:05	00:01	00:02	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	06:14	04:07	05:04	03:11	03:12	02:54

Tabulka 6-13 Naměřené hodnoty 13. dobrovolníka

6.3.3 14. dobrovolník

Čtrnáctým dobrovolníkem je 21letý muž z fakulty strojní. U výšky uvedl hodnotu 180 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný. Tento dobrovolník postupuje v montáži tak, že nejdříve si na pracovní desku vyskládá všechny potřebné díly a pak až začíná montovat. Toto se nejvíce projevilo na časech jednotlivých kroků prvního pokusu.

Od druhého pokusu se soustředí více na obrázky s umístěním dílů a výrazně se zkracuje celkový čas potřebný na přípravu. Také dochází k vypadnutí klapky P050 u čtvrtého pokusu. V posledních dvou opakováních už je vidět výrazná automatizace a jednotlivé kroky provádí, aniž by se posouval v návodce na další krok. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-14 Časový průběh pokusů 14. dobrovolníka

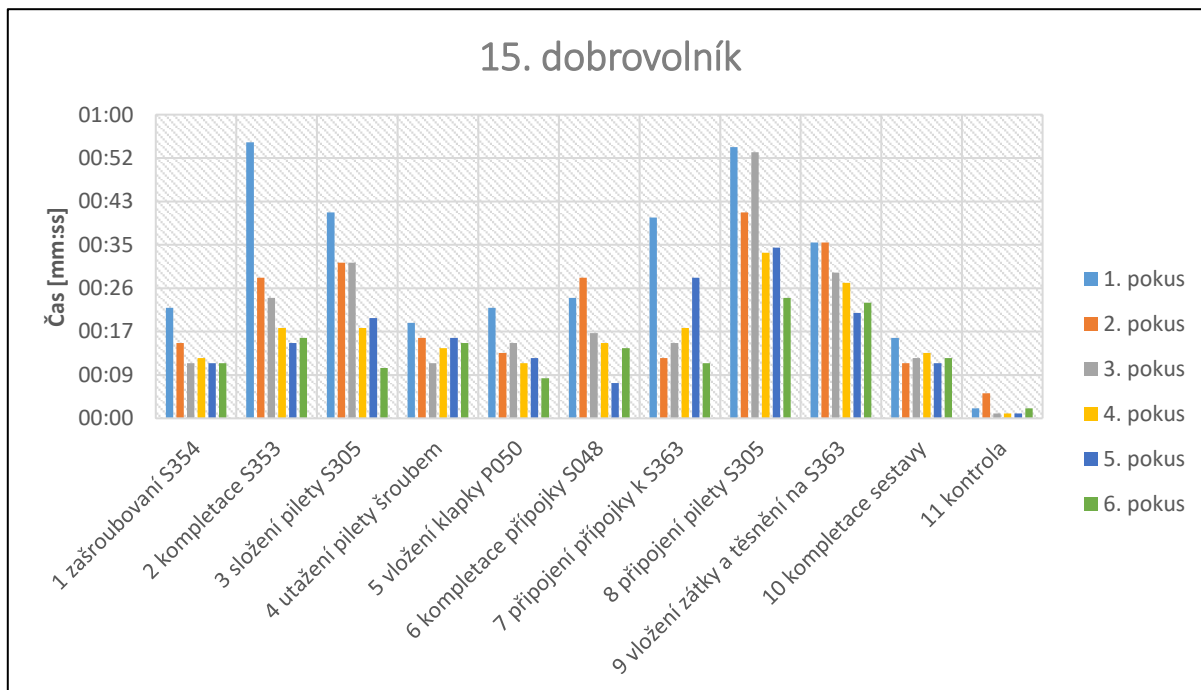
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:33	00:16	00:12	00:09	00:09	00:08
2 kompletace S353	00:53	00:28	00:24	00:30	00:28	00:18
3 složení pilety S305	00:33	00:20	00:18	00:15	00:22	00:14
4 utažení pilety šroubem	00:20	00:19	00:17	00:09	00:10	00:11
5 vložení klapky P050	00:59	00:14	00:13	00:11	00:14	00:20
6 kompletace přípojky S048	00:25	00:24	00:17	00:16	00:12	00:17
7 připojení přípojky k S363	00:28	00:11	00:16	00:31	00:11	00:19
8 připojení pilety S305	01:15	00:52	00:34	00:35	00:41	00:30
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:40	00:38	00:23	00:24	00:31	00:17
10 kompletace sestavy	00:33	00:08	00:09	00:08	00:08	00:08
11 kontrola	00:04	00:02	00:01	00:01	00:01	00:01
Celkový čas	06:46	03:55	03:07	03:12	03:10	02:46

Tabulka 6-14 Naměřené hodnoty 14. dobrovolníka

6.3.4 15. dobrovolník

Patnáctým dobrovolníkem byla 22letá žena z fakulty strojní. Ke svojí výšce uvedla 160 cm a klasifikovala se jako průměrně manuálně zručná. Z počátku se zdála být nervózní a nejistá. Jinak se snažila být pečlivá a přesně postupovat podle videa. V prvním pokusu jí také vypadla klapka P050. Nejdelsší čas strávila v každém pokuse s připojováním pilety k celé sestavě.

Tyto problémy se snaží omezovat, nicméně k vypadnutí klapky docházelo i v dalších pokusech a navyšuje se tím celkový čas montáže. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-15 Časový průběh pokusů 15. dobrovolníka

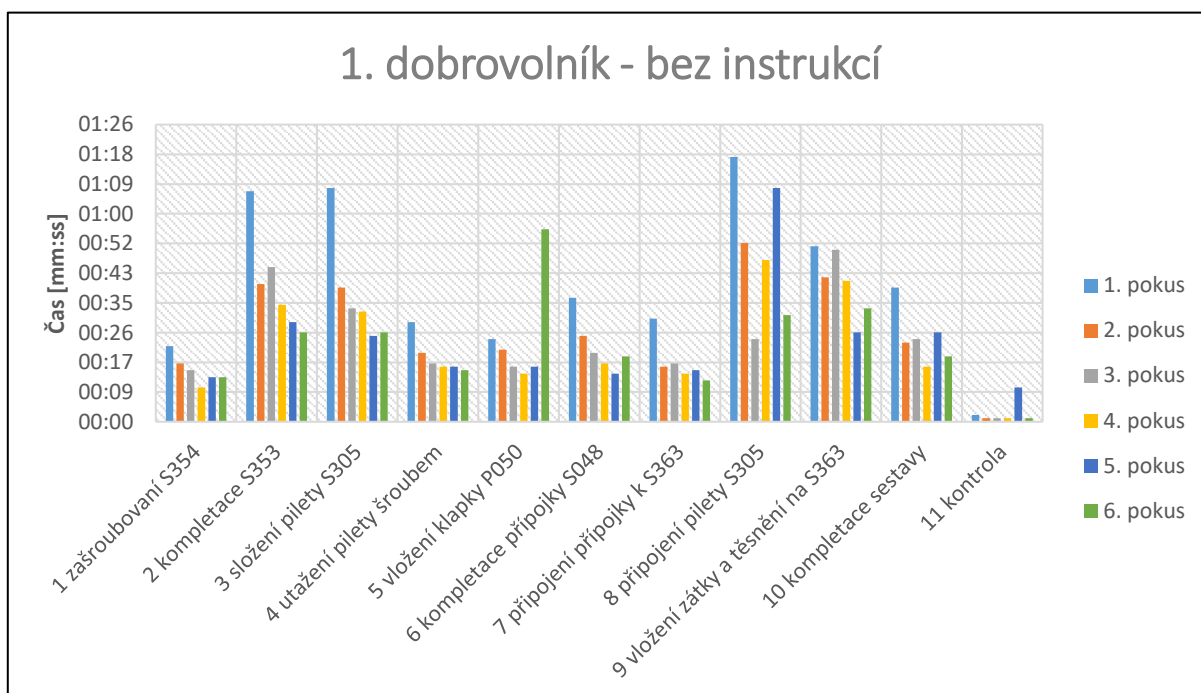
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:22	00:15	00:11	00:12	00:11	00:11
2 kompletace S353	00:55	00:28	00:24	00:18	00:15	00:16
3 složení pilety S305	00:41	00:31	00:31	00:18	00:20	00:10
4 utažení pilety šroubem	00:19	00:16	00:11	00:14	00:16	00:15
5 vložení klapky P050	00:22	00:13	00:15	00:11	00:12	00:08
6 kompletace přípojky S048	00:24	00:28	00:17	00:15	00:07	00:14
7 připojení přípojky k S363	00:40	00:12	00:15	00:18	00:28	00:11
8 připojení pilety S305	00:54	00:41	00:53	00:33	00:34	00:24
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:35	00:35	00:29	00:27	00:21	00:23
10 kompletace sestavy	00:16	00:11	00:12	00:13	00:11	00:12
11 kontrola	00:02	00:05	00:01	00:01	00:01	00:02
Celkový čas	05:33	03:58	03:42	03:03	02:59	02:29

Tabulka 6-15 Naměřené hodnoty 15. dobrovolníka

6.3.5 1. dobrovolník – bez instrukcí

Prvním dobrovolníkem, který prováděl montáž sifonu bez instrukcí, byl 21letý muž z fakulty strojní. Měřil 179 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný. V prvním pokusu je velmi nejistý a hodně kontroluje jednotlivé kroky montážního postupu na videu. Nejdříve si připraví jednotlivé díly potřebné v daném kroku a až poté začíná montovat. Celkově montuje v klidu a nedělá chyby například z nepozornosti. Pro jistotu se podívá na daný krok ještě jednou, zda má vše správně.

Nejdělsí časový úsek strávil u připojování pilety v osmém kroku. Prvním pokusem se dostal na čas 7:28, toto bylo zapříčiněno nedostatkem informací a celkově pomalejším přístupem testovaného subjektu. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-16 Časový průběh pokusů 1. dobrovolníka bez instrukcí

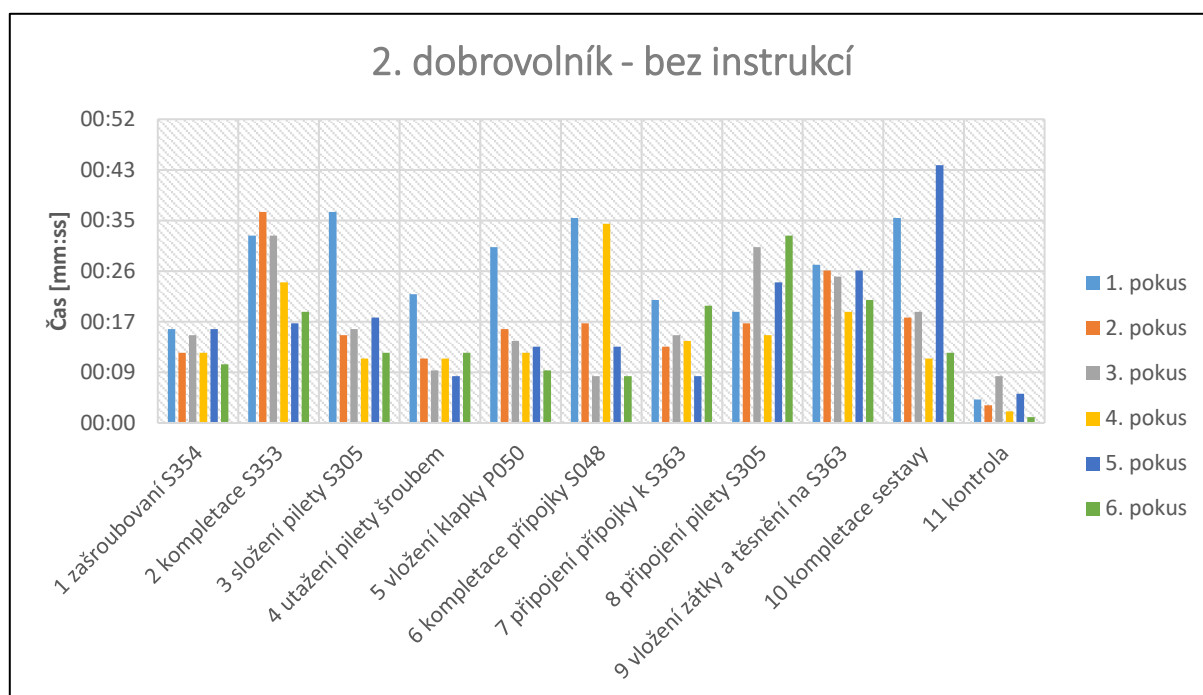
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:22	00:17	00:15	00:10	00:13	00:13
2 kompletace S353	01:07	00:40	00:45	00:34	00:29	00:26
3 složení pilety S305	01:08	00:39	00:33	00:32	00:25	00:26
4 utažení pilety šroubem	00:29	00:20	00:17	00:16	00:16	00:15
5 vložení klapky P050	00:24	00:21	00:16	00:14	00:16	00:56
6 kompletace přípojky S048	00:36	00:25	00:20	00:17	00:14	00:19
7 připojení přípojky k S363	00:30	00:16	00:17	00:14	00:15	00:12
8 připojení pilety S305	01:17	00:52	00:24	00:47	01:08	00:31
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:51	00:42	00:50	00:41	00:26	00:33
10 kompletace sestavy	00:39	00:23	00:24	00:16	00:26	00:19
11 kontrola	00:02	00:01	00:01	00:01	00:10	00:01
Celkový čas	07:28	04:59	04:25	04:05	04:21	04:14

Tabulka 6-16 Naměřené hodnoty 1. dobrovolníka bez instrukcí

6.3.6 2. dobrovolník – bez instrukcí

Druhým testovaným subjektem bez instrukcí byl 26letý muž z fakulty strojní. Měřil 187 cm a klasifikoval se jako průměrně manuálně zručný. Už v prvním pokusu se dobře orientuje na pracovišti a skládá jednotlivé díly do sebe bez problémů a chyb. Od druhého pokusu si lze všimnout automatizace jednotlivých kroků.

