

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití virtuálních montážních návodek

Autor: **Bc. Lucie Fejfarová**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.**

Akademický rok 2016/2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie FEJFAROVÁ**
Osobní číslo: **S15N0006P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Název tématu: **Využití virtuálních montážních návodů**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Virtuální montážní návody - přehled současného stavu
2. Přehled hardwaru a softwaru pro virtuální návody
3. Tvorba vybrané návody
4. Porovnání navrhovaného řešení s klasickými návody

Rozsah grafických prací: 0 výkresů
Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P., KURKIN, O. *VYZTYMDP : Virtuální realita: úvodní úroveň, e-book*. Plzeň: ZČU, 2012. ISBN 978-80-87539-07
2. HOŘEJŠÍ, P., GÖRNER, T., KURKIN, O. *VYZTYMDP : Virtuální realita: základní úroveň, e-book*. Plzeň: ZČU, 2012. ISBN 978-80-87539-07
3. SCHMALSTIEG, D., HOLLERER, T. *Augmented reality: principles and practice*. Boston: Addison-Wesley, 2016. Addison-Wesley usability and HCI series. ISBN 0321883578

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Polcar
Regionální technologický institut
Datum zadání diplomové práce: 19. září 2016
Termín odevzdání diplomové práce: 2. června 2017



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2016

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Doc. Ing. Pavlu Kopečkovi, CSc. a Ing. Jřímu Polcarovi za vstřícnost, trpělivost, odborné rady a cenné připomínky, kterými přispěli k vypracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala všem dobrovolníkům za jejich ochotu a čas, který strávili nad experimenty.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Fejfarová	Jméno Lucie	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Kopeček, CSc.	Jméno Pavel	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Využití virtuálních montážních návodek		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	89	TEXTOVÁ ČÁST	69	GRAFICKÁ ČÁST	20
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem bylo vytvoření virtuální návodky, která sníží doposud potřebný čas na zaškolení nových zaměstnanců a tím se dosáhne zvýšení pracovní výkonnosti, snížení možných chyb a z toho plynoucí ulehčení práce díky eliminaci nevhodné montáže a následné demontáže součástí. Čím kratší bude zaškolení nových zaměstnanců, tím dříve budou moci plnohodnotně vykonávat svoji práci a produkovat bezchybné výrobky. Tyto návodky jsou také vhodné, pokud se člověk dostane do neznámé situace a má vykonat nějaký postup práce poprvé v životě.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>montážní návodka, papírová návodka, virtuální návodka, montáž</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Fejfarová	Name Lucie	
FIELD OF STUDY	2301T007 Industrial Engineering and Management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Kopeček, CSc.	Name Pavel	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Using of virtual instructions for assembling		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	89	TEXT PART	69	GRAPHICAL PART	20
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim was to create virtual instructions which will reduce the time needed to train new employees in order to improve work performance, reduce mistakes, and relieve work by eliminating inappropriate assembly and dismantling of components. The time of training for new employees will be shorter. These guides are also appropriate if you get into an unknown situation and have to do some work for the first time in your life.
KEY WORDS	assembly instructions, paper instructions, virtual instructions, assembly

Obsah

Úvod	17
1 Virtuální a rozšířená realita	18
1.1 Virtuální realita	18
1.2 Rozšířená realita	19
1.3 Historie	20
2 Oblasti využití	22
2.1 Architektura	22
2.2 Armáda	23
2.3 Automotive	23
2.4 Logistika	24
2.5 Marketing	25
2.6 Medicína	26
2.7 Návodky	26
2.8 Televizní vysílání	28
2.9 Trénink	29
2.10 Vzdělání	29
2.11 Zábava	30
2.11.1 Hry	30
2.11.2 filmy	30
2.12 Očekávaný vývoj	31
3 Přehled hardwaru pro virtuální a rozšířenou realitu	32
3.1 Kapesní zařízení (Handheld Devices)	32
3.2 Pevně stojící systémy (Stationary AR Systems)	32
3.3 Prostorové systémy (Spatial Augmented Reality (SAR) Systems)	32
3.4 Náhlavní displeje (Head-mounted Displays – HMDs)	33
3.5 Chytré brýle (Smart glasses)	33
3.5.1 Google Glass	33
3.5.2 Vuzix M100 Smart Glasses	34
3.5.3 Vuzix STAR 1200XLD	34

3.5.4	Český chytré brýle.....	34
3.5.5	Microsoft – brýle pro nevidomé.....	35
3.6	Brýle pro virtuální realitu	35
3.6.1	Oculus Rift.....	35
3.6.2	Samsung Gear VR.....	35
3.6.3	AntVR.....	36
3.7	Brýle pro rozšířenou realitu	36
3.7.1	Microsoft Hololens.....	36
3.7.2	Meta.....	36
3.7.3	SmartEyeGlass	37
3.7.4	Telepathy One.....	37
3.8	Kontaktní čočky	37
3.9	Head-up displeje s rozšířenou realitou	38
4	Přehled softwaru pro virtuální návodky.....	39
4.1	Unifeye Desing.....	39
4.2	Unity 3D	39
4.3	Vuforia.....	40
4.4	ARToolKit	40
5	Představení montážního pracoviště	42
6	Tvorba návodek	43
6.1	Tvorba papírové návodky	44
6.2	Tvorba virtuální návodky	46
7	Testování návodek.....	49
7.1	Testování papírové návodky.....	49
7.1.1	Měření číslo 1	49
7.1.2	Měření číslo 2	51
7.1.3	Měření číslo 3	55
7.1.4	Měření číslo 4	56
7.2	Testování virtuální návodky	60
7.2.1	Měření číslo 1	60
7.2.2	Měření číslo 2	63
8	Poznátky a shrnutí návodek.....	69

8.1	Poznatky a shrnutí papírové návodky.....	69
8.2	Poznatky a shrnutí virtuální návodky.....	75
8.3	Využití papírové návodky versus virtuální.....	82
9	Statistické vyhodnocení	84
10	Závěr	85

Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka využití virtuální reality [4]	18
Obr. 2 Ukázky využití rozšířené reality [9]	19
Obr. 3 Propojení realit [11].....	20
Obr. 4 Vlevo první letecký simulátor Link Trainer, vpravo první virtuální brýle Telesphere Mask [12].....	20
Obr. 5 Ukázka využití v architektuře [48]	22
Obr. 6 Možnosti využití v armádě [15]	23
Obr. 7 Využití v automotive [19]	24
Obr. 8 Oblasti využití v marketingu [13, 20].....	26
Obr. 9 Zařízení pro využití rozšířené reality [21]	27
Obr. 10 Montážní návodky [21]	27
Obr. 11 Využití rozšířené reality ke sledování skladových zásob [50].....	28
Obr. 12 Příklady využití rozšířené reality v televizním vysílání [10, 16, 36, 37].....	29
Obr. 13 Natáčení filmu Avatar [1]	30
Obr. 14 Kapesní zařízení[20]	32
Obr. 15 Pevně stojící systémy [20]	32
Obr. 16Prostorové systémy [20]	32
Obr. 17Ukázka náhlavního displeje [20]	33
Obr. 18 Ukázka chytrých brýlí[20]	33
Obr. 19 Google Glass[23].....	33
Obr. 20 Ukázka brýlí VuzixM100 a STAR 1200XLD [23]	34
Obr. 21 Brýle od vědců z Vysokého učení technického v Brně [25].....	34
Obr. 22 Brýle Oculus Rift[22]	35
Obr. 23 Brýle Samsung Gear VR[22]	35
Obr. 24 Brýle AntVR [15]	36
Obr. 25 Brýle Microsoft Hololens[22]	36
Obr. 26 Brýle Meta [22]	36
Obr. 27 Brýle SmartEyeGlass[22].....	37
Obr. 28 Brýle Telepathy One[22]	37
Obr. 29 Kontaktní čočky [20]	38
Obr. 30 Head-up displej[3]	38
Obr. 31 Montážní pracoviště [vlastní zpracování]	42

Obr. 32 Sifon dřezový A441P [vlastní zpracování]	43
Obr. 33 Schéma jednotlivých částí sifonu [vlastní zpracování podle 47]	43
Obr. 34 Rozložení jednotlivých dílů v plastových boxech I [vlastní zpracování]	45
Obr. 35 Rozložení jednotlivých dílů v plastových boxech II [vlastní zpracování]	46
Obr. 36 Ukázka rozpracované verze ze softwaru UNITY 3D [vlastní zpracování]	48
Obr. 37 Ukázka virtuální návodky [vlastní zpracování]	48
Obr. 38 Ukázka z testování studentů [vlastní zpracování]	58
Obr. 39 Ukázka z testování studentů – virtuální návodka [vlastní zpracování]	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vývoj trhu s virtuální a rozšířenou realitou [vlastní zpracování podle 53].....	31
Tabulka 2 Experiment číslo 1 [vlastní zpracování].....	50
Tabulka 3 Experiment číslo 2 [vlastní zpracování].....	50
Tabulka 4 Experiment číslo 3 [vlastní zpracování].....	51
Tabulka 5 Experiment číslo 4 [vlastní zpracování].....	52
Tabulka 6 Experiment číslo 5 [vlastní zpracování].....	53
Tabulka 7 Experiment číslo 6 [vlastní zpracování].....	53
Tabulka 8 Experiment číslo 7 [vlastní zpracování].....	54
Tabulka 9 Experiment číslo 8 [vlastní zpracování].....	55
Tabulka 10 Experiment číslo 9 [vlastní zpracování].....	55
Tabulka 11 Experiment číslo 10 [vlastní zpracování].....	56
Tabulka 12 Experiment číslo 11 [vlastní zpracování].....	57
Tabulka 13 Experiment číslo 12 [vlastní zpracování].....	58
Tabulka 14 Průměrné časy vybraných činností [vlastní zpracování].....	59
Tabulka 15 Experiment číslo 1 [vlastní zpracování].....	61
Tabulka 16 Experiment číslo 2 [vlastní zpracování].....	61
Tabulka 17 Experiment číslo 3 [vlastní zpracování].....	62
Tabulka 18 Experiment číslo 4 [vlastní zpracování].....	62
Tabulka 19 Experiment číslo 5 [vlastní zpracování].....	63
Tabulka 20 Experiment číslo 6 [vlastní zpracování].....	64
Tabulka 21 Experiment číslo 7 [vlastní zpracování].....	64
Tabulka 22 Experiment číslo 8 [vlastní zpracování].....	65
Tabulka 23 Experiment číslo 9 [vlastní zpracování].....	65
Tabulka 24 Experiment číslo 10 [vlastní zpracování].....	66
Tabulka 25 Experiment číslo 11 [vlastní zpracování].....	67
Tabulka 26 Experiment číslo 12 [vlastní zpracování].....	68

Seznam grafů

Graf 1 Grafické znázornění jednotlivých časů 1. dobrovolníka [vlastní zpracování]	50
Graf 2 Grafické znázornění jednotlivých časů 2. dobrovolníka [vlastní zpracování]	50
Graf 3 Grafické znázornění jednotlivých časů 3. dobrovolníka [vlastní zpracování]	51
Graf 4 Grafické znázornění jednotlivých časů 4. dobrovolníka [vlastní zpracování]	52
Graf 5 Grafické znázornění jednotlivých časů 5. dobrovolníka [vlastní zpracování]	53
Graf 6 Grafické znázornění jednotlivých časů 6. dobrovolníka [vlastní zpracování]	53
Graf 7 Grafické znázornění jednotlivých časů 7. dobrovolníka [vlastní zpracování]	54
Graf 8 Grafické znázornění jednotlivých časů 8. dobrovolníka [vlastní zpracování]	54
Graf 9 Grafické znázornění jednotlivých časů 9. dobrovolníka [vlastní zpracování]	55
Graf 10 Grafické znázornění jednotlivých časů 10. dobrovolníka [vlastní zpracování]	56
Graf 11 Grafické znázornění jednotlivých časů 11. dobrovolníka [vlastní zpracování]	57
Graf 12 Grafické znázornění jednotlivých časů 12. dobrovolníka [vlastní zpracování]	58
Graf 13 Grafické srovnání jednotlivých časů 1. dobrovolníka [vlastní zpracování]	61
Graf 14 Grafické srovnání jednotlivých časů 2. dobrovolníka [vlastní zpracování]	61
Graf 15 Grafické znázornění jednotlivých časů 3. dobrovolníka [vlastní zpracování]	62
Graf 16 Grafické znázornění jednotlivých časů 4. dobrovolníka [vlastní zpracování]	62
Graf 17 Grafické znázornění jednotlivých časů 5. dobrovolníka [vlastní zpracování]	63
Graf 18 Grafické znázornění jednotlivých časů 6. dobrovolníka [vlastní zpracování]	63
Graf 19 Grafické znázornění jednotlivých časů 7. dobrovolníka [vlastní zpracování]	64
Graf 20 Grafické znázornění jednotlivých časů 8. dobrovolníka [vlastní zpracování]	65
Graf 21 Grafické znázornění jednotlivých časů 9. dobrovolníka [vlastní zpracování]	65
Graf 22 Grafické znázornění jednotlivých časů 10. dobrovolníka [vlastní zpracování]	66
Graf 23 Grafické znázornění jednotlivých časů 11. dobrovolníka [vlastní zpracování]	67
Graf 24 Grafické znázornění jednotlivých časů 12. dobrovolníka [vlastní zpracování]	67
Graf 25 Grafické srovnání všech dobrovolníků [vlastní zpracování]	70
Graf 26 Grafické srovnání žen [vlastní zpracování]	70
Graf 27 Grafické srovnání mužů [vlastní zpracování]	71
Graf 28 Grafické znázornění průměrného času jednotlivých pokusů [vlastní zpracování]	71
Graf 29 Grafické srovnání průměrných časů mužů a žen [vlastní zpracování]	72
Graf 30 Grafické srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy [vlastní zpracování]	72
Graf 31 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 1. pokusu [vlastní zpracování]	73

Graf 32 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 2. pokusu [vlastní zpracování]	73
Graf 33 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 3. pokusu [vlastní zpracování]	73
Graf 34 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 4. pokusu [vlastní zpracování]	74
Graf 35 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 1. pokusu [vlastní zpracování]	74
Graf 36 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 2. pokusu [vlastní zpracování]	74
Graf 37 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 3. pokusu [vlastní zpracování]	75
Graf 38 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 4. pokusu [vlastní zpracování]	75
Graf 39 Grafické srovnání všech dobrovolníků [vlastní zpracování]	76
Graf 40 Grafické srovnání žen [vlastní zpracování]	76
Graf 41 Grafické srovnání mužů [vlastní zpracování]	77
Graf 42 Grafické znázornění průměrného času jednotlivých pokusů [vlastní zpracování]	78
Graf 43 Grafické srovnání průměrných časů mužů a žen [vlastní zpracování]	78
Graf 44 Grafické srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy [vlastní zpracování]	79
Graf 45 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 1. pokusu [vlastní zpracování]	79
Graf 46 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 2. pokusu [vlastní zpracování]	79
Graf 47 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 3. pokusu [vlastní zpracování]	80
Graf 48 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 4. pokusu [vlastní zpracování]	80
Graf 49 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 1. pokusu [vlastní zpracování]	81
Graf 50 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 2. pokusu [vlastní zpracování]	81

Graf 51 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 3. pokusu [vlastní zpracování].....	81
Graf 52 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 4. pokusu [vlastní zpracování].....	82
Graf 53 Grafické srovnání papírové a virtuální návodky [vlastní zpracování]	83
Graf 54 T- test	84
Graf 55 Průměrné časy jednotlivých pokusů	84

Slovník pojmů DP

Zkratka	Popis
AR	Rozšířená reality, augmented reality
VR	Virtuální realita
PI	Průmyslové inženýrství
KPV	Katedra průmyslové inženýrství

Úvod

Následující text se bude zabývat tématem Využití virtuálních montážních návodek. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V první části jsou vysvětleny základní pojmy a objasněno, co je to virtuální a rozšířená realita. Zmíněna je také její historie a vývoj, seznámíme se s oblastmi možného využití a uvedeme si příklady hardwaru a softwaru.

Praktická část je zaměřena na tvorbu papírové a virtuální návodky. Návodka je sestavena pro dřezový sifon typu A441P. Následně je popsáno, jak byly jednotlivé návodky tvořeny a jak probíhalo jejich testování. Na závěr jsou výsledky porovnány a vyhodnoceny.

S virtuálními návodkami se můžeme setkat téměř kdekoliv, hlavní využití najdeme v průmyslu. Tyto návodky mají obrovskou výhodu oproti klasickým papírovým návodům. Uživatel je podle nich schopen montovat, sestavovat, udržovat či opravovat stroje a zařízení bez zbytečných chyb a prostojů.

Virtuální návodky mohou snížit doposud potřebný čas na zaškolování nových zaměstnanců a tím se dosáhne zvýšení pracovní výkonnosti, snížení možných chyb a z toho plynoucí ulehčení práce díky eliminaci nevhodné montáže a následné demontáže součástí. Čím kratší bude zaškolování nových zaměstnanců, tím dříve budou moci plnohodnotně vykonávat svoji práci a produkovat bezchybné výrobky. Jsou vhodné pro zaškolení nových pracovníků, ale také pokud je v podniku široký sortiment výrobků, na kterých pracovník nepracuje denně a nepamatuje si jednotlivé kroky.

Tyto návodky jsou také vhodné, pokud se člověk dostane do neznámé situace a má vykonat nějaký postup práce poprvé v životě. Vzdělávací aplikace sice nemohou nahradit odborné znalosti a roky tréninku, ale umožňují provést daný postup nad úroveň dovedností nováčka, kde úloha může trvat delší dobu a riziko chyb je mnohem větší.

Hlavním přínosem, který firmy od interaktivních pracovních návodek očekávají, je snížení času na montáž, snížení zmetkovitosti a možnost nasazení k montáži pracovníka, který není odborně proškolen.

Bylo zjištěno, že pracovníci, kteří pracovali pomocí interaktivní návodky, jsou rychlejší, než kdyby stejné produkty sestavovali tradičním způsobem.

Dnešní systémy dokážou zobrazit animovanou simulaci včetně potřebných nástrojů. Instrukce jsou krok za krokem pracovníkovi zobrazovány v brýlích či na monitoru. Má tedy k dispozici přesné pokyny, jak má postupovat, jaké díly namontovat nebo naopak demontovat. Se systémem je možné komunikovat pomocí klávesnice, stisknutím tlačítka myši či hlasovým příkazem. Tyto instrukce mohou být využity kdykoliv jakýmkoliv pracovníkem, nestane se tedy, že by daný proces znal pouze jeden zaměstnanec ve výrobě.

S využitím virtuálních návodek se zvyšuje výkonnost člověka, redukuje se čas potřebný na splnění dané úlohy, sníží se počet chyb. Pokud se totiž uživatel kouká na animaci, je pro něj pochopení jednotlivých kroků snazší než při použití papírové návodky.

1 Virtuální a rozšířená realita

Nejprve je nutné definovat některé pojmy. Nejdříve bude vysvětlen pojem virtuální realita (VR), poté bude představena rozšířená realita a následně bude zmíněn historický vývoj.

1.1 Virtuální realita

Najít univerzální definici o tom, co je virtuální realita, je téměř nemožné. Řada autorů se ve svých tvrzeních liší. Virtuální realita pomocí smyslů člověka umožňuje uživateli nasimulovat reálné prostředí nebo imaginární svět. Dochází tak k určitému stupni vnoření a obklopení pozorovatele virtuálním světem. [1]

Pohledy na to jak lze vnímat virtuální realitu:

- Pohled všeobjímající – Umělý prostor vytvoření veškerým elektronickým zařízením, typickým příkladem jsou počítače.
- Pohled obklopující – Vtažení a obklopení uživatele.
- Pohled interaktivní – Umělý prostor, ve kterém je možné interaktivně manipulovat s objekty. [1]

Stimulace smyslů:

- Vizualizační – stimulace zraku díky 3D projekci nebo speciálním zařízením,
- Haptický – stimulace hmatu pomocí speciálních rukavic nebo obleků,
- Aurální – stimulace sluchu s využitím reproduktorů,
- Ostatní aspekty – např. stimulace chuti a čichu. [1]

Virtuální realitu je možné definovat jako počítačem vytvořené interaktivní a trojrozměrné prostředí, do něhož je uživatel zapojený. K zapojení uživatele se mohou využívat náhlavní displeje či chytré brýle. Interaktivita spočívá v tom, že uživatel očekává odezvu systému v reálném čase.

Virtuální realita nahrazuje vjemy z okolí novými vjemy. Uživatel je vytržen z opravdové reality, vidí kolem sebe jiný svět a slyší jeho zvuky. [2]

Další možný způsob, jak možné hledět na virtuální realitu, je vtažení a obklopení uživatele. Snaží se o vnoření uživatele do virtuálního světa. Je to umělý prostor, ve kterém je možné interaktivně manipulovat s virtuálními objekty. [3]



Obr. 1 Ukázka využití virtuální reality [4]

1.2 Rozšířená realita

Pojem rozšířená realita není tolik známý jako virtuální realita. S pojmem rozšířená realita (augmented reality, AR) se sestáváme teprve od devadesátých let minulého století, poprvé byl použit v roce 1990 zaměstnancem Boeingu Thomasem Caudellem. Je to reálný obraz doplňovaný virtuálními prvky. Spojuje prvky generované počítačem s údaji o skutečném světě. Rozšířená realita umožňuje propojovat virtuální objekty s reálným světem v reálném čase. [1,3]

S termínem rozšířená realita se v dnešní době můžeme hojně setkávat. Používá se pro zobrazení reality s následným přidáním virtuálních digitálních prvků. Jedná se tedy např. o vyfotografování místnosti mobilním telefonem, přidání digitálních prvků, které je možné doplnit textem, 2D či 3D objekty, zvuky či animovanými obrázky. [6]

„Rozšířená realita je druhem virtuální reality kombinující reálný svět s virtuálním prostředím. Na rozdíl od klasické virtuální reality rozšířená realita nevyužívá úplné „ponoření“ uživatele do virtuálního světa, ale doplňuje nebo pozměňuje určitým způsobem vnímání světa reálného – rozšířená realita tedy nenahrazuje reálný svět.“ [7]

Pojem rozšířená realita je obecný termín používaný pro celou řadu technologií, které jsou kombinací alfanumerických kódů, symbolů a informací, které ukazují reálný svět. [8]

Jedna z dalších definic popisuje augmented reality jako umělý prostor tvořený elektronickým zařízením, typickým příkladem jsou počítače. Zahrnují všechny úkony, které na nich uděláme od okamžiku zapnutí až do jeho vypnutí. [3]

Pro nekomerční účely může uživatel využít chytrý mobilní telefon, tablet či počítač s webkamerou. Při důmyslnějším využití je možné použít poloprůhledné brýle. AR je přenášena prostřednictvím webkamery na obrazovku počítače, u náhlavních displejů a brýlí úplně obklopí zorné pole uživatele, což mu přináší větší prožitek. Prostřednictvím mobilních zařízení může manipulovat s 3D modely. Aplikace pro rozšířenou realitu jsou dostupné na iPhonech, iPadech a Androidech. Pomocí rozšířené reality může uživatel zažít řadu nevšedních zážitků. [3, 9]



Obr. 2 Ukázky využití rozšířené reality [9]

Pro snadnější pochopení rozdílu mezi rozšířenou a virtuální realitou je zde uveden příklad mobilní aplikace Pokémon Go. Pokud hráč chytá Pokémona v reálném prostředí snímaného fotoaparátem mobilního telefonu, jedná se o rozšířenou realitu. Jestliže ho chytá ve vykreslené krajině, jedná se o částečné virtuální prostředí. Skutečná virtuální realita by byla pozorována pomocí brýlí a byla by všude okolo hráče. [2]

Na následujícím obrázku je znázorněn rozdíl mezi realitou, rozšířenou a virtuální realitou.



Obr. 3 Propojení realit [11]

1.3 Historie

První myšlenka vznikla v 19. stol., cílem bylo dostat diváka do děje, začaly se objevovat panoramatické obrazy, které zachycovaly prostor kolem malíře. Od roku 1838 se začaly vytvářet stereoskopické fotografie a obrázky, na nichž byl vysvětlen princip fungování lidských očí. Při pohledu z blízka na dvě identické fotografie pořízené ze stejného místa pod jiným úhlem připadá pozorovateli, jako by na daném místě on sám. [12]

V roce 1929 byl vyroben první letecký simulátor Link Trainer, který se uměl nahýbat, naklánět i otáčet. Využíval se k trénování letců za druhé světové války, výcvikem prošlo více než půl milionu pilotů. [12]



Obr. 4 Vlevo první letecký simulátor Link Trainer, vpravo první virtuální brýle Telesphere Mask [12]

První virtuální brýle s názvem Telesphere Mask se objevily v roce 1960, neměly však žádné senzory pohybu jako dnešní brýle. Ať uživatelé pohybovali hlavou na jakoukoliv stranu, obraz se v brýlích nehýbal. [12]

K velkému pokroku došlo v roce 1961, kdy dva inženýři vymysleli brýle se snímáním pohybu hlavy. Každý pohyb hlavy se přenášel do kamery a obraz se v brýlích pohyboval, díky tomu si divák připadal, že se rozhlíží okolo. [12]

V roce 1962 byl patentován přístroj zvaný Sensorama. Ten měl za úkol divákovi zprostředkovat nevšední zážitek. Toho bylo docíleno pomocí větráků, generátoru pachů a vibrující židle. Následně bylo pro toto zařízení vyrobeno šest krátkých filmů. [12]

Od roku 1987 se začal používat pojem virtuální realita. V této době se vyrábělo několik druhů brýlí. Jejich cena byla značně vysoká. Brýle EyePhone 1 se prodávaly za 9 400 dolarů, dražší model EyePhone HRX stál 49 000 dolarů. [12]

Pro veřejnost se v roce 1991 začaly objevovat specializované zábavné prostory. Hráči si mohli s využitím arkádových strojů zahrát několik dostupných her. Pomocí virtuálních brýlí si tak mohli vylepšit svůj herní zážitek. Některé stroje umožňovaly hry pro více hráčů. Od roku 2001 se virtuální realita začala rozšiřovat i do oblasti počítačů. [12]

Firma Google v roce 2007 přišla na trh se službou Street View. Tato služba dokáže v reálném světě rozpoznat památky a budovy, v brýlích se objeví název a informace o dané budově či památce. [12]

S rozvojem virtuální reality došlo i k několika neúspěšným pokusům. Některé vůbec nebyly uvedeny na trh nebo byly po krátké době staženy. [12]

2 Oblasti využití

V dnešní době se virtuální a rozšířená realita používá v mnoha odvětvích. Využívání technik a technologií podporujících virtuální a rozšířenou realitu je stále více populární. Celé odvětví je na vzestupu, dá se tedy předpokládat, že se možnosti využití budou dále rozvíjet a prostupovat do dalších oborů. Je tedy jenom otázkou času, kdy a v jakých dalších sektorech se začne využívat. Lidé často vnímají VR jen jako nástroj pro zlepšení dojmu z hraní her. Virtuální realita není jen o hraní her, využívá se i v jiných daleko potřebnějších oblastech jako je třeba zdravotnictví. Mnoho firem tyto technologie používá k zefektivnění podnikových procesů z hlediska optimalizace. Populárními oblastmi využití jsou například: automotive, medicína, marketing, architektura, průmysl, logistika, televizní vysílání, zábava a vzdělání. V následujícím textu budou tyto oblasti detailněji popsány. [13, 14]

Výrobní průmysl ve většině vyspělých zemí světa čelí problémům s nedostačující pracovní silou. „*Během příštího desetiletí bude s největší pravděpodobností nutno zaplnit téměř 3,5 milionu pracovních míst ve výrobě. Kvůli nedostatečnému počtu kvalifikovaných sil se očekává, že 2 miliony z těchto pracovních pozic zůstane neobsazeno. Více než 75 % výrobců tvrdí, že nedostatečný počet kvalifikovaných pracovníků má negativní dopad na jejich schopnost expandovat, a 69 % výrobců očekává, že úbytek kvalifikovaných sil ve výrobním sektoru bude do budoucna narůstat.*“ [49] Hledají se proto způsoby, jak zaučit nové pracovníky tak, aby byli schopni, co nejdříve odvádět efektivní práci pokaždé, když to bude potřeba. V současnosti je více než patrné, že virtuální realita může sehrát zásadní roli v řešení takovýchto problémů.

2.1 Architektura

Virtuální realita nalezne využití i v architektuře. Dá se využívat všude tam, kde je potřeba ukázat existující ale i neexistující prostředí za účelem pochopení funkce systému. Snahou je nasimulovat v reálném čase fyzicky neexistující prostředí. Umožňuje tak například uživateli projít se místnostmi domu, který ještě není postaven. V dnešní době není problém provést budoucího zákazníka nebo investory virtuální stavbou nebo zcela novým neexistujícím interiérem. Klient si tak může projít danou místnost či budovu a prohlédnout si ji. Může včas odhalit všechny případné nedostatky, které by se později špatně odstraňovaly.