V pátém pokusu se vyskytl problém s vadnou zátkou a byl nucen ji vyměnit, proto čas desátého kroku výrazně narostl. I přes počáteční nedostatek informací se časem prvního pokusu dostal pod hranici průměrného času, což značí dobrou manuální zručnost jedince, ale také pochopitelnost samotné návodky. Časový průběh jednotlivých pokusů je zobrazen v následujícím grafu a tabulce naměřených hodnot.



Graf 6-17 Časový průběh pokusů 2. dobrovolníka bez instrukcí

	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
naskenování kódu návodky + 3s	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03	00:03
1 zašroubování S354	00:16	00:12	00:15	00:12	00:16	00:10
2 kompletace S353	00:32	00:36	00:32	00:24	00:17	00:19
3 složení pilety S305	00:36	00:15	00:16	00:11	00:18	00:12
4 utažení pilety šroubem	00:22	00:11	00:09	00:11	00:08	00:12
5 vložení klapky P050	00:30	00:16	00:14	00:12	00:13	00:09
6 kompletace přípojky S048	00:35	00:17	00:08	00:34	00:13	00:08
7 připojení přípojky k S363	00:21	00:13	00:15	00:14	00:08	00:20
8 připojení pilety S305	00:19	00:17	00:30	00:15	00:24	00:32
9 vložení zátky a těsnění na S363	00:27	00:26	00:25	00:19	00:26	00:21
10 kompletace sestavy	00:35	00:18	00:19	00:11	00:44	00:12
11 kontrola	00:04	00:03	00:08	00:02	00:05	00:01
Celkový čas	04:40	03:07	03:14	02:48	03:15	02:39

Tabulka 6-17 Naměřené hodnoty 2. dobrovolníka bez instrukcí

6.4 Poznatky z měření

Celkově se tohoto testování virtuální návodky zúčastnilo 17 dobrovolníků. Z tohoto počtu bylo pět žen a zbytek mužů. Jednalo se o studenty fakulty strojní a fakulty ekonomické. U patnácti testovaných byl vždy před začátkem kompletace popsán postup a dostali základní instrukce pro práci na pracovišti. U zbylých dvou subjektů se návodka testovala bez podání bližších informací.

Dá se prohlásit, že měření potvrdila predikované výsledky, a u všech testovaných došlo k výraznému zkrácení času kompletace. U některých respondentů byl rozdíl mezi nejlepším a nejhorším velmi markantní, klidně i o čtyři minuty (např. u 14. dobrovolníka). U někoho tento rozdíl nebyl tak výrazný, nicméně ke zlepšení došlo také. Záleželo také na zručnosti samotného testovaného subjektu. Pokud testovaný subjekt byl zručnější, nedělala mu kompletace větší problém ani v prvním pokusu a výsledný časový rozdíl nebyl tak velký.

Mezi největší problémy celé kompletace patřily kroky pět, sedm a osm. Krok pět spočívá ve vložení klapky P050 do dílu S363. Sám o sobě tento krok není nijak složitý na přípravu dílů. K problémům ale docházelo kvůli nepozornosti dobrovolníků a k přehlížení toho, že klapka má drážku, kterou se orientuje poloha klapky v díře dílu S363. Ve videu je jasně a zřetelně vidět, jak má být klapka orientována, nicméně pokud daný testovaný subjekt vložil klapku jinak, než má být, klapka nezajela úplně na své místo a to způsobovalo problémy v sedmém kroku. Při této operaci je připojena do té samé díry přípojka S048. Tato přípojka musí být dotažena maticí a samozřejmě klapka P050 v tomto dotažení vadila.

Problém s klapkou P050 v některých případech také spočíval ve vypadnutí samotné klapky z dílu S363 po pátém kroku montáže. V šestém kroku se totiž kompletuje přípojka S048 s těsněním a dobrovolník si tím pádem odkládá bokem díl S363 s vloženou klapkou. Jakmile se pak subjekt obě tyto podsestavy v sedmém kroku snaží smontovat k sobě, stávalo se, že jak uchopil díl S363, klapka samovolně vypadla z díry a dobrovolník se musel vrátit k pátému kroku, aby opět klapku umístil do dílu S363. Tomuto jevu by se dalo zamezit prohozením jednotlivých kroků, že nejdřív by se sestavila přípojka a až poté by byla vkládána klapka do dílu S363. Díl S363 by zůstal dobrovolníkovi v ruce a klapka by nevypadávala a rovnou by připojil k sestavě přípojku.

Osmý krok u většiny dobrovolníků představoval aspoň v některém z pokusů velké časové zdržení. V některých případech v tomto kroku docházelo i k zhoršování časů potřebného pro montáž, nebo docházelo k střídání lepších a horších časů. Příčinu lze hledat v těsnění, které se vkládá na konec trubice s maticí dílu S363. Do této matice se následně zašroubuje zkompletovaná pileta. Dobrovolníci často umísťovali těsnění přímo na trubici, a jak pohnuli s maticí, těsnění jim vypadlo nebo zamezilo v zašroubování pilety do matice. Tento problém byl způsoben čistě nešikovností jednotlivce a zamezit se tomu vyloženě nedá. Bylo by možné přidat varovné upozornění na tento problém, nicméně otázkou zůstává, kolik jedinců by se na tento text podívalo a věnovalo mu pozornost.

Za zmínku stojí i čas kontroly, který není nikterak velký. Je to dáno tím, že testovaný subjekt kontroloval výslednou sestavu v prvním pokusu a musel například otáčet přípojku apod. Nicméně v dalších pokusech si již pamatoval, jak má celá sestava vypadat, a proto si již podsestavy upravoval do výsledné podoby a kontrolou strávil jen vteřinu nebo dvě.

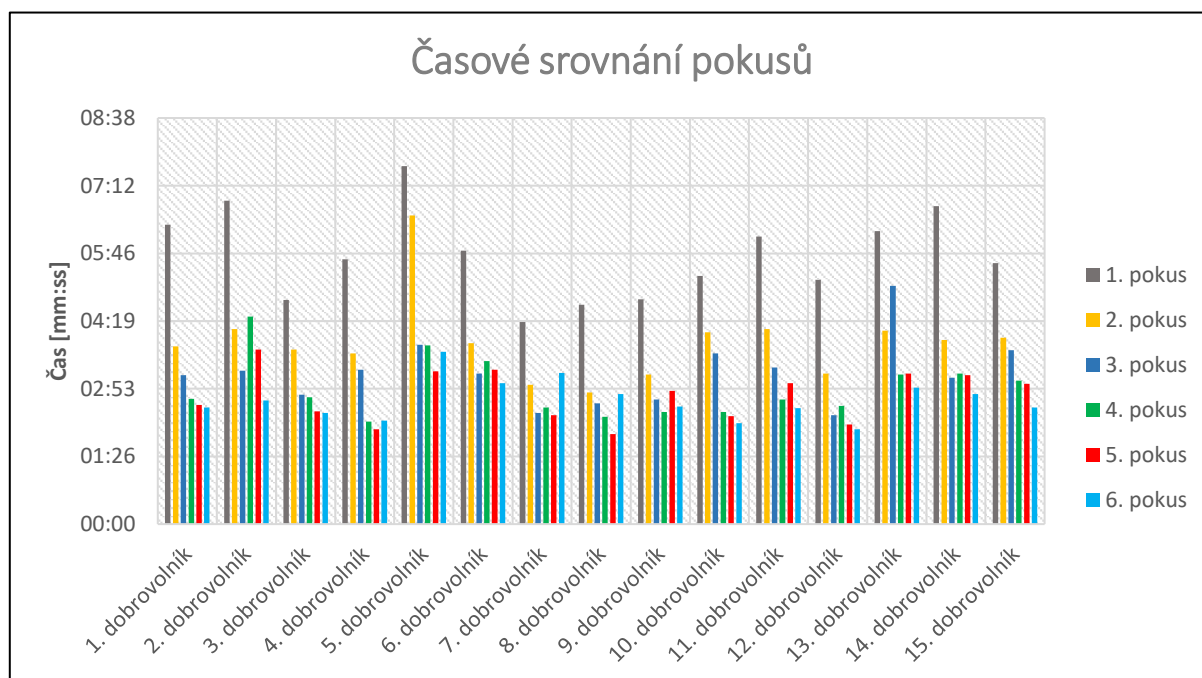
Časy jednotlivých pokusů všech patnácti dobrovolníků jsou zapsány v následující tabulce. Výsledky zanesené v tabulce obsahují již připočtené tři vteřiny na naskenování návodky, aby bylo možné časy porovnat s výchozí studií Lucie Fejfarové. Lze si všimnout, že opravdu dochází k výraznému zlepšení časů jednotlivých pokusů. Pouze u pátého a šestého

pokusu se průměrný čas zlepšil o šest vteřin, což je už jen nepatrné zlepšení. Nejmarkantnější rozdíl je mezi prvním a druhým pokusem, kde se nejvíce projevuje počáteční neznalost jednotlivých operací montáže i neznalost pracoviště v prvním pokusu s již dosaženou zkušeností z první kompletace. Rozdíl mezi průměrným časem prvního a posledního pokusu je 3:02, což lze považovat za značné zlepšení a došlo tím ke zkrácení doby o více než polovinu původního času.

Testovaný subjekt	Pohlaví	Věk	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
1. dobrovolník	muž	25	06:22	03:47	03:10	02:40	02:32	02:29
2. dobrovolník	žena	25	06:53	04:09	03:16	04:25	03:43	02:38
3. dobrovolník	muž	20	04:46	03:43	02:45	02:42	02:24	02:22
4. dobrovolník	muž	22	05:38	03:38	03:17	02:11	02:01	02:12
5. dobrovolník	muž	21	07:37	06:34	03:49	03:48	03:15	03:40
6. dobrovolník	žena	21	05:49	03:51	03:12	03:28	03:17	03:00
7. dobrovolník	muž	20	04:18	02:58	02:22	02:29	02:19	03:13
8. dobrovolník	muž	22	04:40	02:48	02:34	02:17	01:55	02:46
9. dobrovolník	žena	22	04:47	03:11	02:39	02:23	02:50	02:30
10. dobrovolník	muž	22	05:17	04:05	03:38	02:23	02:18	02:09
11. dobrovolník	žena	22	06:07	04:09	03:20	02:39	03:00	02:28
12. dobrovolník	muž	21	05:12	03:12	02:19	02:31	02:07	02:01
13. dobrovolník	muž	21	06:14	04:07	05:04	03:11	03:12	02:54
14. dobrovolník	muž	21	06:46	03:55	03:07	03:12	03:10	02:46
15. dobrovolník	žena	22	05:33	03:58	03:42	03:03	02:59	02:29
Průměrný čas			05:44	03:52	03:13	02:53	02:44	02:38

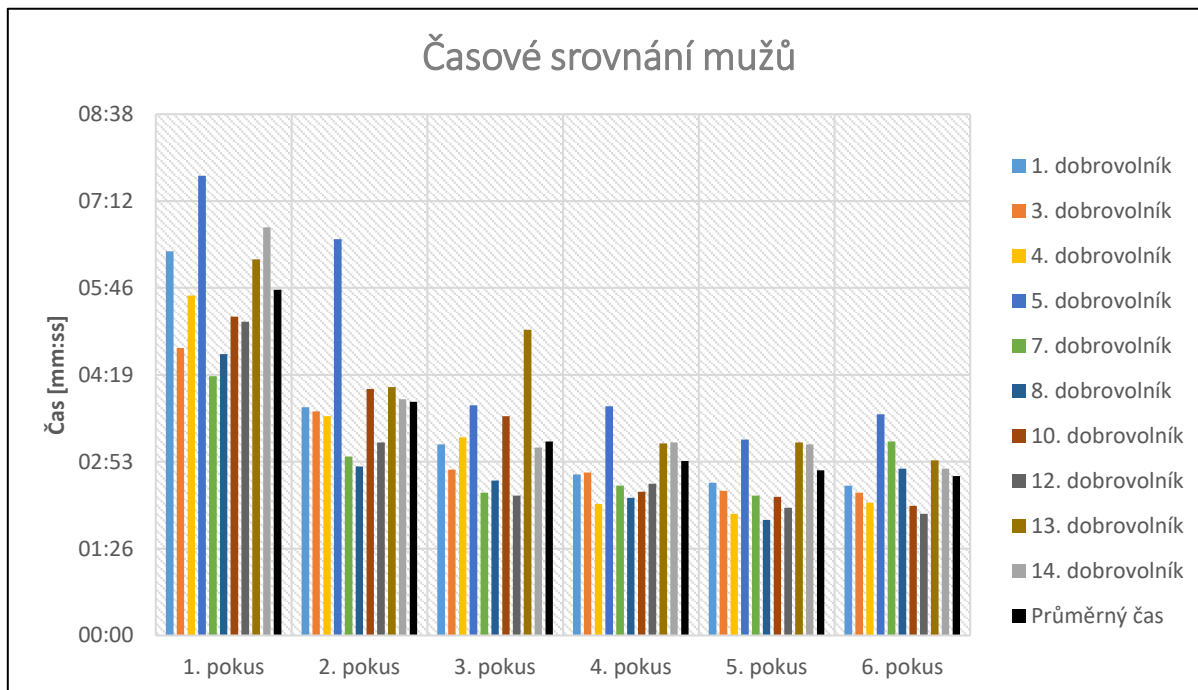
Tabulka 6-18 Výsledné časy jednotlivých pokusů

V Graf 6-18 Výsledné časy jednotlivých pokusů je znázorněn vývoj pokusů u každého dobrovolníka. Z grafu je patrné, že i přes některé výjimky mají pokusy sestupnou tendenci. Výjimky jsou způsobené chybami, či problémy, které byly popsány výše v této kapitole.