Obr. 5 Ukázka využití v architektuře [48]

2.2 Armáda

Velké uplatnění nalezneme ve vojenství. Vojáci si mohou natrénovat různé bojové situace, učí se řídit těžkou techniku, prohlížet si techniku nepřátel a vyzkoušet si různorodé modelové situace. Jedním z mnoha úkolů, který si vojáci mohou vyzkoušet, je nalezení výbušniny a její zneškodnění. VR umožňuje vojákům připravit se na pozemní či letecký boj. Učí se vnímat prostor, sleduje se jejich reakce při obtížných situacích, schopnost rozhodování a odolnost vůči stresu. Vše se zkouší v bezpečných podmínkách, kde nehrozí žádné ohrožení na životě. Dalo by se říci, že pokud voják projde tímto výcvikem, je připraven na reálnou akci v terénu. Váleční doktoři se učí ošetřovat zraněné ve velmi psychicky náročných podmínkách, a to přímo uprostřed boje. [5, 15]



Obr. 6 Možnosti využití v armádě [15]

2.3 Automotive

Automotive je jedním z rychle se rozvíjejících průmyslových odvětví, proto si tento sektor může dovolit používat nejmodernější nástroje, do kterých patří i využití technik virtuální reality. Tak jako v každém odvětví, tak i v automobilovém sektoru se hledají technologie, které usnadní výrobu, ušetří čas i peníze. Často se stává, že se v automobilovém průmyslu používají procesy a přístupy, které se po určitém čase stanou standardem i pro jiná odvětví. [1,17, 18]

Virtuální realita se používá v rámci:

- Designování,
- Vytváření návrhů,
- Tvorby prototypů,
- Montáže,
- Ergonomie pracoviště. [1,17, 18]

V dnešní době simulátory umožňují naplánovat a nasimulovat maximum procesů, tím dochází k velkým úsporám času, ale i lidské práce. Virtuální realita umožňuje optimalizovat a zkracovat vývojový proces. Velké uplatnění najdeme ve fázi tvorby designu vozidel a ergonomie jak samotného vozu, tak pracoviště, na kterém se auta budou vyrábět. [1, 17, 18]

Virtuální realitu používá český výrobce aut Škoda Auto. Největší uplatnění nalezneme v oblasti designu a v technickém vývoji. Než se automobil dostane na trh, urazí dlouhou cestu. Celý proces před uvedením na trh trvá až čtyři roky. Využívání těchto technologií přináší milionové úspory. Virtuální realita umožňuje promítnout trojrozměrný obraz vozidla ve skutečné velikosti a odstranit všechny nedostatky dříve, než se automobil začne vyrábět. Čím déle tvrdá odstranění problémů či chyb, tím jsou náklady na vyřešení problému větší. Také montáž se testuje v předstihu. Zkouší se jednoduchost smontování či namáhání dělníků při montáži. S využitím speciálních programů je možné nasimulovat zatížení jednotlivých svalů. [1, 17, 18]



Obr. 7 Využití v automotive [19]

2.4 Logistika

Své využití najde rozšířená realita i v logistice. AR nabízí rychlý přístup k informacím kdykoliv a kdekoliv. To je výhodné pro plánování i samotný provoz. [20]

Oblasti využití:

1. Skladování,
2. Optimalizaci dopravy,
3. Poslední úsek distribuce,
4. Rozšířenou nabídku služeb s přidanou hodnotou. [20]

Náklady na skladování tvoří okolo 20 % všech logistických nákladů. 55 – 60 % nákladů připadá na proces kompletování zakázek a přípravy zboží k expedici. [20]

1. Skladování

V současnosti se testují mobilní systémy s rozšířenou realitou, mezi které patří displeje upevněné na hlavě, přenosné počítače či kamery. Ty mají umožnit bezchybnou kompletaci zakázek. Systémy rozpoznávající objekty v reálném čase, umí načíst čárové kódy či navigovat zaměstnance po pracovišti a sdílet informace. Systém má za úkol eliminovat chyby, ke kterým často dochází. Veškeré informace se promítají v mobilním zařízení, které má zaměstnanec k dispozici. Po celou dobu práce má tedy volné ruce, a tak může snadněji manipulovat s výrobky. Zařízení má zabudovanou navigaci, která vybírá nejvhodnější cestu ke správnému zboží. Automaticky se aktualizují skladové zásoby. Zařízení je vhodné pro zaškolení nových zaměstnanců nebo pro pracovníky s jazykovou bariérou, kterých je ve firmách čím dál více. Testy ukazují, že pomocí těchto technologií se snižuje chybovost až o 40 %. [20]

V dnešní době nejsou sklady užívány pouze ke skladování a distribuci. Stále více roste počet služeb s přidanou hodnotou, jako je montáž, označování, přebalování a opravy. [20]

2. Optimalizace dopravy

V průběhu posledního desetiletí informační technologie významně zvýšily efektivitu, spolehlivost a bezpečnost nákladní dopravy. Rozšířená realita umožňuje zlepšení oblasti kontroly úplnosti dodávek, mezinárodní dopravy, navigace řidičů a nakládání zboží. [20]

V současnosti je kontrola úplnosti zásilky časově náročná. Kontrola se provádí ručním přepočítáním nebo naskenováním čárových kódů. V budoucnosti bude mít zaměstnanec k dispozici skenery a 3D senzory, které určí počet palet, ale i množství jednotlivých balíčků. Systém by měl být zároveň schopný odhalit poškozené kusy. [20]

3. Poslední úsek distribuce

Odhaduje se, že řidič stráví 40 – 60% svého času hledáním správného balíku, které má předat zákazníkovi. V budoucnu by měl každý řidič při pohledu na balík dostat kompletní informace o jeho hmotnosti, adrese zákazníka, zda je předmět křehký nebo vyžaduje specifické umístění, včetně místa ve vozidle s přihlédnutím na plánovanou trasu. [20]

Řidiči mají často problém najít adresáta kvůli chybějícímu či zakrytému názvu ulice nebo číslu popisnému. Díky technologii se vždy řidič dostane na správnou adresu. Navíc s využitím funkce rozpoznávání obličejů, by se osoby již nemusely prokazovat občanským průkazem, automaticky by byla vyhodnocena pravost příjemce. Zde se můžeme setkat s problémy se zákonem na ochranu osobních údajů, adresát by k tomu musel dát předchozí souhlas. [20]

4. Rozšířená nabídka služeb s přidanou hodnotou

Poskytovatelé logistických služeb se snaží nabídnout další služby, jako je montáž či oprava. V současnosti jsou zapotřebí kvalifikovaní pracovníci, kteří jsou zaškoleni na danou pozici. S využitím AR budou schopni dělat více činností na vysoké úrovni. Systém monitoruje každý krok a identifikuje chyby v procesu. Pomocí těchto interaktivních průvodců je možné snížit náklady na zaškolení stejně tak, jako náklady na odborné pracovníky. [20]

V současnosti existují některé překážky, které znemožňují, aby se systémy rozšířené reality staly součástí každodenních operací. Ať už jsou to vysoké náklady, společenská neakceptace, ochrana soukromí či zdravotní komplikace spojené s nošením 3D brýlí. Mnoho firem však vidí v této technologii svoji budoucnost. [20]

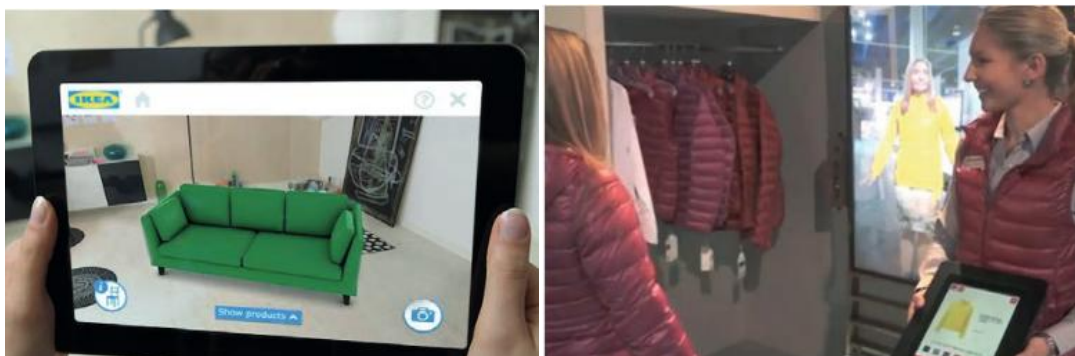
2.5 Marketing

Rozšířená a virtuální realita našla uplatnění také v oblasti marketingu. Pomocí nich je možné si prohlédnout a vyzkoušet požadovaný produkt, který ještě není dokončen. Potencionální zákazníci se tedy mohou podílet na konečné podobě produktu. [1, 13, 20]

Například společnost Procter & Gamble využívá techniky VR ke zjišťování zákaznických preferencí. Ve svých marketingových studiích zjišťují, jak by měl být produkt zabalen, jak by mělo být zboží v obchodě rozmístěno apod. Není však jediným podnikem, který tyto technologie využívá. Mnoho dalších firem je užívá pro své reklamní kampaně nebo jako pomůcku ve výrobě. Veškeré využití závisí na lidské fantazii a kreativitě. [1, 13, 20]

Švédská nábytkářská firma IKEA přišla s nejnovější aplikací pro mobilní zařízení, která umožňuje přenést vybraný nábytek přímo k vám domů. Vy si tak můžete vyzkoušet, zda se vám do dané místnosti vybraný kus nábytku hodí či nikoliv. Aplikace navíc umožňuje měnit rozměry a barvy. [1, 13, 20]

V roce 2012 bylo v San Franciscu představeno „kouzelné zrcadlo“, které umožňuje zákazníkovi vyzkoušet oblečení v jedné barvě a pomocí této technologie může měnit barvy zkoušeného oblečení. Zákazník si obleče například bundu a postaví se před zrcadlo, pomocí dotykového displeje si vybere dostupné barvy. V zrcadle se ukáže, jestli mu bude daná barva slušet či nikoliv. Je však otázkou, zda tato technologie najde oblibu u zákazníků a rozšíří se tak i do dalších obchodů. Tato technologie je spíše vhodná pro zákazníky, kteří neradi tráví čas zkoušením oblečení. [1, 13, 20]



Obr. 8 Oblasti využití v marketingu [13, 20]

2.6 Medicína

Tento obor lze rozdělit na dvě části:

- Vzdělávání a následný trénink
- Léčba [1]

Jednou z oblastí, kde lze využít VR, je studium medicíny a následný trénink získaných dovedností. Tato technika umožňuje medikům, ale i lékařům zdokonalovat své schopnosti a dovednosti. Je možné provádět zkušební operace pacientů, aniž by byli pacienti ohroženi na životě. Imaginární operaci lze vykonat několikrát po sobě, zkusit různé varianty a následně je porovnávat. [1, 5]

Další možnou oblastí je léčba různých fobií a onemocnění. V některých případech není žádoucí vystavovat pacienta reálné situaci za účelem zjištění jeho chování. Proto na řadu přichází VR, pomocí níž se nasimuluje daný problém. Při testování je vždy přítomen ošetřující lékař, který může kdykoliv zasáhnout a pokus ukončit. [1, 5]

Pokud pacient trpí např. klaustrofobií (strachem z uzavřených prostor) nezavře ho lékař do malé místnosti a nebude sledovat, jak se daná osoba zachová. V tomto případě přichází na řadu laboratoř virtuální reality zvaná CAVE. Pacient je v reálném světě v mnohem větším prostoru, než ze kterého má strach. V případě problémů může ihned opustit virtuální svět a tím se dostat ze stresové situace. Jednou z výhod oproti reálnu je, že můžeme simulovat stále stejné podmínky nebo vytvářet postupně malé změny, což je v reálném světě velice problematické. Situace navozené pomocí technik virtuální reality je možné aplikovat při léčbě dalších onemocnění a fobií. [1, 5]

V USA pomáhá virtuální realita při léčbě vojáků po návratu z bojových misí z Iráku a Afghánistánu. Často se u nich totiž projevují posttraumatické stresové poruchy, se kterými se postupně snaží vyrovnávat. [1, 5]

2.7 Návodky

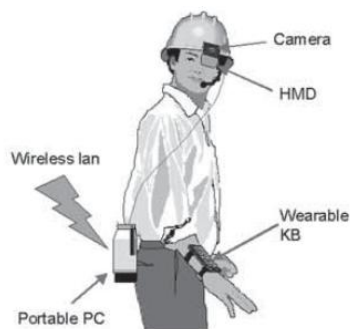
Využití AR a VR najdeme i v průmyslu, kde se využívají pro tvorbu virtuálních návodů. Ty mají obrovskou výhodu oproti klasickým papírovým návodkám. Uživatel je schopen montovat, sestavovat, udržovat či opravovat stroje a zařízení bez zbytečných chyb a prostojů zapříčiněným hledáním v klasických návodkách.

Každému už se určitě někdy stalo, že musel něco opravit, smontovat, sestavit apod. a nevěděl si s tím rady. V tomto případě může pomoci rozšířená nebo virtuální realita. Uživatel si zvolí, co chcete opravovat či sestavovat, podle toho si vyberete vhodnou aplikaci a pak už jen sledujete návod, který se před ním objevuje. Aplikace provede uživatele krok za krokem

celým procesem. Běžnému uživateli to nejspíše ušetří pouze nervy. V průmyslovém podniku to ušetří čas i peníze.

Cílem podniků je dosahování zisku. Je třeba si uvědomit, že pokud se stroj zastaví, dochází ke ztrátě, tomu je třeba se vyhnout. Je tedy nutné udržovat stroje v dobrém stavu a předcházet tak poruchám zařízení. Je třeba plánovat preventivní údržbu. Pracovník se dostává do problémů, pokud má vyřešit situaci, která je pro něj nová či se s ní nikdy nesetkal. Pokud by zaměstnanec nevyužíval tyto technologie, musel by všechny informace složitě hledat v manuálech a potřebné informace si nastudovat. To je ovšem velice zdlouhavé a nudné. Ovšem to není jediná nevýhoda, celý tento proces stojí firmu peníze, protože stroj není v chodu a čeká na údržbu či opravu. Rozšířená realita umožňuje pracovníkovi prostudovat všechny potřebné materiály, jako jsou manuály, obrázky a pracovní postupy, v reálném čase přímo při práci.

Potřebné hardwarové zařízení, které má pracovník k dispozici, je displej, monitorovací zařízení, vstupní a výstupní vybavení. Zaměstnanec je vybaven kamerou, kterou má umístěnou na pracovní přilbě a HMD zařízení. Celý systém může pracovat online nebo také offline. Slouží k navigování pracovníka k místu údržby. Pomocí rozšířené reality se mu zobrazují grafické virtuální informace o jednotlivých krocích údržby. Systém vede pracovníky k poškozené oblasti, zobrazuje 3D animaci vhodných nástrojů, jejich orientaci vůči jednotlivým komponentům, znázorňuje i počet pootočení s náradím a další užitečné informace. Využíváním systému je možné zkrátit čas údržby čas o polovinu. Používání systému přináší řadu výhod, předpokládá se například rychlejší zaškolení pracovníků a tím zvýšení jeho výkonnosti, snížení chybovosti při údržbě a ulehčení práce personálu a zvýšení bezpečnosti při vykonávání údržby. [21]



Obr. 9 Zařízení pro využití rozšířené reality [21]



Obr. 10 Montážní návody [21]

Virtuální a rozšířená realita se rozšířila i do oblasti lodního stavitelství. I v tomto oboru najde své uplatnění. Rozšířenou realitu využívají v loděnici Newport News Shipbuilding. Hledají se stále nové technologie a inovace, které zvýší bezpečnost, kvalitu, komfort, ale také přispějí ke snížení nákladů a ke zkrácení doby stavby. Díky rozšířené realitě mají pracovníci možnost využívat vizuální instrukce, které přispějí k jejich efektivnější práci. Všechny poznatky od odborníků, jednotlivé kroky a upozornění, schémata a jakékoliv další data jsou v digitální podobě. Tyto technologie umožňují mít bez jakýchkoliv problémů včas všechny potřebné informace. V rámci lodního průmyslu je obrovský potenciál ve využívání těchto technologií. [49]

Ve společnosti Škoda Auto využívají rozšířenou realitu ke sledování spotřeby energie, vzduchu nebo skladových zásob. Pracovník na první pohled vidí, zda je vše v pořádku či nikoliv. [50]



Obr. 11 Využití rozšířené reality ke sledování skladových zásob [50]

Ve firmě Boeing běžně využívají složité technické výkresy, ve kterých se musí technici vyznat. Nejprve se v nich zorientují a pak podle nich montují kabely. Společnost si vyvinula aplikaci, pomocí níž mohou technici lépe montovat kabely do letadel. Pomocí rozšířené reality jsou označovány uchycovací body, zásuvky potřebného pro práci. Díky rozšířené realitě je možné rychle objevit porouchanou součástku či jednoduše znázornit, jak ji vyjmout a nahradit novou. Firma Boeing věří, že v blízké budoucnosti budou papírové návody nahrazeny těmito interaktivními. [51]

2.8 Televizní vysílání

Rozšířená realita se také často využívá při vysílání sportovních přenosů, kdy se na televizní obrazovce zobrazují data například o stavu fotbalového zápasu, hokeje, průběžné pořadí jezdců Formule 1 apod. Nejsou to jen informace o stavu utkání, jsou to také virtuální čáry, které můžeme vidět při různých sportovních disciplínách, které nám udávají světový rekord nebo čas vedoucího sportovce, či fiktivní čáry na vodě při soutěži ve veslování. [1]

Sportovní vysílání není jedinou oblastí, kde se objevují prvky AR. Můžeme se s nimi setkat během různých pořadů. U televizních soutěží jsou to návody, jak hlasovat pro daného favorita spolu s telefonním číslem a tvarem SMS zprávy.

Do této oblasti se dají zahrnout i loga jednotlivých televizních kanálů či zprávy, které běží na dolní liště obrazovky. Ať už jsou to rychlé zprávy, které vysílá např. ČT24 nebo mimořádné události, které většinou zobrazují všechny televizní stanice.



Obr. 12 Příklady využití rozšířené reality v televizním vysílání [10, 16, 36, 37]

2.9 Trénink

Možnosti využívání tréninku pro medicínské účely byly uvedeny již v kapitole 2.6. Trénink se ale dá využívat i v jiných oborech. Trénováním se jednotlivci neustále zdokonalují v plnění svých úkolů. Kde jinde má člověk příležitost si stále dokola zkusit nebezpečné a složité úkoly bez ohrožení života nebo poškození majetku. Využívá se zejména u leteckých simulátorů, kde si pilot natrénuje běžný let s pasažéry či složitější a stresové situace, ke kterým může dojít. Během tréninku může pilot udělat chyby, ke kterým v reálném světě nesmí dojít. Pomocí simulací si postupně natrénuje situace, které mohou ve skutečnosti nastat a ohrozit na životě všechny cestující v letadle. Pilot se tak vyvaruje chybám a poučí se z nich. Vše je možné trénovat až do úplného zdokonalení se. [1]

2.10 Vzdělání

Jak už bylo zmíněno v kapitole medicína, VR je možné využít v oblasti vzdělání jako podporu výuky v mnoha různých oblastech. Cílem je prohloubení doposud získaných poznatků a učení se zábavnou formou. Dnešní výuka je samozřejmě úplně jiná než dříve. V mnoha školách již nyní můžeme nalézt interaktivní tabule, dataprojektory a tablety, které se využívají při výuce. Studenti získávají informace z knih a přednášek, které jsou často doplněny o obrazový

materiál a videa. Dá se přepokládat, že i školství se v následujících letech ještě více změní. Vyučování dostane úplně jiný rozměr s brýlemi pro virtuální realitu. Studenti již nebudou používat klasické učebnice, ve kterých je několik málo obrázků. Žáci si virtuálně prohlídnou místa, o kterých se právě učí. Podívají se, jak funguje lidské tělo, proletí se vesmírem apod. [16]

2.11 Zábava

2.11.1 Hry

Hitem loňského léta se stala mobilní aplikace a videohra Pokémon Go, fungující na principu rozšířené reality. Stačí mít mobilní telefon s kamerou a GPS navigací. Aplikace propojuje reálné prostředí s herním. [38]

Počítačová hra LevelHead slouží k rozvíjení paměti a prostorové orientace. Ovládá se pomocí kostky, kterou hráč drží v ruce. Kostka představuje malé místnosti, po které chodí postava. Pootáčením kostky hráč ovládá postavu. Cílem hry je jí dostat ven z kostky. [1]

2.11.2 Filmy

Existuje již několik desítek krátkých filmů pro VR. Prvním celovečerním filmem je snímek Ježíš, který byl v září 2016 představen na festivalu v Benátkách. Tam byla k vidění pouze čtyřicetiminutová ukázka, celý film pak byl zveřejněn před Vánoci. [22]

Avatar jeden z neúspěšnějších filmů všech dob, obsadil první příčku v TOP 10 celosvětově nejvýdělečnějších filmů. Pro film byla vyrobena speciální kamera se dvěma čočkami a vysokým rozlišením o velice nízké hmotnosti. Více než 80 % záběrů bylo vytvořeno počítačem, zbytek pak odehráli herci ve studiu. Nejdříve byly natočeny skutečné scény, vše bylo kontrolováno přes virtuální kameru, díky které se podařilo doladit pozice herců se scénou. Všichni herci měli speciální obleky s malými reflektory, které vyzařovaly infračervené světlo, to bylo zachycováno 140 digitálními kamerami. Každý z herců měl navíc miniaturní HD kameru pro snímání pohybů obličeje, ta snímala pohyby rtů, očí, ale i svalů, tím bylo docíleno realističtější podoby Avatarů. Všechny získané informace byly následně převedeny do počítačového modelu. [45]



Obr. 13 Natáčení filmu Avatar [1]

2.12 Očekávaný vývoj

Virtuální realita je stále na počátku svého vývoje. V předchozím textu nejsou vyjmenované všechny oblasti využití, je to pouze výčet zajímavostí. O tom, že se virtuální realita bude i nadále vyvíjet není pochyb. Možnosti dalšího využití si ale netroufám odhadnout.

Vědci se domnívají, že neexistuje žádný obor lidského podnikání, který by neznal nejnovější technologie, jako jsou virtuální a rozšířená realita. V těchto oborech dochází k neustálému zlepšování technologií a firmy se snaží do těchto oblastí investovat nemalé peníze. Předpokládá se, že do roku 2025 bude mít průmysl VR a AR tržní hodnotu 80 miliard dolarů, tato suma je přibližně objem dnešního trhu s PC. [52]

Společnost Statista předpokládá velký rozmach virtuální a rozšířené reality - viz následující tabulka. Předpokládá, že do roku 2018 vzroste počet aktivních uživatelů VR a AR na 175 milionů. Dále se odhaduje, že se do roku 2020 celosvětově prodá okolo 52 milionů headsetů pro virtuální realitu. [53]

Trh v roce	VIRTUÁLNÍ REALITA	ROZŠÍŘENÁ REALITA
2015	1,37 mld. USD	2,35 mld. USD
2022	33,90 mld. USD	117,40 mld. USD

Tabulka 1 Vývoj trhu s virtuální a rozšířenou realitou [vlastní zpracování podle 53]

3 Přehled hardwaru pro virtuální a rozšířenou realitu

V následujících kapitolách je popsán dostupný hardware pro virtuální a rozšířenou realitu. V současnosti na trhu můžeme najít nepřeberné množství vhodného vybavení. Nelze popsat všechny existující zařízení, následuje tedy seznam některých z nich.

3.1 Kapesní zařízení (Handheld Devices)

Kapesní zařízení v současné době zažívají obrovský rozmach. Mají čím dál více lepší vlastnosti, jako např. displeje s vysokým rozlišením, výkonnější procesory, GPS, kvalitní fotografie a nahrávání. [20]



Obr. 14 Kapesní zařízení[20]

3.2 Pevně stojící systémy (Stationary AR Systems)

Jak už název napovídá, jsou trvale umístěny, často mají velké displeje a vysoké rozlišení. Na rozdíl od mobilních zařízení jsou vybaveny vyspělými kamerovými systémy, a tak poskytují přesné rozpoznávání lidí a okolí. Displeje ukazují mnohem realističtější obrazy, které nejsou ovlivněny slunečním světlem nebo špatným osvětlením. [20]



Obr. 15 Pevně stojící systémy [20]

3.3 Prostorové systémy (Spatial Augmented Reality (SAR) Systems)

Jakýkoliv povrch, jako jsou stěny, stoly, budovy, případně i lidské tělo, se může změnit v interaktivní displej. S klesajícími náklady, spotřebou energie a s rozvojem 3D projekce se rozvíjí celá řada možností. Největší výhodou SAR systémů je, že poskytují přesnější obraz skutečnosti a informace jsou zobrazovány ve skutečné velikosti. Kromě toho obsah může sledovat více uživatelů najednou. [20]



Obr. 16 Prostorové systémy [20]

3.4 Náhlavní displeje (Head-mounted Displays – HMDs)

Prezentují rychle rostoucí hardwarové zařízení, které se skládá z helmy s jedním nebo více displeji. Tyto displeje umožňují propojit reálný svět s virtuálními objekty. Uživatelé nevidí přímo realitu, ale obraz doplněný o virtuální objekty. Existují dva typy, pro jedno oko nebo pro obě oči. Pokud má uživatel umístěný displej přímo před očima, nazývá se monokulární náhlavní displej. Tento systém propojuje virtuální informace s reálným světem a to vše upravuje v závislosti na pohybu hlavy uživatele. [20]



Obr. 17 Ukázka náhlavního displeje [20]

3.5 Chytré brýle (Smart glasses)

Předpokládá se, že se chytré brýle stanou celosvětovým hitem. Jsou vybavené obrazovkami, kamerami a mikrofony. Propojují pohled uživatele na reálný svět s prvky rozšířené reality. Nejznámější brýle jsou Google Glass od společnosti Google a brýle Vuzix M100. [20]



Obr. 18 Ukázka chytrých brýlí [20]

3.5.1 Google Glass

Pomocí drobného displeje může uživatel vidět mnoho informací, jako jsou informace o počasí, zmeškaných hovorech a aktuálním dění. Brýle v sobě mají zabudovaný i navigační systém. Při běžném používání vydrží baterie jeden den, pokud uživatel fotí a natáčí, baterie vydrží méně. Od roku 2013 byly brýle v testovacím provozu, v současnosti nejsou Google Glass v prodeji. V roce 2015 byl ukončen zkušební provoz, ve kterém se daly brýle pořídit pouze ve Spojených státech a Velké Británii v přepočtu zhruba na 36 000 Kč. Nyní je výrobce přeprocovává, aby byly přitažlivější pro spotřebitele. [2, 23]



Obr. 19 Google Glass [23]

3.5.2 Vuzix M100 Smart Glasses

Vuzix M100 jsou přímou konkurencí brýlí Google Glass. Pracují prostřednictvím aplikace Android. V brýlích jsou předinstalované některé funkce například hudební přehrávač, fotoaparát, galerie a aplikace na čtení čárových kódů. Brýle je možné ovládat pomocí hlasových příkazů, tlačítkem na brýlích nebo využívat mobilní telefon jako virtuální myš či klávesnici. [23]



Obr. 20 Ukázka brýlí VuzixM100 a STAR 1200XLD [23]

3.5.3 Vuzix STAR 1200XLD

Augmented Reality je technologie, která umožňuje propojit počítačově generovaný obsah s pohledem na skutečný svět. Vuzix STAR 1200XLD je nástroj umožňující pohled na rozšířenou realitu a poskytuje větší zážitek z AR. Vuzix STAR 1200XLD podporuje audio, 2D a 3D video. Je možné je propojit se stolním nebo přenosným počítačem, jako je tablet nebo chytrý telefon. Systém se skládá z mnoha součástí, některé pracují nezávisle na sobě, ale některé fungují pouze v kombinaci s jinými. [24]

Společnost Apple je jednou z mála velkým firem, která zatím nezpracovala na vlastním projektu zabývající se virtuální realitou či výrobou chytrých brýlí. To chce firma napravit a v roce 2018 by měla uvést na trh chytré brýle. Zatím je ovšem vše ve fázi plánování a objevují se prvotní návrhy. Společnost již v minulosti ukončila několik neúspěšných projektů.

3.5.4 Český chytré brýle

Vědci z Vysokého učení technického v Brně ve spolupráci s japonskou firmou Konica Minolta vyvíjí chytré brýle. Od května loňského roku pracují na vývoji brýlí pro jedno oko, v obroučkách je umístěna kamera na snímání obrazu, které posílá informace do malé krabičky, kterou je možné uchytit na paži či za páskem. Informace je zpracována a následně je vše promítáno do oka uživatele. Počítá se i s vývojem varianty pro obě oči. Brýle najdou uplatnění v oblasti průmyslu a výroby s cílem zvýšit rychlost, přesnost a kvalitu specializovaných činností. Chytré brýle by měli dosahovat vysokého rozlišení, jasů a barev. Zatím není jasné, kdy budou brýle uvedeny na trh. Vše je totiž závislé na vývoji hardwaru, který se vyvíjí v Japonsku. Cena zatím není známá, odhaduje se však, že bude vyšší, než tomu bylo u Google Glass, jejichž cena byla 1 500 dolarů. [25]



Obr. 21 Brýle od vědců z Vysokého učení technického v Brně [25]

3.5.5 Microsoft – brýle pro nevidomé

Společnost Microsoft letos v březnu na konferenci Build přišla s novinkou. Představila chytré brýle, které jsou podobné Google Glass. Ty jsou však vytvořené k jinému účelu, cílem je usnadnit život slepým lidem. Za zrození této myšlenky stojí nevidomý vývojář Microsoftu. Pomocí brýlí nevidomí rozeznají objekty a lidi. U lidí jsou schopni rozlišit pohlaví, odhadnout věk a říct, co právě dělají a jak vypadají. Technologie není zatím dostupná, ale předpokládá se, že se v blízké budoucnosti objeví na trhu. [5]

3.6 Brýle pro virtuální realitu

Na trhu můžeme najít velké množství výrobců a modelů brýlí pro virtuální a rozšířenou realitu. Jaký je v těchto brýlích rozdíl? Brýle pro virtuální realitu mají neprůhledný displej, tudíž přes ně není nic vidět. Sledovat tedy můžeme jen virtuální obsah. Naproti tomu existují brýle pro rozšířenou realitu, ty nemají neprůhledný displej. Uživatel tedy vidí reálné okolí, ale i virtuální obraz. [26]

3.6.1 Oculus Rift

Brýle Oculus Rift jsou asi nejpokročilejším a nejznámějším zařízením pro virtuální realitu. Jejich cena se pohybuje okolo 9000 Kč bez DPH. Systém je vybaven:

- kvalitním displejem s vysokým rozlišením a frekvencí,
- externí kamerou pro snímání polohy v prostoru,
- sluchátky pro 3D zvuk. [22]



Obr. 22 Brýle Oculus Rift[22]

3.6.2 Samsung Gear VR

Samsung Gear VR využívá klasický mobilní telefon. Součástí je speciální aplikace pro mobilní zařízení a speciální čočky, které zakřivují obraz. Toho zařízení má nízký výpočetní výkon a je tedy vhodné pouze pro jednodušší věci, jako je prohlížení foto galerie, videí apod. Nevýhodou je, že brýle nemůžete využít pro jakýkoliv mobilní telefon. Je ho možné využívat pouze pro telefon Galaxy Note 4. Samsung Gear VR je možné na trhu koupit za cenu cca 5000 Kč. [22]



Obr. 23 Brýle Samsung Gear VR[22]

3.6.3 AntVR

Základ tvoří velký Full HD displej, čočky a senzory. Mají univerzální ovladač, který je možné přeměnit na páku, klasický gamepad nebo do tvaru pistole. V ovladači je zabudovaný senzor pro snímání pohybu v prostoru. Brýle se dají propojit s klasickým počítačem či herní konzolí. Zajímavostí jsou výsuvné kryty, které umožňují vidět reálné prostředí i pod sebou. Brýle se prodávají za 8 400 Kč. [26]



Obr. 24 Brýle AntVR [15]

3.7 Brýle pro rozšířenou realitu

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, brýle pro rozšířenou realitu mají průhledný displej a uživatel vidí reálné okolí, ale zároveň i virtuální obraz. V následujícím textu jsou popsány některé dostupné brýle pro rozšířenou realitu.