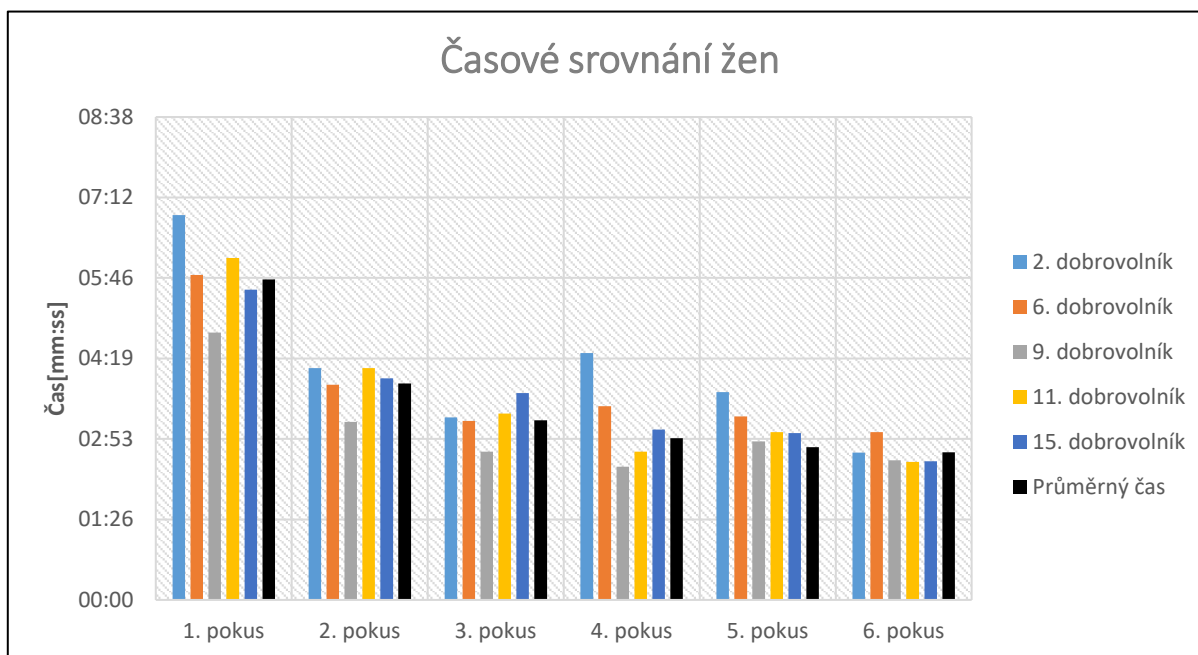
Graf 6-18 Výsledné časy jednotlivých pokusů

Další srovnání zobrazuje pouze dobrovolníky mužského pohlaví s průměrným časem jednotlivých pokusů všech zúčastněných. Z následujícího grafu je vidět, že více mužů dosahuje nižšího času montáže než je průměrný čas pro všechny testované subjekty. A to i v prvním pokusu, při kterém se seznamovali s danými díly, s pracovištěm a lépe se tak dokázali vyrovnat s počátečními podmínkami.



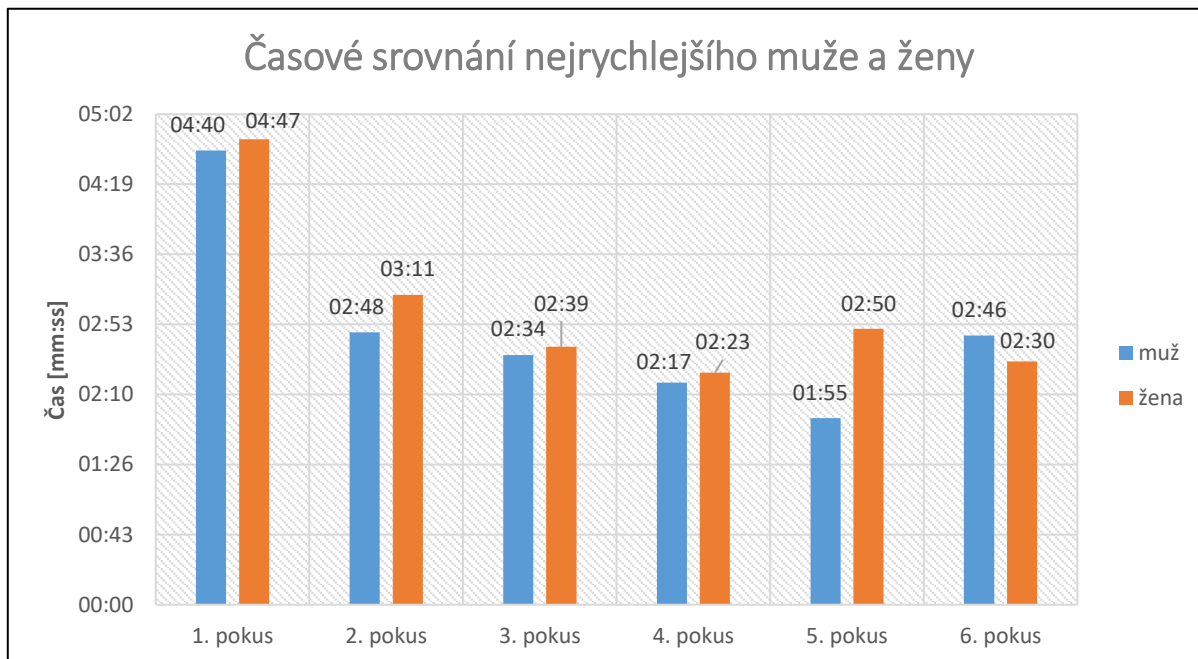
Graf 6-19 Srovnání všech časů u mužů

U žen naopak je patrné, že se pohybují kolem průměrného času nebo se nacházejí i častěji nad hodnotou průměrného času pokusu. Co je však zajímavé, že odchylka od průměrného času v jednotlivých pokusech není tak velká, jako je tomu u mužů a také posledním pokusem se hned čtyři ženy dostaly pod hranici průměru.



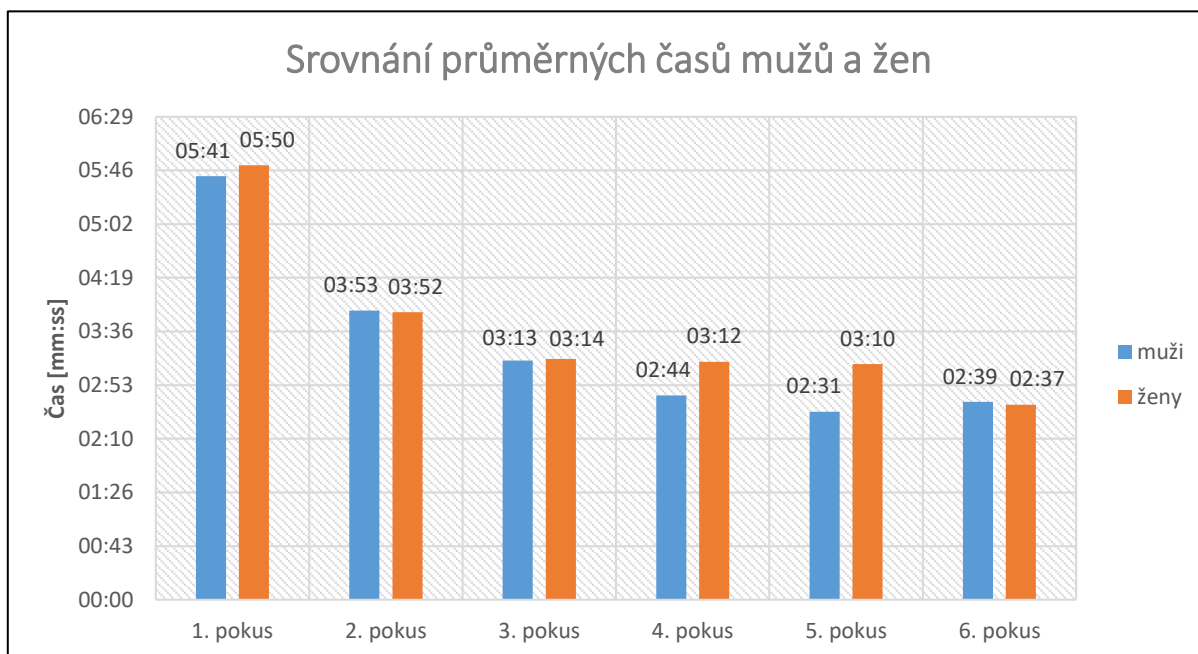
Graf 6-20 Srovnání všech časů u žen

Z předchozích dvou grafů lze také provést srovnání nejrychlejšího muže a ženy. Zajímavé je, že muž dosáhl nejkratšího času vůbec a to v pátém pokusu. Možná by svůj čas byl schopný ještě vylepšit, nicméně v šestém pokusu měl problémy s osmým krokem s připojením piletý k sestavě. To samé lze prohlásit o nejrychlejší ženě, jelikož nejkratší doba montáže jí byla naměřena už ve čtvrtém pokusu. Absolutní rozdíl mezi nejlepšími časy činí 28 vteřin.



Graf 6-21 Srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy

Na následujícím grafu je zobrazeno porovnání průměrných časů jednotlivých pokusů mužů a žen. Je patrné, že u mužů dochází k úbytku času v každém následujícím pokusu, kromě posledního. U žen od třetího do pátého pokusu dochází ke zlepšení pouze o čtyři vteřiny a následně o více než půl minuty. Z toho lze říci, že u mužů dochází k přirozenému úbytku a u žen je úbytek času mezi jednotlivými pokusy méně vyrovnaný.



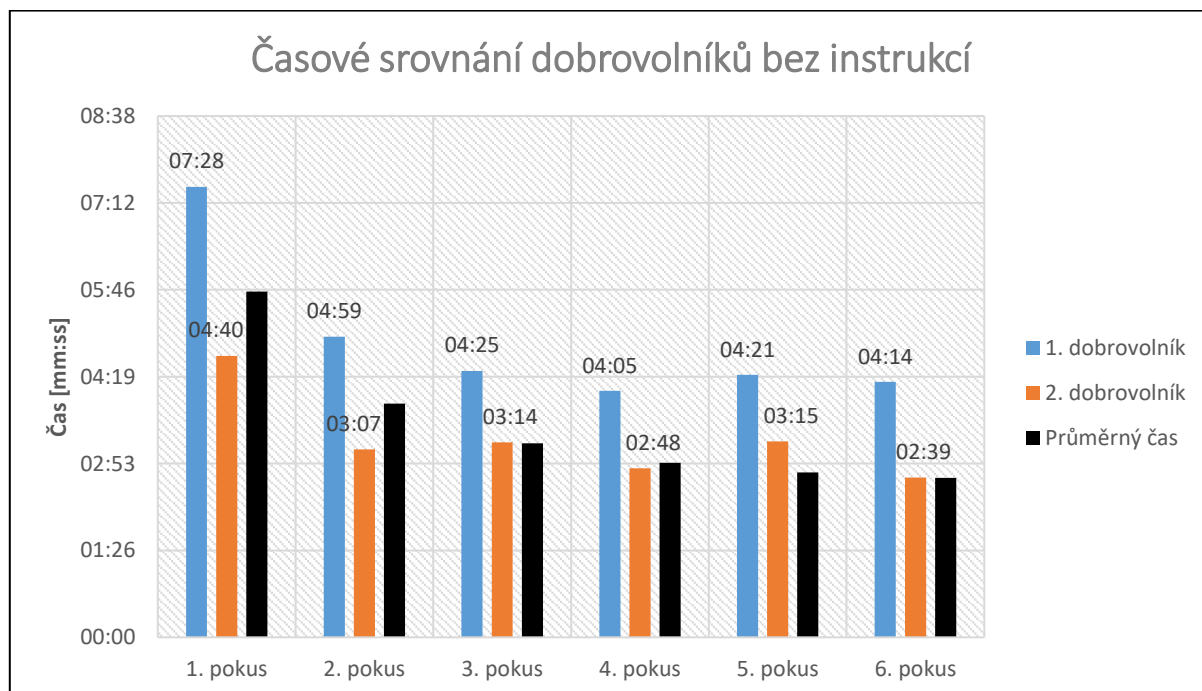
Graf 6-22 Srovnání průměrných časů mužů a žen

Posledním srovnáním v samotném měření je srovnání dvou zbylých dobrovolníků, kterým nebyly dány žádné instrukce pro samotnou montáž dřezového sifonu. Jak je v Tabulka 6-19 vidět, první testovaný subjekt s kompletací sifonu neměl problém, nicméně výrazně přesahoval průměrný čas dobrovolníků, kteří instrukce dostali. To je možné přičíst i tomu, že tento subjekt se opravdu držel striktně návodu a pro jistotu vše kontroloval, nikam nespěchal. Časy od třetího pokusu se příliš neliší, přesto v nejlepším čtvrtém pokusu dokázal zlepšit svůj čas o více než 3 minuty.

Co se týče druhého dobrovolníka, je patrné, že to byl velmi manuálně zručný jedinec. Montáž mu nedělala problém už od prvního pokusu, se kterým se dostal i pod hodnotu průměrného času instruovaných dobrovolníků. V dalších pokusech se pohybuje kolem průměrné hranice, což lze hodnotit velmi pozitivně. Druhý testovaný se dokázal zlepšit o 2:01 mezi prvním a posledním pokusem.

Testovaný subjekt	Pohlaví	Věk	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus	6. pokus
1. dobrovolník	muž	21	07:28	04:59	04:25	04:05	04:21	04:14
2. dobrovolník	muž	26	04:40	03:07	03:14	02:48	03:15	02:39

Tabulka 6-19 Výsledné časy jednotlivých pokusů dobrovolníků bez instrukcí



Graf 6-23 Srovnání časů dobrovolníků bez instrukcí

Díky oběma testovaným bylo potvrzena schopnost pochopení samotné návodky i bez udání instrukcí před začátkem sestavení dřezového sifonu. Jednotlivé kroky návodky jsou dostatečně přehledné a uživatel se v ní neztrácí.

7 Porovnání výsledků s výchozí studií

Tato kapitola je zaměřena na srovnání výsledků naměřených v této práci s časy, které naměřila Lucie Fejfarová minulý rok. Její práce byla zaměřena na virtuální a papírovou návodku. Každá návodka byla otestována u dvanácti subjektů. Každý dobrovolník sestavoval dřezový sifon celkově čtyřikrát, proto pro srovnání budou vybrány také pouze první čtyři pokusy z této práce. Zbylé dva pokusy nejsou v tomto srovnání zohledněny, ale byly provedeny pro potvrzení sestupného trendu doby montáže.

Časy při použití virtuální a papírové návodky, které jsou v této kapitole využívány, byly převzaty z výchozí studie Lucie Fejfarové. [40]

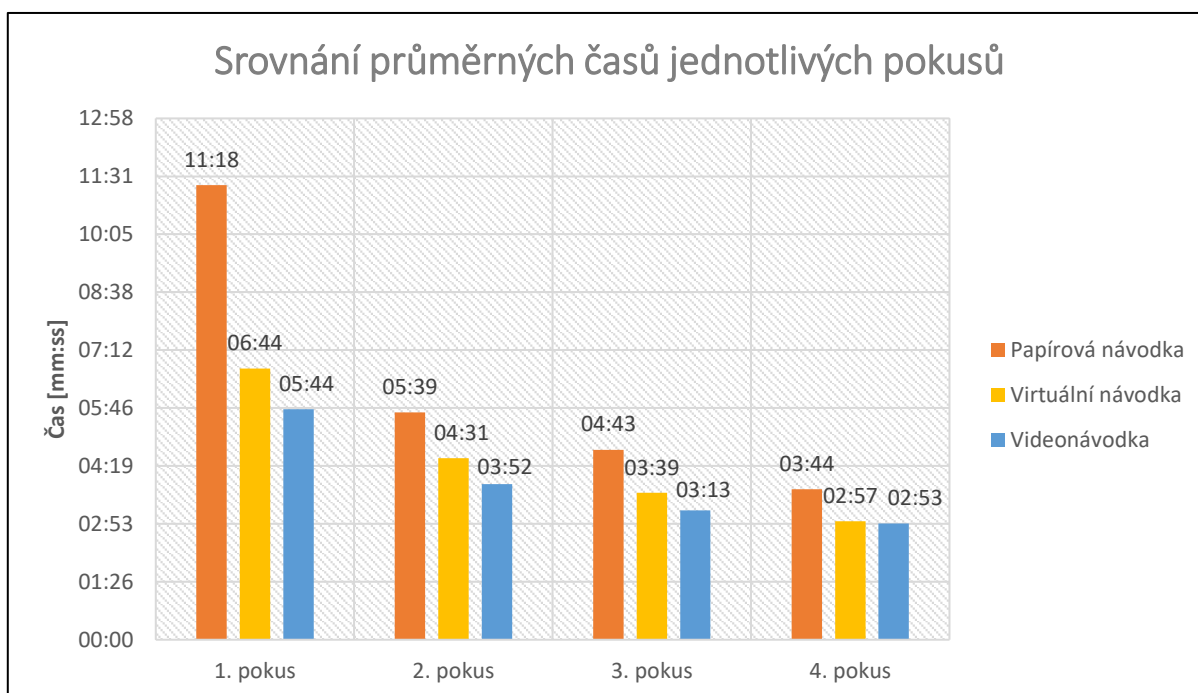
7.1 Porovnání průměrných časů všech testovaných subjektů

Graf prvního srovnání zobrazuje průměrné časy jednotlivých pokusů všech zúčastněných, bez rozlišování pohlaví. Z grafu je patrné, že u všech použitých metod dochází k zrychlování času jednotlivých pokusů. Nejmarkantnější úbytek mezi prvním a čtvrtým pokusem je vidět u papírové návodky, nejmenší naopak u videonávodky.

Dále z tohoto srovnání také vyplývá velký rozdíl u prvního pokusu mezi jednotlivými použitými návodkami. Jedná se o čas v rádech minut a papírová návodka zůstává velmi pozadu. Dochází k potvrzení faktu, že videonávodka i virtuální návodka je velmi přínosná, je intuitivní a výrazně zkracuje dobu montáže už při prvním pokusu.

Kompletace při použití videonávodky je dokonce kratší i než sestavení za použití virtuální návodky. Za tímto výsledkem se může skrývat například lepší pochopitelnost montážních operací z videa, jelikož testovaný subjekt vidí uchopení součástí, vidí reálné součásti, reálné prostředí a ne pouze modely těchto součástí na virtuálním pozadí.

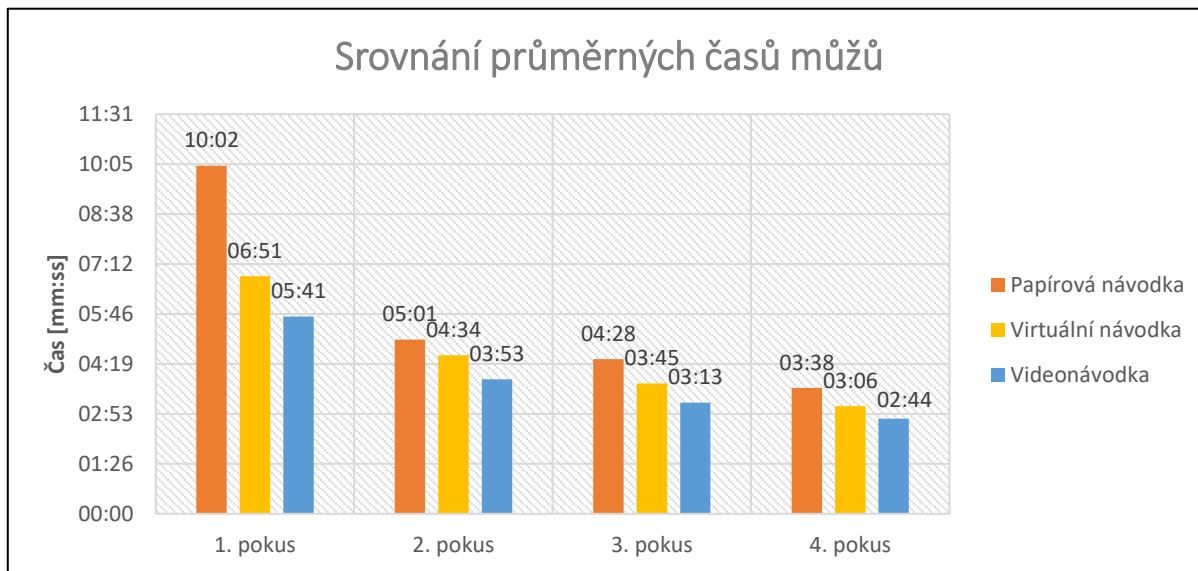
Při čtvrtém pokusu se časy všech tří metod výrazně přiblížily, nicméně nejlepší průměrný čas vykazuje opět videonávodka s hodnotou 2 minut a 53 vteřin.



Graf 7-1 Srovnání průměrných časů jednotlivých pokusů

7.2 Porovnání průměrných časů mužů

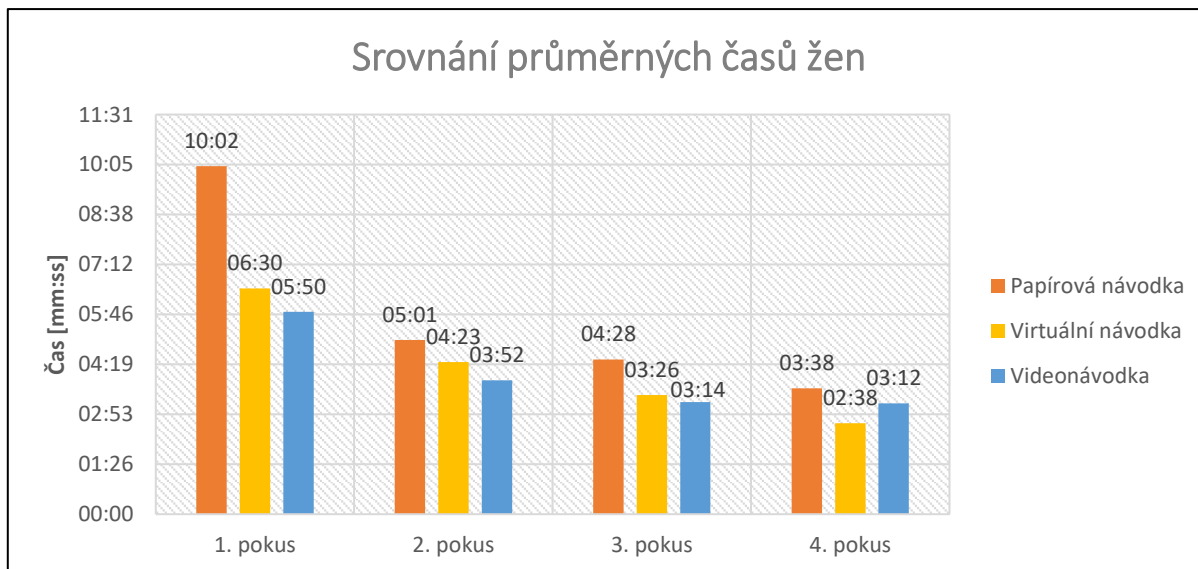
Při porovnání průměrných časů mužského pohlaví, je opět vidět sestupný trend doby montáže. U videonávodky trvá čtvrtý pokus 2 minuty a 44 vteřin a jedná se nejlepší průměrný čas. Nejvíce za videonávodkou zaostává papírová návodka a to i v čtvrtém pokusu o necelou minutu. Virtuální návodka se časem 3 minut a 6 vteřin přibližuje, ale i tak je pořád pomalejší o 22 vteřin.