3.7.1 Microsoft Hololens

Brýle od společnosti Microsoft Hololens patří mezi nejnadějnější zástupce rozšířené reality. Mají samostatný výpočetní systém přímo v brýlích, hlasové ovládání, funkci sledování pohybu rukou a polohy v prostoru. Zpracování dat umožňují čipy, které jsou zabudované v brýlích. [22]



Obr. 25 Brýle Microsoft Hololens[22]

3.7.2 Meta

Brýle Meta patří mezi nejpokročilejší svého druhu, jsou na trhu déle než Hololens od Microsoftu. Společnost Space Glasses již vytvořila několik prototypů, současně je k dispozici typ Kit Meta 1. Tvoří je dvojice průhledných displejů a systém kamer pro snímání hloubky, nemají však zabudovaný výpočetní systém, a proto musí být připojené k počítači, což je velice omezující. [22]



Obr. 26 Brýle Meta [22]

3.7.3 SmartEyeGlass

Brýle od společnosti Sony jsou kompatibilní s mobilními telefony, které mají Android. Kamera má velice nízké rozlišení, je určena pouze pro fotografování nebo natáčení videí. Brýle mají dvojici průhledných monochromatických displejů, jsou kabelově spojené s ovladačem a jsou bezdrátově spojené s mobilními telefony. Cena se pohybuje okolo 24 000 Kč. [22]



Obr. 27 Brýle SmartEyeGlass[22]

3.7.4 Telepathy One

Japonský výrobce Telepathy představil brýle, které mají obraz pouze před jedním okem. Mají poloprůhledný displej, kabelové propojení s ovladačem, kameru a jsou kompatibilní s Androidem. [22]

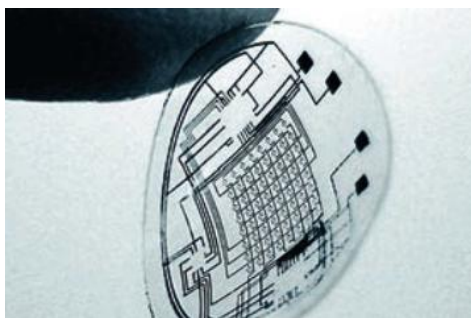


Obr. 28 Brýle Telepathy One[22]

Bylo by možné vyjmenovat řadu brýlí pro virtuální a rozšířenou realitu. Mnoho výrobců se pokouší přijít na trh s novými modely, dokonalejšími funkcemi a uživatelsky přijatelnějšími variantami. Na internetu už je možné najít řadu fotografií brýlí, které ještě nejsou na trhu. Dokonce jsou tam popsány i jejich nové a vylepšené funkce a vlastnosti. Kdy se však tyto brýle objeví na trhu, není známo.

3.8 Kontaktní čočky

Vývoj hardwaru rozhodně není u konce. Společnost Microsoft a Google se zabývají výzkumem inteligentních kontaktních čoček. Cílem je propojit klasické kontaktní čočky s funkčním systémem, které přenesou obraz přímo před oči. Nicméně než se toto stane skutečností, musí být vyřešena řada problémů jako například jak zajistit, aby čočky nepoškozovaly lidský zrak. [20]



Obr. 29 Kontaktní čočky [20]

3.9 Head-up displeje s rozšířenou realitou

Vývojem se zabývají především v automobilovém průmyslu. Velikost displeje má odpovídat ploše čelního skla. Řidič má zobrazeny pokyny a důležité informace přímo na čelním skle. Cílem technologie je zvýšení bezpečnosti. Řidič dostává informace např. o tom, kde má odbočit, do jakého jízdního pruhu se má zařadit či ho upozorňuje na hrozící nebezpečí, jako je chodec, vozidlo nebo jiná překážka na cestě. Tuto technologii např. využívá společnost BMW, na čelním skle se zobrazují informace o aktuální rychlosti vozidla. [3]



Obr. 30 Head-up displej[3]

4 Přehled softwaru pro virtuální návody

Vývoj a implementace softwarů je spojen s rozvojem hardwaru. Je závislý na technologickém pokroku v oblasti počítačových procesorů, displejů, senzorů, vysokorychlostním internetu, životnosti baterií a na dalších faktorech. [20]

4.1 Unifeye Desing

Německá společnost Metaio se zabývá prodejem výrobků z oblasti rozšířené reality. Jedním z těchto produktů je software Unifeye Desing. Pomocí softwaru můžete vytvářet vlastní projekty rozšířené reality. Při práci využívá kombinaci 2D i 3D formátu. V roce 2015 byla společnost prodána firmě Apple. Částka, za kterou byla firma prodána, nebyla zveřejněna. [40]

Unifeye Desing je výkonná aplikace, která slouží odborníkům, kteří se chtějí zlepšovat, ale je vhodná pro komerční i nekomerční využití a mnoho dalšího. [40]

Požadavky:

- 3D grafická karta s alespoň 512 MB
- 2 GB RAM
- USB kamera
- Procesor Dual Core s alespoň 1.7GhZ
- Operační systém Windows XP/ Vista /Vista 64 /7 / 7x64 [27]

4.2 Unity 3D

Software Unity 3D není v České republice moc rozšířen a je téměř nemožné najít návody v češtině. Unity 3D je uživatelsky přívětivý a pochopitelný i pro začátečníky. Navíc podporuje širokou škálu platforem a jeho velkou výhodou je stažení zdarma pro osobní využití. Programovat lze v JavaScript, C# a Boo nebo je možné jazyky kombinovat. Výhodou je kompatibilita s různými formáty, což velice usnadňuje práci. Stačí přkopírovat soubory 3D modelů, zvuků a textur do adresáře daného projektu. Potřebné soubory si může uživatel vytvořit sám nebo je stáhnout na internetu, kde jsou jich k dispozici tisíce. Jsou v rozličné kvalitě, některé jsou ke stažení zdarma, jiné k zakoupení. Zaměstnanci vývojových studií např. modelují postavy, různé objekty (domy, dopravní prostředky...), kreslí textury, vyrábí zvuky nebo hudbu. Unity 3D má vlastní obchod s potřebnými soubory. Jejich nabídka se neustále rozšiřuje. Pro vytvoření vlastních objektů je vhodný software SketchUp, který je kompatibilní s Unity. Pomocí něhož může uživatel vytvářet 3D objekty a texturovat jejich povrch. Výhodou je, že uživatel nemusí všechny objekty od začátku vytvářet sám, ale může si pro svou práci stáhnout již hotové. Rozšířením SketchUp je 3D Warehouse, kde je možné stahovat a sdílet již vytvořené modely. Software Unity 3D používají začátečníci i zkušení vývojáři. [28, 29]

Unity 3D je herní a vývojářský nástroj, který umožňuje utvářet vysoce kvalitní hry. Je možné vytvářet pro platformy:

- Windows,
- Mac,
- OSX,
- iPhone,
- iPad,
- Android telefony a tablety,
- Wii,

- PS3,
- Xbox 360 [30]

Ke stažení jsou k dispozici tři verze:

- Osobní verze (zdarma)
- Verze Plus (35\$/měsíc)
- Verze Pro (12 \$/měsíc) [31]

4.3 Vuforia

Vuforia je technologická platforma pro rozšířenou realitu. Umožňuje snadno a rychle vytvářet rozšířenou realitu bez velkých znalostí programování. Technologie lze použít v řadě oblastí, jednou z nich jsou průmyslové aplikace. Má více než 275 tis. registrovaných vývojářů, okolo 30 tis. aplikací a více než 325 milionů nainstalovaných aplikací po celém světě. [32, 33]

Zkušební verze je zdarma, stačí se pouze registrovat na oficiálních stránkách Vuforia. Je určena pro mobilní zařízení, hlavní funkcí je identifikovat a analyzovat zachycený obraz. Uživatelé díky softwaru mohou vytvářet aplikace rozšířené reality. [41]

V srpnu loňského roku vyšla nejnovější verze 6. Ta nabízí výrobcem upravitelný vizuální kód, který je možné přidat do připojeného zařízení nebo objektu manuálně pomocí obtisků nebo automatickým tiskem. Vuforia podporuje nejrozšířenější mobilní telefony, tablety a náhlavní soupravy. [34]

Jde o technologii související s různými typy uživatelských rozhraní, rozpoznávání, propojení s cloudem. Na této technologii je postavena řada aplikací. [35]

4.4 ARToolKit

ARToolKit je knihovna vyvinutá v Japonsku v roce 1999 a je považován za průkopníka ve svém oboru. Byla vzorem několika dalším programům. Je to nástroj na vývoj aplikací orientovaných na rozšířenou realitu. Systém umožňuje vkládat virtuální objekty do reálného světa. Software je světově rozšířený a jeho využívání je zcela zdarma. Knihovna je dostupná pro Windows, Linux, iOS, Symbian, Mac OS x a SGI IRIX. [42, 43,44]

Byly vytvořeny modifikace, které umožňují práci i v jiném jazyku:

- ARToolKitPlus
- NyARToolKit
- FLARToolKit [42]

Možné využití:

- Hry, zábava,
- Interaktivní průvodce,
- Navigace,
- Efekty ve filmech. [39]

„Co ARToolKit umí?

- *rozpoznávání trasovacích značek,*
- *trasování pozice a rotace kamery metodami počítačového vidění,*
- *kalibraci kamery,*
- *zpracování obrazu v reálném čase,*

- knihovna zajišťující zpracování videa,
- *ARToolKit* je napsán v jazyce C/C++,
- podpora *OpenGL*, *GLUT* a *VRML (OpenVRML)* pro vykreslování virtuálního obrazu,
- podpora více OS (*Linux*, *MS Windows*, *Mac OS X*) a mobilních platforem (*Android*, *Symbian*, *iPhone*),
- podpora 3D virtuálních brýlí,
- řada nástrojů a příkladů,
- mnoho mutací (pro *Flash*, *Silverlight*, *Virtual machines*, *OpenSceneGraph* atd. “[39]

5 Představení montážního pracoviště

Praktická část práce nebyla zpracována ve firmě, ale na půdě univerzity, kde je zhotoveno montážní pracoviště pro sestavování dřezového sifonu. Je zde možné sestavovat několik druhů sifonů, pro účely experimentu byl vybrán pouze jeden typ, a to A441P.

Montážní pracoviště je zhotoveno v Laboratoři ergonomie a rozšířené reality v UK 310, které se nachází na Katedře průmyslového inženýrství a managementu na Západočeské univerzitě v Plzni. Zde byly otestovány všechny návodky. Pracoviště je vybaveno montážním stolem s vlastním osvětlením, elektrickým šroubovákem a židlí. Stůl má navíc protiskluzovou položku pod nohy. Je zde také umístěno několik plastových zásobníků, ve kterých jsou díly potřebné pro montáž dřezového sifonu. K dispozici je také displej k zobrazování interaktivních návodů a desky pro papírové návody, ty ale pro účely testování nebyly využity.



Obr. 31 Montážní pracoviště [vlastní zpracování]

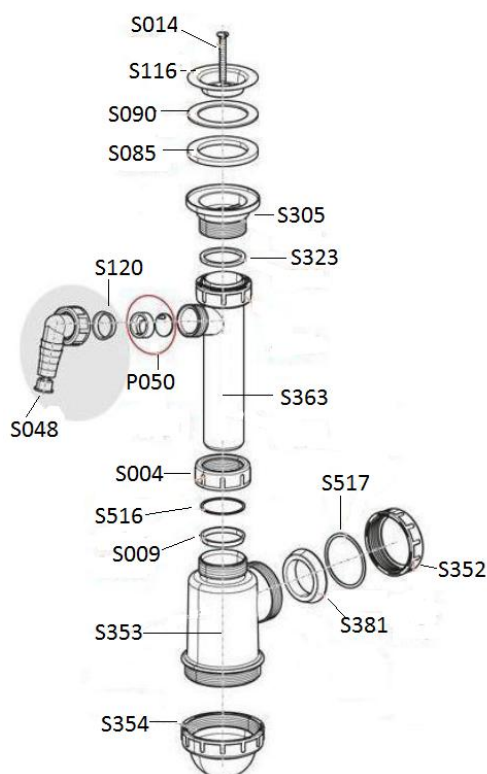
6 Tvorba návodek

Všechny návodky byly vytvořeny pro dřezový sifon s číselným označením A441P od firmy Alca plast, s. r. o. Společnost byla založena již v roce 1998. Je to největší výrobce sanitární techniky ve střední a východní Evropě. V zahraničí má 6 dceřiných společností a vyváží do více jak 40 zemí světa. Mezi vyráběné produkty patří sifony, žlaby, WC sedátka, ventily a další. Celkem byly vytvořeny dvě návodky – papírová a virtuální.

Každý díl má své specifické označení, tím je čtyřmístný kód, který se skládá z jednoho písmene a tří čísel. Celý sifon je složen z celkem 20 částí, z toho se dva díly se k hotové sestavě pouze přiřkládají.



Obr. 32 Sifon dřezový A441P [vlastní zpracování]



Obr. 33 Schéma jednotlivých částí sifonu [vlastní zpracování podle 47]

6.1 Tvorba papírové návodky

Nejprve byla vytvořena papírová verze návodky. Její správnost a pochopitelnost byla vyzkoušena na pěti dobrovolnících. Jednalo se o 34letého muže, ženu ve věku 50 let, 5letého chlapce a dvě studentky ve věku 25 let. Malý chlapec byl zvolen, protože neumí číst a tím byla ověřena jednoznačnost jednotlivých obrázkových kroků. Ve firmách často pracují cizinci, kteří neumějí česky, proto byl kladen důraz na pochopení jednotlivých bodů bez nutnosti čtení pokynů. První tři byli otestováni v domácích podmínkách. U posledních dvou studentek proběhlo zkoušení návodky na montážním pracovišti v UK 310. Po otestování nezaujatými dobrovolníky bylo provedeno několik malých změn a celá návodka byla dokončena pro následné testování.

Než mohlo začít samotné skládání sifonu, měl každý student za úkol si přečíst instrukce, které byly připravené na pracovním stole, a vyhledat si konkrétní návodku v deskách, kde bylo umístěno celkem 27 manuálů. Každá titulní strana měla stejný vzhled.

Papírová návodka se skládá z celkem 16 stránek. Na úvodní stránce je popsáno, že se jedná o pracovní postup montáže dřezového sifonu typu A441P doplněného o obrázek výsledného produktu. Na druhé stránce je fotografie montážního pracoviště a na těch dalších stranách je vyobrazen seznam potřebných dílů, náradí a popis jak pracovat s elektrickým šroubovákem. Dále jsou v návodce popsány jednotlivé kroky, které jsou pro názornost doplněny obrázky.

Manuál na sestavení sifonu bylo možné popsat více způsoby. Jednotlivé kroky nemusejí jít nutně přesně po sobě, jak je to uvedeno v návodce. Musí se však vždy dojít ke stejnému výsledku. Byl zvolen následující postup montáže, který má celkem 20 kroků.

Celý sifon se skládá z 20 různých dílů, které je nutné smontovat dohromady. Jako první se složí spodní část sifonu, která se skládá z dílů S354 a S353. Tyto části se smontují dohromady. Dále je potřeba vložit S381 do S353, u tohoto kroku je nutné dávat pozor, protože díl S381 se do dílu musí zasunout užší stranou. Jako další se musí vložit S517 do S352. Takto připravené součástky je nutné zašroubovat do S353.

V dalším kroku se sestaví vrchní část sifonu. Vezme se díl S305, do kterého se vloží S085, na ten se pak položí S090 a na závěr je nutné umístit díl S116. Do takto připraveného sestavy se zašroubuje šroub S014 - postačí pouze na 3-4 otáčky, na zbytek se použije elektrický šroubovák. Ten se zapne posunutím tlačítka do spodní polohy. Šroubovák začne pracovat po přitlačení na šroub, v případě nedostatečného zatlačení šroubovák nebude fungovat. Pozor, aby nedošlo k úrazu, je nezbytné držet šroubovaný díl pevně.

Dále se připraví díl S363, do kterého je nutné zasunout P050. Při zasunutí P050 se musí dbát na správné umístění. Díl musí být zasunut stranou s těsněním, tj. černou stranou dolů, a zároveň musí být zasunut do drážky. Pokud se toto bude ignorovat, později nastane problém s přišroubováním dalších částí.

Jestli se předchozí krok zdařil, nachystají se díly S120 a S048. Těsnění S120 se vloží do S048 širší stranou. Následně S048 se zašroubuje do S363. Díl S048 musí směřovat dolů, to znamená, že nesmí směřovat k trubkové matici - viz obrázky v příloze číslo 1, bod 11.

Do součásti S363 se vloží těsnění S323, aby bylo možné součást zasunout do požadovaného dílu, je nutné držet vysunutou trubkovou matici, a do ní zatlačit těsnění tak, aby bylo zatlačeno v osazení trubky. Poté se zašroubuje horní část sifonu S305 do S363. Na díl S363 se nasune S004, zde je opět potřeba zkontrolovat správnost polohy. Matici je potřeba nastrčit závitěm ven. Na tutéž součástku se vsune S516 a následně S009, těsnění se musí nasunout širší stranou.

V tomto kroku by měly být k dispozici dvě sestavy, které je nutné smontovat dohromady. Prívod myčky a odtok sifonu musí ležet na protilehlé straně. Do sítka se vloží špunt P019. V předposlední fázi je nutné překontrolovat správnost složeného výrobku. A na závěr se přiloží ke smontovanému sifonu těsnění V023. To se k hotovému sifonu pouze přibaluje, slouží ke správné finální instalaci. Celá papírová návodka včetně názorných obrázků je v příloze číslo 1.

Jak již bylo zmíněno, každý díl je označen jedním písmenem a třemi čísly. Jednotlivé součástky byly umístěny do plastových zásobníků podle velikosti. V první řadě jsou umístěny střední díly, ty jsou seřazeny abecedně a jejich číselné označení je vzestupné. Ve spodní části jsou rozmístěné menší díly, ty jsou uspořádány podle stejného principu. V postranním regálu jsou situovány největší platové díly, které jsou také seřazeny podle výše uvedených pravidel.



Obr. 34 Rozložení jednotlivých dílů v plastových boxech I [vlastní zpracování]



Obr. 35 Rozložení jednotlivých dílů v plastových boxech II [vlastní zpracování]

6.2 Tvorba virtuální návodky

V akademickém roce 2012/2013 zpracovával Bc. Ladislav Adam diplomovou práci na téma Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality. Jelikož se zabýval vytvořením návodky pro dřezový sifon s označením A441P a A442P, byly již k dispozici potřebné 3D modely. Jednotlivé součásti dřezového sifonu vytvořil pomocí softwaru Delmia Catia od společnosti Dassault Systèmes a softwaru Unigraphics od firmy Siemens. [47]

Pro účely práce byl využíván dostupný program a tím byl software Unity 3D. Ten je možné si pro osobní účely nainstalovat zdarma.

Potřebné modely byly sice k dispozici, ale bylo potřeba je převést do správného formátu. Ty byly převedeny pomocí softwaru Mesh Lab, který slouží pro vytváření a editaci 3D modelů. Tyto modely bylo ještě potřeba upravit v programu SketchUp, kde se upravil souřadnicový systém – pivoty. Po těchto úpravách je bylo možné nahrát do softwaru Unity 3D, kde byla celá virtuální návodku vytvořena.

Nejprve bylo nutné nahrát do softwaru všechny potřebné 3D modely, se kterými se následně pracovalo. Poté bylo nutné si nastavit kameru do vhodné pozice a zobrazit si další Inspector, ve kterém se celá animace tvořila. Jeden byl zamčený a druhý ne, práce probíhala v uzamčeném Inspectoru.

Jako první se nastavil seznam všech potřebných 3D modelů – animation objects, celkem se použilo 18 modelů součástí.

Pak už se začala tvořit samotná animace. Vytvořil se nový krok, pro něj se nastavila vhodná pozice kamery. Byly označeny všechny statické objekty, to jsou všechny objekty, které se nebudou ve virtuální návodce pohybovat. Nastavila se počáteční a koncová pozice jednotlivých dílů, časy trvání jednotlivých kroků a zpoždění animace. Dále se nastavil pohyb dílů – díl se přilepí nebo se šroubuje. A nakonec bylo nutné hotový krok potvrdit. Takto se postupovalo při tvorbě všech 18 kroků.

Animace je tvořena tak, aby každý krok bylo možné posunout stisknutím tlačítka myši. Levým tlačítkem se posune návodka o krok vpřed, pravým o krok zpět. Dále bylo nastaveno automatické počítání celkové doby trvání montáže. Časy jednotlivých kroků byly automaticky zaznamenávány do souboru v Excelu.

Sestavení dřezového sifonu bylo popsáno v 18 krocích. Papírová verze jich měla 20. Ve virtuální návodce byl vynechán krok číslo 19- Zkontroluj, zda je sifon smontovaný správně. A krok číslo 18 a 20 byl spojen v jeden, a to - K hotové sestavě musí být přiloženo těsnění V023 a zátka P019.

Jednotlivé kroky nemusejí jít přesně po sobě, jako je tomu ve virtuální návodce, musí se ale vždy dojít ke stejnému výsledku. Daný postup byl zvolen jako nejvhodnější.

Jako první je potřeba našroubovat díl S354 na S353, dále je nutné vložit díl S381 užší stranou do S353. Jako další se musí vložit S517 na díl S381. Na takto připravené součástky se našroubuje S353.

V dalším kroku se smontuje vrchní část sifonu. Díl S085 se vloží do dílu S305, na ten se pak položí S090 a na závěr se přidá díl S116. Do takto připravené soustavy se vloží šroub S014 a ručně se zašroubuje na 3-4 otáčky, na zbytek se použije elektrický šroubovák. Ten se spustí stlačením vypínače do dolní polohy a po přitlačení na požadovaný díl, v případě nedostatečného zatlačení šroubovák nebude fungovat. Šroubovaný díl je nutné držet pevně.

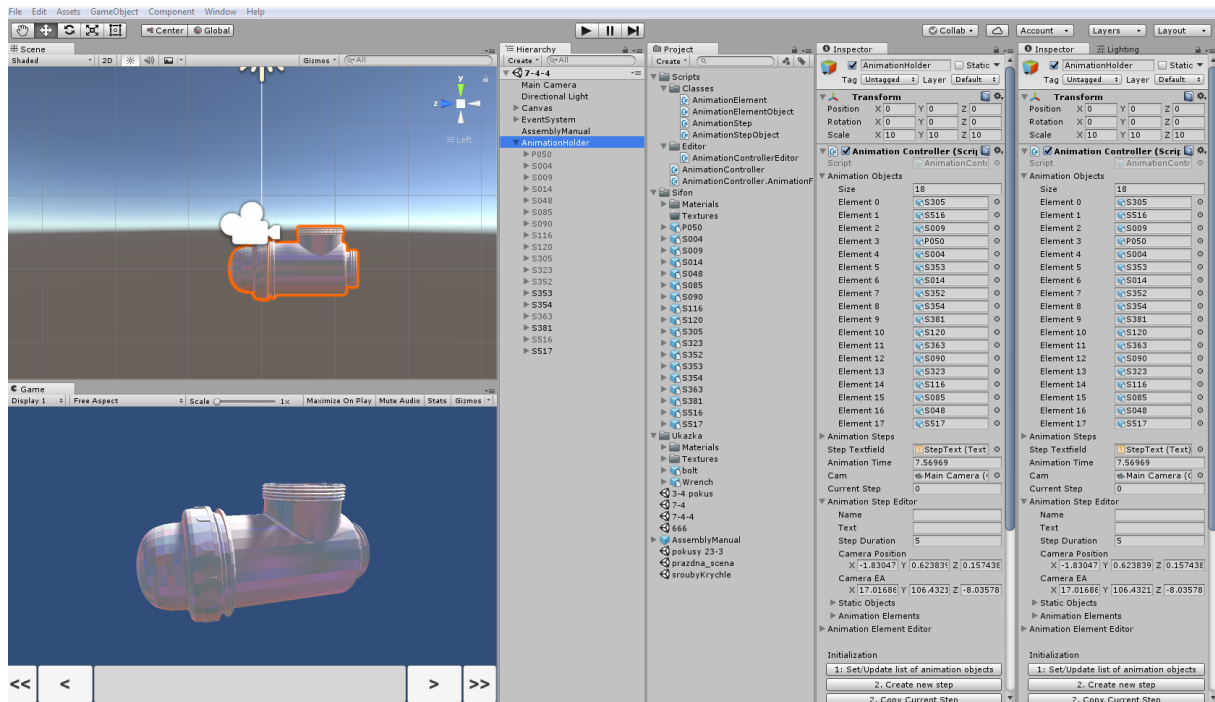
V dalším kroku se vloží těsnění S120 širší stranou do dílu S048. Následně se díl P050 zasune do drážky stranou s těsněním, tj. černou stranou dolů do dílu S363. Poté se součástka S048 zašroubuje do dílu S363. V dalším kroku se těsnění S323 zatlačí do S363. Na S363 se zašroubuje horní část sifonu S305. Na díl S363 se nasune S004, poté S516 a nakonec S009.

V předposledním kroku se zbylé dvě sestavy sešroubují dohromady. A nakonec se k hotovému sifonu se přiloží díl P019 a V023.

Na základě předchozích znalostí s tvorbou návodky nebyla tato verze dopředu testována.

Cílem interaktivní návodky je vizuálně znázornit celý proces pracovního postupu montáže dřezového sifonu typu A441P.

Pomocí virtuální návodky by se mělo zrychlit zaškolení pracovníků a vyvarovat se možným chybám během kompletace sifonu.



Obr. 36 Ukázka rozpracované verze ze softwaru UNITY 3D [vlastní zpracování]



Obr. 37 Ukázka virtuální návodky [vlastní zpracování]

7 Testování návodek

Po vyhotovení návodek nejprve proběhlo ověření správnosti a funkčnosti na vybraných dobrovolnících. Poté následovalo měření studentů, za jak dlouho jsou schopni sestavit požadovaný výrobek podle návodu. Studenti byli rozděleni na dvě skupiny, jedna zkoušela montáž dle klasického papírového návodu a zbytek podle virtuální reality.

Rozdělením studentů na skupiny bylo zamezeno ovlivnění výsledků, ke kterému by mohlo dojít na základě předchozích zkušeností se skládáním. Pokud by jeden člověk nejprve sestavil sifon podle první varianty a následně podle druhé mohlo by dojít ke zkreslení údajů. Student by už věděl, kam který díl patří, a nevěnoval by pokynům tolik pozornosti.

Každý měl k dispozici více pokusů, při tom prvním se s instrukcemi všichni nejprve seznamovali, tomu odpovídal i čas sestavování. Při dalších experimentech se čas postupně zkracoval.

7.1 Testování papírové návodky

Testování papírové návodky probíhalo v měsíci březnu. Poté, co byla návodka odzkoušena, bylo nutné otestovat několik dobrovolníků a zjistit, za jak dlouho zvládnou sestavit dřezový sifon. Do laboratoře UK 310 byli pozváni jednotliví studenti, aby ho smontovali. Každý student měl k dispozici čtyři pokusy. Snaha o smontování sifonu při prvním pokusu trvala nejdéle, při dalších se čas potřebný k montáži zkracoval. Celkem bylo otestováno 12 studentů.

Každé testování probíhalo následovně: studentovi bylo představeno montážní pracoviště, podle potřeby bylo rozsvíceno světlo a pak už probíhalo samotné měření.

Na pracovním stole měl každý student připravené desky s návodkami a instrukce.

Instrukce zněly následovně:

1. Najdi v šanonu návodku na montáž - **Sifon dřezový A441P**.
2. Podle návodky smontuj dřezový sifon.

V deskách bylo umístěno 27 různých návodek, student měl za úkol najít tu správnou a podle ní sestavit výrobek. Návodka byla do desek umístěna vždy náhodně, neměla tedy vždy stejnou pozici. Předpokládalo se, že pracovník nikdy neumístí manuál zpět na stejné místo.

U všech pokusů byly změřeny časy jednotlivých kroků, ale i to jak dlouho trvalo vyhledání správné návodky či vyjmutí z desek a nalistování potřebné strany.

7.1.1 Měření číslo 1

Dne 8. 3. 2017 se konalo první kolo testování dobrovolníků. Testu se zúčastnily dvě studentky. Výsledky jednotlivých pokusů nalezneme v tabulkách číslo 2 a 3.

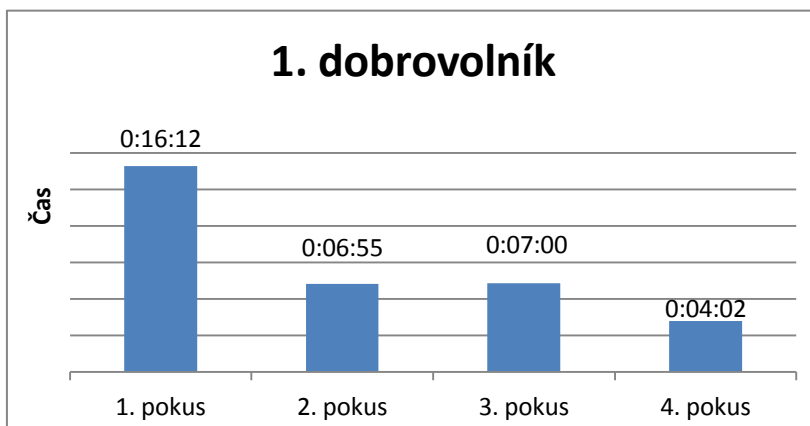
1. dobrovolník

Prvního testování se zúčastnila žena ve věku 24 let, která studuje Fakultu strojní, navazující magisterský obor na Katedře průmyslového inženýrství a managementu. Při měření nebylo využito umělého osvětlení.