Graf 7-2 Srovnání průměrných časů mužů

7.3 Porovnání průměrných časů žen

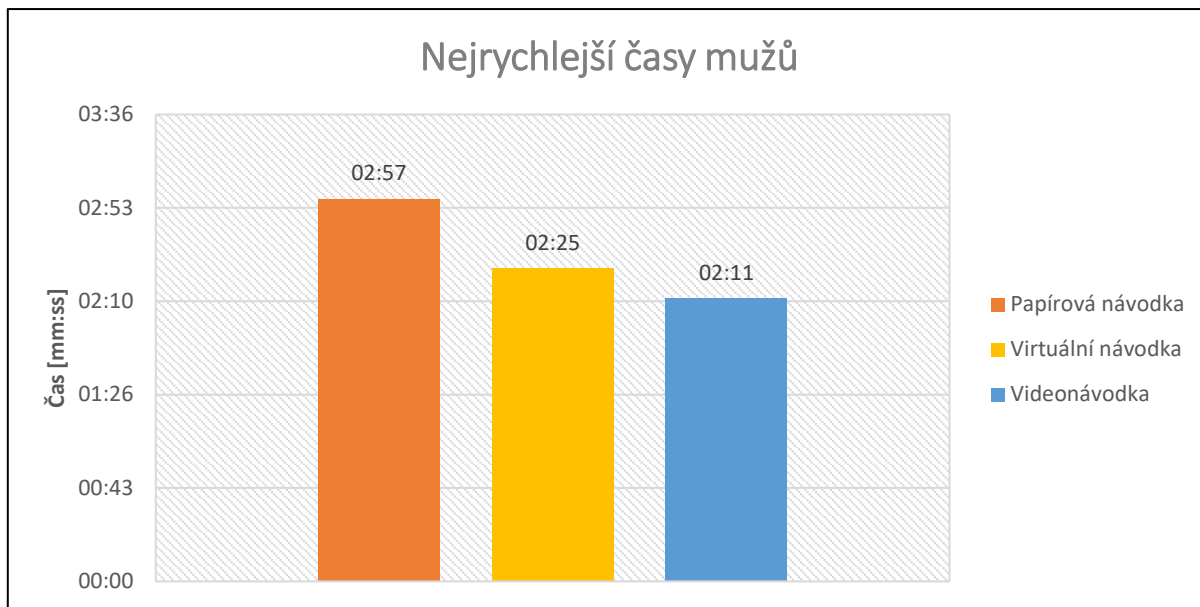
Ze srovnání průměrných časů ženského pohlaví je opět vidět největší časový rozdíl v prvním pokusu mezi papírovou návodkou a videonávodkou. U žen však nejlepší průměrný čas vychází u čtvrtého pokusu virtuální návodky a videonávodka ztrácí 34 vteřin. Toto je zapříčiněno abnormálně výrazným zlepšením mezi třetím a čtvrtým pokusem virtuální návodky.



Graf 7-3 Srovnání průměrných časů žen

7.4 Nejrychlejší čas mužů

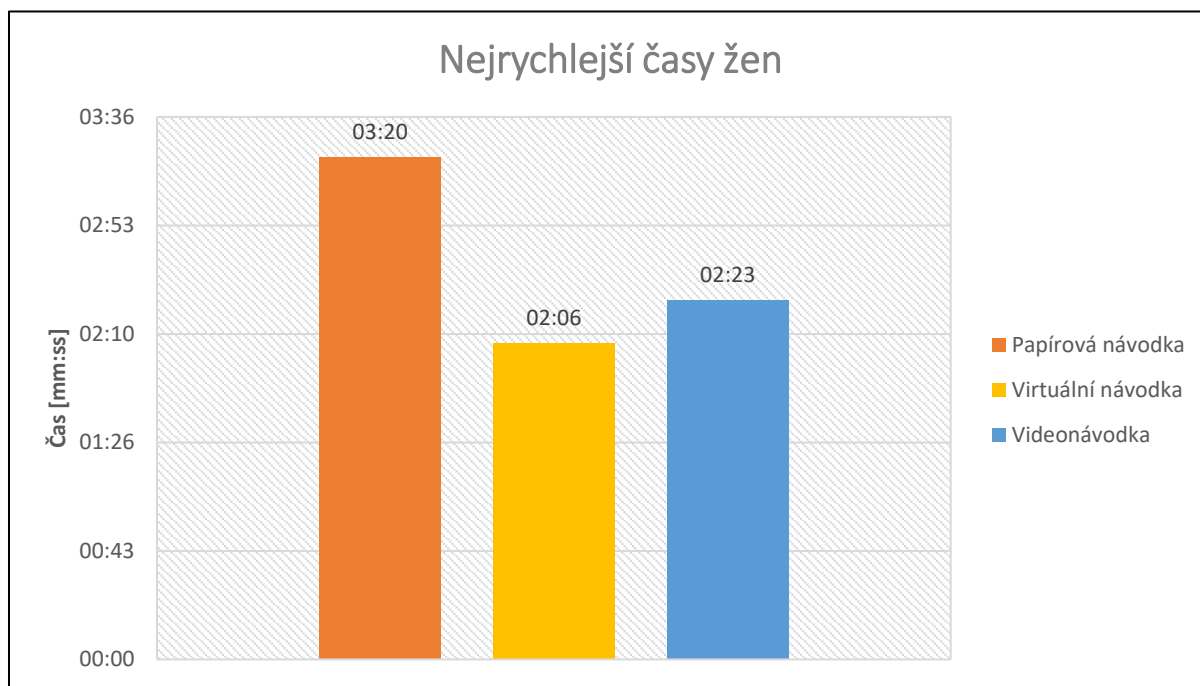
V dalším grafu je zobrazeno srovnání nejrychlejších časů kompletace mužů. Úplně nejrychlejší byla kompletace u muže používající videonávodku. Virtuální návodka ztrácí 14 vteřin, u papírové je rozdíl roven 46 vteřinám. Všech nejlepších časů bylo dosaženo ve čtvrtém pokusu.



Graf 7-4 Nejrychlejší čas mužů

7.5 Nejrychlejší čas žen

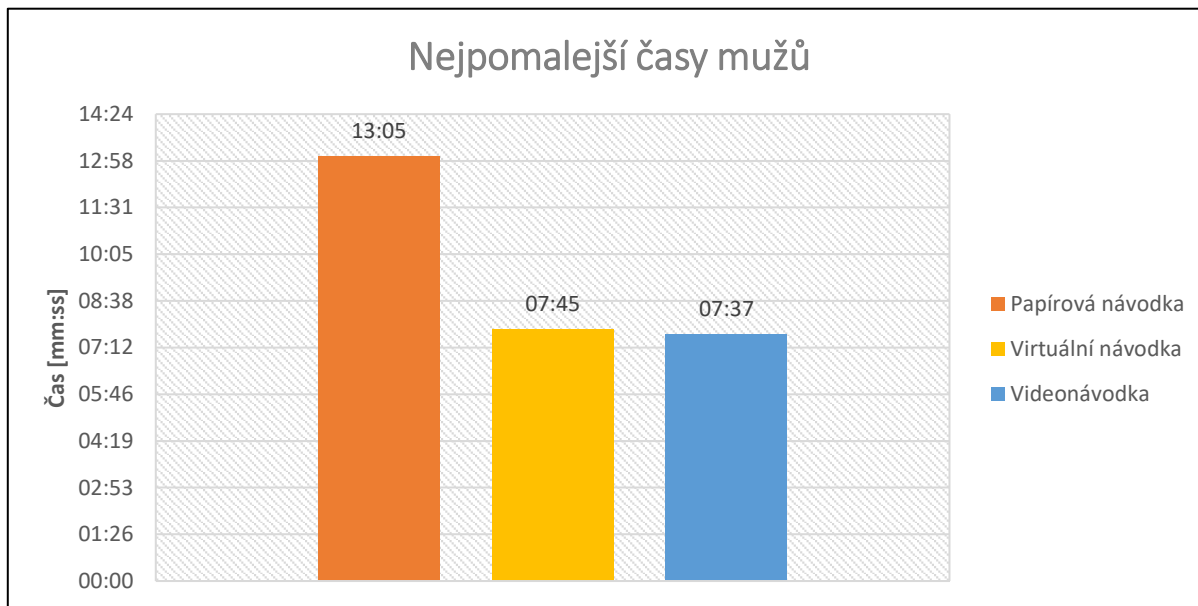
Nejlepší čas ženy byl dosažen za použití virtuální návodky, který byl roven 2 minutám a 6 vteřinám a videonávodka na tento čas ztrácí 17 vteřin. Propastný rozdíl je pak mezi těmito dvěma a zbylou papírovou návodkou, na videonávodku ztrácí papírová návodka rovných 57 vteřin.



Graf 7-5 Nejrychlejší čas žen

7.6 Nejpomalejší čas mužů

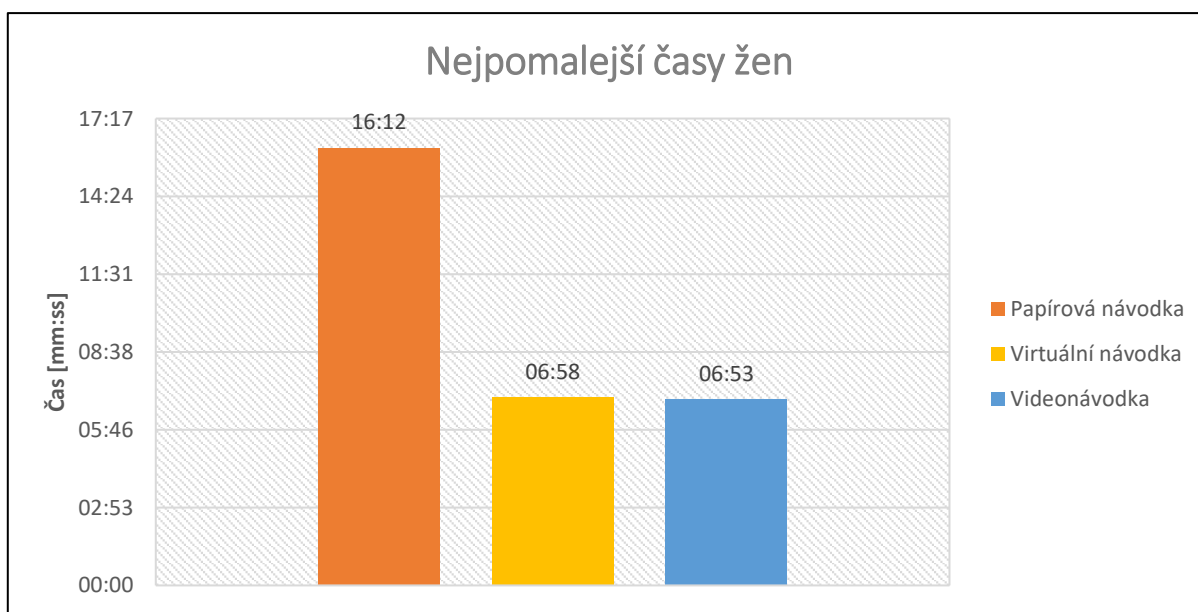
Co se t \acute{y} če nejpomalejšího času kompletace u mužů, tak nejlépe je na tom op \acute{e} t videon \acute{a} vodka s časem 7 a 37 vteřin, o 8 vteřin horší je virtuální n \acute{a} vodka a nejd \acute{e} lší čas 13:02 dosahuje kompletace za použit \acute{i} papírov \acute{e} n \acute{a} vodky. Tyto časy byly naměřeny v prvních pokusech a jsou zapříčiněné převážně seznamováním se s celou kompletací dřezového sifonu, ovládáním n \acute{a} vodky apod.



Graf 7-6 Nejpomalejší čas mužů

7.7 Nejpomalejší čas žen

Stejný v \acute{y} sledek jako u mužů přináší srovnání nejpomalejších časů kompletace sifonu u žen. Nejhůře je na tom op \acute{e} t papírov \acute{a} n \acute{a} vodka s časem 16:12, zbylé dvě n \acute{a} vodky výrazně rychlejší a mezi sebou jsou v rozmezí 5 vteřin, přičemž u videon \acute{a} vodky bylo dosaženo času 6:53. T \acute{e} chto časů bylo op \acute{e} t dosaženo v prvních pokusech kompletace.



Graf 7-7 Nejpomalejší čas žen

7.8 Porovnání časů přípravy a samotné montáže

Poslední porovnání se se týká doby potřebné na přípravu dílů a čisté montáže. V tomto roce je tvořena paralelní studie k této práci, která vychází také z práce Lucie Fejfarové. Štěpán Anděl se v této práci zabývá rozšířením virtuální návodky Lucie Fejfarové o prvky rozšířené reality.

Toto rozšíření je realizované nasvětlením pozic jednotlivých dílů, použitých v aktuálním kroku montáže. V praxi tedy testovaný subjekt na monitoru vidí daný krok montáže (virtuální modely jednotlivých součástí, stejně jako tomu bylo u Lucie Fejfarové) a zároveň jsou osvětleny červeně pozice těchto součástí na montážním pracovišti. Toto by mělo přinést efekt dalšího možného zrychlení a usnadnění práce při montáži. [41]

Jelikož videonávodka žádné prvky rozšířené reality neobsahuje, nebylo by možné časy mezi sebou porovnat. Proto v této i v práci Štěpána Anděla byl proveden experiment u jednoho testovaného subjektu odlišně. Testovaný dostal v obou případech navíc instrukce o provádění kompletace. Musel postupovat tak, že jako první si vždy musel připravit díly potřebné na daný krok montáže a položit je před sebe na montážní desku. Když měl připravené všechny díly daného kroku, mohl začít sestavovat díly dohromady.

Časy potřebné na přípravu dílů a čisté montáže byly měřeny zvlášť a každý testovaný subjekt provedl kompletaci celkově dvakrát, aby byl vidět i trend časů jednotlivých pokusů.