Při prvním pokusu si studentka vyndala všechny potřebné díly na stůl, což se později projevilo jako problém. Studentka nevěděla, který díl je který, a musela si některé díly znovu dohledávat. V dalších pokusech se tomuto kroku vyvarovala.

Zpočátku sestavení sifonu trvalo 16 minut a 12 sekund. Částečně to bylo ovlivněno tím, že si v prvním pokusu připravila všechny díly na pracovní desku. Druhý pokus byl více než

o polovinu kratší oproti prvnímu. Čas dalšího montování byl srovnatelný s tím předchozím. Nakonec se studentce podařilo snížit čas na čtyři minuty.



Graf 1 Grafické znázornění jednotlivých časů 1. dobrovolníka [vlastní zpracování]

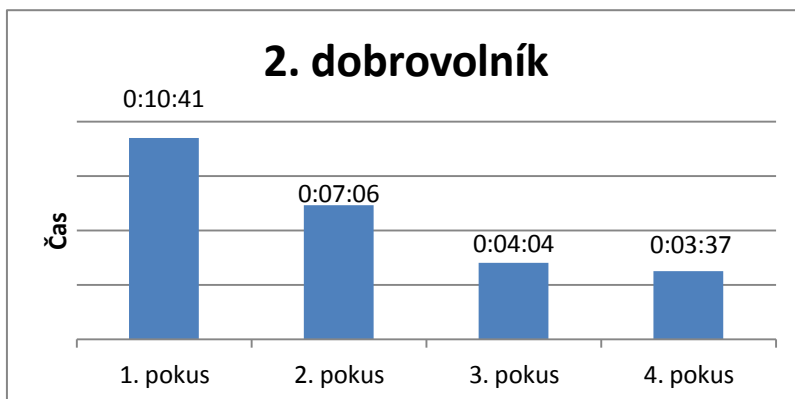
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	16:12	6:55	7:00	4:02

Tabulka 2 Experiment číslo 1 [vlastní zpracování]

2. dobrovolník

Jako druhá a zároveň poslední toho dne sestavovala sifon 25letá studentka Fakulty strojní ze stejného oboru. Měření probíhalo za stejných světelných podmínek, jako tomu bylo v prvním případě.

Vyvarovala se přípravě všech potřebných komponent a začala rovnou s montáží. Skládání požadovaného produktu probíhalo bez větších problémů. Časy jednotlivých pokusů se postupně snižovaly, poslední trval pouze 3 minuty a 37 sekund.



Graf 2 Grafické znázornění jednotlivých časů 2. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	10:41	7:06	4:04	3:37

Tabulka 3 Experiment číslo 2 [vlastní zpracování]

7.1.2 Měření číslo 2

Další měření proběhlo dne 16. 3. 2017. Tohoto testu se zúčastnili studenti, kteří mají zapsaný předmět Průmyslové inženýrství (PI). Montáž sifonu si tentokrát vyzkoušelo 6 studentů. Jednotlivé časy měření můžete nalézt v následujících tabulkách.

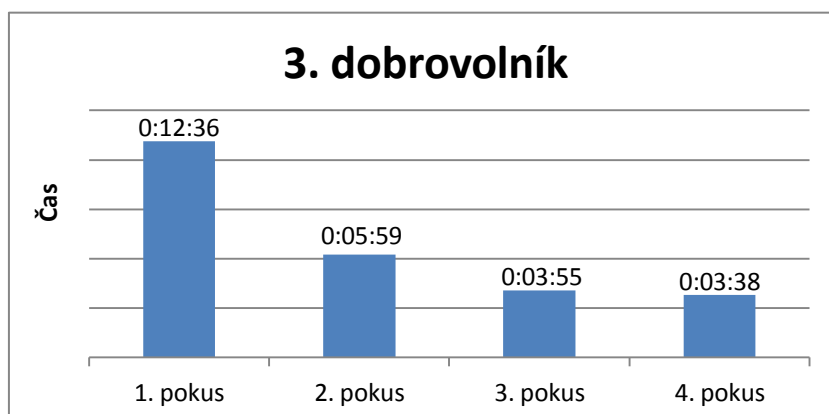
3. dobrovolník

Jako první se montáži chopil muž ve věku 20 let, jednalo se o studenta již zmíněného předmětu – Průmyslové inženýrství. Celá montáž probíhala za denního osvětlení, nebylo využito umělého světla na pracovišti.

Student si také vyndal všechny potřebné součástky na stůl a poté sestavoval sifon. Tento krok je velice problematický, protože když jsou na stole všechny součástky, nelze je dobře identifikovat.

Další problém se vyskytl při práci se šroubovákem, student nevěděl, jak s ním zacházet. Zřejmě nevěnoval dostatečnou pozornost návodce a ne všiml si, že jsou tam instrukce, jak s ním zacházet. Tyto pokyny jsou dokonce popsány na dvou místech. Další experimenty probíhaly bez větších problémů.

Čas prvního sestavení byl podle předpokladů nejdelší, protože student s montáží neměl žádnou předchozí zkušenost a navíc si přichystal všechny součástky dopředu. Doba trvání se postupně snižovala.



Graf 3 Grafické znázornění jednotlivých časů 3. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	12:36	5:59	3:55	3:38

Tabulka 4 Experiment číslo 3 [vlastní zpracování]

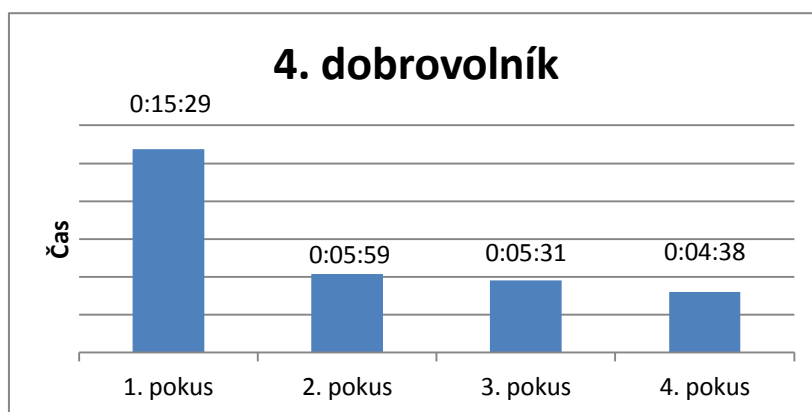
4. dobrovolník

Tentokrát si sestavení vyzkoušela žena ve věku 21 let, opět studentka předmětu Průmyslového inženýrství. Na pracovišti nebylo rozsvíceno umělé osvětlení. Po celou dobu práce studentka stála.

Tak jako její předchůdci si začala vyndávat všechny potřebné díly na stůl. Tento postup se opakoval u všech 4 pokusů. Všichni ostatní se po prvním montáži poučili a jednotlivé součástky si již nevyndávali na pracovní plochu. Studentka byla velice roztržitá. Přestože měla k dispozici papírový návod, kde je popsán krok za krokem, používala chybné části a dokonce přeskakovala jednotlivé kroky. K těm se pak musela vracet nebo opravovat některé součásti. Měla také problém s elektrickým šroubovákem, se kterým si z počátku nevěděla rady. Dokonce si ho sundala z vyvažovače, což nebylo nutné.

Doba trvání všech pokusů byla mnohem delší, než tomu bylo u předchozího studenta. Pravděpodobně to zapříčinila roztěkanost a nepozornost dívky.

První pokus trval více než 15 minut, při tom druhém sestavila sifon mnohem rychleji, a to s úsporou více než 9 minut.



Graf 4 Grafické znázornění jednotlivých časů 4. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	15:29	5:59	5:31	4:38

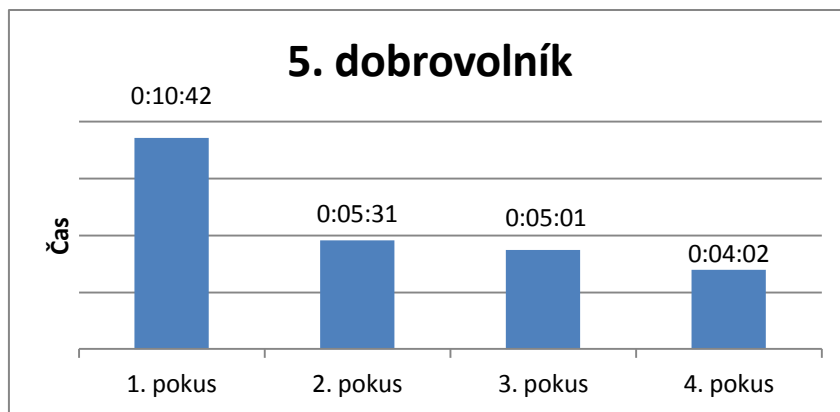
Tabulka 5 Experiment číslo 4 [vlastní zpracování]

5. dobrovolník

Další dobrovolník byl opět z řad studentů PI. Tentokrát se jednalo o 25letého muže. Montáž probíhala při zapnuté přídavné svítilně.

Jako jeden z mála si nevyndal všechny potřebné součásti na pracovní desku, ale začal rovnou se sestavováním. Celý experiment proběhl bez větších potíží.

První seskládání trvalo kratší dobu, než studentům, kteří si přichystali díly předem. Montáž se postupně zkracovala, nakonec dosáhl času 4 minuty a 2 sekundy.



Graf 5 Grafické znázornění jednotlivých časů 5. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	10:42	5:31	5:01	4:02

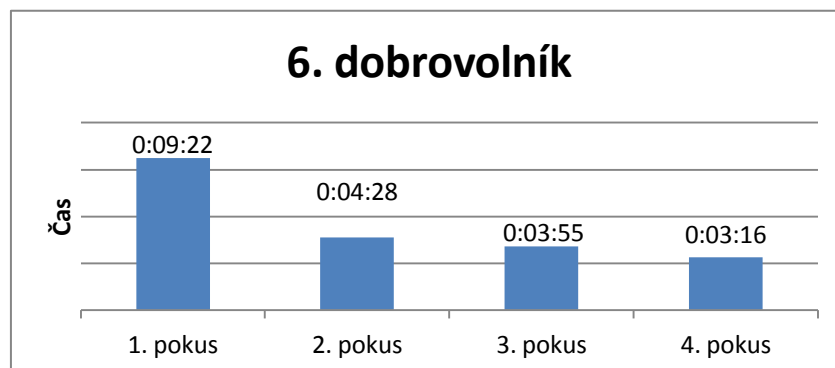
Tabulka 6 Experiment číslo 5 [vlastní zpracování]

6. dobrovolník

Následoval pokus 21letého studenta. Při experimentu bylo zapnuto umělé osvětlení.

Stejně tak jako ostatní si začal vyndávat jednotlivé kusy na stůl. Později se tomu kroku vyvaroval. I v tomto případě měl student problém s použitím elektrického šroubováku.

I přesto že si student při prvotním seskládání připravil jednotlivé komponenty hned na začátku montáže, čas sestavování byl poměrně krátký ve srovnání s jinými studenty.



Graf 6 Grafické znázornění jednotlivých časů 6. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	9:22	4:28	3:55	3:16

Tabulka 7 Experiment číslo 6 [vlastní zpracování]

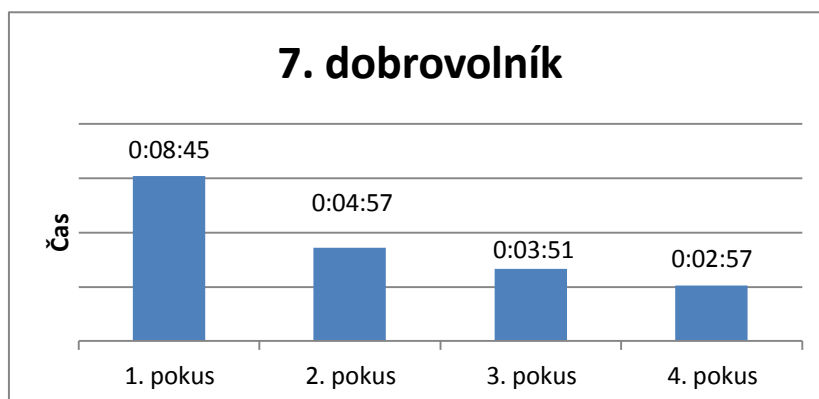
7. dobrovolník

Předposlední byl muž, jehož věk je 21 let. Opět se jednalo o dobrovolníka ze cvičení z PI. Montáž proběhla při rozsvíceném světle na pracovišti.

Student se nejprve rozhodl, že bude pracovat ve stoje. Po chvíli ale zjistil, že tato pozice není až tak výhodná, protože kvůli své výšce špatně vidí na boxy s materiálem, zbytek provedl

vsedě. Při prvním pokusu si student začal vyndávat díly na pracovní plochu, v zápětí mu však došlo, že tento postup není vhodný a přestal s přípravou komponent.

V tomto případě bylo zatím dosaženo nejrychlejších časů u prvního a posledního experimentu.



Graf 7 Grafické znázornění jednotlivých časů 7. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	8:45	4:57	3:51	2:57

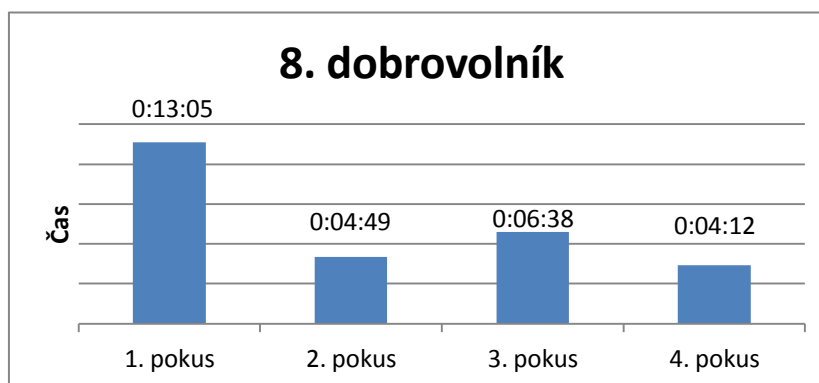
Tabulka 8 Experiment číslo 7 [vlastní zpracování]

8. dobrovolník

Jako poslední přišel na řadu 21letý muž. Rozhodl se, že provede celou montáž za denního světla, tedy bez využití přídatného osvětlení. Celou práci absolvoval ve stoje. Před samotnou montáží řekl, že už má zkušenost se skládáním sifonu a že nebude potřebovat návodku. Použití návodu bylo nutné, protože je to stěžejní součást měření.

Ani zde nebyla výjimka, student si při prvním pokusu také začal připravovat všechny potřebné díly. Přeskakoval některé kroky, jindy použil chybné díly apod. Při druhém pokusu mu zbylo těsnění, chybu musel najít a opravit ji. Během další montáže použil chybný díl a musel tak učinit nápravu, aby smontovaný sifon měl všechny správné komponenty.

První zkouška trvala podle odhadů nejdéle. Navíc při montáži opomněl vložit těsnění, takže na konci musel svojí chybu opravit. Druhý experiment se studentovi podařilo stáhnout více než o polovinu. Při tom dalším bohužel nedošlo ke zlepšení, ale naopak ke zhoršení. Bylo to tím, že student použil chybnou součást. Namísto dílu S305 využil S203. Byl proto nucen některé části demontovat a sestavit sifon znovu se správnými komponenty.



Graf 8 Grafické znázornění jednotlivých časů 8. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	13:05	4:49	6:38	4:12

Tabulka 9 Experiment číslo 8 [vlastní zpracování]

7.1.3 Měření číslo 3

Třetí měření probíhalo dne 27. 3. 2017. Tohoto pokusu se zúčastnily pouze dvě osoby. Jednalo se o doktoranda z Katedry průmyslového inženýrství a managementu a studentku navazujícího magisterského programu ze stejné katedry. Doba trvání jednotlivých experimentů naleznete v tabulkách číslo 10 a 11.

9. dobrovolník

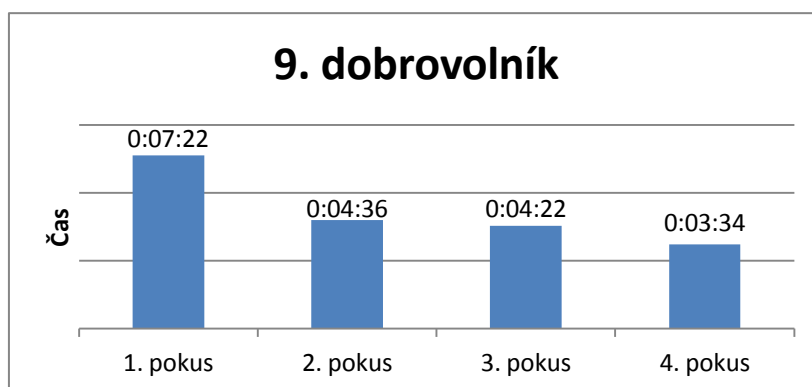
Jako první se skládání ujal 26letý inženýr, který je na doktorském studiu. Všechny čtyři pokusy probíhaly za přirozeného denního světla.

Při první snaze o sestavení sifonu si začal vyndat díly na stůl. Nakonec si vyndal jen několik součástí a s další přípravou už nepokračoval. Zpočátku měl trochu problém s použitím elektrického šroubováku, ale nakonec si s ním poradil.

U pokusu číslo 2 a 3 si přichystal pouze velké plastové díly, menší kusy a těsnění si dopředu nepřipravoval. Při třetí zkoušce chybně vložil P050 do S363. Díl totiž nebyl zasunut do drážky. Což se v 11 kroku projevilo jako problém, protože jednotlivé části nešly do sebe zašroubovat. Musel tedy P050 vyjmout a znova umístit do správné polohy. Dále špatně nasunul těsnění S009. Této chyby si ihned všiml a opravil ji. Při posledním pokusu opět nesprávně vložil díl P050 a musel tuto vadu opravit.

Ve srovnání s ostatními studenty, byl čas prvního pokusu nejrychlejší ze všech, trval pouze 7 minut a 22 sekund.

Výsledné časy druhého a třetího měření byly mezi sebou srovnatelné. Doba se pohybovala okolo čtyř a půl minuty. Na závěr se mu podařilo snížit čas ještě cca o 1 minutu.



Graf 9 Grafické znázornění jednotlivých časů 9. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:22	4:36	4:22	3:34

Tabulka 10 Experiment číslo 9 [vlastní zpracování]

10. dobrovolník

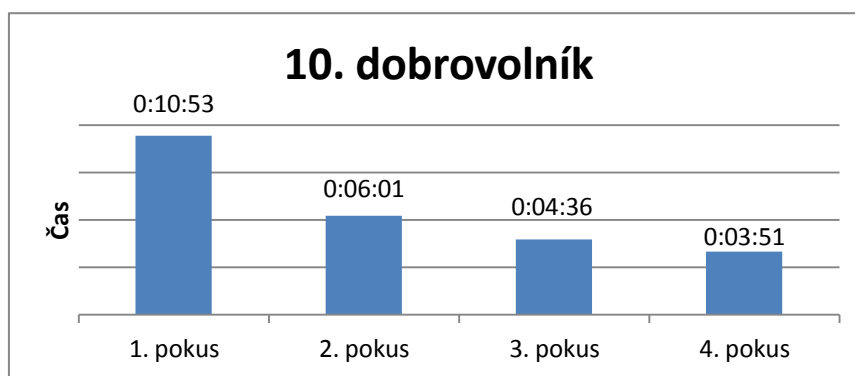
Jako druhá a zároveň poslední montovala sifon bakalářka ve věku 25 let. Studentka navazujícího studia z Katedry průmyslového inženýrství a managementu. Měření probíhalo po poledni, takže bylo využito pouze denního světla.

Studentka si celý návod nejdříve prohlédla a až poté začala se sestavováním. Vyhnula se tedy zbytečné přípravě všech dílů na pracovní stůl. Všechny kroky si pečlivě prozkoumala a instrukce si četla nahlas. Tomu odpovídal i trochu delší čas sestavení u prvního pokusu.

S krokem číslo 9 měla menší potíže. Předposlední instrukce přeskočila a musela se k nim dodatečně vracet, protože přívod pro myčku a odtok sifonu neležely naproti sobě, ale na stejné straně, to musela třeba opravit.

Druhý a čtvrtý pokus probíhal bez větších zádrhelů. U třetí montáže musela opakovat krok číslo 9, protože jí součástka vypadla na zem, a tak ji musela vložit znovu. Po celou dobu sestavování byla studentka velice pečlivá, vše si podrobně pročítala.

Doba prvního montování činila téměř 11 minut, následně bylo dosaženo lepších a lepších výsledků.



Graf 10 Grafické znázornění jednotlivých časů 10. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	10:53	6:01	4:36	3:51

Tabulka 11 Experiment číslo 10 [vlastní zpracování]

7.1.4 Měření číslo 4

Poslední testování papírové návodky se uskutečnilo dne 28. 3. 2017 a byli změřeni poslední dva dobrovolníci. Výsledky čtvrtého měření jsou uvedeny v tabulce číslo 12 a 13.

11. dobrovolník

Jednalo se o 23letou bakalářku studující na Fakultě ekonomické, obor Podniková ekonomika a management. Při tomto pokusu nebylo využito umělého osvětlení.

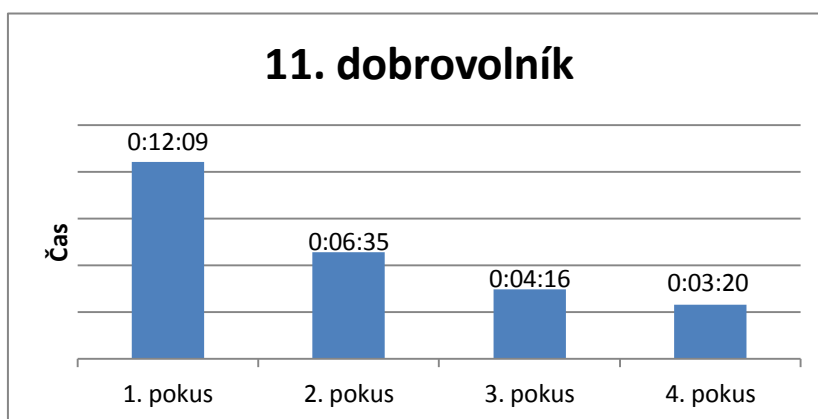
První seskládání sifonu trvalo více než 12 minut. Všechny díly byly vyskládány na pracovní desku, jako tomu bylo i u některých jejích předchůdců. Když si studenti takto nachystají všechny součástky, mají při montáži problém, protože neví, který díl je který. Při dalším experimentu chybně vložila P050, který pak musela ještě jednou správně zasunout.

Během předposlední montáže jí upadl díl S305, který musela zvedat ze země. Poslední úkony dělala zřejmě po paměti, takže nejdříve udělala krok číslo 20, tedy přiložila zbývající těsnění

k výrobku, a až poté se vrátila ke kroku s číselným označením 18, při kterém zasunula zátku. U posledního experimentu opět prohodila krok číslo 18 a 20.

Během všech pokusů měla studentka problém se zasunutím těsnění s číselným označením S323. Nejprve zastrčení trvalo 2 minuty a 25 sekund, poté zkrátila čas na 1 minutu a 7 sekund. Čas dále snižovala, při třetím pokusu jí to trvalo jen 26 sekund a při posledním měření byl čas hodně podobný tomu předchozímu.

Studentka se postupně zlepšovala, její konečný výsledek patří k těm rychlejším časům. V porovnání s ostatními ženami dosáhla nejrychlejšího času.



Graf 11 Grafické znázornění jednotlivých časů 11. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	12:09	6:35	4:16	3:20

Tabulka 12 Experiment číslo 11 [vlastní zpracování]

12. dobrovolník

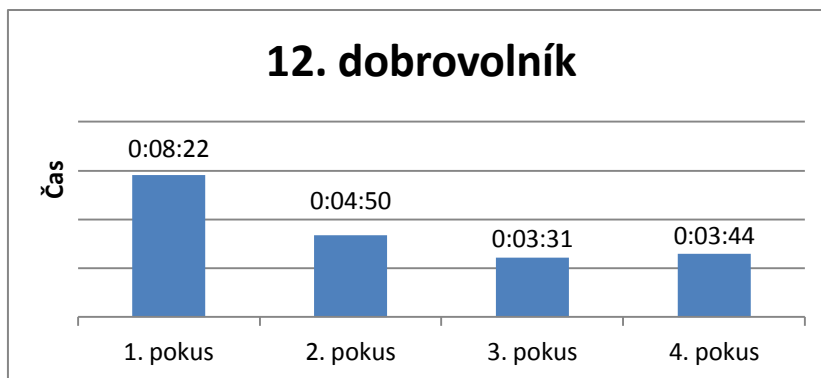
Úplně posledním testovaným byl doktorand z Katedry průmyslového inženýrství a managementu, kterému je 26 let. Měření probíhalo při umělém osvětlení. Při všech čtyřech pokusech student stál a říkal si nahlas, co dělá a co už má hotovo.

Nejprve si začal vyndávat díly na stůl, ale nakonec si připravil pouze díly, které byly na první straně v seznamu. I v tomto případě si student nevěděl rady s elektrickým šroubovákem, nepřečetl si instrukce a zkoušel s ním nejrůznějšími způsoby manipulovat, dokud sám nenalezl ten správný způsob, jak jej použít.

V druhém případě přeskočil krok 12 a 13, ke kterému se vrátil po tom, co dodělal krok 16. Při následujícím experimentu mu vypadl díl P050 na zem, ten byl sebrán a znovu vložen zpět do S363.

U třetí a čtvrté zkoušky bylo patrné, že student si pamatuje, jaký je postup montáže a návod již tolik nevyužíval.

Poslední montáž trvala déle než předchozí. To bylo zapříčiněné tím, že doktorand zapomněl na součástku S004, bez které udělal krok 15 a 16. V dalším kroku chybu objevil. Vrátil se do bodu 14 a některé pokyny, musel provést znovu. Jelikož se snažil provést seskládání bez využití návodky, nejdříve přidal chybějící těsnění V023 a na závěr provedl kontrolu složeného sifonu a upravil polohu některých částí.



Graf 12 Grafické znázornění jednotlivých časů 12. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	8:22	4:50	3:31	3:44

Tabulka 13 Experiment číslo 12 [vlastní zpracování]



Obr. 38 Ukázka z testování studentů [vlastní zpracování]

V následující tabulce jsou spočítány průměrné časy činností, které museli dobrovolníci provést předtím, než začali se samotnou montáží. Jednalo se o nalezení příslušného manuálu, jeho vyjmutí z desek a nalistování potřebné strany.

Vyhledání požadované návodky zabralo průměrně 16 sekund, následné vyndání z desek 12 sekund a nalistování potřebné strany trvalo dalších 16 sekund. V případě, že si studenti připravovali díly na pracovní stůl, zabralo jim to v průměru 1 minutu a 20 vteřin. Když sečteme čas na vyhledání správné návodky, vyjmutí z desek a euro folie a listování v manuálu, získáme průměrný čas 44 sekund. Pokud k tomu připočítáme dobu strávenou nad přípravou potřebných dílů, které si studenti připravovali předem, dojdeme ke 2 minutám

a 4 sekundám. Tyto časy je nutné snížit na minimum. Proto byla vytvořena virtuální návodka, ve které budou tyto časy co nejvíce zkráceny. Nebude již nutné hledat návodku v deskách, vyjmout ji a listovat v ní. O tuto dobu by se měl čas montáže zkrátit. Studenti už nebudou mít možnost si připravit jednotlivé díly dopředu a tím se zkrátí doba prvních pokusů, při kterých si někteří účastníci součástky připravovali.

	Vyhledávání návodky	Vyndávání z desek	Příprava dílů	Nalistování stránky
Průměrný čas v min.	00:16	00:12	01:20	00:16

Tabulka 14 Průměrné časy vybraných činností [vlastní zpracování]

7.2 Testování virtuální návodky

Testování virtuální návodky probíhalo v měsíci dubnu. Celkem si montáž podle virtuální návodky vyzkoušelo 12 dobrovolníků. Každý měl opět čtyři pokusy.

Nejprve bylo dobrovolníkům představeno jejich pracoviště, podle potřeby bylo rozsvíceno světlo a pak už probíhalo samotné měření a zaznamenávání časů.

Celá aplikace (virtuální návodka) se ovládala stisknutím tlačítka myši. Levým tlačítkem se přepínal další krok, pravým se uživatel vrátit o krok zpět.

Virtuální návodka v případě experimentu byla spuštěna stiskem tlačítka play. V reálných podmínkách se předpokládá naskenování příslušného čárového nebo QR kódu, po naskenování se automaticky zobrazí požadovaná návodka na displeji uživatele. Pro účely testování nebyla k dispozici čtečka.

Předpokládá se, že načtení kódu a následní zobrazení virtuální návodky zabere pouze 3 sekundy. Tento čas byl stanoven na základě pozorování v reálné firmě, kde docházelo ke skenování čárových kódů.

Čas potřebný k naskenování a spuštění návodky, tedy 3 sekundy, byl připočten k časům montáže. Všechny výsledné časy zahrnují tyto uvažované sekundy.

7.2.1 Měření číslo 1

Dne 24. 4. 2017 se konalo první testování virtuální návodky. Montáže se zúčastnilo celkem pět dobrovolníků, jednalo se o dva muže a tři ženy. Výsledky jednotlivých pokusů jsou uvedeny v tabulkách číslo 15 – 19.

1. dobrovolník

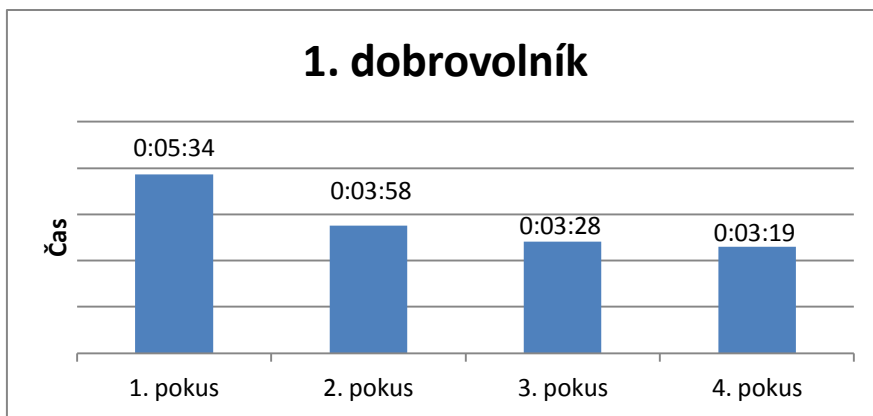
Jako první se montáže ujal 28letý muž, čerstvý absolvent doktorského studia Fakulty strojní. Při všech pokusech bylo rozsvícené umělé osvětlení a montáž byla provedena ve stoje.

Při prvním pokusu měl dobrovolník lehké obtíže při práci s elektrickým šroubovákem. Nejvíce času strávil hledáním vhodných dílů. U posledního kroku zapomněl přiložit těsnění V023, které po upozornění dodal.

Dobrovolník nebyl moc zručný, často mu padaly jednotlivé součástky. Při druhém pokusu musel opravovat krok, při kterém opomněl vložit díl S120 do S048.

Třetí a čtvrtý pokus proběhl bez problémů. Dobrovolníka práce natolik bavila, že si vyzkoušel složit sifon celkem 5x. Pátý pokus ale nebyl zahrnut do konečných výsledků, protože u všech ostatních byly změřeny pouze čtyři pokusy.

První pokus trval 5 minut a 34 sekund. Došlo tedy k razantnímu snížení potřebného času oproti papírové verzi. Při prvním experimentu podle papírové návodky zvládl nejrychlejší student smontovat výrobek za 7 minut a 22 sekund.



Graf 13 Grafické srovnání jednotlivých časů 1. dobrovolníka [vlastní zpracování]

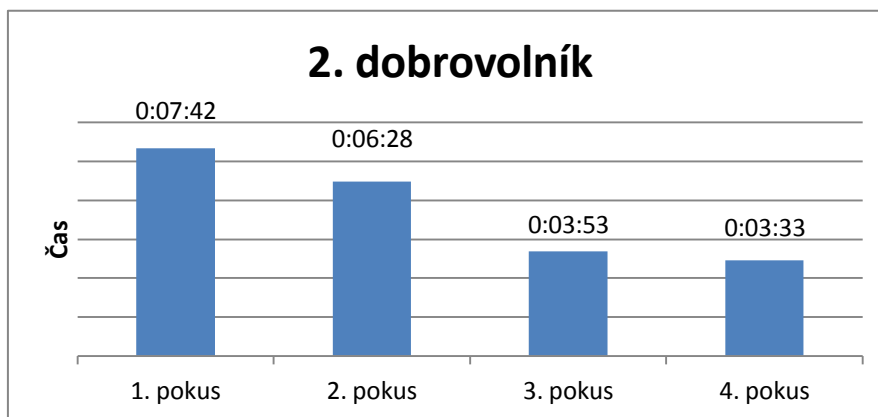
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	5:34	3:58	3:28	3:19

Tabulka 15 Experiment číslo 1 [vlastní zpracování]

2. dobrovolník

Jako druhý si sestavení vyzkoušel muž ve věku 40 let. Montáž probíhala za přirozeného denního osvětlení.

Tento dobrovolník patří mezi pomalejší účastníky, trvalo mu relativně dlouhou dobu, než si vyhledal všechny potřebné součástky a než je smontoval dohromady. Díl P050 byl pro něj problémový, nezasunul ho totiž správně do drážky a musel ho tedy později vložit znovu.



Graf 14 Grafické srovnání jednotlivých časů 2. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:42	6:28	3:53	3:33

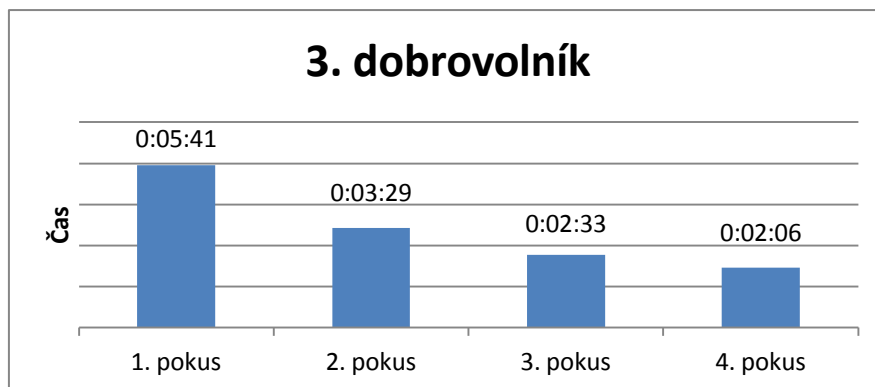
Tabulka 16 Experiment číslo 2 [vlastní zpracování]

3. dobrovolník

Další dobrovolnicí byla žena ve věku 26 let, studentka doktorského studijního programu. Sestavování sifonu probíhala za přirozeného denního světla.

Při prvotní snaze o sestavení výrobku měla problém s vložením dílu P050. Přehlédla drážku, do které měla vložit požadovaný díl. Během dalšího pokusu jí upadl díl S325 a S305 na zem, tyto díly musela sebrat ze země. Ostatní pokusy probíhaly bez problémů.

Čas potřebný k montáži dřezového sifonu se postupně snižoval, poslední pokus zvládla za 2 minuty a 6 sekund. Tato studentka zvládla sestavit sifon, že všech dobrovolníků nejrychleji.



Graf 15 Grafické znázornění jednotlivých časů 3. dobrovolníka [vlastní zpracování]

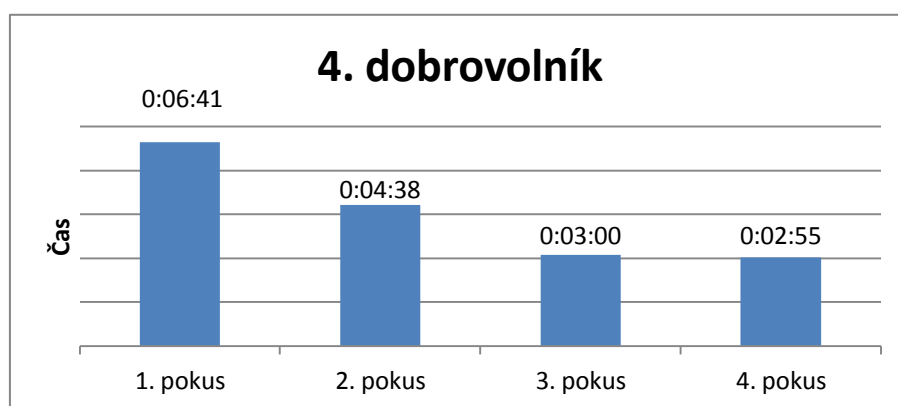
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	5:41	3:29	2:33	2:06

Tabulka 17 Experiment číslo 3 [vlastní zpracování]

4. dobrovolník

Jako čtvrtá sestavovala sifon 25letá inženýrka Fakulty ekonomické, které je nyní studentkou navazujícího studia Fakulty strojní. Všechny pokusy probíhaly za přirozeného osvětlení. Studentka při všech experimentech stála.

Během prvního pokusu si chvíli nevěděla rady s použitím elektrického šroubováku, po chvíli na to ovšem přišla. Ostatní experimenty proběhly bez potíží.



Graf 16 Grafické znázornění jednotlivých časů 4. dobrovolníka [vlastní zpracování]

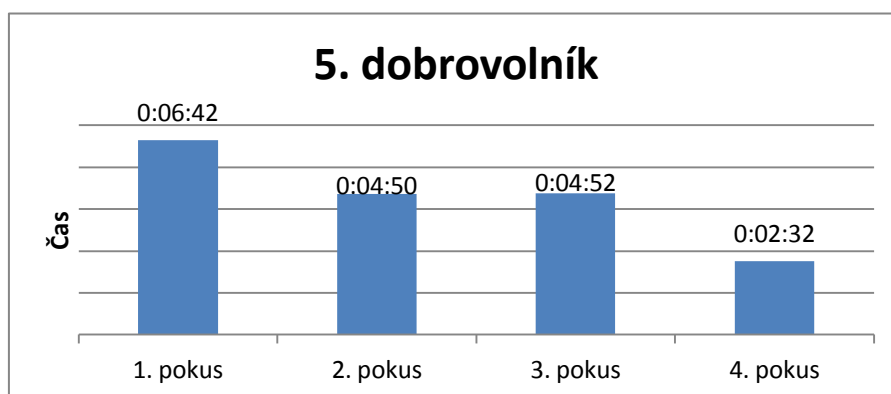
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	6:41	4:38	3:00	2:55

Tabulka 18 Experiment číslo 4 [vlastní zpracování]

5. dobrovolník

Jako poslední byla změřena 22letá studentka Fakulty strojní, navazujícího magisterského oboru Průmyslového inženýrství a managementu. Pokus opět probíhal za přirozených denních podmínek. Po celou dobu montáže studentka stála.

Při prvním pokusu nepoužila elektrický šroubovák a šroub zašroubovala ručně. Během dalšího sestavování již využila šroubovák, bohužel jí práce s ním nešla a jednotlivé součástky jí upadly na zem. Při předposledním pokusu chybně vložila díl P050, který musela zasunout znovu. Poslední seskládání proběhlo bez zádrhelů.



Graf 17 Grafické znázornění jednotlivých časů 5. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	6:42	4:50	4:52	2:32

Tabulka 19 Experiment číslo 5 [vlastní zpracování]

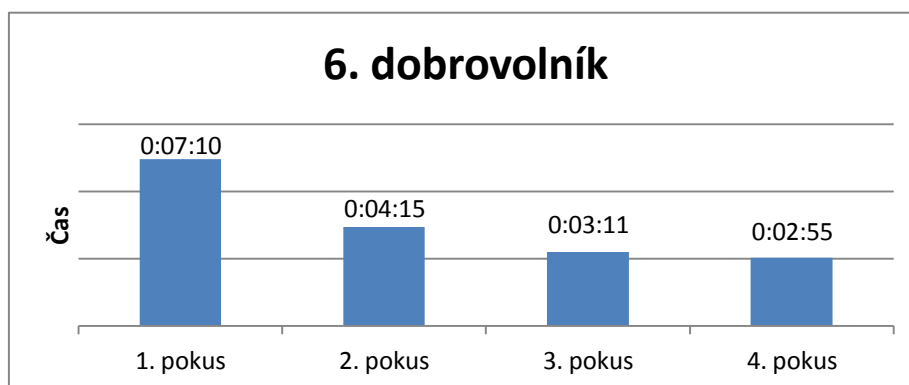
7.2.2 Měření číslo 2

Druhé a zároveň poslední měření proběhlo dne 27. 4. 2017. Tohoto experimentu se zúčastnilo sedm osob, šest mužů a jedna žena, jednalo se o dobrovolníky z předmětu PI.

6. dobrovolník

Prvním testovaným byl 20letý muž. Všechny čtyři pokusy probíhaly za přirozeného denního světla.

Při prvotním sestavování se student zdržel pouze při vkládání dílu P050. Jinak skládání probíhalo bez jakýchkoliv potíží. Časy jednotlivých pokusů se postupně snižovaly, při posledním sestavování dosáhl času 2 minuty a 55 sekund.



Graf 18 Grafické znázornění jednotlivých časů 6. dobrovolníka [vlastní zpracování]

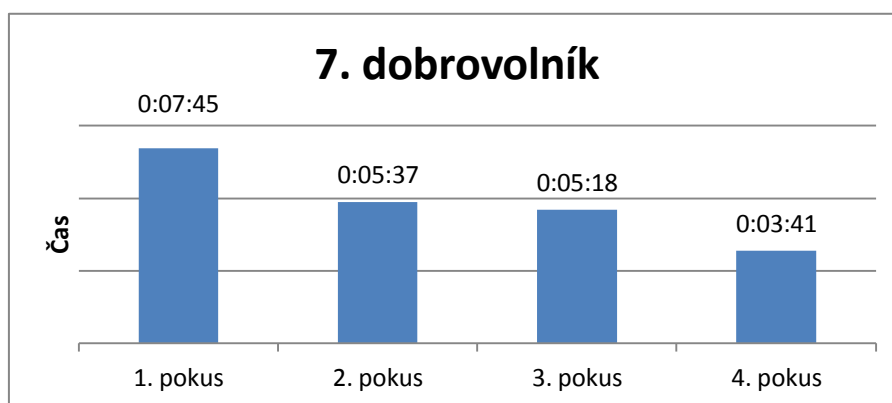
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:10	4:15	3:11	2:55

Tabulka 20 Experiment číslo 6 [vlastní zpracování]

7. dobrovolník

Jako druhý sestavoval sifon opět 20letý muž. Při experimentu nebylo zapnuto umělé osvětlení.

Při prvním pokusu měl problém s vložením dílu P050. Součástku P048 měl připravenou na stole se zasunutým těsněním S120, to ovšem přehlédl a bral si novou. Při druhém pokusu mu padal díl P048, ten ovšem stihl zachytit za letu. Trvalo mu dlouho, než našel všechny potřebné díly. Student smontoval výrobek za 3 minuty a 41 sekund.



Graf 19 Grafické znázornění jednotlivých časů 7. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:45	5:37	5:18	3:41

Tabulka 21 Experiment číslo 7 [vlastní zpracování]

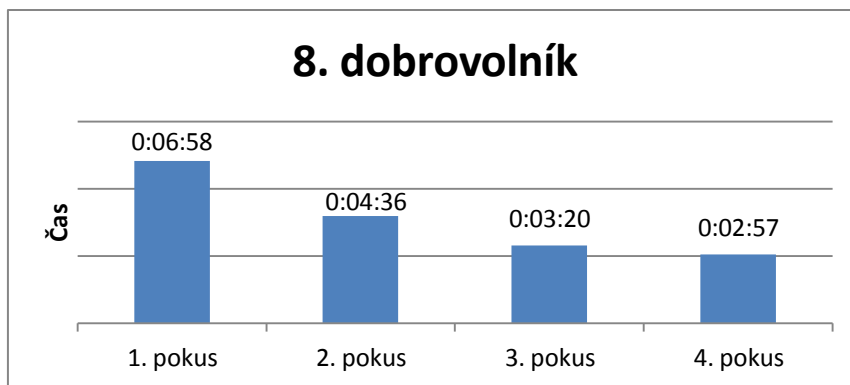
8. dobrovolník

Jediné ženě, která se zúčastnila druhého kola testování, bylo 20 let. Montáž byla provedena za denního osvětlení.

Nejprve se k práci posadila, když nemohla najít díl S381, stoupla si a hledala, poté si opět sedla. Přeskočila krok 4, ke kterému se musela vrátit. Při práci s elektrickým šroubovákem se postavila. Díl S323 jí upadl na zem, nezvedala ho, vzala si jiný a dál pokračovala v práci.

Během druhého pokusu opomněla, že má na stole připravený díl P048 se zasunutým těsněním S120. P048 znovu vyhledala a vzala si další ze zásobníku.

Nejvíce času studentce zabralo hledání součástek. Čtvrtý pokus dobrovolnici trval přesně 2 minuty a 57 sekund.



Graf 20 Grafické znázornění jednotlivých časů 8. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	6:58	4:36	3:20	2:57

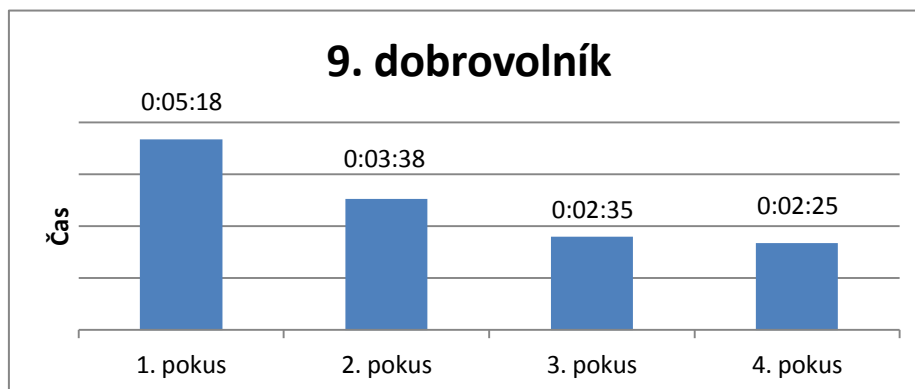
Tabulka 22 Experiment číslo 8 [vlastní zpracování]

9. dobrovolník

Jako další se testování zúčastnil muž ve věku 21 let. Při experimentu bylo rozsvícené umělé osvětlení.

Během prvního pokusu mu upadl díl S517, vzal si jiný a pokračovat v montáži. Nejprve měl problém s dílem P050, který nezasunul do drážky. Velké součástky hledal podle vzhledu, ne podle číselného označení.

Tento student byl nejrychlejším mužem, poslední experiment trval 2 minuty a 25 sekund.



Graf 21 Grafické znázornění jednotlivých časů 9. dobrovolníka [vlastní zpracování]

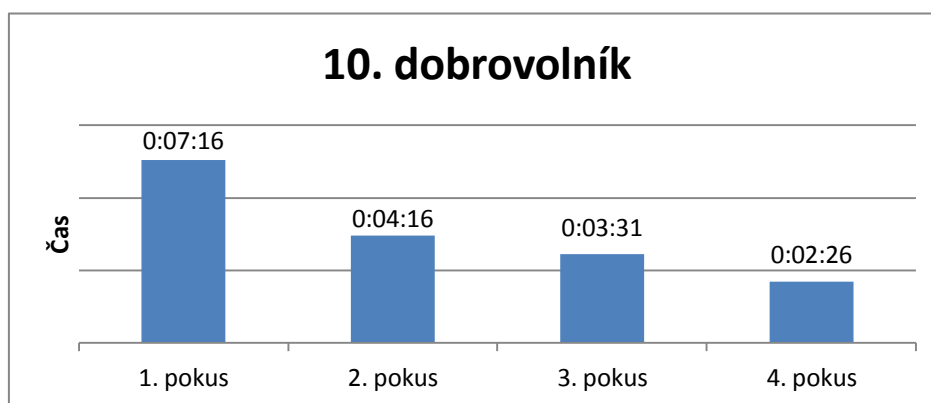
Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	5:18	3:38	2:35	2:25

Tabulka 23 Experiment číslo 9 [vlastní zpracování]

10. dobrovolník

Následoval pokus 21letého studenta, který měl při práci zapnuté umělé osvětlení. Při všech čtyřech pokusech stál.

Díl S352 studentovi upadl na zem a sebral ho ze země a pokračoval v práci. Nepřečetl si, jak má správně pracovat s elektrickým šroubovákem, chvíli si ho prohlížel, poté si raději přečetl návod. Během druhého pokusu si nevšiml, že má na stole připravený díl P048 se zasunutým těsněním S120 a připravil si ho znovu. Třetí a čtvrtý pokus proběhlo bez jakýchkoliv problémů. Od času nejrychlejšího studenta ho dělí pouze 1 sekunda.



Graf 22 Grafické znázornění jednotlivých časů 10. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:16	4:16	3:31	2:26

Tabulka 24 Experiment číslo 10 [vlastní zpracování]

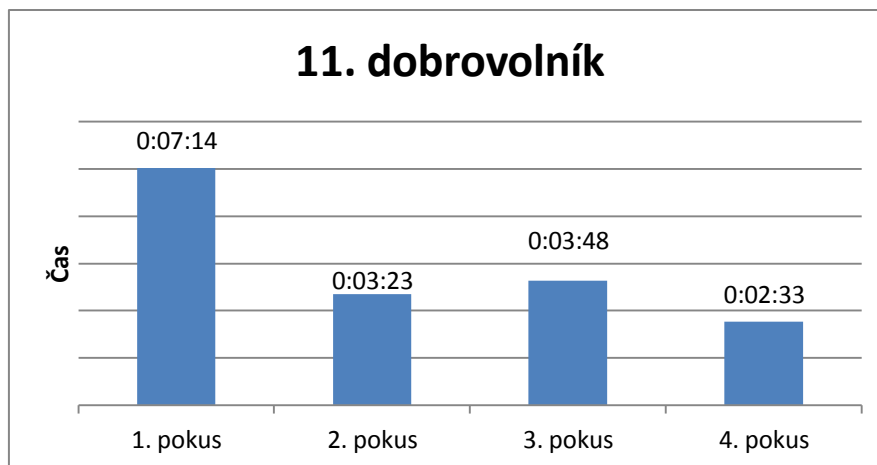
11. dobrovolník

Předposledním testovaným byl opět muž. Jednalo se o studenta ve věku 21 let. Během montáže bylo zapnuto přídatné světlo.

Student hledal díly podle vzhledu, číselné označení četl pouze v případě, že díl nemohl najít. Když měl téměř celý sifon smontovaný, povedlo se mu vysunout díl S363, musel se tedy vrátit o 3 kroky zpět. Tyto kroky muset provést znovu, to ho značně zdrželo.

Při třetího experimentu měl problém s vložením dílu P050, to ho zpomalilo. Během prvních tří pokusů seděl, na poslední si stoupl.

Čas třetí montáže je pomalejší než doba druhého skládání a to o 25 sekund. To je dáno tím, že se student během třetího pokusu zdržel při vkládání dílu P050.



Graf 23 Grafické znázornění jednotlivých časů 11. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	7:14	3:23	3:48	2:33

Tabulka 25 Experiment číslo 11 [vlastní zpracování]

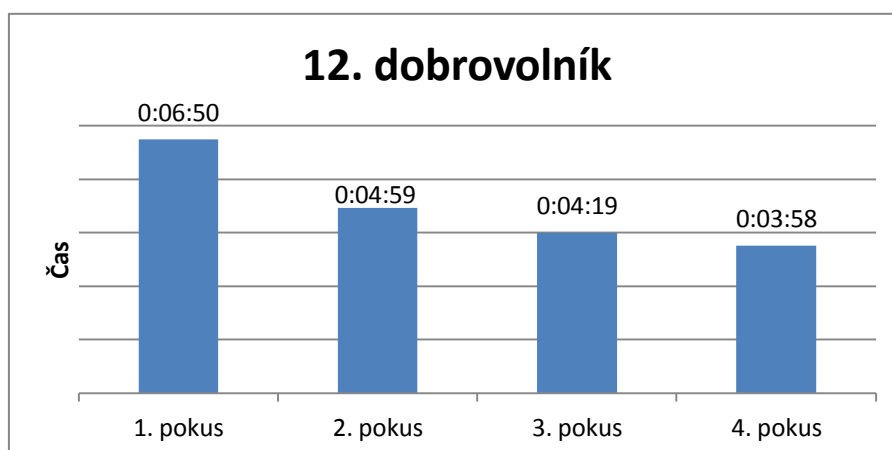
12. dobrovolník

Posledním testovaným byl 21letý dobrovolník. Po celou dobu sestavování bylo rozsvícené osvětlení na pracovišti.

Tento student si také znovu vzal díl P048, který již měl připravený na pracovním stole. Ještě ke všemu mu upadl do klína a musel ho zvedat. Díl P050 byl opět problematický.

Při druhém experimentu mu upadl díl S305, který musel zdvihnout z podlahy. Při posledním pokusu použil chybný díl, místo dílu S305 použil S203. Toho si bohužel všimnul až později, poté co na něm provedl další čtyři kroky. Musel tedy vzít správný díl a všechny doposud provedené operace muset uskutečnit znovu.

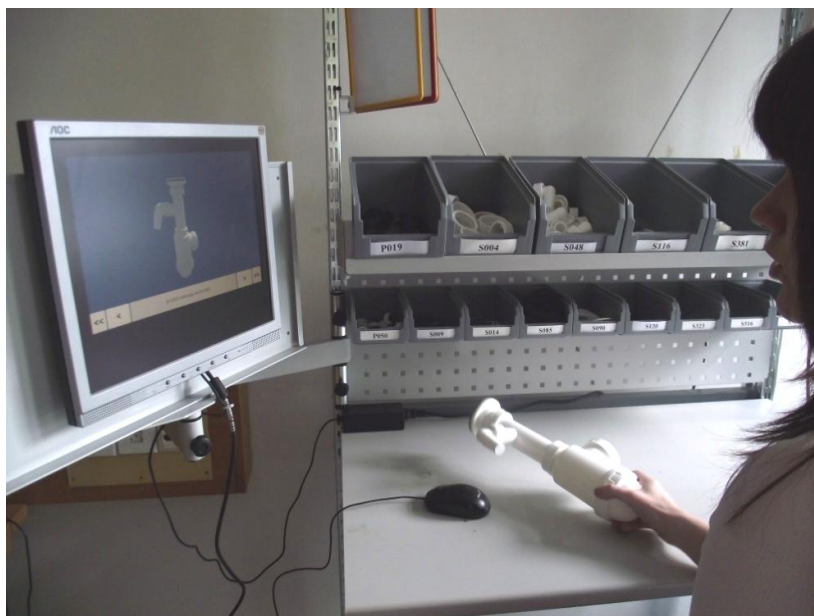
Hledal díly převážně podle vzhledu než podle číselného označení. Student smontoval výrobek za 3 minuty a 58 sekund, dosáhl nejhorší ho času ze všech testovaných dobrovolníků.



Graf 24 Grafické znázornění jednotlivých časů 12. dobrovolníka [vlastní zpracování]

Pokus číslo	1	2	3	4
Celkový čas v min.	6:50	4:59	4:19	3:58

Tabulka 26 Experiment číslo 12 [vlastní zpracování]



Obr. 39 Ukázka z testování studentů – virtuální návodka [vlastní zpracování]

8 Poznatky a shrnutí návodek

V následující kapitole jsou uvedeny poznatky a shrnutí experimentů. Nejprve jsou uvedeny postřehy z testování papírové návodky a dále jsou popsány poznatky z virtuální návodky. Na závěr jsou obě návodky porovnávány a zhodnoceny.

8.1 Poznatky a shrnutí papírové návodky

Většina studentů se řídila pouze obrázkovými instrukcemi. Potřebný text začali číst až ve chvíli, kdy jim něco nešlo, nebo se vyskytl nějaký problém.

Přestože práce s elektrickým šroubovákem byla popsána hned na dvou místech, měli studenti problém s jeho použitím. Nejedná se o špatně popsany postup práce, ale o nepozornost z jejich strany, jelikož tento návod v mnoha případech vůbec nečetli.

Při kroku číslo 9 se také často dopouštěli omylů, díl P050 nebyl zasunut do drážky, ale mimo ni. Této chyby si často všimli až v bodě 11, kdy jim nešly sešroubovat díly S048 a S363 dohromady.

Další bod, který byl téměř pro každého problematický, byl číslo 12. Těsnění bylo povětšinou zastrčeno přímo do trubky nikoliv do trubkové matice, tím pádem vypadlo, když byla matice vysunuta nahoru, aby do ní byl našroubován díl S305.

Od druhého pokusu už všichni přeskakovali instrukce v kroku číslo 19, kde se píše: „Zkontroluj, zda je sifon smontovaný správně.“ - a přešli rovnou k příkládání těsnění V023.

Časy jednotlivých pokusů by mohly být ve skutečnosti mnohem delší, a to v případě, že by si museli dojít pro návodku např. do skříně a vyhledat patřičné desky a vrátit se s nimi zpět na pracoviště. Při experimentu byl pořadač umístěn na pracovním stole.

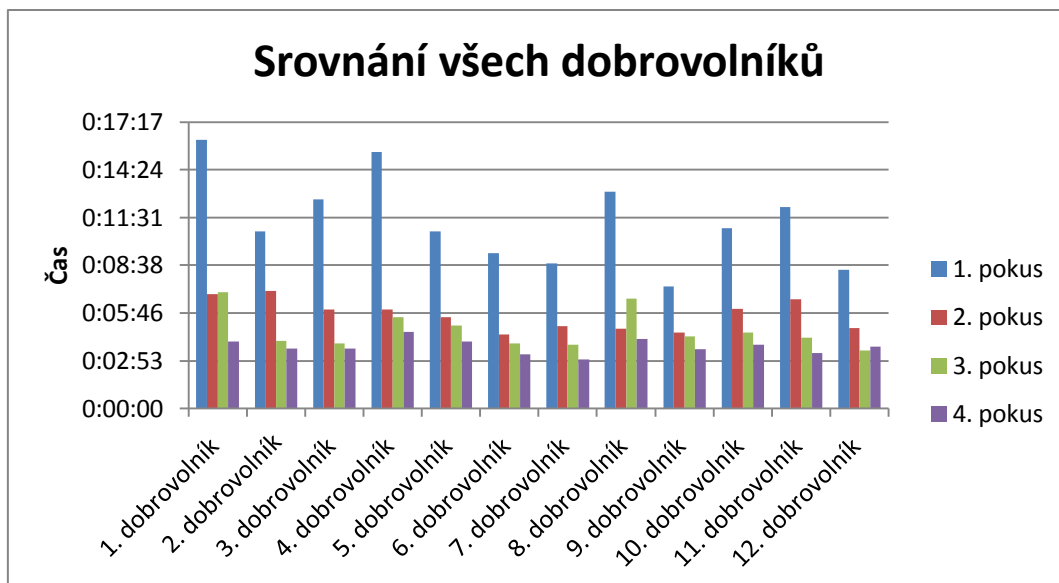
Vyhledání manuálu dřezového sifonu A441P, jeho následné vyndávání z desek a nalisování požadované strany, studenty zbytečně zdržovalo. Při prvním pokusu si studenti zběžně prohlédli prvních 6 stran, při dalších pokusech je přeskakovali.

Doba trvání činností, které studenti museli provést před samotnou montáží, je uvedena v tabulce číslo 14. Tyto časy je potřeba zkrátit na minimum nebo kroky nejlépe úplně vynechat.

Stávalo se, že studenti občas přeskočili nějaký krok, ke kterému se později museli vracet, a tím se prodloužila celková doba montáže. Tento čas je vhodné eliminovat pomocí virtuální návodky, tam bude nutné každý krok po jeho dokončení přepnout, takže by nemělo docházet k tomu, že bude nějaký bod v návodu vynechán.

V průběhu třetího a čtvrtého experimentu si dobrovolníci již částečně pamatovali postup montáže a nemuseli se návodkou už tolik zabývat.