Srovnání je vidět na následujícím grafu: Graf 7-8. Graf je rozdělen na tři pole, která se týkají celkového času kompletace, přípravy dílů a čisté montáže. Každé pole obsahuje čtyři sloupce, přičemž první dva sloupce se týkají videonávodky a druhé dva virtuální návodky Štěpána Anděla.

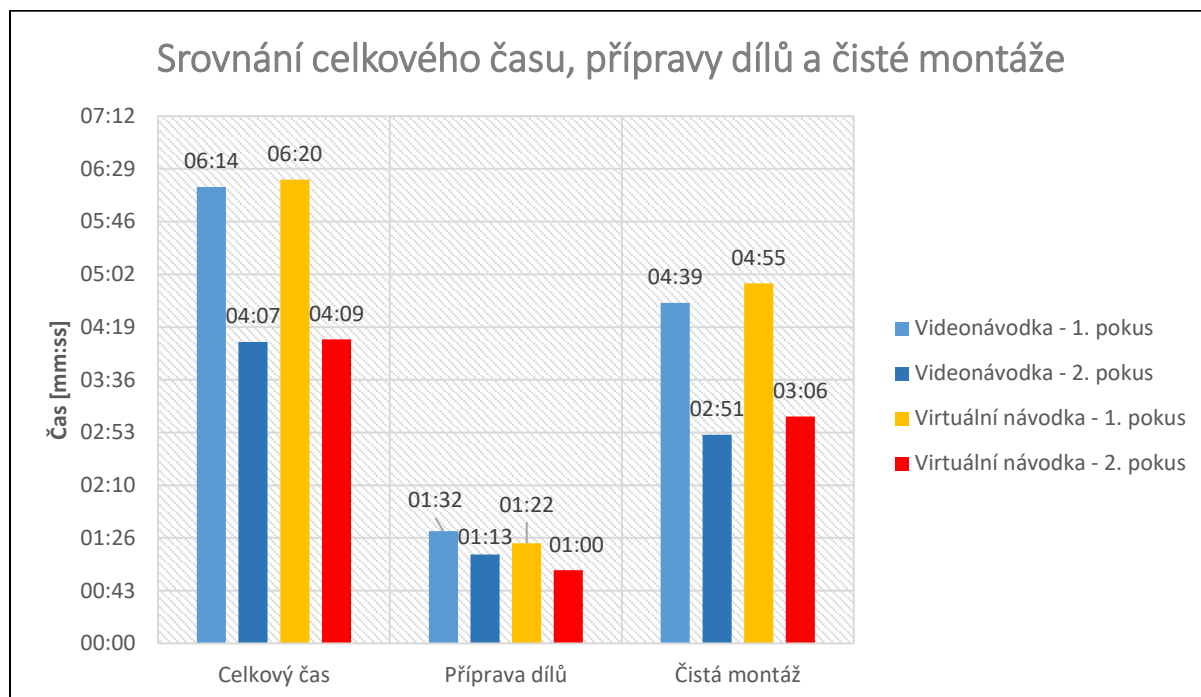
V prvním poli je vidět, že testovaný subjekt používající videonávodku byl v obou pokusech kompletace rychlejší než ten, který měl k dispozici virtuální návodku. První pokus za použití videonávodky byl rychlejší o 6 vteřin druhý pouze o 2 vteřiny.

V druhém poli je vidět čas strávený testovanými přípravou dílů. Zde dosahuje lepšího výsledku virtuální návodka s prvky rozšířené reality oproti videonávodce, ve které jsou zobrazeny pouze obrázky pracoviště s označenými pozicemi jednotlivých dílů (viz. Obrázek 3-7 Ukázka finální návodky v kapitole 3.3). Použití osvětlení pozic přináší časové zrychlení o 10 vteřin v prvním pokusu a o 13 vteřin ve druhém.

V posledním sloupci je zobrazen čas čisté montáže, tedy samotné sestavování dílů dřezového sifonu. Montáž probíhá rychleji u videonávodky a to v obou pokusech. V prvním pokusu je čas lepší o 16 vteřin a v druhém pokusu o 15 vteřin. Je tedy patrné, že pro uživatele je montáž dílů ve videonávodce lépe pochopitelná.

Toto poslední srovnání ukazuje nejlépe potenciál vlastní videonávodky a to tedy, že pro uživatele je velmi dobře pochopitelná a testovaný s touto návodkou dokáže rychleji sestavovat dřezový sifon i než s virtuální návodkou. Zároveň lze ale říci, že by se dala také obohatit o prvky rozšířené reality spojené s přípravou dílů, které by mohly celkovou dobu ještě více zkrátit.

Srovnání bylo provedeno pouze u dvou testovaných subjektů kvůli výrazně vyšší náročnosti na měření a také byly takto změřeny pouze první dva pokusy testovaného subjektu, protože v následujících pokusech by se přípravou dílů pouze zdržoval. Od následujících pokusů dochází u většiny testovaných k zapamatování si určitých kroků nebo operací montáže a začínají se projevovat s tím spojené automatismy vybírání dílů apod. Výsledné rozdíly mezi použitými návodkami by se snižovaly a nebyly by tak výrazné.



Graf 7-8 Srovnání celkového času, přípravy dílů a čisté montáže (data přejatá z [41])

7.9 Zhodnocení využití návodek

Při zhodnocení využití návodek je třeba brát v úvahu bezesporu více faktorů, jako jsou počáteční náklady, časová náročnost vytvoření samotné návodky, možnosti realizace návodky na pracovišti apod.

Papírová návodka, je jednoznačně finančně nejméně náročná. Není k ní třeba žádných speciálních programů a sestavit takovou návodku dokáže kdokoliv. I z pohledu časové náročnosti se nejedná o zdlouhavý proces. Co se týče úprav montážního pracoviště, opět není třeba radikálních změn a úprav. K samotnému vytvoření návodky stačí mít k dispozici pouze fotoaparát k nafocení jednotlivých kroků a poté může být sestaven finální manuál např. v programu Microsoft Office Word, jehož ovládání patří k základním znalostem práce na počítači. [40]

Vytvoření virtuální návodky je proti papírové návodce časově náročnější. Je zapotřebí speciálních softwarů umožňujících práci s virtuálními modely. Modely je třeba v nějakém programu vytvořit a dále přenést do softwaru umožňujícího vytvoření animací montážních operací. Z tohoto vyplývá, že člověk, který by měl vytvořit virtuální návodku, musí být schopen ovládat tyto programy a samozřejmě by s nimi měl mít již nějaké zkušenosti. Neobejde se jistě bez znalostí programování. Lze tedy říci, že ne každý je schopen vytvořit virtuální návodku, což se odrazí i na počátečních nákladech možné realizace. Podnik je nucen zaplatit si např. externistu pro vytvoření, zaplatit licence potřebných softwarů, proškolení zaměstnanců na ovládání výsledné návodky. Výhodou samozřejmě je nesporné zkrácení časů montáže, které jsou vidět v kapitole 7. [40]

Kvůli záporům předchozích dvou způsobů vytvoření návodky vznikla videonávodka. V porovnání s papírovou návodkou přinesla výrazné zkrácení celkové doby montáže stejně jako návodka virtuální. Průměrný čas při první kompletaci byl roven 5:44, kdežto u papírové byla jeho hodnota 11:18, což přináší časovou úsporu skoro o polovinu. Nevýhodou oproti papírovému návodu je nutnost opatřit pracoviště displejem pro zobrazení videonávodky.

Samotná náročnost vytvoření návodky je vyšší než u papírové návodky. Zároveň oproti virtuální návodce je třeba kamery k natočení montážních operací a následně videa upravit a sestavit do jednoho manuálu. Stříh a úpravy videa nebyly složité a postačil software Microsoft Movie Maker, který díky velmi intuitivnímu ovládní zvládne ovládat běžný uživatel počítače. Pro sestavení návodu byl použit nástroj Microsoft PowerPoint, opět pro svou jednoduchost vzhledem k vytvoření ale i ovládní během testování. S tímto řešením testované subjekty neměly žádný problém.

V testovaných podmínkách v porovnání s virtuální návodkou se videonávodka jeví také jako lepší, jelikož testované subjekty dosahují lepších časů, až na drobné výjimky v průměrném čase 4. pokusu žen a také v nejrychlejším čase ženy. Výhodou je také nižší časová náročnost i složitost vytvoření samotného manuálu.

V kapitole 7.8 je věnována pozornost dobám přípravy dílů a čisté montáže. Změřené časy v této práci byly srovnány s paralelní studií Štěpána Anděla, která využívá prvků rozšířené reality. Tato vylepšení virtuální návodky přinesla zkrácení doby potřebné na přípravu dílů, nicméně pracoviště muselo být opatřeno dalším zobrazovacím nástrojem pro nasvícení pozic (v tomto případě dataprojektorem). Otázkou zůstává, zda by se tato úprava pracoviště v reálném případě vyplatila, jelikož přináší časové zkrácení v řádech několika vteřin, které jsou naopak zase ztraceny při vlastní montáži a výsledné časy virtuální návodky a videonávodky jsou téměř totožné (viz. Graf 7-8 Srovnání celkového času, přípravy dílů a čisté montáže).

Videonávodka přináší zrychlení v zaučení pracovníka. Čím rychleji je pracovník zaučen, tím dříve je schopen vykonávat vlastní práci. Pokud pracovník sestavuje více druhů výrobků, takto vytvořené manuály velmi urychlují celý proces. Další výhodou je zobrazení návodky, může ji zároveň využívat více pracovníků na více pracovištích. U papírové návodky to tak může být také, nicméně musí být k dispozici její kopie, rizikem jsou ztráty, poškození návodky nebo např. změny v návodu, kvůli kterým se návodka musí vytisknout znova. Oproti tomu u videonávodu se jen nahraje nová verze s určitými změnami.

Hlavními přínosy videonávodky jsou tedy zkrácená doba potřebná pro montáž, rychlejší zaškolení pracovníků na dané pozici, zvýšení výkonnosti pracovníků, usnadnění práce a univerzálnost použití. Nevýhodou jsou počáteční náklady spojené s vytvořením návodky, ale např. i úpravou pracoviště pro její zobrazení.

8 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala porovnáním přístupů pro tvorbu virtuálních návodků. V úvodu této práce byly definovány základní cíle této práce. Ve druhé kapitole je soustředěna pozornost na analýzu současného stavu. Byly popsány základní pojmy spojené s virtuálními návodkami. V této rešeršní části jsou popsány moderní technologie zobrazení, a také je vysvětlen samotný pojem návodky. V závěru této části jsou popsány reálné příklady využití virtuálních návodků v běžné praxi a také byly představeny hypotézy, kvůli kterým byly virtuální návodky podrobeny analýze v následující části.

Druhým hlavním cílem bylo vytvoření vlastní návodky. V této části je popsána přípravná část od vytváření návodky, přes popis metodiky testování, k popisu výchozí studie, kvůli které tato práce také vznikla.

Následuje kapitola zaměřená na samotné testování návodky a vyhodnocení dat. Měření probíhala na studentech fakulty strojí a fakulty ekonomické. Předmětem montáže byl dřezový sifon A441P. Celkově bylo podrobeno experimentálnímu měření 17 studentů. Měření probíhala bez problémů a stihla se provést v jednom týdnu.

Z naměřených dat byly vytvořeny souhrnné tabulky a grafy. K tomu byl použit program Microsoft Excel. Výsledné přehledy ukazují časy jednotlivých montážních operací a také poskytují informaci o celkových dobách montáže testovaných subjektů.

Posledním cílem této práce bylo porovnání naměřených dat s výchozí studií Lucie Fejfarové. Dle metodiky byly vytvořeny srovnávací grafy jednotlivých přístupů pro všechny zúčastněné, ale i pro muže a ženy rozděleně. Z této analýzy se jevílo jako nejlepší řešení za stanovených podmínek použití videonávodky. Tomuto zhodnocení se věnuje kapitola 7.

Každá společnost uvažující o použití virtuálních návodků se musí rozhodnout, která z variant je pro ni výhodnější. Záleží na více parametrech např. na montážních nástrojích, na sestavovaném produktu apod. než jen na samotné návodce. S virtuálními návodkami je třeba zhodnotit počáteční investici do softwarového a hardwarového vybavení pro vytvoření návodky, ale také náklady spojené s uzpůsobením montážního pracoviště pro její použití.

Z výsledků testování jsou jasně vidět přínosy, které videonávodky mohou přinést a byly potvrzeny prognózy z počáteční analýzy. Pracovník je veden k sestavení výrobku intuitivně, nemá prostor pro zapojení představivosti a dosahuje nižších časů kompletace, než pracovník používající papírovou nebo virtuální návodku s animacemi 3D modelů. Tím lze říci, že s použitím videonávodků se zkracuje doba zaškolení nových pracovníků, zvyšuje se výkonnost, dochází k úbytku vytváření chyb a výrazně je usnadněna celá práce montážního operátora.

Videonávodka vytvořená pro měření vykazuje výrazné zrychlení kompletace u všech testovaných subjektů, nicméně prostorem pro další zlepšování by mohlo být např. zakomponování prvků rozšířené reality pro označení výběru aktuálně sestavovaných dílů. Otázkou zůstává, zda by toto vylepšení přineslo tak výrazné zlepšení, které by se vyplatilo i s ohledem na investici spojenou s potřebným hardwarovým vybavením pro rozšířenou realitu.