Na grafu číslo 25 můžeme vidět srovnání dílčích časů účastníků experimentu. Jsou zde zachyceny všechny čtyři pokusy všech dvanácti dobrovolníků. První pokus trvá logicky nejdéle, při dalších časy postupně klesají. Existují zde ale výjimky a to u prvního, osmého a dvanáctého studenta. U první studentky je to nárůst o 5 sekund, což je bezvýznamný rozdíl. U osmého dobrovolníka je ale rozdíl znatelný. Jedná se o 1 minutu a 49 sekund, to bylo zapříčiněné záměnou dílu a jeho následnou výměnou za správný. U posledního studenta je opět nepatrný nárůst času.



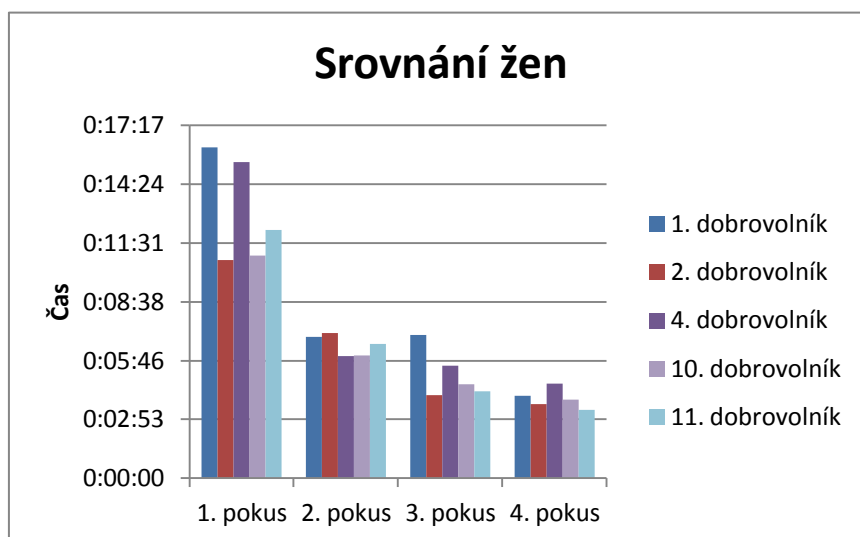
Graf 25 Grafické srovnání všech dobrovolníků [vlastní zpracování]

Na dalším grafu jsou porovnány časy žen. První pokus podle odhadů trval nejdéle. Časy jednotlivých experimentů se postupně zkracovaly.

Prvotní montáž nejpomalejší ženy trvala 16 minut a 12 sekund, naproti tomu nejrychlejší to zvládla za necelých 11 minut. Doba montáže druhé a čtvrté dobrovolnice byla časově srovnatelná.

Při druhé zkoušce se časy výrazně zkrátily. Za nejkratší dobu složila sifon 4. dobrovolnice, a to za 6 minut. Nejdéle trvala montáž první studentce, která ho montovala něco málo přes 7 minut. Všechny ostatní ženy se pohybovaly v rozmezí 6 - 7 minut. Následovalo třetí skládání. Mezi nejrychlejší a nejpomalejší montáží byl rozdíl téměř 3 minut.

Během posledního skládání si všechny ženy zlepšily svůj výsledek oproti předchozímu pokusu. Nejrychlejší žena zvládla sestavit sifon za 3 minuty a 20 sekund. Průměrný čas poslední zkoušky byl 3 minuty a 54 sekund.



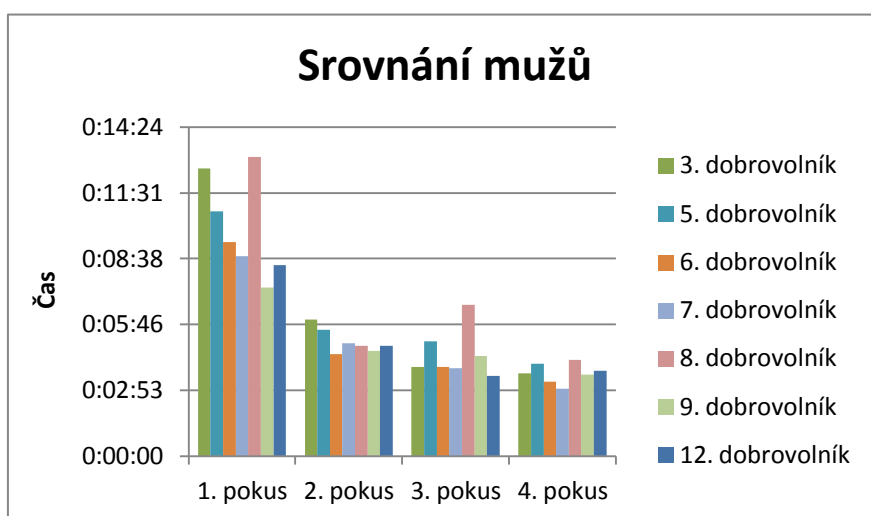
Graf 26 Grafické srovnání žen [vlastní zpracování]

Dále byly srovnány jednotlivé časy mužů. Prvotní pokus trval opět nejdéle. Nejméně času zabrala montáž 9. dobrovolníkovi – 7 minut a 22 sekund, naopak nejméně času strávil nad sestavováním osmý student, kterému to zabralo více než 13 minut.

Doba trvání druhého pokusu se rapidně snížila. Nejrychlejší byl šestý účastník, který dosáhl času 4 minuty a 28 sekund, nejpomalejší potřeboval 6 minut. Druhá montáž trvala průměrně 5 minut. Sedmý, osmý a dvanáctý student měl mezi sebou hodně srovnatelný čas.

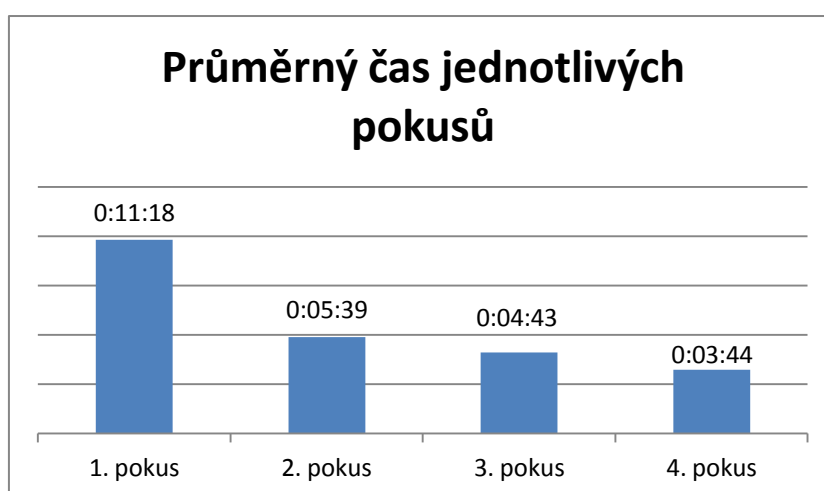
Průměrný čas třetího pokusu byl 4 minuty a 28 sekund. Rozdíl mezi nejhorším a nejlepším mužem jsou 3 minuty a 7 sekund. Dva studenti dosáhli úplně totožného času, a to 3 minuty a 55 sekund. Srovnatelně na tom byl 7. dobrovolník, který to zvládl ještě o 4 sekundy lépe.

Podle předpokladů při čtvrtém pokusu měli studenti dosáhnout nejnižších časů, tak tomu až na výjimku bylo. Tou byl poslední zúčastněný, který udělal chybu a musel ji opravovat. Nejrychleji byl sifon složen za 2 minuty a 57 sekund. V průměru muži dosáhli času 3 minut a 38 sekund.



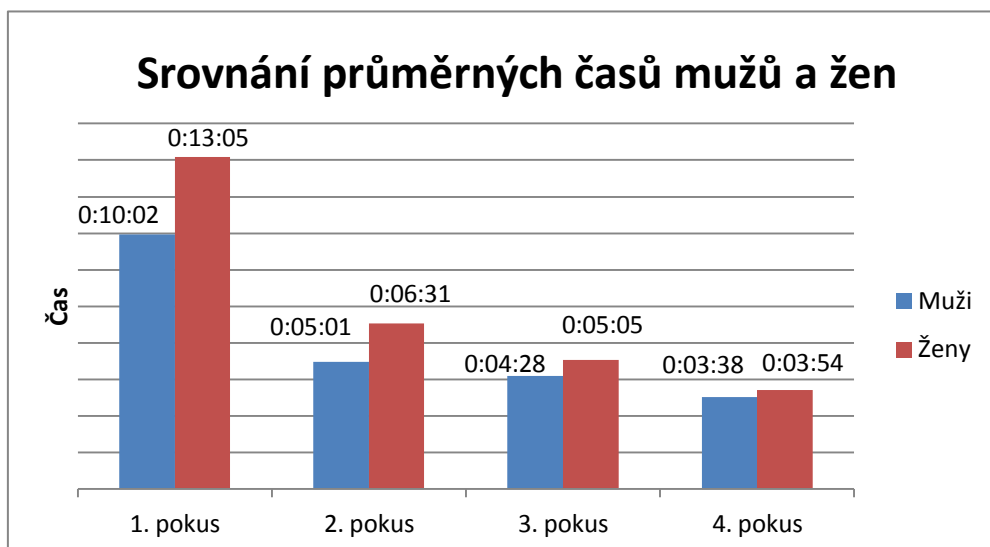
Graf 27 Grafické srovnání mužů [vlastní zpracování]

V grafu číslo 28 jsou zobrazeny hodnoty průměrných časů dílčích pokusů, ve výpočtu jsou zahrnuti jak muži, tak ženy.



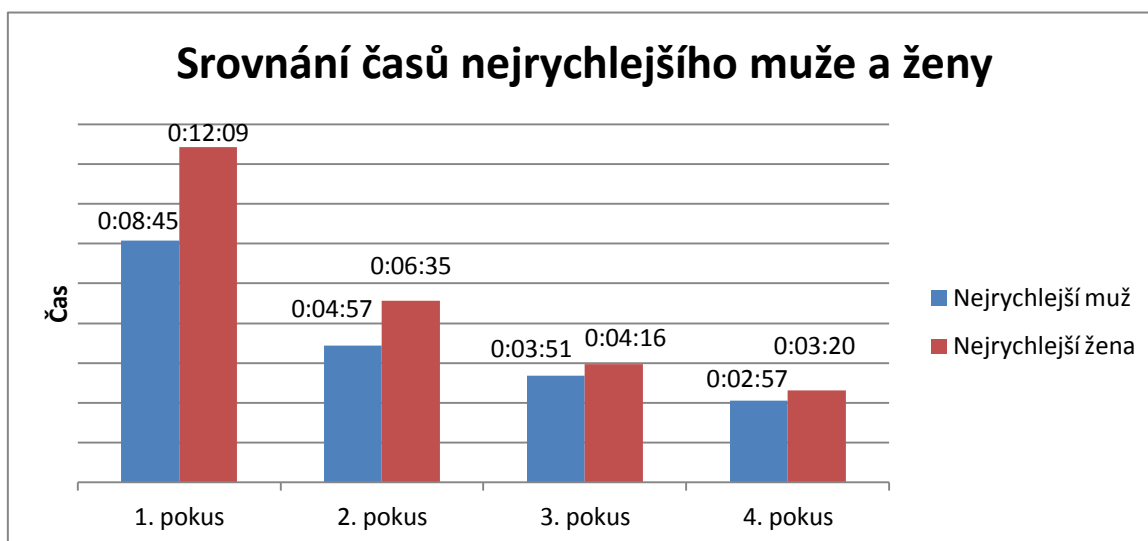
Graf 28 Grafické znázornění průměrného času jednotlivých pokusů [vlastní zpracování]

Abychom zjistili, zda byli lepší muži nebo ženy, spočítaly se zvláště průměrné časy pro obě pohlaví a následně se tyto výsledné hodnoty porovnály. V porovnání mezi muži a ženami dosáhli lepších výsledků muži.



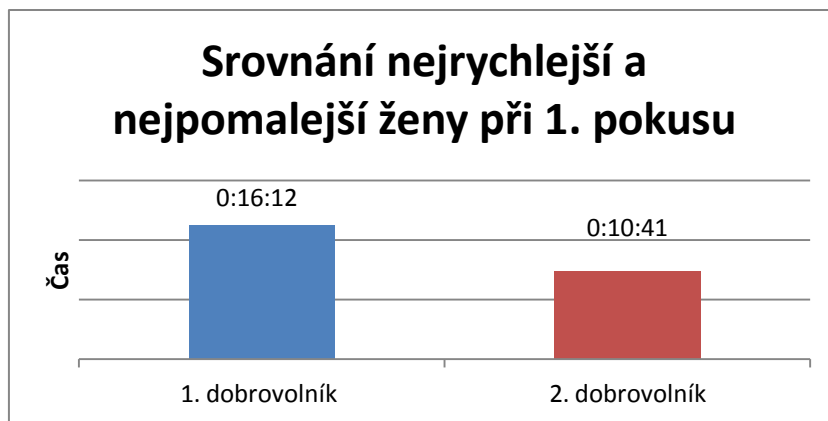
Graf 29 Grafické srovnání průměrných časů mužů a žen [vlastní zpracování]

Následuje znázornění doby trvání jednotlivých pokusů nejrychlejšího muže a ženy. Ti byli stanoveni podle časů závěrečné montáže. Studentův čas posledního seskládání činil 2 minuty a 57 sekund, nejlepší žena byla o něco pomalejší. Dosáhla výsledného času 3 minuty a 20 sekund.



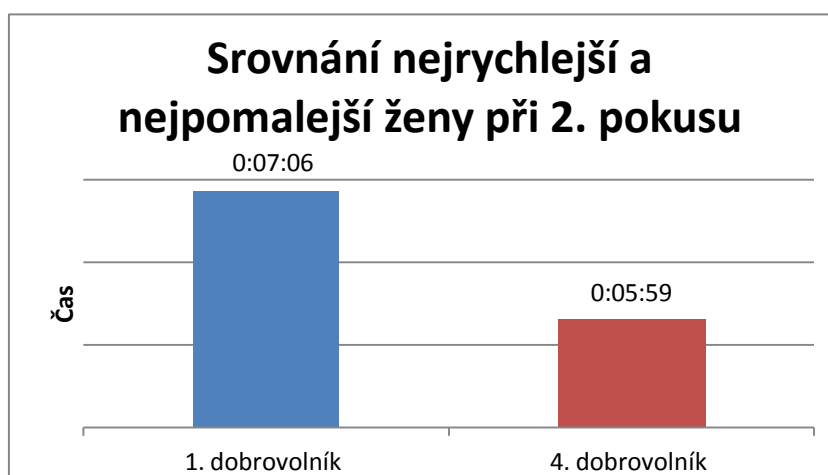
Graf 30 Grafické srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy [vlastní zpracování]

Pro názornost byl také vybrán čas nejrychlejší a nejpomalejší ženy při prvotním sestavování. Studentky měly mezi sebou více než 5,5 minutový rozdíl. Doba trvání prvního pokusu činila 16 minut a 12 sekund, tento čas byl nejhůřší jak ve srovnání s ostatními ženami, tak i v porovnání s muži.



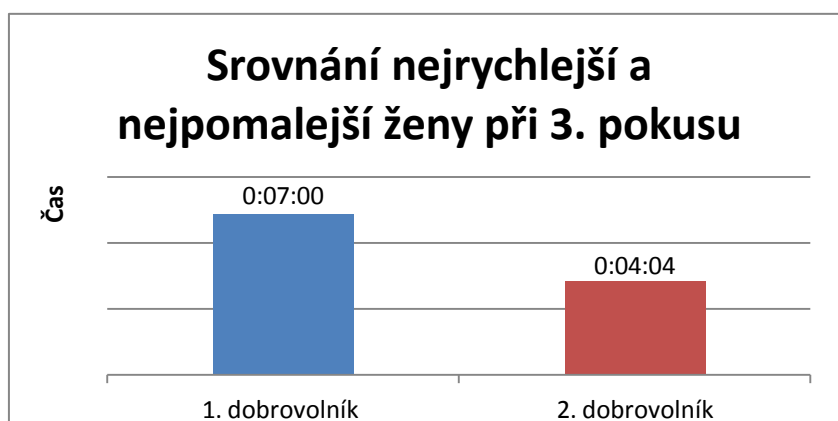
Graf 31 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 1. pokusu [vlastní zpracování]

Při druhé montáži měly mezi sebou nejmenší časový rozdíl ze všech uskutečněných experimentů, a to 1 minutu a 7 sekund.



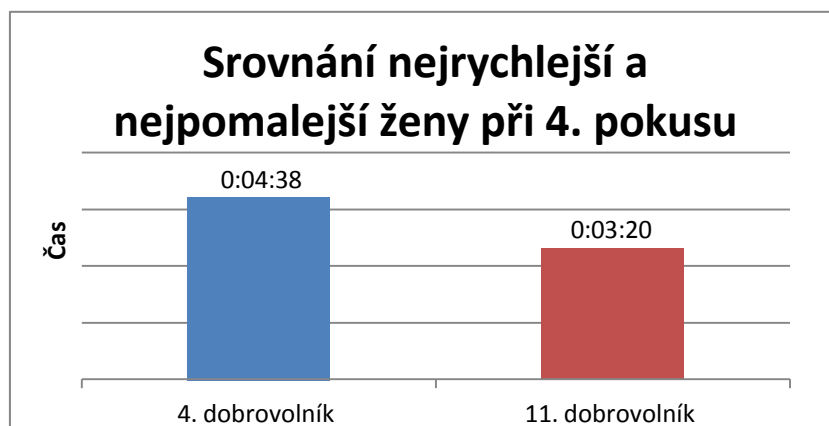
Graf 32 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 2. pokusu [vlastní zpracování]

Čas třetího pokusu nejrychlejší a nejhorší ženy je následující viz graf číslo 33. Mezi dobrovolnicemi je téměř 3 minutový rozdíl.



Graf 33 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 3. pokusu [vlastní zpracování]

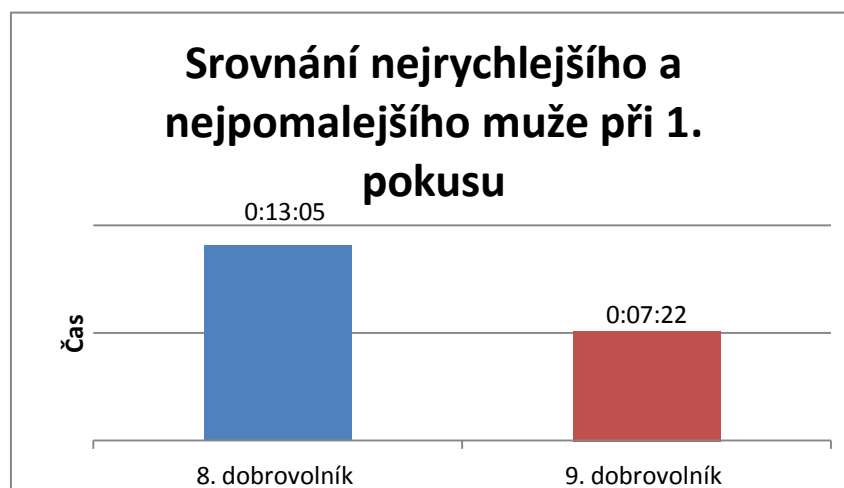
Během čtvrtého experimentu bylo mezi ženami dosaženo rozdílu 1 minuty a 18 sekund.



Graf 34 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 4. pokusu [vlastní zpracování]

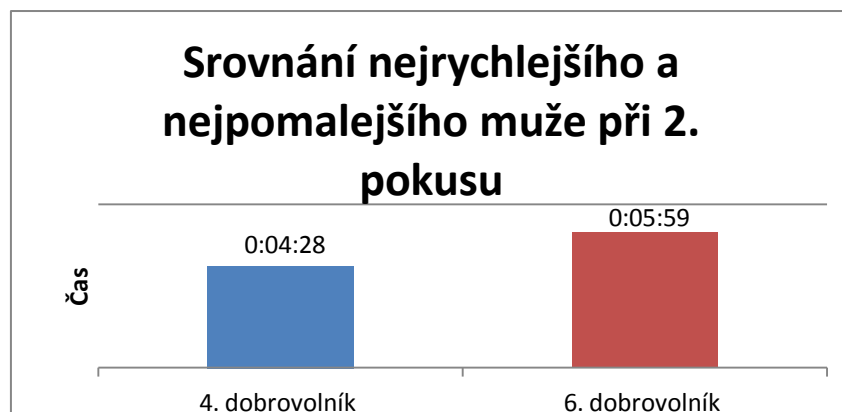
V předchozím textu byly popsány výsledky žen. Poté bylo provedeno zhodnocení nejrychlejšího a nejpomalejšího muže během všech 4 pokusů.

V průběhu prvního montování byl mezi muži vytvořen rozdíl 5 minut a 43 sekund. Ženy na tom byly srovnatelně, měly mezi sebou obdobný rozdíl, a to 5 minut a 31 sekund.



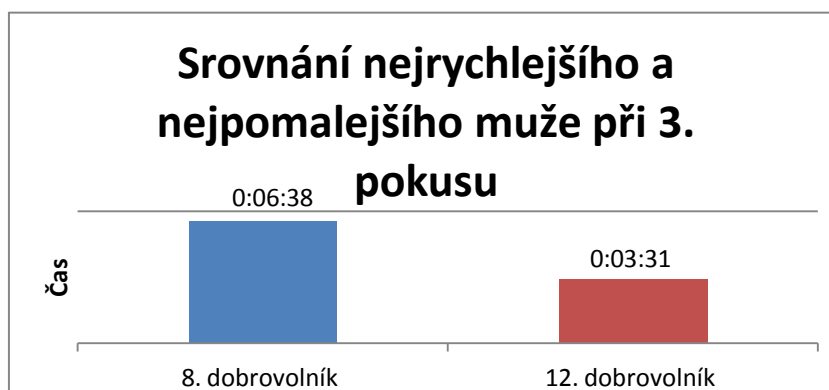
Graf 35 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 1. pokusu [vlastní zpracování]

Rozdíl času mezi nejrychlejším a nejpomalejším studentem při druhém testování byl 1 minuta a 31 sekund. Ženy mezi sebou měly odstup 1 minuty a 7 sekund.



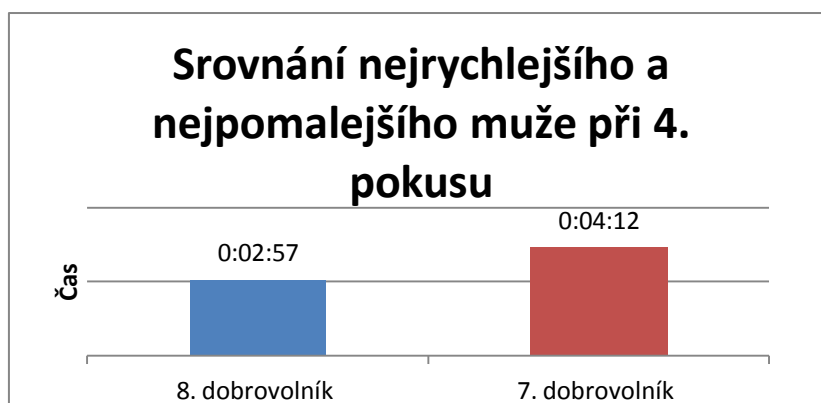
Graf 36 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 2. pokusu [vlastní zpracování]

Druhého největšího rozdílu bylo dosaženo v průběhu 3. měření. Mezi studenty byl více než 3 minutový odstup. Navíc poslední dobrovolník dosáhl nejrychlejšího času třetího měření.



Graf 37 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 3. pokusu [vlastní zpracování]

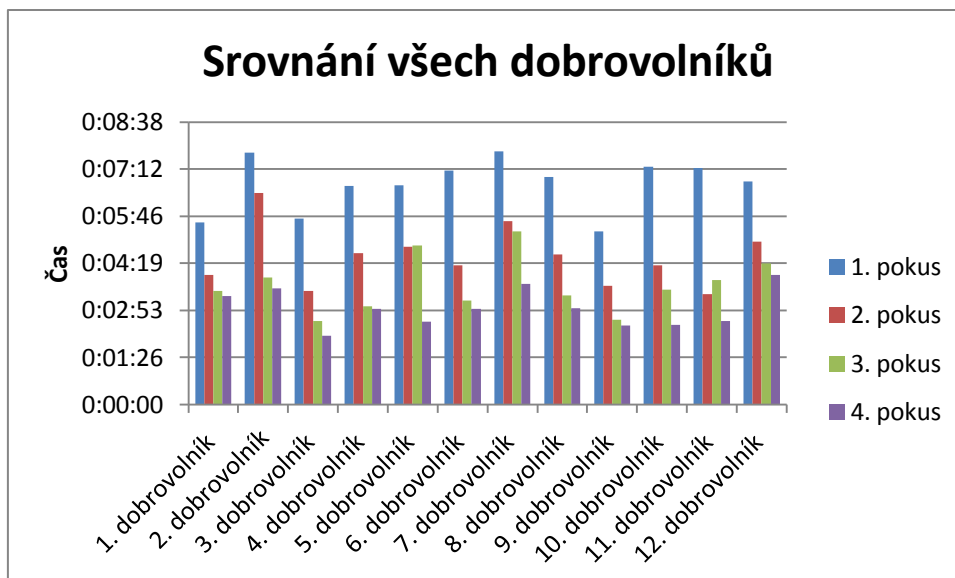
U poslední montáže byl rozdíl srovnatelný s rozdílem žen, ten činil 1 minutu a 18 sekund. Studenti měli mezi sebou 1 minutu a 15 sekund.



Graf 38 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 4. pokusu [vlastní zpracování]

8.2 Poznatky a shrnutí virtuální návodky

Na grafu číslo 39 můžeme vidět srovnání jednotlivých časů všech dobrovolníků. V grafu jsou zaznamenány časy všech dvanácti dobrovolníků během čtyř pokusů. První sestavování trvalo nejdéle, časy dalších pokusů se postupně snižovaly. Výjimku tvoří pátý a jedenáctý student. U páté ženy je to pouze 2 sekundový rozdíl. U jedenáctého dobrovolníka při třetím pokusu je nárůstu o 25 sekund oproti druhému experimentu. Je to dáno tím, že se student během třetího pokusu zdržel při vkládání dílu P050.

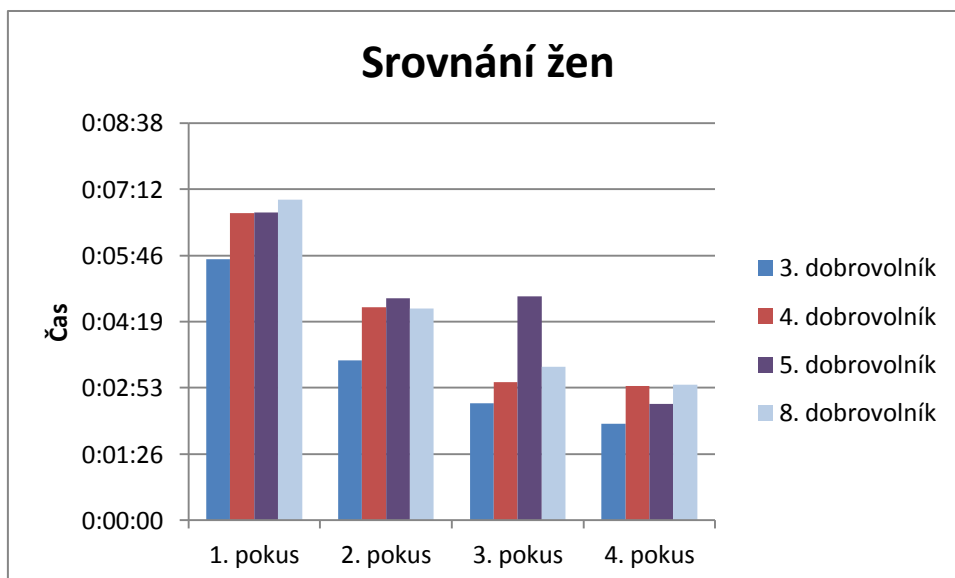


Graf 39 Grafické srovnání všech dobrovolníků [vlastní zpracování]

Dále byly porovnávány časy žen. První pokus trval podle všech předpokladů nejdéle, časy dalších pokusů se postupně zkracovaly. Při prvním pokusu nejrychlejší žena stihla sestavit sifon za 5 minut a 41 sekund, nejpomalejší to trvalo 6 minut na 58 sekund.

Nejrychlejší čas druhého experimentu byl 3 minuty a 29 sekund, nejpomalejší čas byl 4 minuty a 50 sekund. Doba trvání montáže ostatních žen byla hodně podobná nejpomalejšímu času.

Rozdíl mezi nejrychlejší a nejpomalejší ženou během třetího pokusu byl 2 minuty a 19 sekund. Nejrychleji seskládala sifon třetí dobrovolnice a nejpomaleji pátá. Při čtvrtém měření všechny ženy zlepšily svůj výkon, čas montáže byl nejkratší ze všech pokusů. Dobrovolnice číslo 3 dosáhla během všech čtyř experimentů nejrychlejšího času.



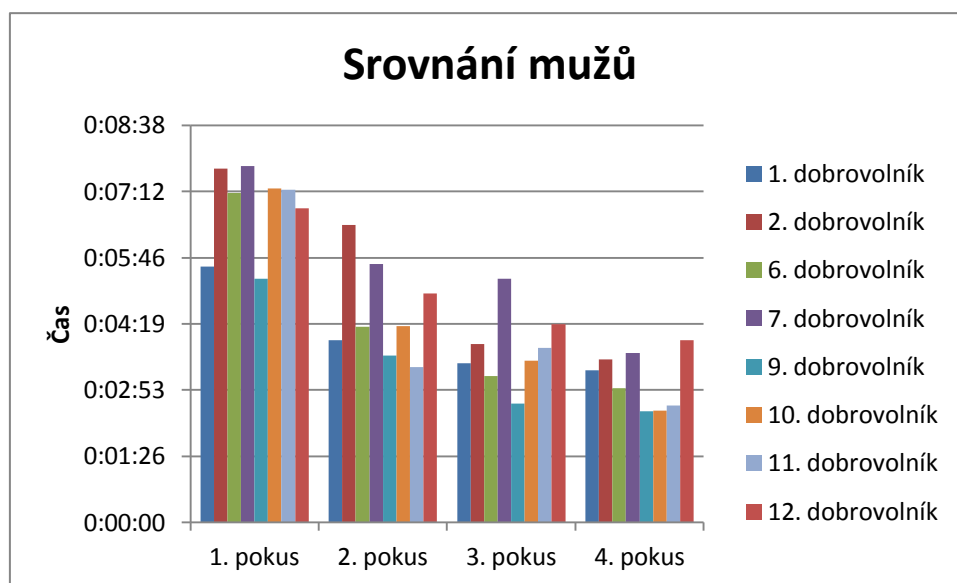
Graf 40 Grafické srovnání žen [vlastní zpracování]

Následovalo srovnání jednotlivých časů mužů. První pokus byl podle odhadů nejdelší, časy dalších pokusů se postupně snižovaly.

Při prvním experimentu nejrychleji sestavit sifon 9. dobrovolník za 5 minut a 18 sekund, nejpomalejšímu to trvalo 7 minut a 45 sekund. Všechny ostatní se pohybovali v tomto rozmezí.

Při druhém pokusu si všichni zúčastnění muži zlepšili své časy. U třetího experimentu se očekávalo zrychlení montáže oproti druhému pokusu. U sedmi mužů byl tento předpoklad splněn, jeden muž se ale během tohoto pokusu zhoršil.

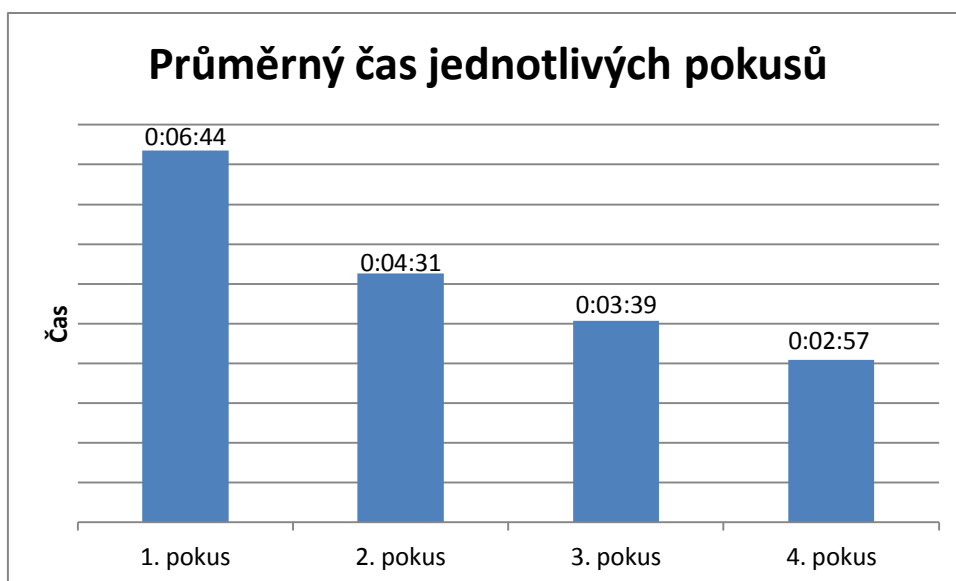
Poslední montáž trvala podle odhadů nejkratší dobu. Průměrně muži sestavili sifon za 3 minuty a 6 sekund.



Graf 41 Grafické srovnání mužů [vlastní zpracování]

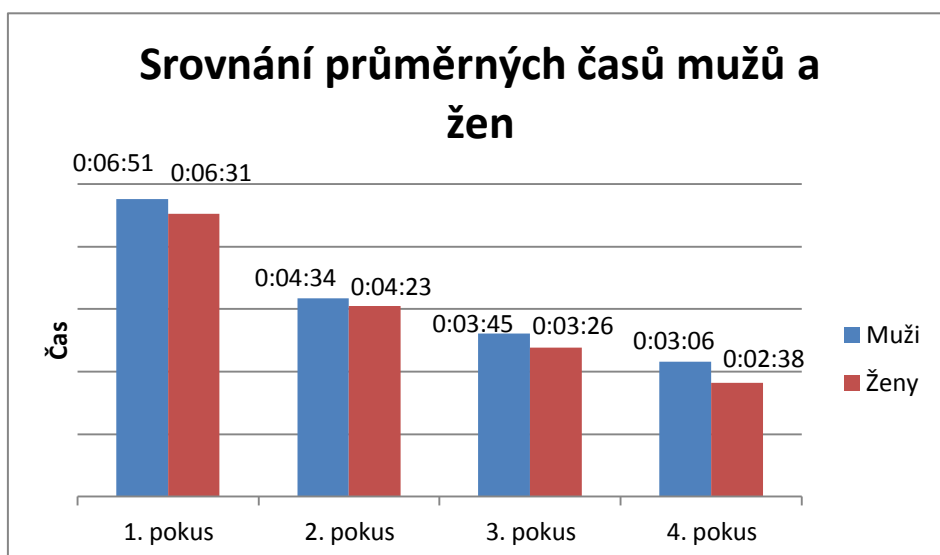
V následujícím grafu jsou průměrné časy všech pokusů, jedná se o výsledky jednotlivých experimentů žen i mužů. Tyto časy se značně liší od průměrných časů jednotlivých pokusů podle papírové návodky.

Průměrný čas prvního pokusu podle papírové návodky byl 11 minut a 18 sekund a podle virtuální 6 minut a 44 sekund. Při druhém experimentu bylo dosaženo 5 minut a 39 sekund dle papírových instrukcí, naproti tomu podle virtuální návodky montáž trvala 4 minuty a 31 sekund. Průměrné časy třetích pokusů se opět liší, čas montáže podle papírové návodky byl 4 minuty 43 sekund, rychlejší bylo sestavování podle virtuální návodky, tj. 3 minuty a 39 sekund. Rozdíl nastal i během posledního pokusu. Seskládání sifonu podle klasického návodu zabralo v průměru 3 minuty a 44 a podle animace pouze 2 minuty a 57 sekund.



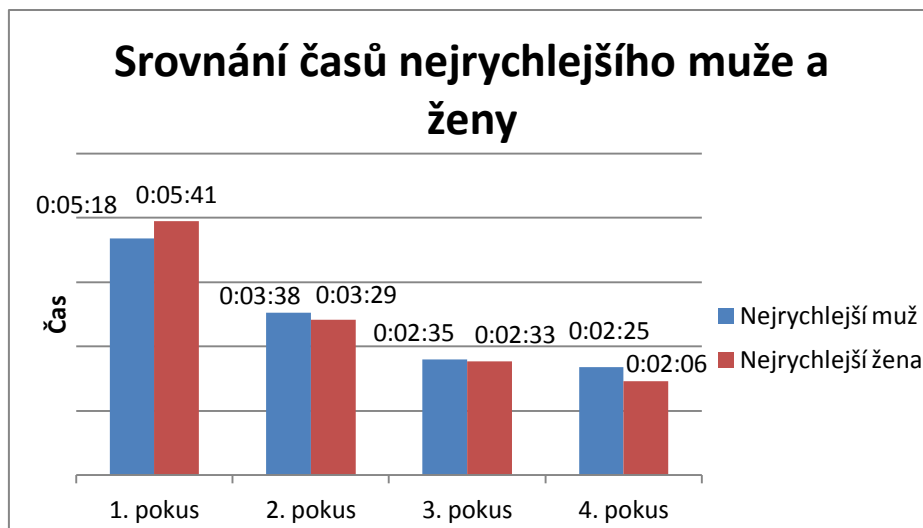
Graf 42 Grafické znázornění průměrného času jednotlivých pokusů [vlastní zpracování]

Dále bylo zjištěno, zda jsou v sestavování podle virtuální návodky lepší muži nebo ženy. Vyhrávají ženy, oproti mužům byly rychlejší. V případě klasické papírové návodky tomu bylo naopak, rychlejší byli muži.



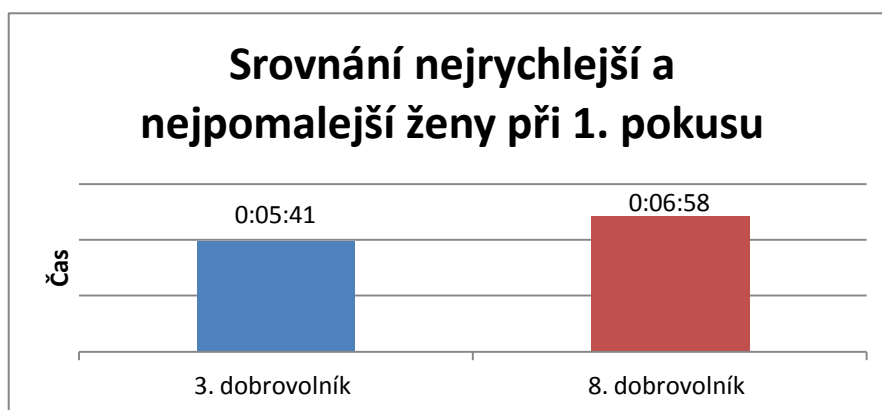
Graf 43 Grafické srovnání průměrných časů mužů a žen [vlastní zpracování]

Na grafu číslo 44 jsou srovnány časy nejrychlejšího muže a ženy. Nejrychlejší čas byl vybrán podle čtvrtého, tedy posledního pokusu. Nejrychleji sestavila sifon třetí dobrovolnice, které práce trvala pouze 2 minuty a 6 sekund. Nejrychlejšímu muži sestavování zabralo 2 minuty a 25 sekund.



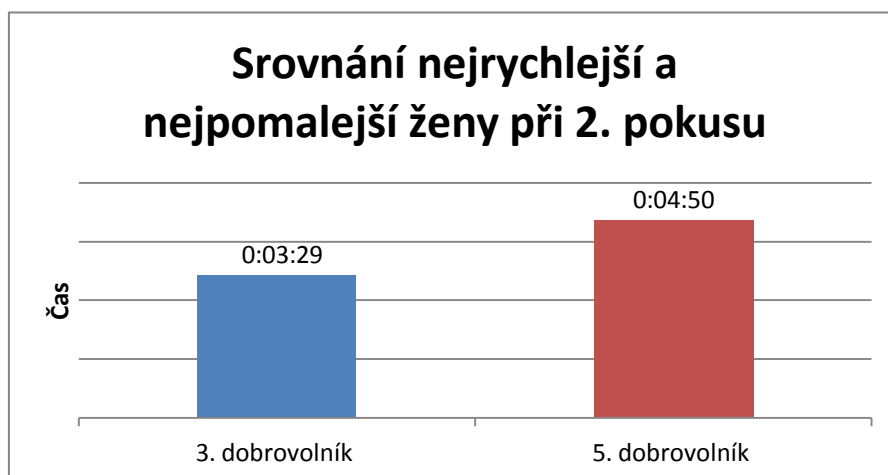
Graf 44 Grafické srovnání časů nejrychlejšího muže a ženy [vlastní zpracování]

Tak jako tomu bylo u papírové návodky, byly srovnány časy nejrychlejší a nejpomalejší ženy. Během prvního pokusu byl rozdíl mezi ženami více než minutový, přesně to byla 1 minuta a 17 sekund.



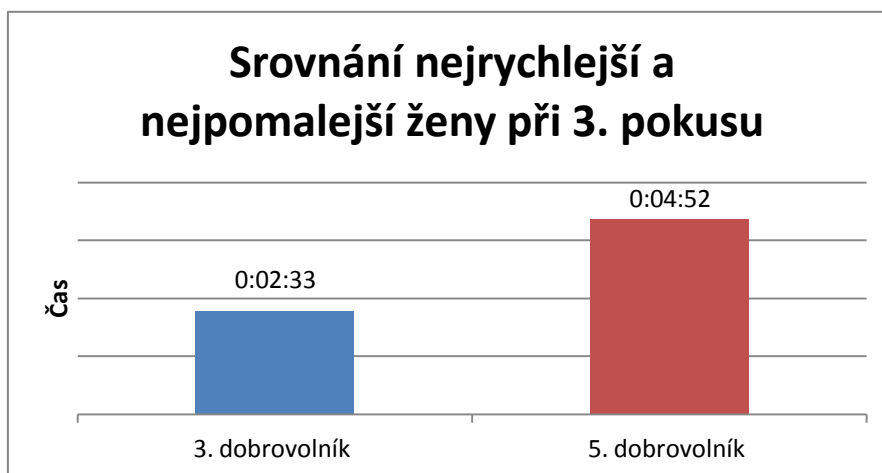
Graf 45 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 1. pokusu [vlastní zpracování]

Čas druhého nejrychlejšího a nejpomalejšího pokusu znázorňuje graf číslo 46. Ženy mezi sebou rozdíl 1 minuty a 21 sekund.



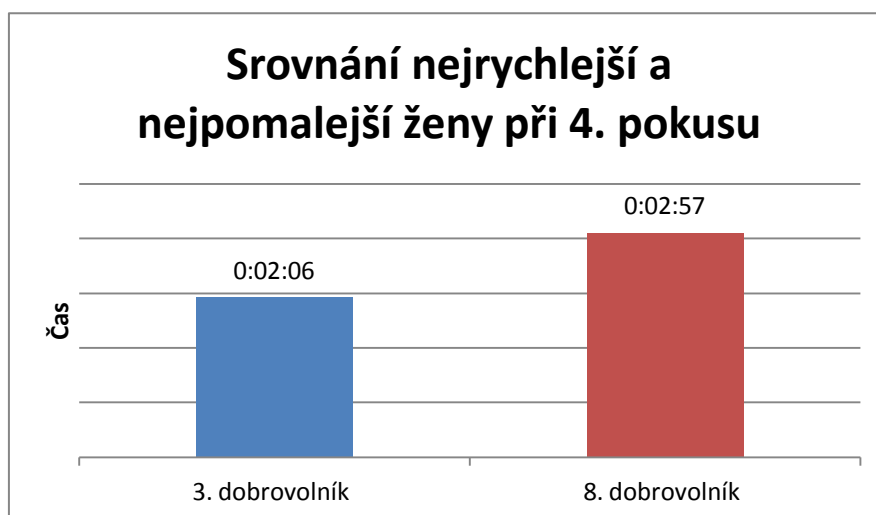
Graf 46 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 2. pokusu [vlastní zpracování]

Největšího rozdílu bylo dosaženo mezi 3. a 5. ženou, jejich rozdíl činil 2 minuty a 19 sekund.



Graf 47 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 3. pokusu [vlastní zpracování]

Během čtvrtého pokusu měly ženy mezi sebou nejmenší časový rozdíl, a to 51 sekund.

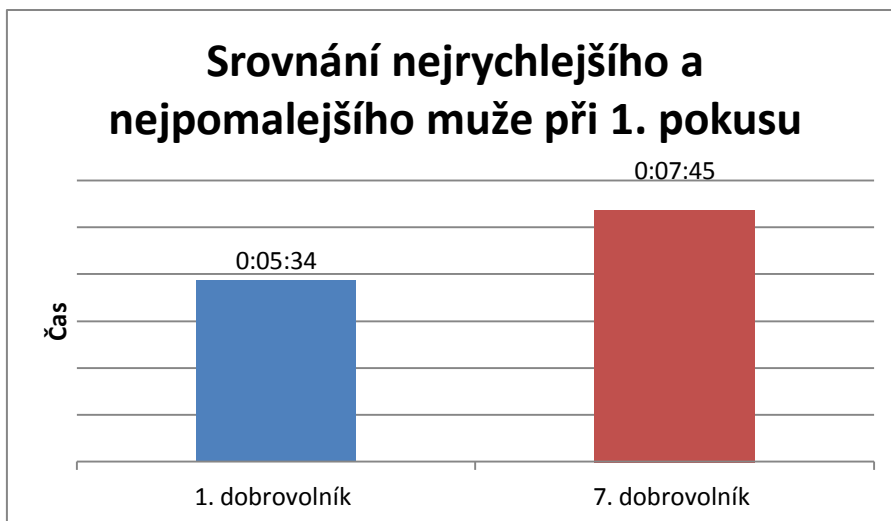


Graf 48 Grafické srovnání nejrychlejší a nejpomalejší ženy při 4. pokusu [vlastní zpracování]

Třetí dobrovolnice byla nejlepší ženou ze všech, v průběhu všech pokusů byla nejrychlejší ze všech testovaných studentek.

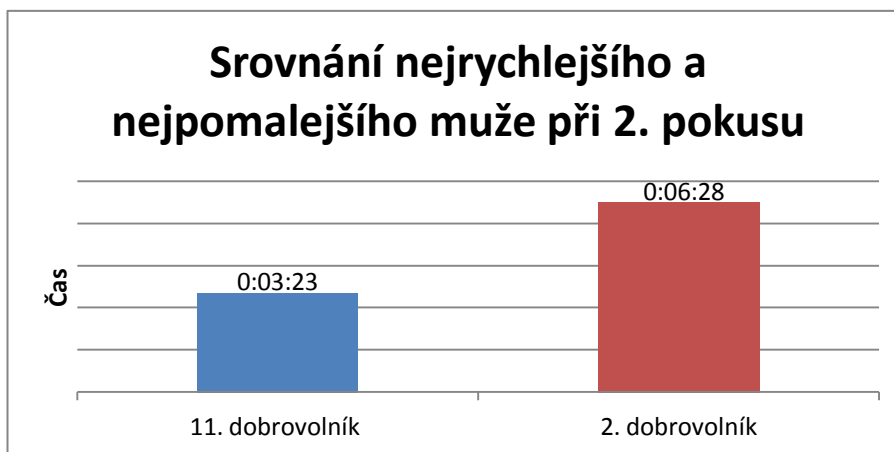
V předchozí části byly srovnány časy nejhorších a nejpomalejších žen během všech experimentů. Následuje grafické srovnání mužů.

V grafu číslo 49 je znázorněn rozdíl mezi nejpomalejším a nejrychlejším mužem při prvním pokusu. Rozdíl činil 2 minuty a 11 sekund. Během prvního pokusu byl sedmý dobrovolník nejpomalejším ze všech testovaných. Ženy měly mezi sebou rozdíl 1 minuty a 17 sekund.



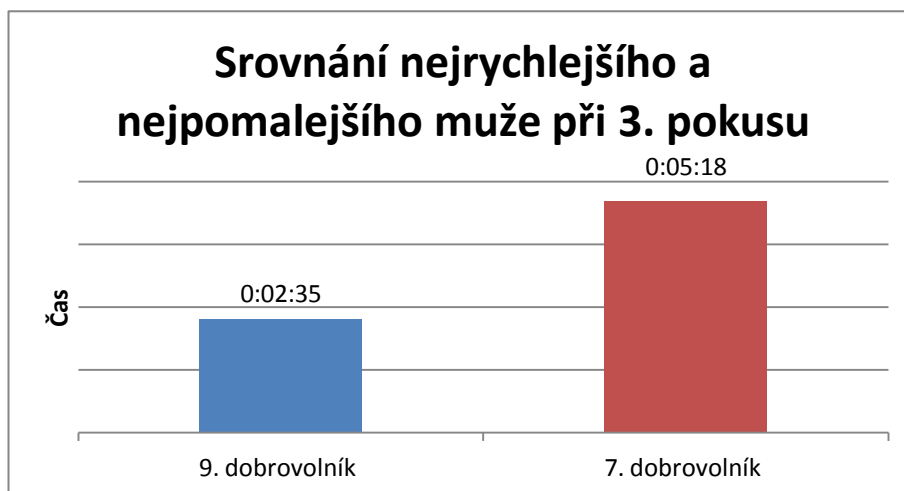
Graf 49 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 1. pokusu [vlastní zpracování]

Velkého časového rozdílu bylo dosaženo v průběhu druhého pokusu. Tento rozdíl činil 3 minuty a 5 sekund. Ženy mezi sebou měly odstup 1 minuty a 21 sekund.



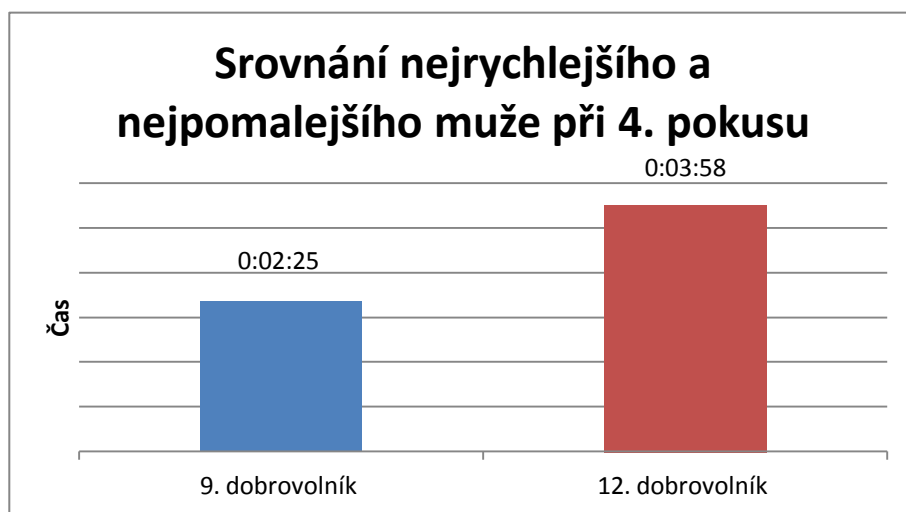
Graf 50 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 2. pokusu [vlastní zpracování]

Dalším značného rozdílu bylo také dosaženo při třetím experimentu. Mezi muži byl časový rozdíl 2 minuty a 43 sekund. U žen to byl 2 minutový a 19 sekundový rozdíl.



Graf 51 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 3. pokusu [vlastní zpracování]

Nejmenšího časového rozdílu bylo dosaženo během posledního experimentu, rozdíl činil 1 minutu a 33 sekund. Dobrovolnice měly rozdíl pouze 51 sekund.



Graf 52 Grafické srovnání nejrychlejšího a nejpomalejšího muže při 4. pokusu [vlastní zpracování]

Mezi muži byl mnohem větší časový rozdíl mezi jednotlivými pokusy, než tomu bylo u žen.

8.3 Využití papírové návodky versus virtuální

Při rozhodování, kterou návodku bude podnik využívat, musí brát v úvahu počáteční náklady spojené s tvorbou návodků.

Po finanční stránce je výhodnější používat klasickou papírovou návodku. Tu je možné vytvořit pomocí jakéhokoliv kancelářského balíčku, jakým je např. Microsoft Office od americké společnosti Microsoft. Tvorba takového návodky je i časově méně náročná než vytvoření té virtuální. Není zapotřební nějakých specifických znalostí a softwarů. Pokud umí uživatel ovládat nějaký z kancelářských balíčků, které jsou běžně dostupné, není až tak těžké manuál vytvořit. Je pouze nutné mít k dispozici fotoaparát, kterým se nafotí jednotlivé postupy.

Vytvoření virtuální návodky je časově i finančně náročnější oproti klasickému manuálu. K vytvoření výsledné návodky je zapotřebí více softwarů. Je nutné mít programy, ve kterých vytvoříme animaci a potřebné modely. Dále musí být k dispozici aplikace, ve kterých se jednotlivé modely upraví tak, aby byly kompatibilní s požadovaným softwarem. Některé programy jsou na internetu ke stažení zdarma. Bezplatně se ale dají většinou využívat pouze pro soukromé účely, pro komerční využití se musí zaplatit licence.

Pro tvorbu této návodky musí být využito speciálních znalostí. Uživatel musí být schopen namodelovat jednotlivé díly a vytvořit virtuální animaci a v některých případech umět psát kódy. Vytvoření této návodky zabere mnohem více času. Pokud budeme uvažovat, že návod vytváří úplný začátečník, bude doba tvorby delší. Nejprve se musí seznámit s danými programy a ne vždy je úplně lehké v nich pracovat. Pro zkušeného uživatele těchto softwarů práce nebude již tak složitá.

Následující graf číslo 53 srovnává průměrné časy jednotlivých pokusů podle papírové a virtuální návodky. Z grafu je zřejmé, že montáž podle virtuální návodky zabrala mnohem méně času, než bylo potřeba na sestavení podle papírových instrukcí. Tato návodka je mnohem efektivnější, šetří čas i peníze podniku.

Největší časový rozdíl je vidět u prvního pokusu, činí 4 minuty a 34 sekund. Za tento čas je uživatel schopný složit celý sifon, potřebuje k tomu dokonce méně času. Průměrný čas

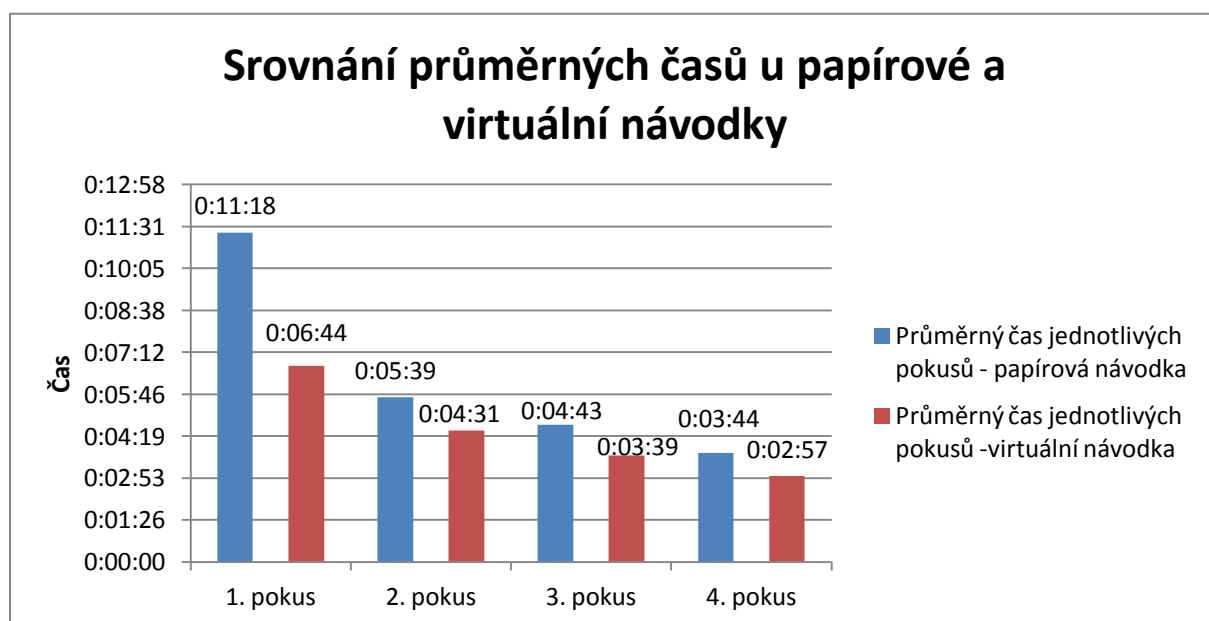
sestavení podle papírové návodky činil 3 minuty a 44 sekund. Montáž podle virtuální návodky trvala průměrně 2 minuty a 57 sekund. Rozdíl činí 47 sekund. Každá ušetřená sekunda přináší podniku určitou výhodu. Tento čas může efektivně využít pro jinou činnost nebo může za pracovní dobu vyprodukovat mnohem více výrobků.

Čím dříve bude pracovník zaučený, tím dříve bude moci plnohodnotně vykonávat svoji práci a vyrábět funkční a bezchybné výrobky a tím podniku přinášet zisk. To samé platí, pokud má firma velké portfolio výrobků a zaměstnanec se s těmito výrobky nesetkává denně. V případě změny výroby na méně často vyráběný výrobek bude pracovník ihned vědět, jaký pracovní postup má na daném produktu udělat. V případě potřeby si zaměstnanec pouze naskenuje potřebný čárový nebo QR kód a požadovaná návodka se mu zobrazí na obrazovce. Papírovou návodku si musí vyhledat na svém pracovišti nebo si pro ni musí dojít na jiné pracoviště. Tyto činnosti ho zdržují od práce. Nevýhodou je, že se papírové návodky musí čas od času tisknout z důvodu jejich poškození či ztráty. K dispozici musí být více tištěných kopií, pokud na daném produktu pracuje více zaměstnanců najednou. Naproti tomu mají velkou výhodu virtuální návodky, které mohou být k dispozici jakémukoliv pracovníkovi, kdykoliv je potřeba. Hlavním přínosem virtuálních návodků je snížení času na montáž, snížení zmetkovitosti a příležitost využívat pracovníky, kteří nejsou odborně proškoleni.

Během testování papírové návodky se občas stávalo, že byl nějaký krok neúmyslně přeskočen a později se k němu museli dobrovolníci vracet. To je zdržovalo, někdy museli demontovat některé díly, právě proto že přeskočili nějaký předchozí krok. Toto bylo eliminováno v případě virtuální návodky. Každý krok se musel po jeho dokončení potvrdit tlačítkem myši, takže se nestávalo, že by byl některý bod přeskočen.

Pro uživatele bylo mnohem lépe pochopitelnější, když viděli jednotlivé kroky v animaci než pouze obrázkový návod na papíře. Navíc nemuseli návod někde složitě hledat.

Je zřejmé, že počáteční náklady na vytvoření virtuální návodky jsou nesrovnatelně vyšší oproti papírové. Mezi její největší výhody patří rychlé zaškolení pracovníků a tím dosažení zvýšení jejich výkonnosti, snížení chybovosti a z toho plynoucí ulehčení práce díky nevhodné montáži a následné demontáži součástí.

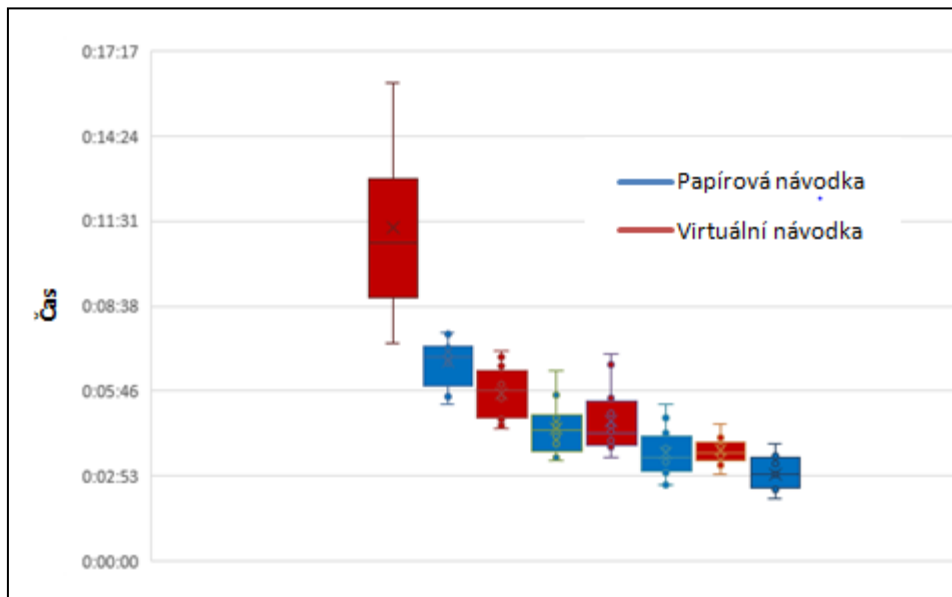


Graf 53 Grafické srovnání papírové a virtuální návodky [vlastní zpracování]

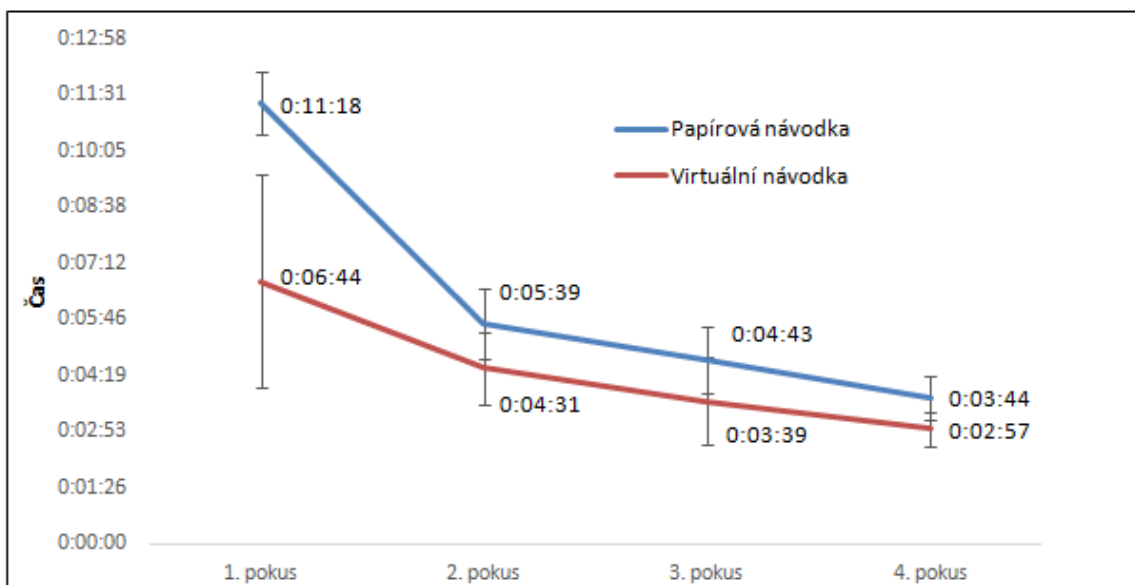
9 Statistické vyhodnocení

Dále bylo třeba vyhodnotit, zda byl počet zúčastněných dobrovolníků dostačující a výsledky jednotlivých měření nemohou být zkresleny kvůli nízkému počtu testovaných osob. Celkem se experimentu zúčastnilo dvanáct dobrovolníků, kteří sestavovali sifon podle papírové návodky a dalších dvanáct dobrovolníků, kteří montovali podle virtuální návodky. Výsledky jsou uvedeny v grafu číslo 54 a 55.

Pro tyto účely byl vypracován t-test o rozdílu hodnot. Podle směrodatných odchylek, je zřejmé, že pro všechny pokusy je statisticky prokazatelný rozdíl již na základě dvanácti měření. Podle variačního koeficientu je zřejmé, že rychlost u virtuálních návodků měla menší variabilitu - byly menší rozdíly mezi jednotlivými respondenty.



Graf 54 T- test



Graf 55 Průměrné časy jednotlivých pokusů

10 Závěr

Práce se zabývala tvorbou montážních návodek, a to klasickou papírovou a virtuální návodkou. Je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. V první části bylo vysvětleno, co je to virtuální a rozšířená realita, následovaly informace o jejím vzniku, historii a vývoji. Dále byly popsány možnosti využití v praxi, softwarové a hardwarové prostředky. Při tvorbě práce byla použita odborná literatura a vědomosti získané při studiu.

Ve druhé části je představeno montážní pracoviště a produkt, kterého se celá montáž týkala, tj. dřezového sifonu A441P. Následně je popsáno, jak byly jednotlivé návodky tvořeny a otestovány. Poté jsou popsány postřehy, poznatky z testování dobrovolníků včetně grafického porovnání. Nakonec je provedeno statistické vyhodnocení experimentu.

Každá firma se musí rozhodnout, která varianta je pro ni výhodnější. Musí zvážit počáteční investici do programového vybavení, a zda má v podniku pracovníka, který je schopný virtuální návodku vytvořit. Pokud již podnik má k dispozici potřebné programy, nebudou náklady na zhotovení manuálu tak vysoké.

Je očividné, že jsou počáteční náklady na zhotovení virtuální návodky vyšší než náklady na zhotovení papírové návodky. Pracovník je podle virtuální návodky schopen daný produkt smontovat rychleji než podle klasické papírové návodky. Mezi největší výhody můžeme zařadit rychlé zaškolení nových zaměstnanců a tím zvýšení jejich výkonnosti, snížení nebo úplná eliminace chyb a z toho vyplývající usnadnění práce díky nevhodně namontovaným dílům a následným demontováním chybných součástí.

Snahou všech podniků je zrychlit jednotlivé procesy. Pokud firma nabere nové pracovníky, musí se zaškolit, a čím rychleji je zaučí, tím dříve mohou efektivně vykonávat potřebné činnosti. Virtuální návodky nejsou vhodné pouze pro zaškolování nových pracovníků, ale dají se využít, pokud je v podniku široký sortiment výrobků. V případě, že zaměstnanec tyto procesy nevykonává denně, nemusí si pamatovat přesné postupy a kroky. Na řadu přicházejí virtuální návodky, ty se nikde nemusí vyhledávat. Naskenuje se pouze potřebný čárový nebo QR kód a následně se na obrazovce zobrazí potřebné instrukce. Papírovou návodku si musí pracovník vyhledat, v lepším případě ji hledá přímo na svém pracovišti, v tom horším si pro ni musí někam dojít. To ho zbytečně zdržuje od práce. Nevýhodou je, že se papírové návodky musejí tisknout. Papír se snadno poškodí, ušpiní, potrhá nebo dokonce se ztratí, proto musejí být návodky čas od času vytištěny znovu. Pokud na daném produktu pracuje více pracovníků najednou, musí být k dispozici více vytištěných kopií. Zatímco virtuální návodka je jen jedna a pracovník si jí zobrazí na svém displeji, kdykoliv ji potřebuje. Pro uživatele jsou mnohem lépe pochopitelné virtuální návodky. Vidí totiž animaci jednotlivých kroků a podle ní pracuje na daném produktu.

Takové aplikace samozřejmě nemohou nahradit všechny odborné znalosti a roky tréninku. Přesto všechno umožňují nováčkům provádět dané postupy lépe, než když využívají pouze papírovou formu návodky.

Virtuální návodky tedy umožňují snížení potřebného času na montáž, snížení zmetkovitosti a hlavně využití pracovníků, kteří nejsou zaučení.

Všichni účastníci testování znali sifon pouze jako produkt, který slouží k odvádění odpadu z umyvadla, dřezu apod., s montáží měl zkušenost pouze 1 student. Všichni zúčastnění dokázali seskládat dřezový sifon bez jakéhokoli zaučení či pomoci. Smontovali ho podle instrukcí, ať už to byli papírové nebo virtuální.

Seznam použité literatury

- [1] GÖRNER, Tomáš, HOŘEJŠÍ, Petr, KURKIN, Ondřej, VYZTYMDP : Virtuální realita: úvodní úroveň, e-book, ISBN 978-80-87539-07, ZČU 2012. [cit. 2016-10-1]
- [2] <http://technet.idnes.cz> [cit. 2016-11-15]
- [3] <https://www.systemonline.cz> [cit. 2016-10-29]
- [4] Borýsek, Patrik. Virtuální realita ve vašem obýváku. Zahráli byste si?. <http://cdr.cz/clanek/virtualni-realita-primo-v-obyvaku-zahráli-byste-si>, 2013. [cit. 2016-11-15]
- [5] KUŽEL, Filip, LÁSKA, Jan. *10 odvětví, které změní virtuální realita*. <http://www.mobilmania.cz/> 2016. [cit. 2016-10-1]
- [6] <http://www.rozsirenarealita.cz/> [cit. 2016-10-29]
- [7] MATĚNA, Lukáš. *Parametry systému pro rozšířenou virtuální realitu*. http://is.muni.cz/th/60860/fi_m/xmatena_dp_v01-print.pdf, 2007. [cit. 2016-11-28]
- [8] AUKSTAKALNIS, Steve. *Practical augmented reality: a guide to the technologies, applications and human factors for ar and vr*. Old Tappan, NJ: Pearson Education, Inc., 2016. ISBN 9780134094236. [cit. 2016-11-28]
- [9] <http://www.augment.com/how-augmented-reality-works/> [cit. 2016-11-30]
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=wWOfxLsxqFA> [cit. 2016-10-1]
- [11] http://www.tcworld.info/uploads/RTEmagicC_313_Lumera_4.jpg.jpg [cit. 2016-10-29]
- [12] PETŘÍK, Jaroslav. *Virtuální reality pod lupou: cizí svět na dosah*. <http://doupe.zive.cz/clanek/virtualni-realita-pod-lupou-cizi-svet-na-dosah>, 2016. [cit. 2016-10-29]
- [13] GENNADII, Zaporozhets. *Augmented reality a její využití v různých odvětvích lidské činnosti*. 2014. [cit. 2016-10-29]
- [14] <http://katedry.czu.cz/hubru/laborator-virtualni-reality/> [cit. 2016-11-15]
- [15] <http://gadgetsknown.com/antvr-headset-lenovo/> [cit. 2016-11-28]
- [16] <http://www.blesk.cz/galerie/celebrity-serialy-filmy-kino-a-tv-superstar-superstar-2009/127847/skandal-mares-pripravil-deborah-o-hlasy?foto=2> [cit. 2016-10-1]
- [17] ŠITNER, Roman. *Škoda prověřuje výrobu ve virtuální realitě*. <http://www.pressreader.com/czech-republic/hospod%C3%A1%C5%99sk%C3%A9-noviny/20160530/281719793833280>, 2016 [cit. 2016-11-29]
- [18] NOWARTON ELEKTRONIK, *Škoda auto – virtuální realita pro digitální továrnu*. http://www.nowatron.cz/cs/specialni-aplikace/simulatory-a-virtualni-realita/skoda-auto-virtualni-realita-pro-digitalni-tovarnu/filter_mid=14a30a9e-3a96-11e1-baea-5254003d369b/, 2012. [cit. 2016-11-29]
- [19] <http://www.auto-mania.cz/seat-virtualni-realita-zkracuje-dobu-vyroby-prototypu-o-30-video/> [cit. 2016-11-20]
- [20] DLH Customer Solutions & Innovation. *Augmented Reality in Logistics*. http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/csi_augmented_reality_report_290414.pdf, 2014. [cit. 2016-11-15]

- [21] RYKYTA, Miroslav; GABAJ, Ivan. *Řízení a údržba*. http://www.udrzba-cspu.cz/images/casopis_rizeni_udrzba/rizeni-udrzba-19.pdf, 2011. [cit. 2016-11-29]
- [22] <http://www.rozhlas.cz/> [cit. 2016-11-20]
- [23] <http://www.edudemic.com/> [cit. 2016-11-29]
- [24] <https://www.vuzix.com/Products/LegacyProduct/6> [cit. 2016-11-29]
- [25] SKOPALOVÁ, Markéta. *V Brně vyvíjí chytré brýle. Obraz zamíří do krabičky, ta vrátí informace*. http://brno.idnes.cz/vyvoj-chytre-bryle-vut-brno-d1j/brno-zpravy.aspx?c=A160924_2275280_brno-zpravy_krut, 2016. [cit. 2016-11-28]
- [26] JAVŮREK, Karel. *Velký přehled brýlí pro virtuální a rozšířenou realitu*. <http://www.zive.cz/clanky/velky-prehled-bryli-pro-virtualni-a-rozsirenou-realitu/sc-3-a-177222/default.aspx>, 2015. [cit. 2016-11-29]
- [27] <http://www.unifeye-design.com-about.com/> [cit. 2016-11-20]
- [28] <http://www.unity3d.ministranka.cz/> [cit. 2016-12-03]
- [29] <http://www.unitycesky.cz/> [cit. 2016-12-03]
- [30] <http://tvorbaher.cz/unity-je-profesionalni-engine-pro-tvorbu-her-na-vsech-platformach-stazeni/> [cit. 2016-12-03]
- [31] <https://unity3d.com/unity> [cit. 2016-12-03]
- [32] <http://www.aveng.cz/spolecnost/novinky/vuforia> [cit. 2016-12-03]
- [33] <https://developer.vuforia.com> [cit. 2016-11-20]
- [34] <https://www.cad.cz/aktuality/77-aktuality/7281-ptc-vydava-velkou-aktualizaci-platformy-vuforia.html> [cit. 2016-12-05]
- [35] <http://diit.cz/clanek/qualcomm-prodava-divizi-vuforia> [cit. 2016-12-03]
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=1gWk53LvlCk> [cit. 2016-11-20]
- [37] <http://www.zelenymuzicek.cz/clanek/prvni-zavod-formule-1-v-sezone-2008-poznamenani-vysokou-umrtnosti> [cit. 2016-12-05]
- [38] <http://www.pokemongo.com> [cit. 2016-11-24]
- [39] NOHEJL, Petr. *ARToolKIT*. <http://blog.petrnohejl.cz/artoolkit>, 2010. [cit. 2016-12-05]
- [40] ADAM, Ladislav. *Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plni, 2013. [cit. 2016-11-28]
- [41] ANDĚL, Štěpán. *Návrh řešení pracovní návodky v prostředí rozšířené reality*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plni, 2016. [cit. 2016-11-24]
- [42] Štefanovic, Juraj. *Dizajn s použitím obohatej reality*. labss2.fiit.stuba.sk/.../2010/.../tp1011_team18_projekt_dok.doc, 2011. [cit. 2016-11-24]
- [43] RICHTER, Matyáš. *Rozšířená reality pro prezentaci a marketing*. https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/richtmat_2011bach.pdf. 2011. [cit. 2016-11-28]
- [44] <https://artoolkit.org/> [cit. 2016-11-24]
- [45] KOLKOVÁ, Olga. *Evoluce speciálních filmových efektů – jak se točil Avatar?* <http://cdr.cz/clanek/evoluce-specialnich-filmovych-efektu-jak-se-tocil-avатар>, 2013. [cit. 2016-11-28]

- [46] <https://www.alcaplast.cz> [cit. 16. 3.2017]
- [47] ADAM, Ladislav. *Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. [cit. 16. 4.2017]
- [48] <https://www.stambol.com/virtual-reality/> [cit. 23. 5.2017]
- [49] MARSHALL, Glenn. *Moderní nástroje rozšířené reality se jeví jako nezbytná součást dovedností příští generace kvalifikovaných pracovníků*. <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artikul/article/moderni-nastroje-rozsirene-reality-se-jevi-jako-nezbytna-soucast-dovednosti-pristi-ge/>, 2016 [cit. 22. 5.2017]
- [50] <http://www.hybrid.cz/skoda-auto-ma-novou-setrnou-lisovaci-linku> [cit. 22. 5.2017]
- [51] MATĚNA, Lukáš. *Parametry systému pro rozšířenou realitu*. Brno: Masarykova univerzita, 2007 [cit. 23. 5.2017]
- [52] ZELENÝ, Radim. *Virtuální realita transformuje průmysl*. <http://www.penize.cz/investice/321967-virtualni-realita-transformuje-prumysl>, 2017 [cit. 23. 5.2017]
- [53] <https://www.mediaguru.cz/2016/07/virtualni-a-rozsirena-realita-ocekava-enormni-rust/> [cit. 23. 5.2017]

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 - Papírová návodka.....	90
PŘÍLOHA č. 2- Ukázka výsledků z testování	106

PŘÍLOHA č. 1 - Papírová návodka

Montáž Pracovní postup Sifon dřezový A441P



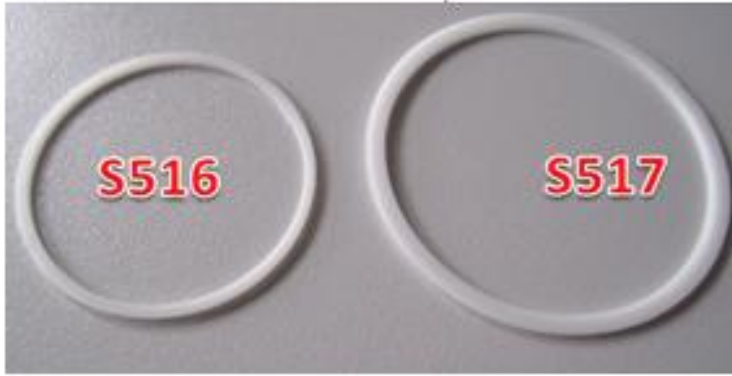
Montážní pracoviště



Seznam potřebných dílů k sestavení: Sifon dřezový A441P









Nářadí potřebné pro montáž: Sifon dřezový A441P




Elektrický šroubovák se zapne stlačením vypínače do dolní polohy. Šroubovák se spustí přitlačením na požadovaný díl. Šroubovaný díl je nutné držet pevně.






Montáž





Sifon dřezový A441P

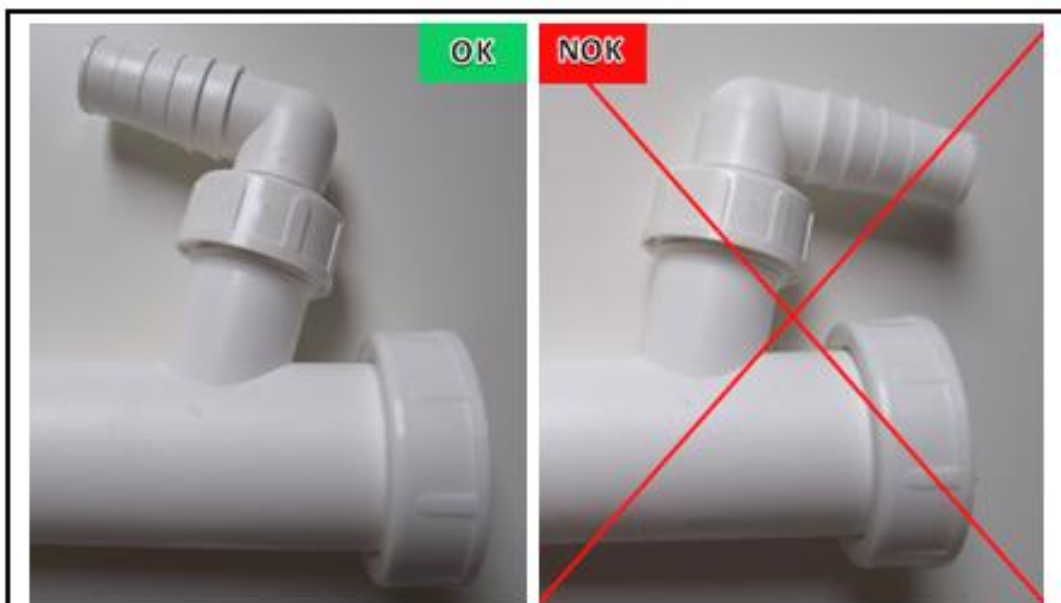
KROK	POPIS	NÁZORNÁ UKÁZKA
1	Díl S354 našroubuj na díl S353	
2	Díl S381 vlož do dílu S353. POZOR díl S381 musí být vložen do dílu S353 užší stranou viz obrázky.	
		
		Strana 7/16

<p>3</p>	<p>Díl S517 vlož do dílu S352</p>	
<p>4</p>	<p>Díl S352 našroubuj na díl S353</p>	
<p>5</p>	<p>Díl S085 vlož do dílu S305</p>	
<p>Strana 8/16</p>		


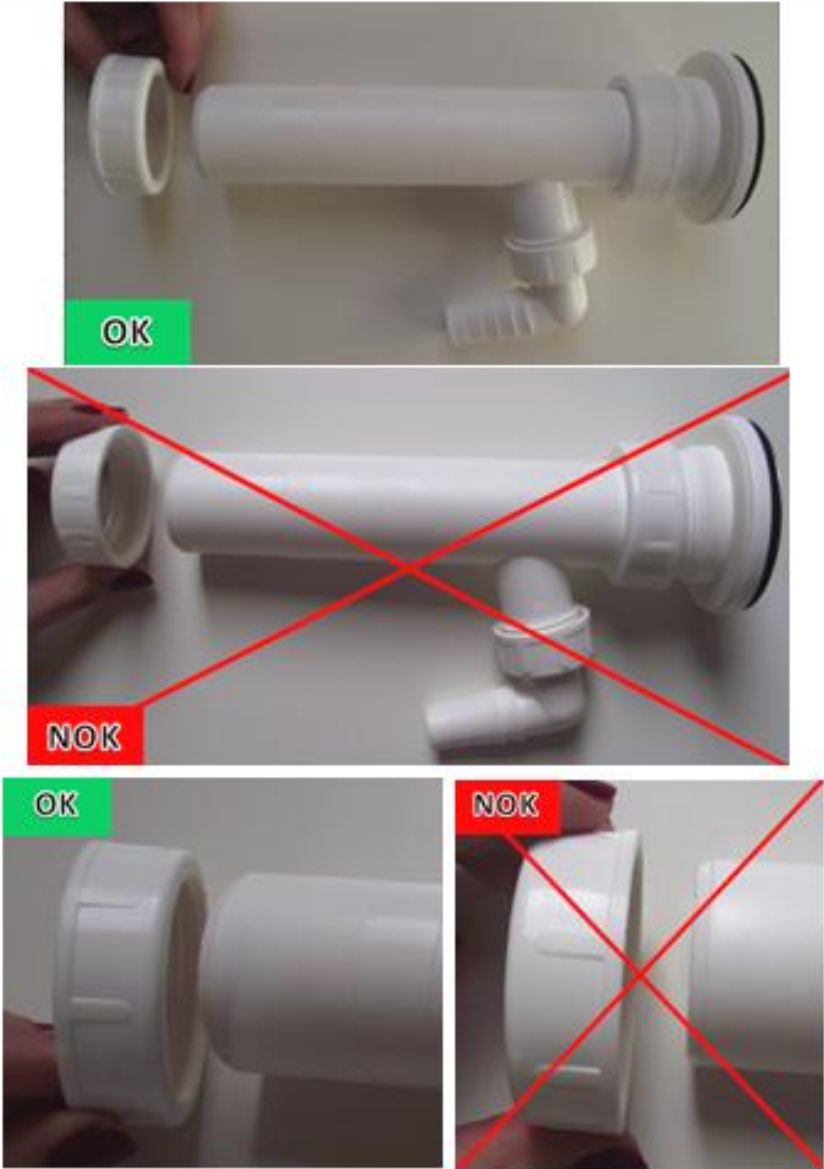
6	Díl S090 vlož na díl S085	
7	Díl S116 vlož na díl S090	
8	<p>Díl S014 vlož do dílu S116 a ručně zašroubuj- stačí 3-4 otáčky, na zbytek závitu použij elektrický šroubovák. Ten se zapne stlačením vypínače do dolní polohy. Šroubovák se spustí přitlačením na požadovaný díl. Šroubovaný díl je nutné držet pevně.</p>	





<p>9</p>	<p>Díl P050 zasun do dílu S363. POZOR díl P050 musí být do dílu S363 zasunut stranou s těsněním , tj. černou stranou dolů. Díl je nutné zasunout do drážky viz následující obrázky.</p>	
		
		




10	<p>Díl S120 vlož do dílu S048. POZOR díl S120 musí být vložen do dílu S048 širší stranou viz následující obrázky.</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="272 725 799 1223"> <p>OK</p>  </div> <div data-bbox="828 725 1297 1223"> <p>NOK</p>  </div> </div>		
11	<p>Díl S048 našroubuj na díl S363 viz následující obrázky.</p>	



<p>12</p>	<p>Díl S323 vlož do dílu S363. POZOR je nutné držet vysunutou trubkovou maticí a do ní zatlačit díl S323, tak aby byl díl zatlačen v osazení trubky.</p>	
<p>13</p>	<p>Díl S305 našroubuj do dílu S363</p>	

14	<p>Díl S004 nasuň na díl S363. POZOR díl S004 je třeba vložit na díl S363 závitem ven.</p>	
		
Strana		13/16

15	Díl S516 nasuň na díl S363	
16	Díl S009 nasuň na díl S363. POZOR díl S009 je potřeba nasunout širší stranou.	
		
		Strana 14/16

17	Díl S363 našroubuj na díl S353 viz následující obrázky.	
 		
Strana		15/16

18	Díl P019 vlož do dílu S116	
19	Zkontroluj, zda je sifon smontovaný správně.	
20	K hotovému sifonu přidej díl V023, který slouží ke správné instalaci sifonu.	
		Strana 16/16

PŘÍLOHA č. 2- Ukázka výsledků z testování

Věk:	23	Umělé světlo:	Ne
Pohlaví:	žena		
Povolání:	student	Datum:	28. 3. 2017
Číslo měření	Krok	Popis	Čas
1	1	Instrukce	0:00:04
	2	Vyhledávání návodky v deskách	0:00:24
	3	Vyndávání návodky	0:00:31
	4	Nalistování strany	0:00:38
	5	Příprava dílů	0:02:40
	6	Krok 1 dle návodky	0:03:06
	7	Krok 2 dle návodky	0:04:05
	8	Krok 3 dle návodky	0:04:39
	9	Krok 4 dle návodky	0:04:52
	10	Krok 5 dle návodky	0:04:57
	11	Krok 6 dle návodky	0:05:03
	12	Krok 7 dle návodky	0:05:08
	13	Krok 8 dle návodky	0:05:38
	14	Krok 9 dle návodky	0:06:11
	15	Krok 10 dle návodky	0:07:00
	16	Krok 11 dle návodky	0:07:15
	17	Krok 12 dle návodky	0:09:40
	18	Krok 13 dle návodky	0:09:53
	19	Krok 14 dle návodky	0:10:12
	20	Krok 15 dle návodky	0:10:30
	21	Krok 16 dle návodky	0:11:15
	22	Krok 17 dle návodky	0:11:44
	23	Krok 19 dle návodky	0:11:57
	24	Krok 18 dle návodky	0:12:08
	25	Krok 20 dle návodky	0:12:14
Celkový čas			0:12:14

2	1	Vyhledání návodky v deskách	0:00:19
	2	Vyndávání návodky	0:00:35
	3	Nalistování strany	0:00:47
	4	Krok 1 dle návodky	0:00:59
	5	Krok 2 dle návodky	0:01:08
	6	Krok 3 dle návodky	0:01:17
	7	Krok 4 dle návodky	0:01:08
	8	Krok 5 dle návodky	0:01:40
	9	Krok 6 dle návodky	0:01:48
	10	Krok 7 dle návodky	0:01:50
	11	Krok 8 dle návodky	0:02:21
	12	Krok 9 dle návodky	0:02:47
	13	Krok 10 dle návodky	0:03:15
	14	Krok 11 dle návodky	0:03:56
	15	Krok 12 dle návodky	0:05:03
	16	Krok 13 dle návodky	0:05:09
	17	Krok 14 dle návodky	0:05:17
	18	Krok 15 dle návodky	0:05:27
	19	Krok 16 dle návodky	0:05:44
	20	Krok 17 dle návodky	0:06:04
	21	Krok 18 dle návodky	0:06:14
	22	Krok 19 dle návodky	0:06:30
	23	Krok 20 dle návodky	0:06:35
	Celkový čas		0:06:35

3	1	Vyhledání návodky v deskách	0:00:06
	2	Vyndávání návodky	0:00:12
	3	Nalistování strany	0:00:20
	4	Krok 1 dle návodky	0:00:29
	5	Krok 2 dle návodky	0:00:34
	6	Krok 3 dle návodky	0:00:44
	7	Krok 4 dle návodky	0:01:13
	8	Krok 5 dle návodky	0:01:22
	9	Krok 6 dle návodky	0:01:29
	10	Krok 7 dle návodky	0:01:31
	11	Krok 8 dle návodky	0:01:49
	12	Krok 9 dle návodky	0:02:06
	13	Krok 10 dle návodky	0:02:32
	14	Krok 11 dle návodky	0:02:44
	15	Krok 12 dle návodky	0:03:10
	16	Krok 13 dle návodky	0:03:17
	17	Krok 14 dle návodky	0:03:31
	18	Krok 15 dle návodky	0:03:36
	19	Krok 16 dle návodky	0:03:49
	20	Krok 17 dle návodky	0:03:57
	21	Krok 19 dle návodky	0:04:05
	22	Krok 18 dle návodky	0:04:12
	23	Krok 20 dle návodky	0:04:16
		Celkový čas	0:04:16

4	1	Vyhledání návodky v deskách	0:00:10
	2	Vyndávání návodky	0:00:19
	3	Nalistování strany	0:00:25
	4	Krok 1 dle návodky	0:00:35
	5	Krok 2 dle návodky	0:00:40
	6	Krok 3 dle návodky	0:00:47
	7	Krok 4 dle návodky	0:00:56
	8	Krok 5 dle návodky	0:01:01
	9	Krok 6 dle návodky	0:01:07
	10	Krok 7 dle návodky	0:01:10
	11	Krok 8 dle návodky	0:01:22
	12	Krok 9 dle návodky	0:01:35
	13	Krok 10 dle návodky	0:01:48
	14	Krok 11 dle návodky	0:02:01
	15	Krok 12 dle návodky	0:02:28
	16	Krok 13 dle návodky	0:02:33
	17	Krok 14 dle návodky	0:02:39
	18	Krok 15 dle návodky	0:02:45
	19	Krok 16 dle návodky	0:02:52
	20	Krok 17 dle návodky	0:03:08
	21	Krok 18 dle návodky	0:03:17
	22	Krok 19 dle návodky	-
	23	Krok 20 dle návodky	0:03:20
Celkový čas		0:03:20	