9 Citovaná literatura

- [1] PETRŮ, Jana; ČEP, Robert. *Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montážních prací* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2707-0.pdf>.
- [2] *Činnosti při montáži* [online]. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/docs-images/54/34704455/images/18-0.png>.
- [3] ZVIEFELHOFER, Luboš. *Rozšíření možností a zefektivnění linky pro montáž a kontrolu aktuátoru*. Plzeň, 2016. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [4] *Reality-virtuality-continuum* [online]. [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.researchgate.net/publication/282840597/figure/fig1/AS:393389653676032@1470802810380/Figure-1-Milgram%27s-reality-virtuality-continuum-Milgram-Kishino-1994.png>.
- [5] ABDULLAHI, Khullani M.. *The Reality-Virtuality Continuum* [online]. 2016 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://medium.com/@Khullani/the-reality-virtuality-continuum-db166a704c01>.
- [6] *Kinect Adventures* [online]. [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: http://ostrvosablagom.rs/wp-content/uploads/2017/02/kinect-adventures-for-xbox-360-1277997986_msv.jpg.
- [7] GLOCKNER, Holger, JANNEK, Kai, MAHN, Johannes, THEIS, Björn. *Augmented Reality In Logistics* [online]. 2014 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/csi_augmented_reality_report_290414.pdf.
- [8] *Plavecký závod* [online]. [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://sportsmarketinglab.files.wordpress.com/2016/08/katie-ledecky-world-record-line.jpg>.
- [9] AZUMA, Ronald T.. *A Survey of Augmented Reality* [online]. 1997 [cit. 2017-12-3]. Dostupné z: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>.
- [10] *Aplikace AR na PC* [online]. [cit. 2017-12-3]. Dostupné z: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2011/05/19/8462670/London.jpg>.
- [11] *Aplikace AR na tabletu* [online]. [cit. 2017-12-3]. Dostupné z: http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/dam_images/pi9720/1-aa-21208_img_h900.jpg.
- [12] *HMD from Cinoptics* [online]. [cit. 2017-12-3]. Dostupné z: <http://cinoptics.com/wp-content/uploads/2014/09/Visette-45-VST-SXGA-600x300.jpg>.
- [13] *Stacionární displej společnosti Lego* [online]. [cit. 2017-12-3]. Dostupné z: <http://i.pinimg.com/originals/8f/97/b7/8f97b7d49f16a5e93a5f0e915973231b.jpg>.
- [14] KNÍŽEK, Martin. *Rozšířená realita změní logistické procesy* [online]. 2014 [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: <http://logistika.ihned.cz/c1-62550720-rozsirena-realita-zmeni-logisticke-procesy>.

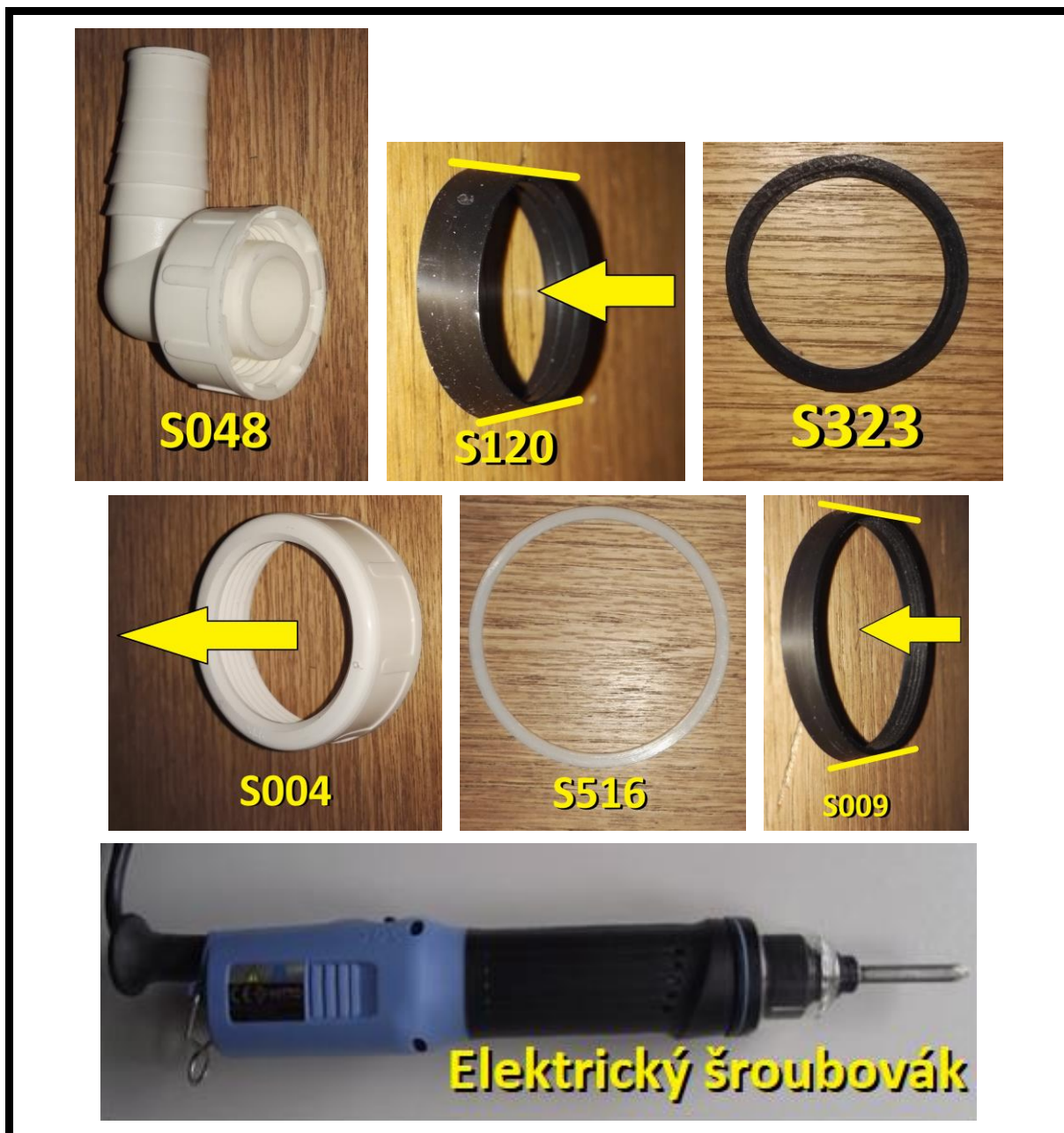
- [15] *Microsoft HoloLens* [online]. 2017 [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: <http://www.itpro.co.uk/mobile/24780/microsoft-hololens-release-date-rumours-specs-pricing-microsoft-is-creating-ai-chips>.
- [16] *HoloLens* [online]. [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: http://compass-ssl.surface.com/assets/f5/2a/f52a1f76-0640-4a37-a650-51b0902f8427.jpg?n=Buy_Panel_1920.jpg.
- [17] *Pros and Cons of Google Glass* [online]. 2016 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.esoftload.info/pros-cons-of-google-glass>.
- [18] KIVIT, John. *Google Glass disadvantages* [online]. 2014 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.shareforce.eu/en/blog/google-glass-disadvantages>.
- [19] *Google glass* [online]. [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: http://www.notebookcheck.net/fileadmin/Notebooks/News/_nc3/Glass_Enterprise_Edition.png.
- [20] *Head-mounted Displays* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2707-0.pdf>.
- [21] *HTC Vive* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <https://thinkmobiles.com/blog/best-vr-hardware/>.
- [22] *Virtuální realita* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/virtualni-realita>.
- [23] *Projectors Based CAVE* [online]. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://cb.nowan.net/blog/state-of-vr/state-of-vr-displays/>.
- [24] *How to write work instructions* [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://www.gluu.biz/how-to-write-work-instructions/>.
- [25] BELUŠKO, Matúš; HEGEDŮŠ, Matúš; FEDORKO, Gabriel. *Creating Visual Work Instructions to Ensure Safe and Fluent Operation of the Semi-Automatic Production Lines* [online]. 2016 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/312258950_Creating_Visual_Work_Instructions_to_Ensure_Safe_and_Fluent_Operation_of_the_Semi-Automatic_Production_Lines.
- [26] POMMER, Søren. *How to create visual work instructions* [online]. 2017 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.gluu.biz/visual-work-instructions/>.
- [27] *Ukázka papírové návodky* [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.lean.org/common/display/?o=2189>.
- [28] WEBER, Austin. *Visual Work Instructions and the Paperless Factory* [online]. 2014 [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/91946-visual-work-instructions-and-the-paperless-factory>.
- [29] *BMW: augmented reality to help with car repairs* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <https://www.designboom.com/cars/bmw-augmented-reality-to-help-with-car-repairs/>.

- [30] *Virtual Technologies* [online]. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/en/group/research/virtual-technologies.html>.
- [31] *Volkswagen's MARTA AR app* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <https://blog.metavision.com/the-science-behind-augmented-reality-hardware-part-1-field-of-view-displays-and-ocularity>.
- [32] STATT, Nick. *Boeing is using Google Glass to build airplanes* [online]. 2016 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2016/7/14/12189574/boeing-google-glass-ar-building-airplane-parts>.
- [33] *Common Augmented Reality Platform (CAP) From Bosch* [online]. 2017 [cit. 2017-12-4]. Dostupné z: <http://www.boschautoparts.com/en/news/quarterly-news/first-qtr-2017/augmented-reality>.
- [34] *Ukázka návodky společnosti Bosch* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: https://is5-ssl.mzstatic.com/image/thumb/Purple5/v4/89/47/60/894760ba-b25c-916b-c511-75147e145774/pr_source.PNG/643x0w.jpg.
- [35] *Ukázka návodky od Picomto* [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.picomto.com/en/examples/>.
- [36] *Fast, accurate visual work instructions delivered instantly throughout your organization.* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <https://easeinc.beaconquality.com/products/visual-work-instructions>.
- [37] *Digital Work Intructions* [online]. [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <https://www.vksapp.com/ressources/use-cases/digitalworkinstructions>.
- [38] CAMILLO, Jim. *Visual Instructions Aid Assembly of Autonomous Vehicles* [online]. 2015 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/92723-visual-instructions-aid-assembly-of-autonomous-vehicles?v=preview>.
- [39] *Sifon dřezový s nerezovou mřížkou* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.alcaplast.cz/vyroby/sifony/drezove-sifony/drezove-sifony-s-vypusti-s-pripojkou/a441p-50-40-detail>.
- [40] FEJFAROVÁ, Lucie. *Využití virtuálních montážních návodků*. Plzeň, 2017. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [41] ANDĚL, Štěpán. *Realizace a validace virtuálních návodků*. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni (zatím nepublikováno).


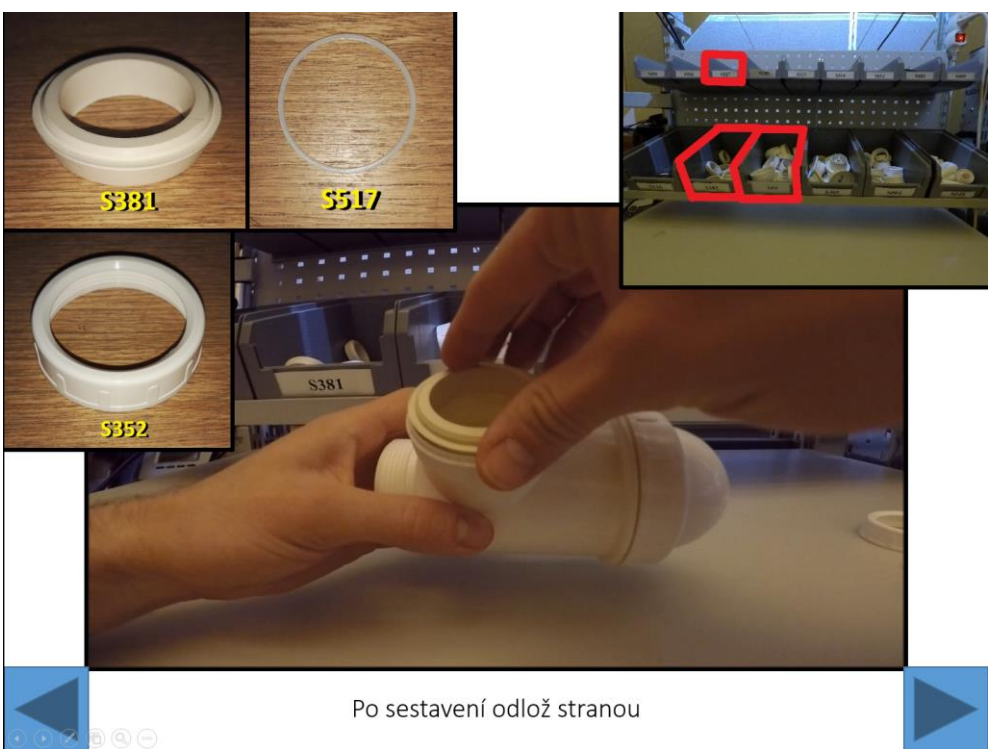
10 Přílohy

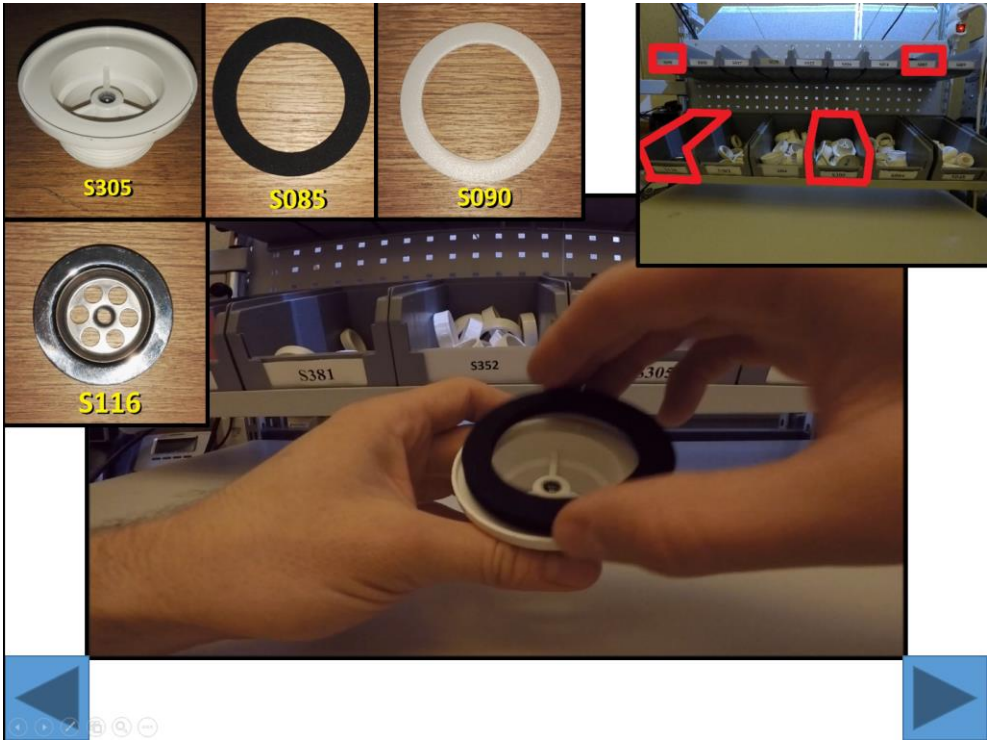
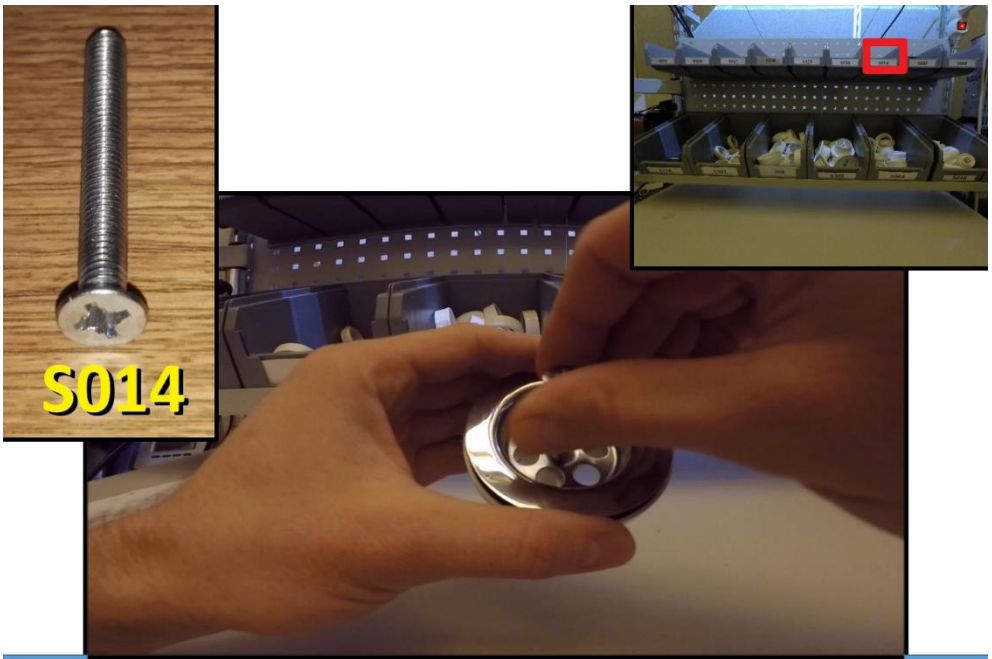
Příloha č. 1 : Potřebné díly a nářadí pro montáž dřezového sifonu


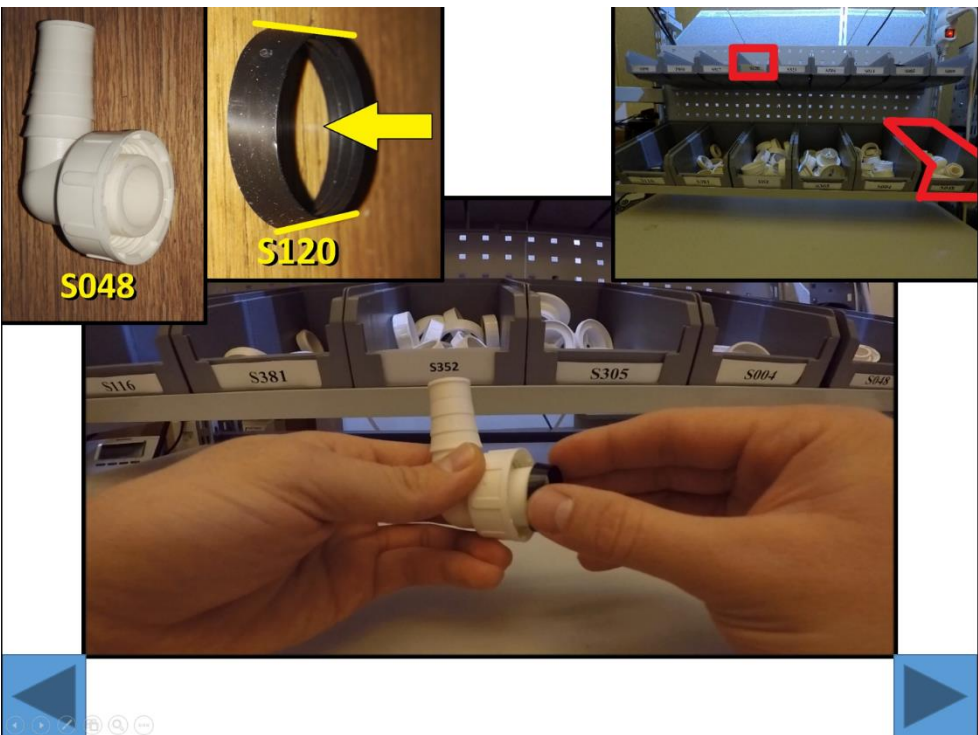




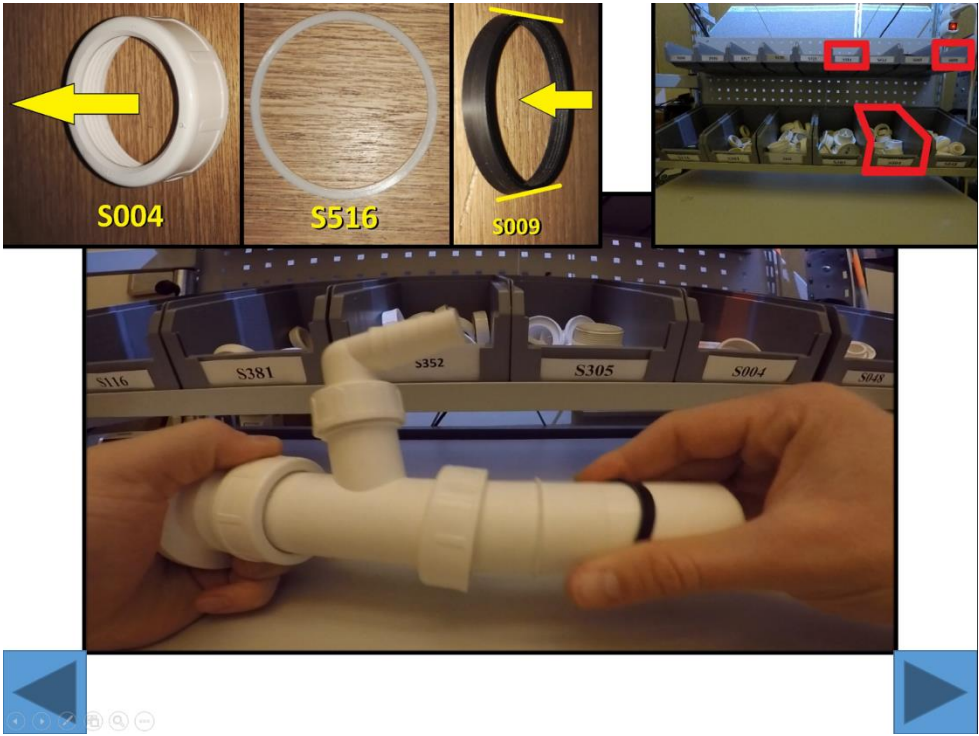
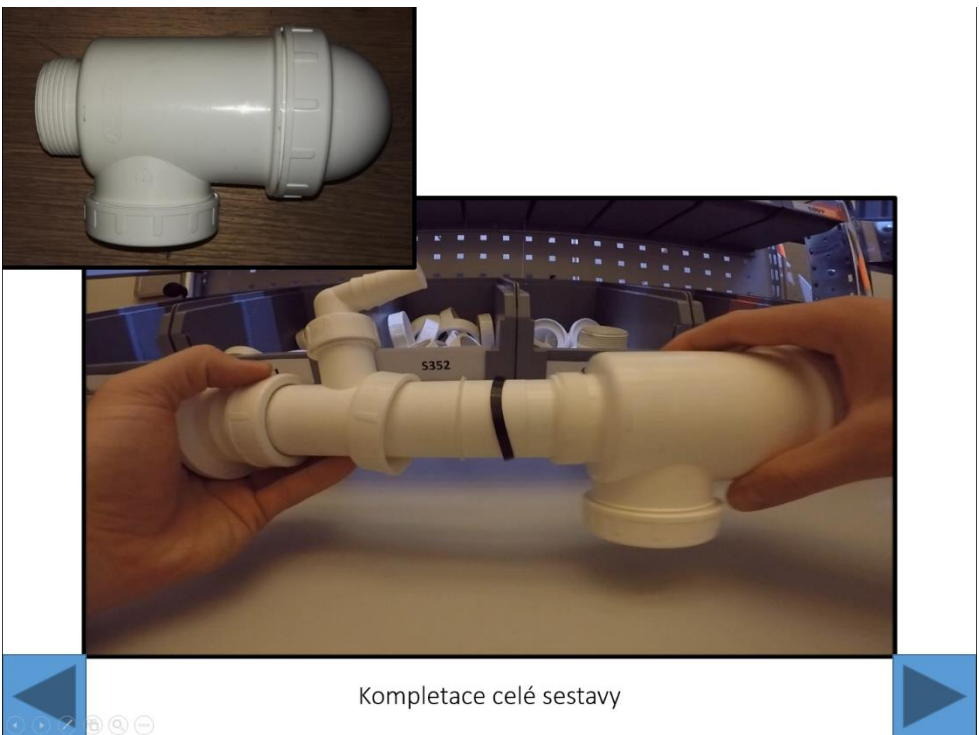
Příloha č. 2 : Postup kompletace dle videonávodky

<p>1.</p>	<p>Zašroubuj S354 do S353</p>	 <p>Použij díly S353 a S354 z regálu vpravo</p>
<p>2.</p>	<p>Vlož těsnění S381, S517 a zašroubuj S352</p>	 <p>Po sestavení odlož stranou</p>

3.	Do S305 vlož postupně S085, S090 a S116	
4.	Zašroubuj S014	 <p data-bbox="555 1697 1230 1731">Ručně zašroubuj na 3 závity, poté použij elektrický šroubovák</p>

5.	Do dílu S363 vlož klapku P050	 <p>Použij díl S363 z regálu vpravo</p>
6.	Do dílu S048 vlož těsnění S120	

7.	Zkompletuj sestavy	<p>Kompletace sestav předchozích dvou kroků</p>
8.	Na sestavu nasad' těsnění S323 a zašroubuj piletu	<p>S323</p>

9.	Na sestavu umístí postupně díl S004, S516 a S009	
10.	Zkompletuj celou sestavu	 <p data-bbox="758 1686 1023 1720">Kompletace celé sestavy</p>

11.	Zkontroluj celou sestavu	<p data-bbox="609 264 1173 318">Složený dřezový sifon A441P</p>    
-----	--------------------------	--

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum:

.....

Podpis diplomanta

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že jí uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis