

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

***DIPLOMOVÁ PRÁCE***

Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality

Autor: **Bc. Ladislav ADAM**

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

Akademický rok 2012/2013

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Adam	Jméno Ladislav		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Hořejší, Ph. D.	Jméno Petr		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	73	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	49	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	24
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Diplomová práce se zabývá tematikou Augmented Reality, ve které jsou 3D virtuální objekty integrovány do reálného prostředí v reálném čase. V práci jsou popsány již vytvořené interaktivní návodky v softwaru Unifeye Design. Tento software je použit i pro vytvoření vlastní interaktivní návodky požadovaného výrobku.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>Augmented Reality, virtuální realita, Unifeye Design, Workflow Authoring, tracking konfigurace, markerless systém,</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Adam	Name Ladislav	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 „Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hořejší, Ph. D.	Name Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Development of an Interactive Assembly Instruction Set in Augmented Reality		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Department of Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2013
----------------	------------------------	-------------------	---	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	73	<b>TEXT PART</b>	49	<b>GRAPHICAL PART</b>	24
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This diploma sheet deals with subject of Augmented Reality in which 3-D virtual objects are integrated into a 3-D real environment in real time. The work also describes already created interactive assembly instruction in the software Unifeye Design. This software is used for creating interactive instruction of required product.
<b>KEY WORDS</b>	Augmented Reality, virtual reality, Unifeye Design, Workflow Authoring, tracking configuration, markerless system

## Obsah

Seznam obrázků .....	3
Glosář .....	5
Seznam značek a zkratk.....	6
Úvod.....	7
1 Rozšířená realita (Augmented Reality) .....	8
1.1 Definice pojmu Augmented Reality .....	9
1.2 Historie Augmented Reality .....	11
1.3 Využití Augmented Reality .....	12
2 Tracking konfigurace .....	15
2.1 Marker tracking .....	15
2.2 2D/Planar markerless tracking.....	16
2.3 3D markerless tracking systém.....	16
2.4 Jiné zdroje tracking konfigurace.....	17
3 Analýza současného stavu.....	18
3.1 Začátky .....	18
3.2 Augmented Reality interaktivní návodky.....	18
3.2.1 Automobilka BMW .....	19
3.2.2 Opravy a montáže.....	19
3.2.3 Systém pro výuku montáže a demontáže automatické převodovky .....	21
3.2.4 Poskytování Just in Time školení.....	22
3.2.5 Údržba za pomoci Augmented reality.....	23
3.2.6 Integrace haptických pomůcek s Augmented Reality .....	28
4 Unifeye Design.....	29
4.1 Workflow Authoring GUI .....	30
4.1.1 Přehled Workflow Authoring GUI.....	31
4.1.2 Action Tree.....	33
4.1.3 Workspace.....	34
4.1.4 Akce .....	35
4.1.5 Vytvoření markeru za použití obrázku v Unifeye Design.....	36

4.2	Architecture Workflow .....	39
5	Referenční příklad .....	41
6	Tvorba interaktivní návodky .....	50
6.1	Představení montážního pracoviště .....	50
6.2	Popis výrobku .....	51
6.2.1	Klasický postup smontování výrobku .....	52
6.3	Teoretický popis tvorby interaktivní návodky.....	52
6.4	Vlastní popis tvorby interaktivní návodky .....	53
6.4.1	První část pracovního postupu .....	56
6.4.2	Třetí část pracovního postupu .....	61
6.4.3	Čtvrtá část pracovního postupu - konečná kompletace výrobku.....	63
6.4.4	Zhodnocení softwaru použitého pro vytvoření interaktivní návodky .....	65
7	Dosahované výsledky díky práci s interaktivní návodkou.....	67
8	Další možný postup práce .....	68
	Závěr.....	69
	Seznam použité literatury.....	70
	Seznam příloh.....	73

## Seznam obrázků

Obr. 1.1 Reálné prostředí + virtuální prostředí = Augmented Reality [17] .....	8
Obr. 1.2 Spojitý prostor mezi realitou a virtualitou .....	9
Obr. 1.3 Příklad Augmented Reality [49] .....	10
Obr. 1.4 Příklad využívání Augmented Virtuality [48] .....	10
Obr. 1.5 Přímý pohled [36] .....	11
Obr. 1.6 Nepřímý pohled [36] .....	11
Obr. 1.7 Ukázka mobilní aplikace Wikitude[45] .....	12
Obr. 1.8 GPS navigace pomocí Augmented Reality[46] .....	13
Obr. 1.9 Reklamní kampaň značky MiniCooper [42] .....	13
Obr. 1.10 Využití Augmented Reality v podání značky Ray Ban [44] .....	14
Obr. 2.1 Příklady markerů [39] .....	15
Obr. 2.2 Příklady markerů [25] .....	15
Obr. 2.3 Ukázka 3D markerless trackingu v software PTAMM [12] .....	16
Obr. 2.4 Ukázka použití Augmented reality v mobilních telefonech [46] .....	17
Obr. 3.1 Příklad interaktivní návodky určené k pravidelnému servisu automobilu [20] .....	18
Obr. 3.2 Interaktivní návodka automobilky BMW [40] .....	19
Obr. 3.3 Návod na montáž kabelů do dveří auta [35] .....	20
Obr. 3.4 Využívání Augmented Reality v montáži, řešení katedry Priemyselného inžinierstva ze Žilinské univerzity (na obrázku Gabriela Gabajova) [4] .....	20
Obr. 3.5 Demontáž automatické převodovky za podpory Augmented Reality [18] .....	21
Obr. 3.6 Jednotlivé kroky demontáže automatické převodovky [18] .....	22
Obr. 3.7 Oprava bojového vozidla [27] .....	22
Obr. 3.8 Trénink výměny kola u automobilu [28] .....	23
Obr. 3.9 Návod na demontáž brzd [33] .....	23
Obr. 3.10 Údržba motoru motorky [31] .....	24
Obr. 3.11 Interaktivní návodka za pomoci tabletu [32] .....	24
Obr. 3.12 Interaktivní návodka na provedení opravy či pravidelné údržby [41] .....	25
Obr. 3.13 Provádění údržby pomocí Augmented Reality [7] .....	25
Obr. 3.14 Zařízení pro využívání Augmented Reality [7] .....	26
Obr. 3.15 Návod na výměnu toneru. V pravé části obrázku je vyobrazena reálná scéna, na obrazovce mobilního telefonu je pak znázorněn snímáný objekt reálné scény, doplňený o virtuální objekty. [34] .....	27
Obr. 3.16 Návod na výměnu toneru [34] .....	27
Obr. 3.17 Interaktivní návod na sestavení nábytku pomocí Augmented Reality za asistence mobilního telefonu [29] .....	28
Obr. 3.18 Intervenční radiolog Derek Gould při testování PalpSim [26] .....	28
Obr. 4.1 Základní okno programu Unifeye Design [39] .....	30
Obr. 4.2 Hlavní okno Authoring GUI .....	31
Obr. 4.3 Hlavní menu Authoring GUI [39] .....	31
Obr. 4.4 Okno Systém Connections [39] .....	32
Obr. 4.5 Resource window [39] .....	32
Obr. 4.6 Action Paths [39] .....	33
Obr. 4.7 Nabídka akcí Action Tree [39] .....	33
Obr. 4.8 Příklad propojení jednotlivých akcí [39] .....	34
Obr. 4.9 Rozbalení a sbalení akce [39] .....	34
Obr. 4.10 Akce [39] .....	35
Obr. 4.11 Planar markerless configuration [39] .....	36



Obr. 4.12 Okno Edit Patch určené pro přidání obrázku [39] .....	37
Obr. 4.13 Okno Planar markerless configuration s již nahraným obrázkem [39].....	38
Obr. 4.14 Postup při použití markerless trackingu v Unifeye Design 2.0 [39].....	38
Obr. 4.15 Příklad použití obrázku namísto klasického markeru [39] .....	39
Obr. 4.16 Příklad kdy aplikace čeká na vstup od uživatele [39].....	40
Obr. 5.1 Start Workflow.....	41
Obr. 5.2 Přidání modelů do Workflow.....	42
Obr. 5.3 Zobrazení modelů a editace jejich polohy .....	43
Obr. 5.4 Pohled na kompletní halu.....	43
Obr. 5.5 První větvení ve Workflow interaktivní haly.....	45
Obr. 5.6 Propojení polí.....	46
Obr. 5.7 Propojení polí Set geometry visibility .....	48
Obr. 6.1 Modelové pracoviště nacházející se na ZČU v Plzni.....	50
Obr. 6.2 Schéma montovaného sifonu [50].....	51
Obr. 6.3 Architektura montážního systému v prostředí Augmented Reality [5] .....	53
Obr. 6.4 Ukázka tvorby 3D modelu v softwaru CATIA V5 .....	54
Obr. 6.5 Ukázka ze softwaru 3D Studio Max .....	55
Obr. 6.5 Předběžný nástin pracoviště využívajícího interaktivní návodku.....	55
Obr. 6.6 První část pracovního postupu [11] .....	56
Obr. 6.7 První část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye DesignDruhá část pracovního postupu .....	57
Obr. 6.8 Druhá část pracovního postupu [11] .....	58
Obr. 6.9 Druhá část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye Design.....	60
Obr. 6.10 Třetí část pracovního postupu [11] .....	61
Obr. 6.11 Třetí část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye Design.....	62
Obr. 6.12 Výsledná kompletace výrobku [11] .....	63
Obr. 6.13 Výsledná kompletace výrobku, zobrazení v programu Unifeye Design .....	64
Obr. 6.15 Verze interaktivní návodky se šipkami odkazujícími na jednotlivé součásti, které se mají aktuálně použít .....	66

## **Glosář**

Tracking - proces hledání pozice (rotace a posunutí) kamery snímající reálnou scénu

Kognitivní - kladoucí důraz na poznávací (myšlenkovou, rozumovou) stránku činnosti

Just in Time - termín přejatý z angličtiny, v češtině se někdy užívá ekvivalentu „právě včas“

Haptický - hmatový, týkající se hmatu

Femorální – stehenní

Akce - základní prvky a hlavními „stavebními kameny“ každé Workflow

Interaktivní - umožňující vzájemnou komunikaci, tj. přímý vstup do činnosti stroje nebo programu

Demonstrace - předvádění, názorná ukázka

Konfigurace - seskupení, uspořádání, rozmístění nějakých entit (dějů, jevů, skutečností)

## Seznam značek a zkratek

SIG	Silicon Graphics International Corporation
HMD	Head Mounted Display
GPS	Global Positioning System
ARMAR	Augmented Reality for Maintenance and Repair
ITU	International Telecommunication Union
VRML	Virtual Reality Modelling Language
CAD	Computer-aided design
3D	Trojdimenzionální prostor
SDK	Software Development Kit

## Úvod

Dnešní svět klade na člověka daleko větší nároky, než tomu bylo dříve, výrobky a zařízení jsou stále složitější a komplikovanější. Nové systémy, produkty či přístroje často vydrží mnohem více než jejich předchůdci, vše je však podmíněno dokonalou údržbou a správným zacházením. Zároveň se z důvodu vysokých nákladů zkracuje čas na zapracování a zaškolení nových pracovníků a proto roste zájem o způsob, jak rychle a efektivně porozumět těmto komplikovaným systémům, výrobkům či zařízením. Je obecně známo, že člověk vnímá 80% informací zrakem [16] a právě Augmented Reality neboli rozšířená realita je schopna tento velký informační vjem ještě více obohatit. Jedná se o přidání informací do snímaného obrazu reálného světa v reálném čase. Náš pohled na svět je tak takzvaně rozšířen o nové objekty (např. textovou či zvukovou informaci, virtuální třírozměrné objekty apod.). Tyto informace jsou získávány z různých informačních zdrojů za použití off-line anebo on-line aplikací.

V univerzitní laboratoři na Katedře průmyslového inženýrství a managementu na Západočeské univerzitě v Plzni se nachází modelové pracoviště, které slouží k smontování dřezového sifonu firmy Alca plast s.r.o. Na tomto modelovém pracovišti se provádí ergonomické analýzy, které mají přispět k optimalizaci pracovní činnosti. Úkolem této diplomové práce je vytvořit pro toto pracoviště interaktivní návodku za pomoci Augmented Reality, jejímž používáním by se mělo docílit přehledné vizualizace celého procesu montáže sifonu. Používání této interaktivní návodky by mělo mít za následek zrychlení procesu zaškolování nových zaměstnanců, minimalizaci chyb při kompletaci výrobku u stávajících zaměstnanců či koncových zákazníků. Tvorba této interaktivní návodky bude probíhat v softwaru Unifeye Design 2.0 od německé firmy Metaio. Tato diplomová práce navazuje na již úspěšně obhájenou práci bakalářskou na téma Rozšířená virtuální realita (Augmented Reality) a její využití v konceptu digitální továrny.

Cílem této diplomové práce je:

1. pokusit se se zřetelem na odbornou literaturu a elektronické dokumenty přiblížit pojem Augmented Reality
2. vytvořit přehled ukázek již realizovaných interaktivních návodků vytvořených pomocí Augmented Reality v celosvětovém měřítku
3. navrhnout jednoduchou interaktivní návodku za použití Augmented Reality v softwaru Unifeye Design 2.0

## 1 Rozšířená realita (Augmented Reality)

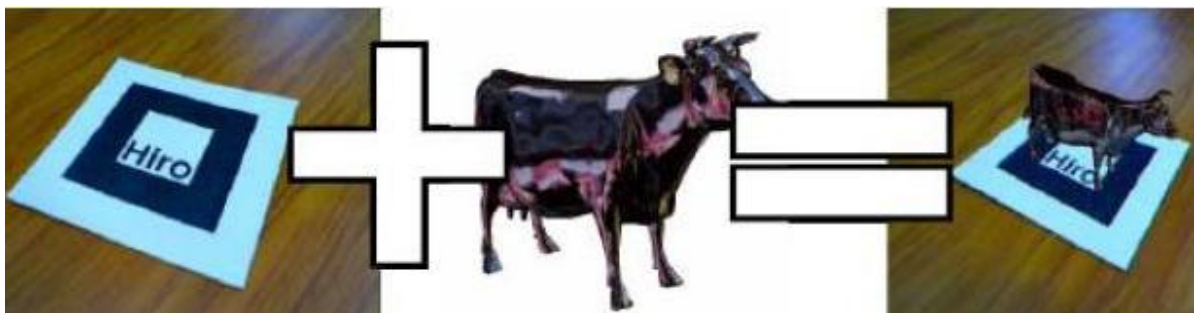
Už na počátku vývoje počítačové grafiky bylo stanoveno hned několik stěžejních cílů pro virtuální realitu. Jako jeden z hlavních cílů bylo mimo jiné vytyčeno, zpracovávat vše v reálném čase a ihned zobrazovat veškeré výsledky. Společnost Silicon Graphics byla tehdy průkopníkem virtuální reality a jako první předvedla zobrazování 3D stínovaných objektů v reálném čase. [8] Toto zobrazování bylo tehdy uskutečněno pomocí výkonných pracovních stanic Silicon Graphics s příkonem několika kilowattů. Ty samé zařízení s ještě vyšším výkonem se však dnes nacházejí nejen ve stolních počítačích, ale také v podobě tzv. chytrých mobilních telefonů či tabletů. Tomu, že současné iPhone a nové Android kompatibilní telefony mají výkon 3D zobrazení na stejné úrovni či ještě lepší, než špičkové SGI stanice devadesátých let, není, díky masivnímu rozvoji tohoto odvětví, problém uvěřit. Díky této skutečnosti se uživatelům do rukou dostává výkonný „superpočítač“, jenž zvládá pracovat s objekty virtuální reality v naprosto běžných situacích. Pokročilé aplikace kombinující zpracování obrazu z kamery, polohu z GPS, údaje z akcelerometru a kompasu se pomalu a nenápadně dostávají mezi uživatele. S příchodem těchto telefonů dochází i k stále větší popularizaci Augmented Reality. Bohužel i mnoho těch uživatelů, kteří už Augmented Reality aplikace využívají ve svých telefonech, netuší, že možná ještě jednodušší způsob jak Augmented Reality zobrazovat je pomocí počítače s připojenou kamerou či webkamerou.

Obor virtuální realita se obecně zabývá modelováním 3D světa a jeho interakcí s člověkem. Vnitřně je pohled na modelování světa rozdělen na následující oblasti:

- Realita (vše, co je kolem nás a je vzorem pro modelování),
- Virtuální Realita (okolní svět je plně nahrazen umělým, modelovaným světem),
- Augmentovaná Realita (do obrazu reality je vložen umělý modelovaný objekt)
- Virtualizovaná Realita (do virtuálního světa je vložen reálný svět ve formě 3D modelů získaných v reálném čase).

Do virtuální reality patří například většina 3D her. Augmentovaná realita (Augmented Reality, resp. Rozšířená realita) je stav, kdy část reálného obrazu nahrazujeme syntetickým objektem (například dynamické architektonické zákresy apod.). Virtualizovaná Realita je nejpokročilejší formou virtuální reality, vyžaduje schopnost modelovat reálný 3D svět v reálném čase (například pomocí rychlých 3D scannerů nebo soustavy mnoha kalibrovaných kamer pro 3D rekonstrukci) a takto vzniklé modely přímo zasazovat do virtuální 3D scény.

Obr. 1.1 popisuje princip Augmented Reality, což je kombinace reálného prostředí s prostředím virtuálním.



Obr. 1.1 Reálné prostředí + virtuální prostředí = Augmented Reality [17]

## 1.1 Definice pojmu Augmented Reality

Augmented Reality reprezentuje tzv. mezistupeň mezi realitou skutečnou a realitou virtuální. Augmented Reality doplňuje skutečný obraz o uměle doplněné obrazce či jiné doplňkové informace. V současnosti je nejčastějším provedením Augmented Reality zobrazení skutečného obrazu na displeji a jeho doplnění o počítačem dodané informace. To vše samozřejmě v reálném čase. Augmented Reality (česky rozšířená realita) je koncept, který může v budoucnosti ovlivnit mnohé. Již ze své podstaty však změní především náš „pohled na svět“. **Augmented Reality je vyvíjející se odvětví virtuální reality.**

Virtuální realita byla definována (dle [2]) jako „počítačem vytvořené, interaktivní, trojrozměrné prostředí, do něž je uživatel tzv. vnořený“. Definice Augmented Reality více či méně vychází z definice virtuální reality. Existují dva hlavní typy:

- první úzce spojuje pojem rozšířené reality s hardwarovými prostředky (průhledné obrazovky v náhlavních systémech)
- druhý je obecnější a nevylučuje využití běžných zobrazovacích zařízení

Nejdříve se pojem Augmented Reality spojoval výhradně s průhledným displejem. Když se však začaly objevovat nové realizace, tak definice vázaná na hardware přestala stačit.

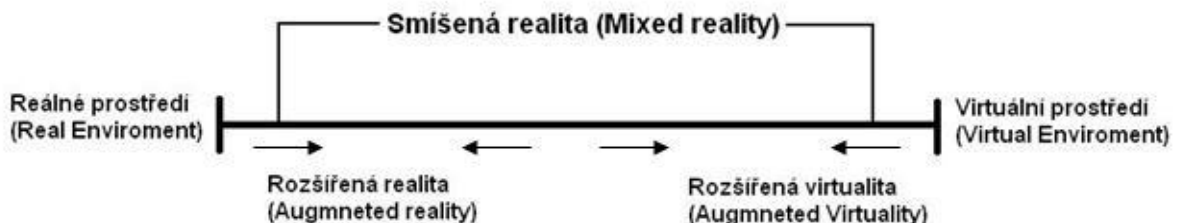
V [1] Ronald T. Azuma definoval Augmented Reality jako systémy mající tři následující vlastnosti:

1. Kombinují reálné a virtuální
2. Jsou interaktivní v reálném čase
3. Jsou registrované ve 3D

Tato definice už není spjata s konkrétní technologií, ale dostatečně definuje pojem Augmented Reality. Tato definice nepokládá za Augmented Realitu vkládání různých jednoduchých 2D informací (např. informace o stavu zápasu při sportovním utkání). Pokud by se naopak jednalo o popisky s informacemi, které by byly zobrazeny v prostoru, bylo by to již 3D zpracování a proto bychom podle této definice mohli mluvit o Augmented Reality.

Odlišnost mezi virtuální realitou a Augmented Reality je dle Azumy v míře ponoření do virtuálního světa. U virtuální reality je úsilí kladeno na to, aby všechny naše smysly vnímaly pouze uměle vytvořené prostředí. V případě Augmented Reality systémů musí být dodržena spojitost kontaktu uživatele s reálným světem.

Vedle termínu Augmented Reality se také vyskytuje pojem Augmented Virtuality (rozšířená virtualita). Jedná se o virtuální prostředí, do kterého jsou vkládány obrazy reálného světa.



Obr. 1.2 Spojitý prostor mezi realitou a virtualitou

Obr. 1.2 znázorňuje spjité prostředí mezi virtuálním prostředím a reálným prostředím. Reálný svět a virtuální prostředí jsou na koncích, mezi nimi je tzv. Mixed Reality (smíšená

realita). Jak je vidět z obrázku, tak smíšená realita zahrnuje celé spojité prostředí mimo okrajů, což je tedy reálný svět a čistě virtuální prostředí.



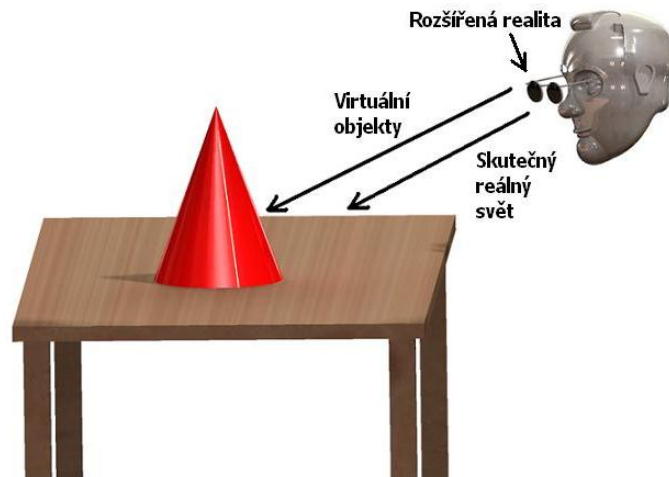
Obr. 1.3 Příklad Augmented Reality [49]



Obr. 1.4 Příklad využívání Augmented Virtuality [48]

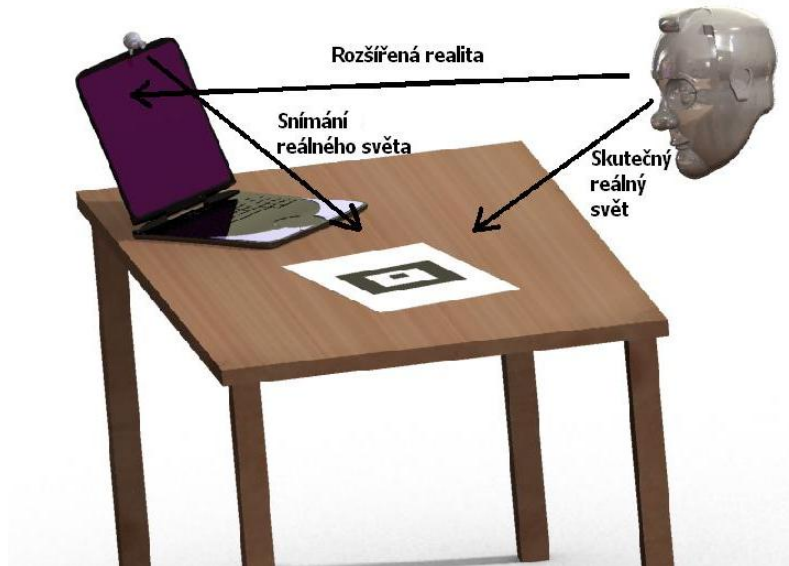
Podle toho jak uživatel vidí smíšenou realitu, můžeme Augmented Reality rozdělit na dva typy:

1. přímý pohled - uživatel vidí očima přímo skutečný reálný svět doplněný o počítačem generované objekty. Toho dosáhne použitím HMD (head mounted display).



Obr. 1.5 Přímý pohled [36]

2. nepřímý pohled - scéna reálného světa doplněna o virtuální objekty je zobrazena uživateli pomocí monitoru.



Obr. 1.6 Nepřímý pohled [36]

## 1.2 Historie Augmented Reality

Kořeny Augmented Reality můžeme najít v počátcích virtuální reality, tedy na přelomu 60. a 70. let 20. století. Tehdy se začaly vyvíjet technologie, které se dnes využívají pro Augmented Reality systémy. Jde o různé snímače, čočky, HMD (head mounted display) apod. Pojmenování Augmented Reality se začalo objevovat na počátku 90. let, kdy Tom Caudell a David Mizell hledali pro firmu Boeing způsob, jak rozvrhnout na podlahu továrny diagramy a značky navigující pracovníky firmy při sestavování svazků drátů do letadel. Avšak až v dnešní době se dostáváme do fáze, kdy je možné Augmented Reality zpřístupnit v širším měřítku, protože byly vyvinuty cenově dostupné technologie, zejména tzv. chytré telefony či tablety. Škála využití Augmented Reality je široká a stále ještě je mnoho technologických aspektů, které je třeba vyřešit, aby mohl být plně využit její potenciál.



### 1.3 Využití Augmented Reality

Asi nejčastěji se v běžném životě můžeme s Augmented Reality setkat při použití tzv. chytrých telefonů (smart phones). Pokud bychom chtěli chytrý telefon využívat pro Augmented Reality, měli bychom vybírat takový, který má GPS přijímač, fotoaparát a digitální kompas (v současnosti toto nabízí celá řada přístrojů například iPhone, řada telefonů firmy HTC či Samsung, apod.). [9]

Pomocí fotoaparátu v telefonu můžeme rozpoznávat značky nebo celé objekty. Díky GPS přijímači určí telefon naši polohu, ale neurčí již směr, kterým se díváme, proto je nutné do zařízení pro Augmented Reality implementovat digitální kompas. Obraz tedy vyfotíme či v reálném čase snímáme, to co vidíme pomocí fotoaparátu telefonu. Všechny tyto zdroje informací se spojí se systémem, který nám zpět do zařízení odešle ony rozšiřující informace. Je tedy nutné mít zařízení připojené na internet, odkud se ony rozšiřující informace stahují do zařízení. Na tomto principu funguje např. mobilní aplikace Wikitude. Augmented Reality také vylepšila navigaci GPS. Tato technologie nevyužívá mapových podkladů, ale pomocí fotoaparátu integrovaného v mobilním telefonu snímá cestu před námi a na displeji zobrazuje cestu, kterou můžeme dále pokračovat viz. Obr. 1.8.

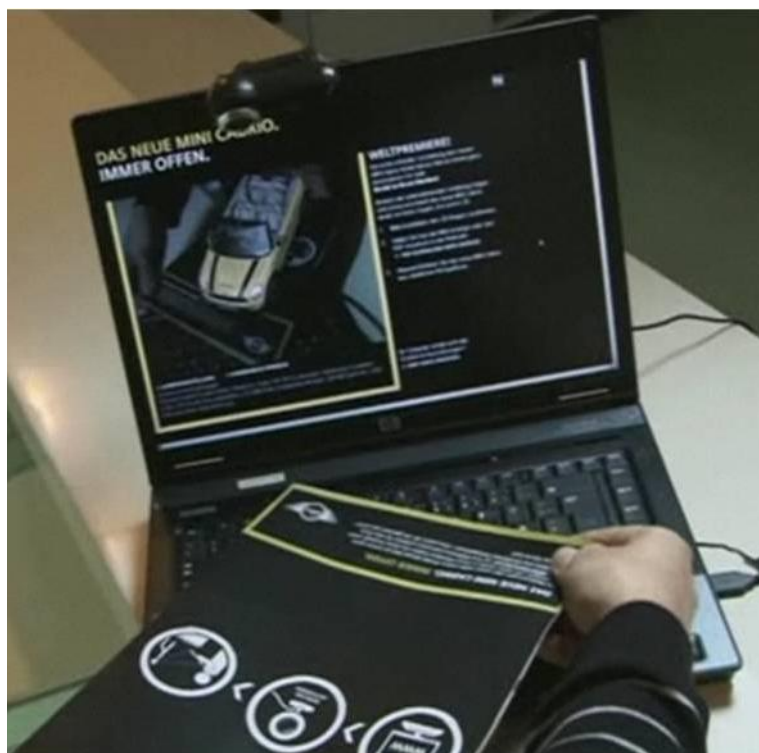


Obr. 1.7 Ukázka mobilní aplikace Wikitude[45]

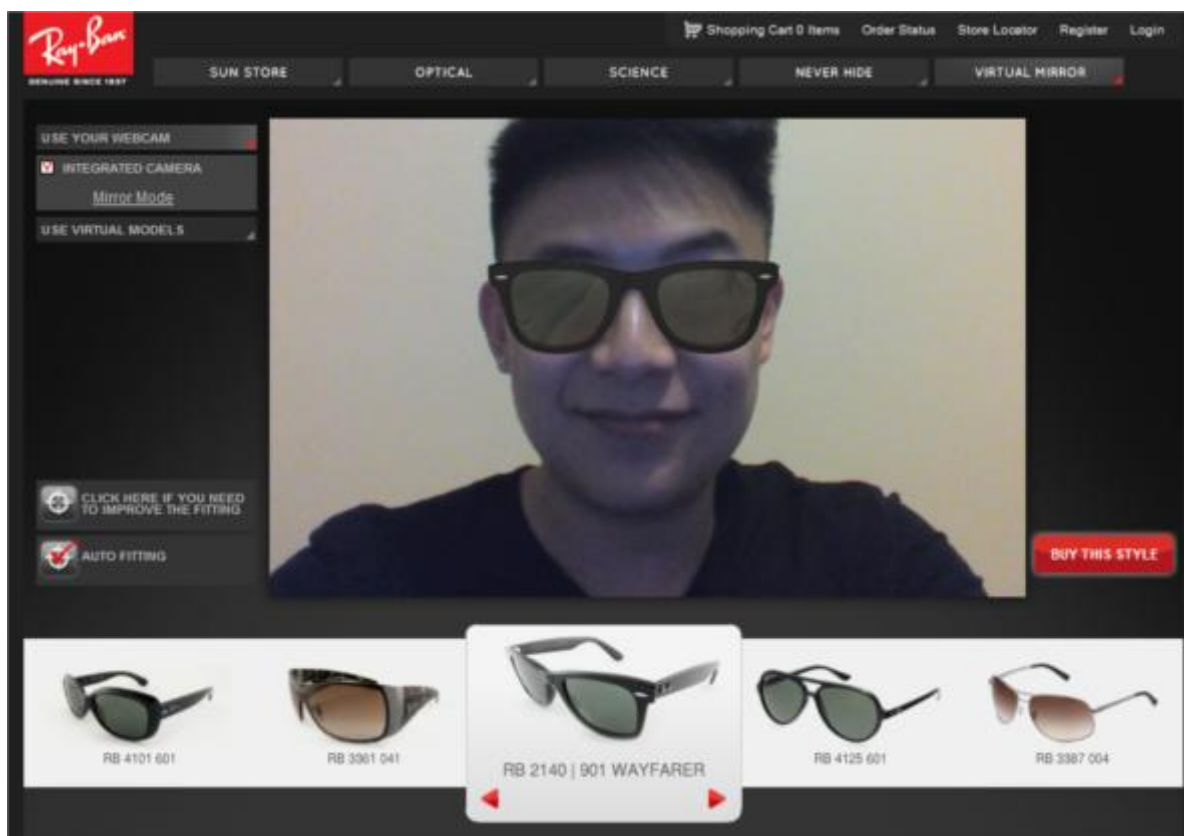


Obr. 1.8 GPS navigace pomocí Augmented Reality[46]

Dalším hojně rozšířeným výskytem Augmented Reality jsou reklamy. Popišme si např. reklamu na automobil značky MiniCooper. [43] Tato reklama byla v tištěném periodiku o automobilech a nabádala čtenáře k jejímu nasnímání webovou kamerou. Po nasnímání se uživatel na obrazovce počítače nad místem, kde byla v časopise reklama, objevil 3D model vozidla, který bylo možné nakláněním detailně prohlížet, vše je patrné z Obr. 1.9. Augmented Reality využila také například světová značka slunečních brýlí RayBan [44], která umožnila vyzkoušení celé nové kolekce přímo pomocí obrazovky počítače. Zákazník se pouze nasnímal kamerou, Augmented Reality systém rozpoznal specifické rysy obličeje, umístil uživateli brýle na obličej a výsledek zobrazil na obrazovce počítače viz. Obr. 1.10.



Obr. 1.9 Reklamní kampaň značky MiniCooper [42]



Obr. 1.10 Využití Augmented Reality v podání značky Ray Ban [44]

V lékařství se Augmented Reality může využívat pro zobrazení stavu orgánů pacientova těla bez nutnosti přímé operace či pro plánování jednoduchých operací. [9] Ve vojenství se Augmented Reality využívá zejména u pilotů stíhacích letounů. [9] Za použití head-up nebo helmet-mounted displejů jsou jim zobrazovány rozšiřující informace přímo do zorného pole. Další využití nachází Augmented Reality v průmyslu, kdy je možné s její pomocí zobrazovat 3D modely návodu k použití složitých strojů. Využití Augmented Reality ve vzdělávání může studentům usnadnit pochopení některých biologických jevů interaktivní formou, a nabízí tak jiný způsob výuky.

## 2 Tracking konfigurace

Tracking je proces hledání pozice (rotace a posunutí) kamery snímající reálnou scénu. Tracking konfigurace budou popsány ve vztahu s programem Unifeye Design (viz dále), který bude použit pro vytvoření interaktivní návodky, umožňuje používat a konfigurovat dva nejčastější Augmented Reality sledovací systémy, které používají referenční vzory:

- **Marker tracking**
- **2D/Planar markerless tracking**

Další možností je potom mapování reálné scény a tvorba sítě referenčních bodů, do které jsou vkládány virtuální modely. To je tzv.:

- **3D markerless tracking systém**

### 2.1 Marker tracking

Marker tracking systém využívá značku (tzv. marker) umístěný do reálného prostředí. Marker je dvourozměrný opticko-referenční vzorek podobný 2D čárovému kódu. Charakteristickým prvkem markeru je černobílé zbarvení s černým obrysem a obrázkem či vzorem umístěným ve středu značky. Pokud je marker snímán **webkamerou**, algoritmus běžící na pozadí aplikace detekuje černý obrys markeru a na základě vzoru uprostřed přiřazuje jednotlivým markerům předdefinované virtuální modely, textové informace, či zvukové záznamy. Marker je v prostředí detekovaný do té doby, dokud jeho černý obrys nesplývá s prostředím. Objekty umístěné na markerech jsou interaktivní. To znamená, že je možné je zvětšovat, zmenšovat či posouvat.



Obr. 2.1 Příklady markerů [39]

Markery jsou tedy značky, které software vyhledává a sleduje ve snímaném obraze. Značky můžeme vytvořit úpravou šablony, nebo na jejich tvorbu použijeme tzv. marker generátor. Vytisknuté markery ve snímané scéně jsou tedy optické vstupy softwaru.



Obr. 2.2 Příklady markerů [25]

Vzhled markerů má často jen málo omezení:

- Markery musí být čtvercové
- Musí mít plynulé ohraničení (většinou buď černé, nebo čistě bílé) a na pozadí být kontrastní barva (většinou opak ohraničující barvy). Ve výchozím nastavení je tloušťka ohraničení 25% délky hrany značky.
- Poslední omezením je, že prostor uvnitř ohraničení, které označujeme jako obraz markeru, nesmí být rotačně symetrické.

Marker tracking v programu Unifeye Design je založen na kódovaných znacích, které lze konfigurovat v libovolném počtu a velikosti (ale nemůžeme změnit vnitřní struktury). Tyto markery byly vyvinuty společností Metaio a díky maximálnímu kontrastu a integrovanému mechanismu korekce chyb poskytují dobrý tracking, který umožňuje detekci i při relativně nízké kvalitě obrazu či při snímání scény z různých úhlů. Systém určuje identitu značky přes vnitřní struktury tmavých čtverců. Pomocí Marker Generatoru lze v softwaru Unifeye Design vytvořit až 512 různých značek.

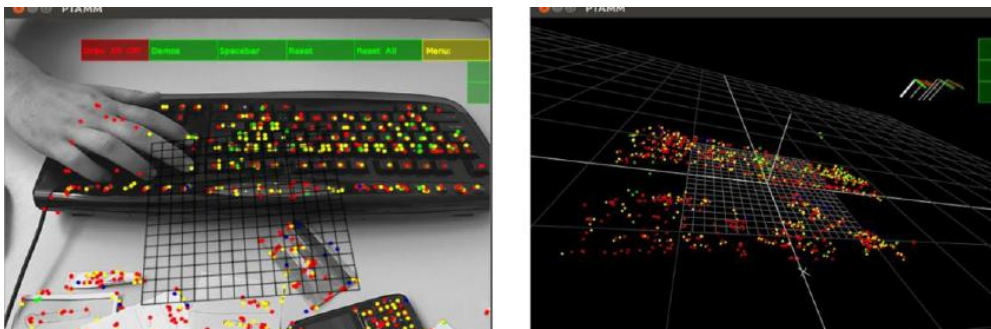
## 2.2 2D/Planar markerless tracking

2D/Planar markerless tracking využívá libovolných obrázků neboli tzv. referenční snímků, které se použijí místo markeru. Referenční snímky mohou být fotografie, ilustrace, katalogové stránky, tištěné reklamy a tak dále. Aby mohly být tyto referenční snímky použity pro Augmented reality systém, jako vhodné tracking reference, musí být dostatečně strukturované. Dobré referenční snímky obvykle obsahují mnoho kontrastů, různé barvy a tvary a barevné přechody. Velkým, monotónním a neustále se opakujícím vzorům je třeba se vyhnout. Stejně tak pouze tištěný text není vhodný pro účely trackování.

Jednoznačnou výhodou 2D/Planar markerless tracking je, že mohou být použity libovolné obrázky. Nevýhodou je nižší přesnost. Také požadavky na hardware jsou vyšší (je doporučován dual-core procesor) a obvykle nelze použít více než asi 20 modelů současně (tato hodnota velmi závisí na výkonu systému). Použití 2D/Planar markerless trackingu v softwaru Unifeye Design je popsáno v kapitole 4.1.5.

## 2.3 3D markerless tracking systém

3D markerless tracking systém je aplikace založená na sledování pozice kamery vůči zmapovanému reálnému prostředí, na základě kterého jsou do pohledu kamery doplňovány virtuální objekty. 3D markerless tracking při snímání prostoru vytváří mapu referenčních bodů a definuje dominantní plochy v reálném prostředí. K inicializaci 3D markerless tracking systému dochází při pohybu video kamery prostorem. Nevýhodou tohoto systému je jeho náročnost, může být nepřesný a náchylný na změny v prostředí.



Obr. 2.3 Ukázka 3D markerless trackingu v software PTAMM [12]

## 2.4 Jiné zdroje tracking konfigurace

Kromě používání markerless trackingu je možné pro určení pozice využít i jiné zdroje. Jedná se o využití informací z GPS, kompasu nebo zadání přesné pozice přímo do softwaru. Právě na tomto systému pracuje většina Augmented Reality aplikací určených pro mobilní telefony.



Obr. 2.4 Ukázka použití Augmented reality v mobilních telefonech [46]

### 3 Analýza současného stavu

Cílem této kapitoly je přiblížit již realizované případy interaktivních návodek vytvořených pomocí Augmented Reality. S ohledem na tyto již realizované návodky bude probíhat návrh vlastní interaktivní návodky montáže sifonu firmy Alca plast s.r.o. v programu Unifeye Design 2.0.

#### 3.1 Začátky

Ve spojení s počítači se pojem Augmented Reality objevuje v roce 1993. Cokoliv, co jde zobrazit na monitoru počítače, jde také přenést do zorného úhlu člověka. Například, když mechanik spravuje stroj a kabely nebo součástky, na které se dívá, jsou doplněny o popisky, či výpisy z manuálu.

Augmented Reality aplikace budeme moci v budoucnu využívat téměř všude, kdykoliv budeme potřebovat „vidět a vědět více“ při pohledu na realitu kolem nás. Příkladem jsou Augmented Reality aplikace pro opraváře složitých technických zařízení, počítač například barevně zvýrazňuje postupy a součástky, které je třeba zkontrolovat.

#### 3.2 Augmented Reality interaktivní návodky

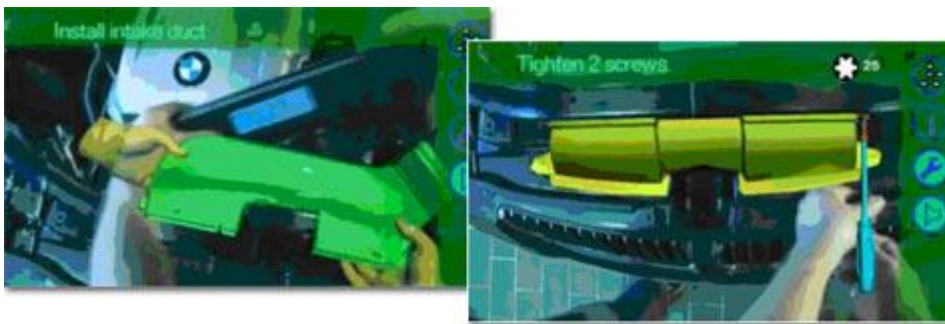
První interaktivní návodka se zrodila ihned na počátku Augmented Reality. Dalo by se říct, že Augmented Reality byla vynalezena právě za účelem tvorby interaktivních návodů, protože zřejmě poprvé byla tato technologie použita začátkem devadesátých let dvacátého století, [6] když Tom Caudell a David Mizell hledali pro firmu Boeing způsob, jak rozvrhnout na podlahu továrny diagramy a značky navigující pracovníky firmy při sestavování svazků drátů do letadel. V aplikačním experimentu dokázali, že za tímto účelem může být použita právě Augmented Reality. Dále zjistili, že pracovníci, kteří sestavili svazky drátů za pomoci Augmented Reality Systému, byli o 25% až 50% rychlejší, než kdyby stejné svazky drátů sestavovali tradičním způsobem.



Obr. 3.1 Příklad interaktivní návodky určené k pravidelnému servisu automobilu [20]

### 3.2.1 Automobilka BMW

Koncem roku 2005, jako první automobilka na světě, nasadila technologii Augmented Reality ve vývoji prototypů společnost BMW. [40] Vývojoví pracovníci a designéři sledují virtuální model vozu od samého zrodu až po konečnou montáž. Svářeč například vidí na displeji speciální svařovací pistole místa na karoserii, jež se mají svařovat. Nasazením Augmented Reality se optimalizují také opravy. Použití Augmented Reality je možné si například vyzkoušet při výměně ventilů motoru vozu BMW 7. [51] Člověk provádějící tuto výměnu si nasadí speciální brýle, díky nimž dostává přesné instrukce do svého zorného pole. Systém v brýlích nejprve ukazuje animovanou simulaci, které šrouby krytu bloku motoru musí být pro výměnu dílu povoleny. Stejně tak jsou vizualizovány potřebné nástroje. Montér požaduje slovně další instrukce a krok za krokem mu jsou tyto informace do brýlí promítány. Dostane tak přené pokyny, jak má postupovat, jak daný díl vyšroubovat a jak nakonec namontovat nové části. Tento systém také hlásí, které funkce auta musí být prověřeny, který modul by mohl být defektní a měl by tak být vyměněn. Augmented Reality zobrazuje informace z digitální databáze, obsluha tak dostane právě ty informace, jež jsou důležité právě pro vybranou úlohu. Uživatel nemusí se systémem komunikovat jen pomocí klávesnice, ale v tomto případě např. běžnou řečí, může tak žádat dodatečné informace, například jakým kroučícím momentem je součástka právě namáhána, jaký klíč použít apod.

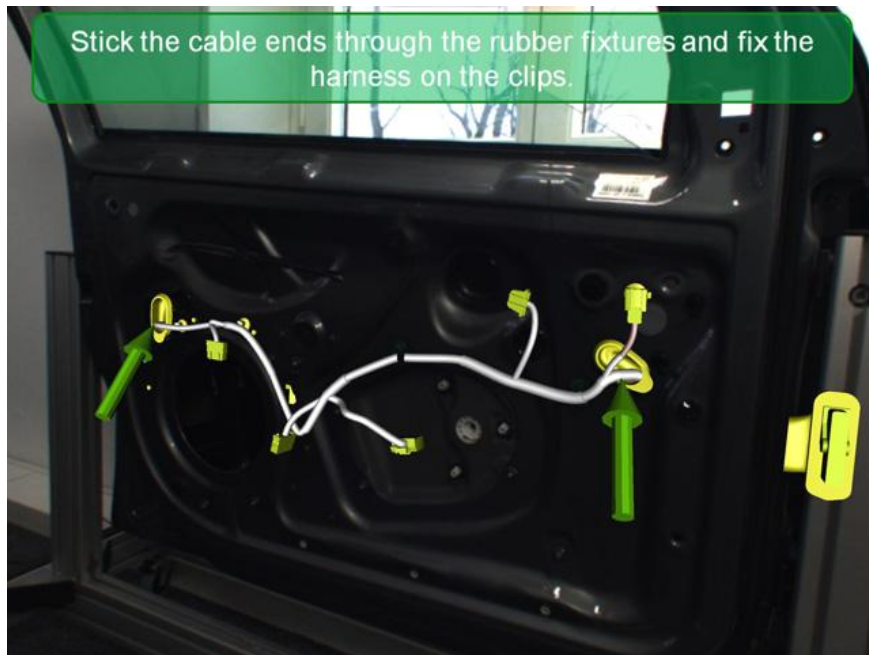


Obr. 3.2 Interaktivní návodka automobilky BMW [40]

### 3.2.2 Opravy a montáže

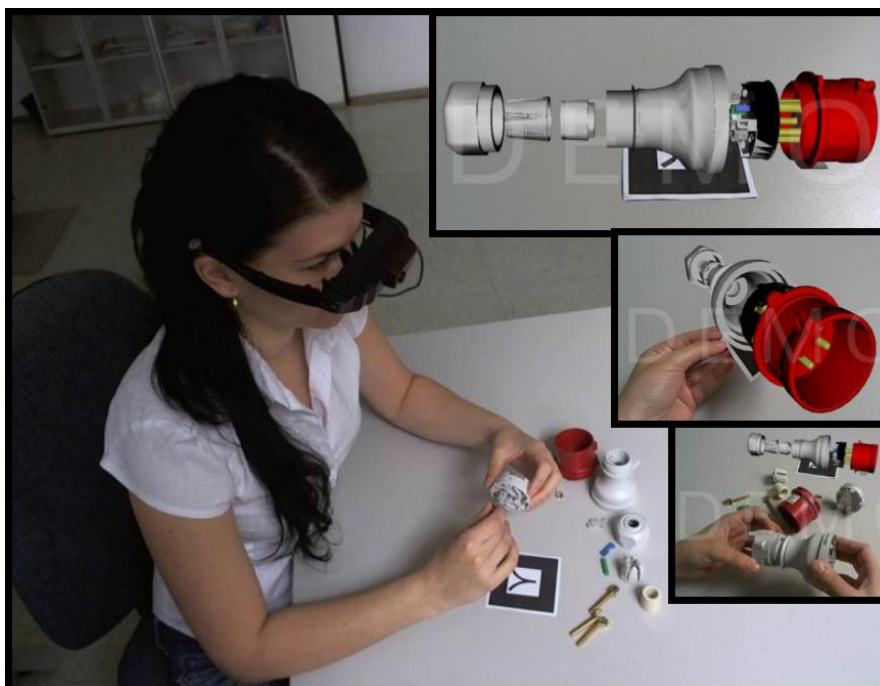
Firma Boeing v rámci grantu Technology Reinvestment Program vyvinula vlastní aplikaci, která usnadňuje montáž kabelu do letadel tím, že pomocí Augmented Reality jsou zvýrazněny uchycovací body, zásuvky apod. [13] Standardně se musí technici nejprve zorientovat ve složitých technických výkresech a pak teprve provést montáž kabeláže. Augmented Reality také umožní snadno lokalizovat porouchanou součástku v přístroji a dokonce názorně ukázat, jak s ní manipulovat. Jakmile by se HMD displeje staly více rozšířenými, mohly by papírové návody k montáži být nahrazeny aplikací Augmented Reality, která by montáž demonstrovala přímo na reálných součástech. Takto si můžeme představit celou řadu podobných aplikací.





Obr. 3.3 Návod na montáž kabelů do dveří auta [35]

Využitím Augmented Reality při montážních činnostech se snižuje, resp. odstraňuje potřeba dodatečných písemných montážních postupů. Pracovník ve svém zorném poli vidí nejen skutečné fyzické montované díly, ale také části konstrukce ve virtuální podobě, které se mu zobrazují podle montážního postupu. Tímto způsobem aplikace, pomocí přidáných virtuálních prvků do reálného prostředí, provede uživatele celým procesem montáže viz. Obr. 3.3 a Obr. 3.4. Další nespornou výhodou je to, že celý proces montáže je popsán a může jej v libovolnou dobu využít jakýkoli pracovník dané firmy. Nestane se tak, že by daný proces znal pouze jeden člověk ve výrobě, jak se tomu často děje nyní. Využití Augmented Reality v montáži zvýší výkonnost člověka, zredukuje čas potřebný na splnění dané úlohy, sníží počet chyb a redukuje kognitivní zátěž.

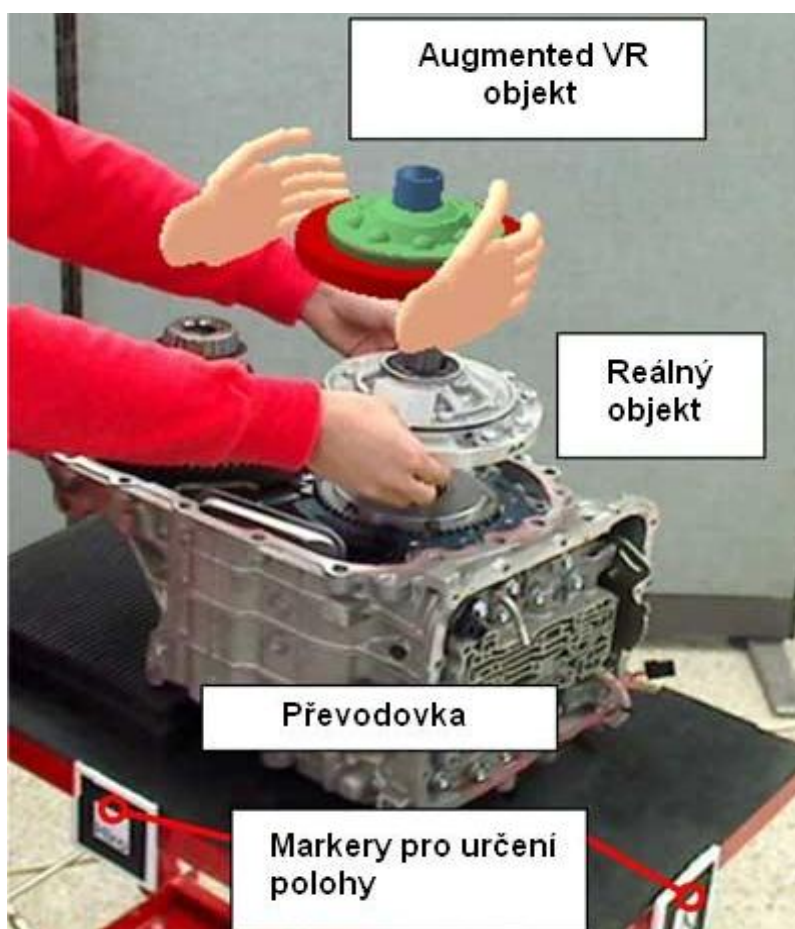


Obr. 3.4 Využívání Augmented Reality v montáži, řešení katedry Priemyselného inžinierstva ze Žilinské univerzity (na obrázku Gabriela Gabajova) [4]

### 3.2.3 Systém pro výuku montáže a demontáže automatické převodovky

Tento systém byl navržen v rámci vědeckého projektu na Korea university of Technology. Skupina vedená profesorem Jee-Hwan Ryu [18] vytvořila Augmented Reality návodku zobrazenou na Obr. 3.5, která by mohl být využita např. pro automobilový průmysl. Hlavním cílem tohoto systému je výuka a ulehčení procesu montáže nebo demontáže automatické převodovky.

Vyvinutý software podává přesné instrukce, jak postupovat krok za krokem, pro montáž či demontáž reálné automatické převodovky. Jednotlivé kroky jsou znázorněny pomocí Augmented Virtual Reality objektů. Části, které mají být demontovány, jsou vizuálně znázorněny viz. Obr. 3.5.



Obr. 3.5 Demontáž automatické převodovky za podpory Augmented Reality [18]

Totéž se děje při procesu montáže. Animace a další vizuální efekty jsou použity pro lepší informace a instrukce o aktuální montáži případně demontáži. Potřebné nářadí a technologické operace se zobrazují také pomocí animace, která může být ještě doplněna o zvuk. Jednotlivé kroky demontáže jsou znázorněny na Obr. 3.6.



Obr. 3.6 Jednotlivé kroky demontáže automatické převodovky [18]

### 3.2.4 Poskytování Just in Time školení

Augmented Reality může být použita i pro vedení lidí, kteří se například dostanou do neznámé situace a mají vykonat nějaký postup poprvé v životě. Augmented Reality a 3D vzdělávací aplikace nemůže nahradit odborné znalosti a roky tréninku. Nicméně, tyto nástroje umožňují provést daný postup nad úroveň dovedností nováčka, kde úloha může trvat delší dobu a riziko chyb je mnohem vyšší. Člověk tak má díky Augmented Reality mnohem větší pravděpodobnost, že danou úlohu provede správně.



Obr. 3.7 Oprava bojového vozidla [27]



Obr. 3.8 Trénink výměny kola u automobilu [28]

Na Obr. 3.8 je zobrazen výukový systém na výměnu kola automobilu. Takovýto trénink je určitě lepší než sebelepší teoretické přednesení od instruktorů v autoškole.



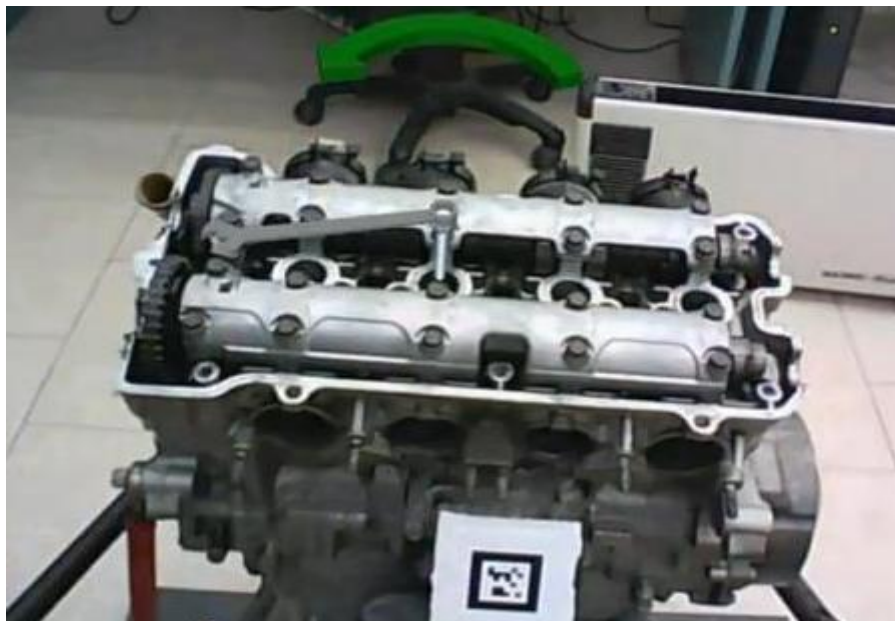
Obr. 3.9 Návod na demontáž brzd [33]

Obr. 3.9 demonstruje postup při demontáži brzd. Tento systém je pojat i jako výukový. Pro uvědomění si jak dané zařízení funguje, jsou jednotlivé komponenty názorně popsány díky Augmented Reality. Celá aplikace je ještě doplněna i o slovní výklad.

### 3.2.5 Údržba za pomoci Augmented reality

Další oblastí, kde se může Augmented Reality návodka hojně využít, je základní údržba strojů a zařízení. Tato údržba se většinou provádí po delší časové jednotce, a pokud je dané zařízení složité nemusí se vždy jednat o snadnou záležitost. U některých strojů není výjimkou, že údržbu musí provádět třeba i samotný prodejce stroje. Pravidelná údržba nemusí být dopředu předvídatelná a to tak může vést i k nepříjemnostem toho typu, že na stroji nelze vykonávat požadovanou činnost, v horším případě se kvůli tomuto stroji zastaví i celá výroba. Pokud například pracovník používá zdokumentované pracovní postupy na papíře, je jeho pozornost střídavě zaměřena na písemné podklady či výkresy a samotný přístroj. Musí rozumět a orientovat se v tištěném dokumentu a vědět, kde najít cílový komponent v technickém systému. V případě použití Augmented Reality návodky jsou všechny postupy vizuálně znázorněny přímo na opravovaném přístroji, tím se dosahuje kratšího času na vykonání opravy, snižuje se počet chyb pracovníka při vykonávané opravě a v neposlední řadě se

snižuje počet pohybů pracovníka při vykonávaném procesu. Na Obr. 3.10 je příklad návodky, která slouží pro údržbu motoru motorčky, jejímž původcem je tým Ing. Ph.D Michele Fiorentino z italské Polytechnic University of Bari. [31]



Obr. 3.10 Údržba motoru motorčky [31]

Na Obr. 3.11 je uveden příklad interaktivní Augmented Reality návodky vizualizované pomocí tabletu, ke kterému je připojena webkamera pro snímání obrazu scény. Tuto návodku vytvořil Fraunhofer IGD institut, který vede Profesor Dr.-Ing. José Luis Encarnaçao. [32]



Obr. 3.11 Interaktivní návodka za pomoci tabletu [32]

Pokud operátor údržby dostane novou úlohu, dostane se do kontaktu s neobvyklým prvkem na technickém zařízení anebo je potřeba opravit zařízení či součástku, kterou ještě nikdy předtím neopravoval. Tato skutečnost může vyžadovat více času, operátor musí hledat v pracovních manuálech a prostudovat si je. Takovýto postup údržbářských prací je mimořádně zdlouhavý, a ve výrobním podniku tak stojí množství finančních prostředků. Pracovník si může v takovém okamžiku pomoci využitím aplikací Augmented Reality. Bezdrátové spojení mezi počítači umožňuje personálu údržby stáhnout si potřebné manuály, obrázky opravovaného zařízení či celý pracovní postup. Zobrazovací zařízení pracovníkovi umožní naučit se tento postup podle vizualizovaného manuálu v reálném čase přímo v průběhu samotné práce.



Obr. 3.12 Interaktivní návodka na provedení opravy či pravidelné údržby [41]

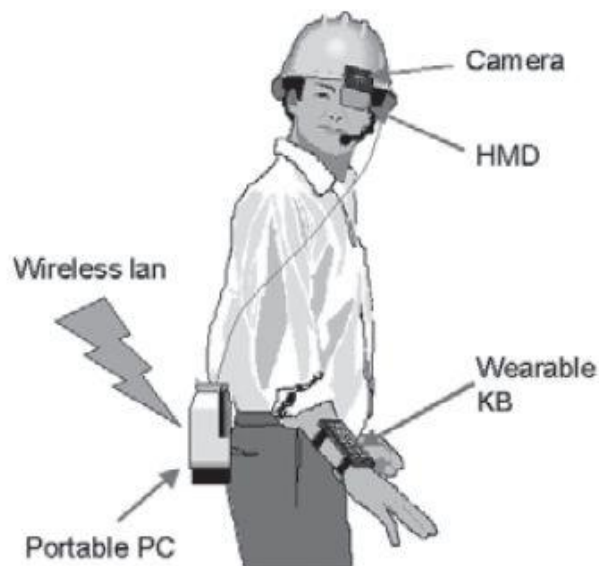
Při ITU Telecom World 2011, což je setkání předních průmyslových hráčů, digitálních inovátorů a technologických talentů, přednesl Peter Meier některé nápady, jak může Augmented Reality pomoci lidem z rozvojových zemí, jako například z Afriky, v jejich snaze vybudovat funkční ekonomiku. Jednou z klíčových otázek je údržba. Zatímco mezinárodní ekonomická pomoc příležitostně poskytuje nové vybavení pro místní továrny, průběžná údržba těchto zařízení nebo nákladních vozidel se stává opravdovým problémem, protože místní zaměstnanci nejsou řádně vyškoleni nebo neumí anglicky a nejsou tak schopni číst manuály. V těchto zemích je mobilní připojení k internetu často spolehlivější než pevné linky. Proto by zde mohla být Augmented Reality skutečně velkou pomocí. Návody za pomoci Augmented Reality by přesně navedly místního pracovníka na šrouby, které má povolít, nebo které potrubí musí být odpojeno pro správnou údržbu [47].



Obr. 3.13 Provádění údržby pomocí Augmented Reality [7]

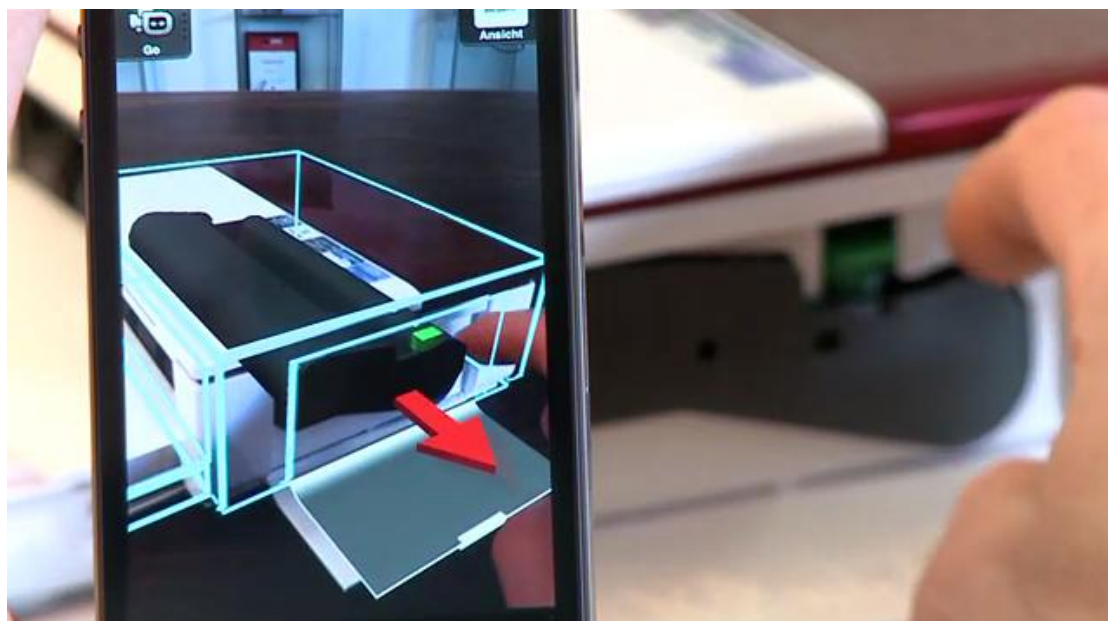
Vývojáři počítačové grafiky na Columbia University vytvořili systém, který naviguje pracovníka jak udělat opravu stroje. ARMAR (Augmented Reality for Maintenance and Repair) [7], neboli rozšířená realita pro údržbu a opravy, je systém využívající zobrazovací jednotku připevněnou na hlavě uživatele, která poskytuje grafické virtuální informace, které pomáhají při údržbě a opravách. Takovýto systém může zkrátit dobu údržby až o polovinu.

Integrace reálného světa s podrobnými 3D modely poskytuje příležitost využívání systému jako simulátoru (tréninkový nástroj) pro personál údržby. Na levé straně Obr. 3.13 je pracovník, který plní úlohu údržby a na hlavě má připevněnu zobrazovací jednotku. Na pravé straně obrázku je znázorněný pohled přes zobrazovací jednotku, která mechanika naviguje při jeho činnosti. V uživatelském rozhraní má mechanik znázorněné animace jednotlivých sekcí (kroků) postupu údržby, ovládání probíhá hlasem mechanika. Na displeji uživatele je umístěný mikrofon a na základě zvukových pokynů (například povel „next step“) se vizualizace kroků údržby posouvá krok po kroku vpřed.



Obr. 3.14 Zařízení pro využívání Augmented Reality [7]

Základní koncepce systému podpory údržby pomocí Augmented Reality je znázorněná na Obr. 3.14. Pracovník je vybavený přenosným počítačem umístěným na opasku. Počítač je prostřednictvím bezdrátové sítě spojený s centrálním počítačem, odkud si načítá informace o dané součásti či zařízení a jeho údržbě. Pracovník je vybavený HMD displejem a video kamerou, umístěnou na přilbě pracovníka, která snímá reálné prostředí. Takovýto systém pracovníka naviguje k místu vykonávání údržby a prostřednictvím Augmented Reality mu zobrazuje informace nutné pro realizaci jednotlivých kroků údržby.



Obr. 3.15 Návod na výměnu toneru. V pravé části obrázku je vyobrazena reálná scéna, na obrazovce mobilního telefonu je pak znázorněn snímáný objekt reálné scény, doplněný o virtuální objekty. [34]



Obr. 3.16 Návod na výměnu toneru [34]

Na Obr. 3.15 respektive Obr. 3.16 je uveden příklad mobilní Augmented Reality interaktivní návodky. Tato návodka je založena na Augmented Reality prohlížeči junaio od německé firmy Metaio. [20] Zavedením Augmented Reality do mobilních telefonů se tato technologie stává opravdu použitelná i v nepředvídatelných situacích, protože mobilní telefon s sebou nosí dnes už opravdu každý. S nástupem tzv. chytrých mobilních telefonů, které už zdaleka nejsou mezi občany výjimkou, se Augmented Reality stále více dostává do povědomí i „obyčejných“ lidí. Někteří už i tyto Augmented Reality aplikace používají (např. Google Sky Map), aniž by o Augmented Reality někdy slyšeli.

Dalším příkladem Augmented Reality aplikace je interaktivní návodka na kompletaci nábytku. Na Obr. 3.17 je znázorněno, jak by takový návod mohl vypadat pomocí Augmented Reality. Aplikace provede zákazníka montáží nábytku krok po kroku, celý proces se tak stává jednodušší.



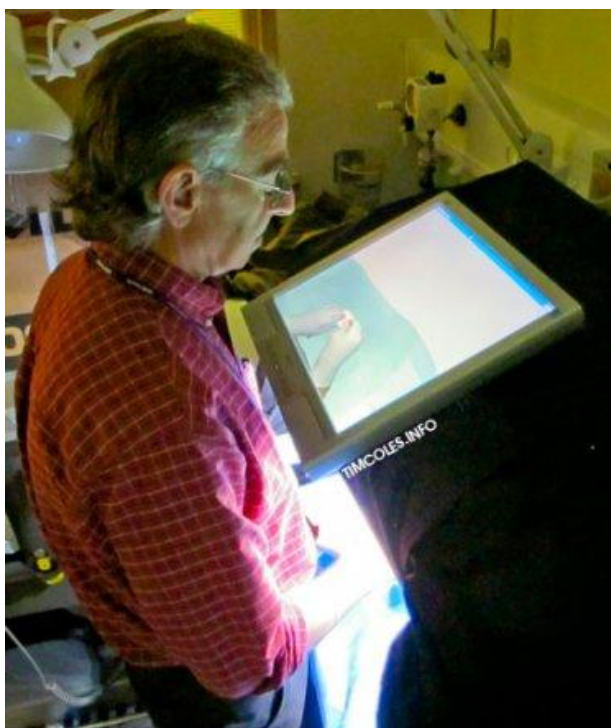


Obr. 3.17 Interaktivní návod na sestavení nábytku pomocí Augmented Reality za asistence mobilního telefonu [29]

### 3.2.6 Integrace haptických pomůcek s Augmented Reality

Integrace haptických pomůcek s Augmented Reality se používá při výuce femorálního (stehenního) prohmatávání a zavádění jehly pomocí aplikace PalpSim. PalpSim je virtuální vzdělávací nástroj pro trénink stehenního prohmatávání a vložení jehly, které jsou jedny z prvních postupů při mnoha intervenčních radiologických vyšetření. Tato Augmented Reality simulace byla vyvinuta za účelem umožnění účastníkům výcviku pocítit, jak se virtuální pacient chová pod jejich rukama, protože prohmatávací krok vyžaduje i určitou sílu a hmatovou zpětnou vazbu.

Aplikace umožňuje použít skutečnou intervenční radiologickou jehlu a používat ji během simulace. Stážista vidí počítačem generovaného pacienta i jehlu a může s nimi zacházet pomocí vlastních rukou. Tato simulace poskytuje vysokou úroveň interakce a je jednou z prvních zdravotnických simulací s integrací haptiky a Augmented Reality.



Obr. 3.18 Intervenční radiolog Derek Gould při testování PalpSim [26]

## 4 Unifeye Design

Tato kapitola si klade za cíl popsat základní funkce programu Unifeye Design, který bude využit pro tvorbu interaktivní návodky. Software Unifeye Design 2.0 německé společnosti Metaio slouží pro tvorbu vlastních Augmented Reality projektů. Kombinuje množství nástrojů potřebných pro práci s virtuálními 3D modely a to jak ve 2D tak 3D formátu. Společnost Metaio je průkopníkem na trhu s produkty v oblasti rozšířené reality. Mimo softwaru Unifeye Design dále nabízí aplikaci určenou pro mobilní telefony či tablety Junaio, pro vývojáře v oblasti webových stránek nabízí aplikaci Viewer, která našla uplatnění hlavně v oblasti internetového obchodu a v neposlední řadě nabízí vývojové prostředí SDK, které poskytuje základ všech aplikací společnosti Metaio.

Hardwarové požadavky softwaru Unifeye Design 2.0 se liší podle velikosti 3D modelů a požadovaných snímkovacích frekvencí. Společnost Metaio doporučuje minimálně následující:

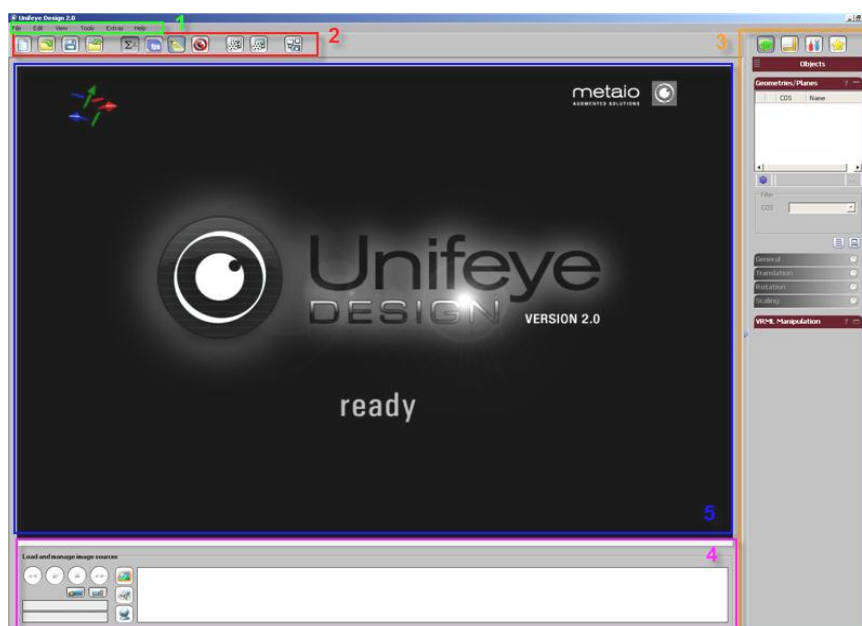
- Windows XP (SP 3) / Windows Vista / Windows 7
- Procesor Dual core s alespoň 1,7 GHZ
- 3D grafická karta s alespoň 256 MB (512 MB doporučeno)
- 1 GB RAM (2-3 GB doporučeno)
- USB webkamera s aktuálním ovladačem Windows

Protože je pro chod aplikace nutný hardwarový klíč, je před prvním spuštěním nutné nainstalovat ovladač pro tento hardwarový klíč. Jedná se o ovladač WIBU, který je volně ke stažení.

Po spuštění Unifeye Design 2.0 se zobrazí základní okno, které je rozděleno do následujících pěti sekcí:

1. Menu
2. Toolbar
3. Toolbox
4. Media Player / výběr zdroje (obrázku, videa nebo kamery)
5. Renderer

Podrobnější vysvětlení jednotlivých sekcí je součástí přílohy č 7.

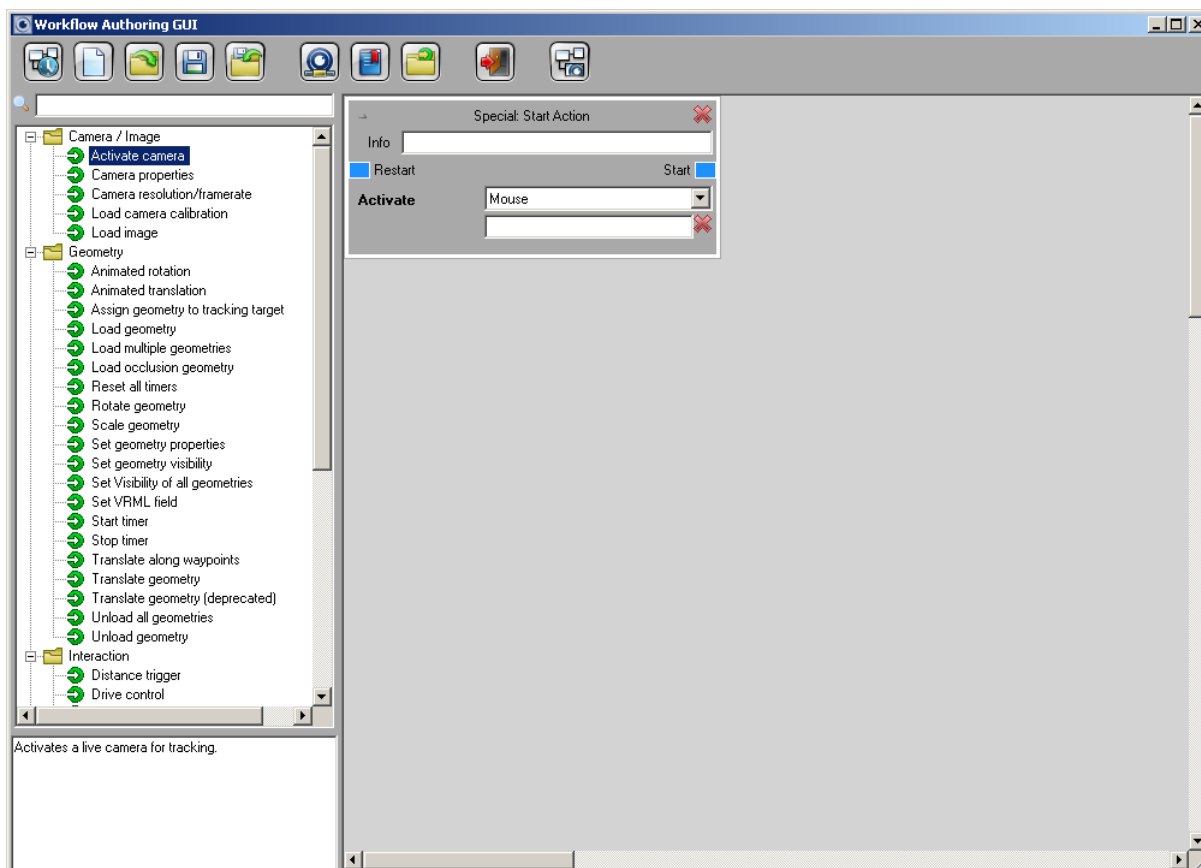


Obr. 4.1 Základní okno programu Unifeye Design [39]

## 4.1 Workflow Authoring GUI

Pro tvorbu interaktivní návodky bude nejdůležitější tzv. Workflow. Jedná se o jednu část softwaru Unifeye Design, která může být spuštěna samostatně nebo pomocí ikony v základním okně softwaru Unifeye Design. Workflow Authoring GUI je hlavní aplikace pro tvorbu jednotlivých Augmented Reality scénářů. Nabízí úplnou svobodu při vytváření a realizaci uživatelských projektů. Uživatel má tak díky Workflow možnost seskupovat a propojit různé funkce a nastavení. Tvorba probíhá spojováním tzv. Akcí (viz. Kapitola 4.1.4), které mají předdefinované vlastnosti. Spojnice Akcí může mít také různé vlastnosti, např. pokračování až po stisknutí nadefinované klávesy, či pokračování až po nastavené určité časové hodnoty, atp. Spuštění Workflow provedeme kliknutím myši na příslušné tlačítko. Celá Workflow poté běží automaticky v rámci Workflow Engine. To umožňuje vytvoření kompletního scénáře, který funguje v souladu s dobře nadefinovanými operacemi.

#### 4.1.1 Přehled Workflow Authoring GUI



Obr. 4.2 Hlavní okno Authoring GUI

Na Obr. 4.2 je hlavní okno Workflow Authoring GUI. V horní části nalezneme menu, které obsahuje několik tlačítek. Na levé straně nalezneme všechny dostupné předdefinované akce. Velký pracovní prostor vpravo se používá k vytvoření pracovního postupu.

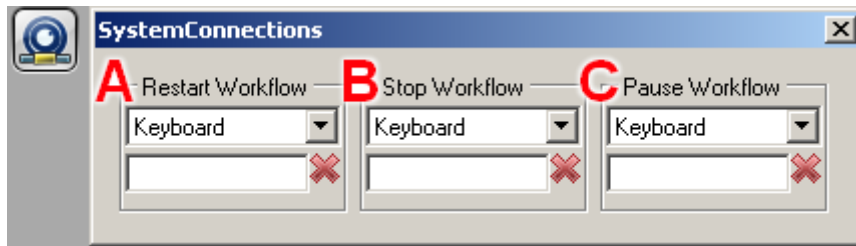
##### 4.1.1.1 Menu

Menu obsahuje několik tlačítek (od 1 do 10), které mimo jiné umožňují uživateli ukládat, načíst a spustit Workflow. Každé tlačítko je podrobně vysvětleno níže.



Obr. 4.3 Hlavní menu Authoring GUI [39]

- 1. Recent Workflows** - Slouží pro rychlé načtení některé z posledních Workflow.
- 2. New** - Resetuje aktuální Workflow a vytvoří novou.
- 3. Open** - Otevře existující soubor Workflow.
- 4. Save** - Uloží aktuální Workflow.
- 5. Save As** - Uloží aktuální Workflow na konkrétní místo.
- 6. System Connections** - Otevře okno System Connections



Obr. 4.4 Okno Systém Connections [39]

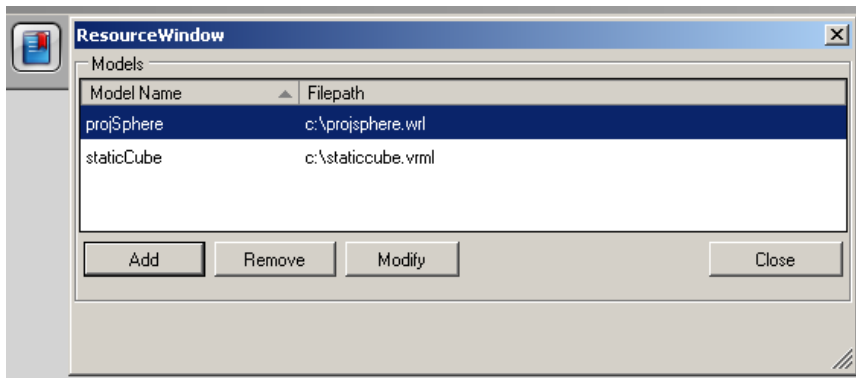
Systém poskytuje připojení 3 různých typů globálních funkcí, které jsou spouštěny při stisknutí klávesy, která je přiřazena u každého připojení. K dispozici jsou následující logiky:

A. Restart Workflow: Workflow se zastaví a začne znovu od začátku.

B. Stop Workflow: Workflow Engine nebude reagovat na žádné uživatelské vstupy, dokud znovu nestiskneme přiřazené tlačítko.

C. Pause Workflow: Pozastaví běh Workflow a jakoukoliv logickou akci, dokud nestiskneme znovu přiřazené tlačítko. Nebude reagovat na žádný vstup uživatele.

#### 7. Resource Editor - Otevře okno Editor Resource.

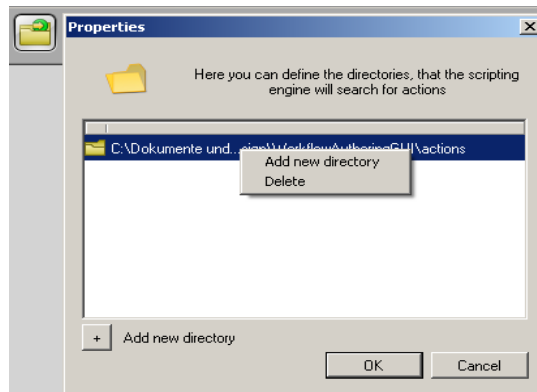


Obr. 4.5 Resource window [39]

Modelové prostředky jsou řešeny globálně pomocí Resource Manager. Můžeme přidat, odebrat nebo upravit 3D modely kliknutím na příslušné tlačítko. Pokud klikneme na tlačítko „Add”, můžeme vyhledat a následně přidat model do Workflow (formát VRML) a můžeme modelu přiřadit i jméno. Není možné mít dva modely se stejným jménem, protože jméno je unikátní identifikátor. Pokud chceme použít stejný VRML soubor dvakrát, přidáme druhý model s jiným názvem, který odkazuje na stejný soubor VRML jako v prvním případě.

#### 8. Action Paths - Otvírá okno Action Paths

Každá Action Path definuje umístění na pevném disku, kde jsou uloženy vlastní akce. Můžeme přidat novou Action Path kliknutím na tlačítko „+“ v levém dolním rohu, nebo kliknutím pravým tlačítkem myši na cestu akce a volbou „Add new directory“. Odstranění akce z adresáře provedeme kliknutím myši na cestu a stiskneme „Delete”.



Obr. 4.6 Action Paths [39]

## 9. Quit - Ukončí Workflow Authoring GUI

## 10. Run - Spustí aktuální Workflow v novém okně

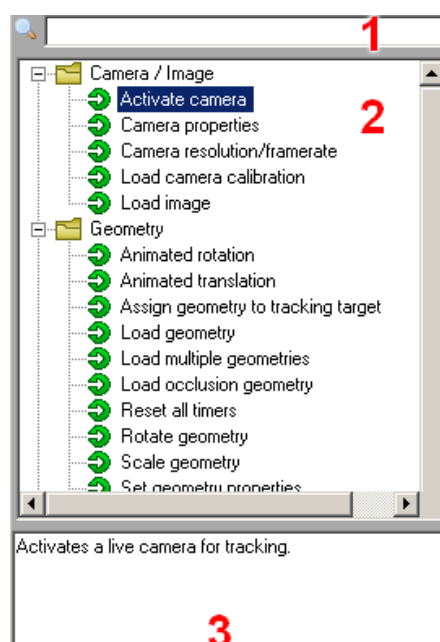
### 4.1.2 Action Tree

Action Tree obsahuje nabídku Akcí. Akce jsou základními prvky každé Workflow. Každá akce definuje malou logicko-aplikační část, která je napsána v jazyce C # kódu. (viz. Kapitola 4.1.4)

**Action tree view** (2) zobrazí všechny akce, které jsou v dané době k dispozici. Každá akce je zařazena do skupiny, která může být rozšířena nebo sbalena kliknutím na „+“ nebo „-“. Pokud chceme rozbít nebo sbalit celý strom, klikneme pravým tlačítkem myši na jakoukoliv položku ve stromu a vybereme „Expand Action tree view” nebo „Collapse Action tree view”

Nad **Action tree view** najdeme vyhledávací box (1). Zadáme-li slovní řetězec, systém bude hledat akce obsahující tento řetězec. Je možné, že více než jedna akce obsahuje zadaný slovní řetězec. Stisknutím F3 postupně označuje všechny nalezené akce. Pokud stiskneme klávesu ENTER, právě zvýrazněná akce otevře své okno na pracovní ploše.

**Dolní textové pole** (3) popisuje jednotlivé činnosti, které budou provedeny po vybrání dané akce.



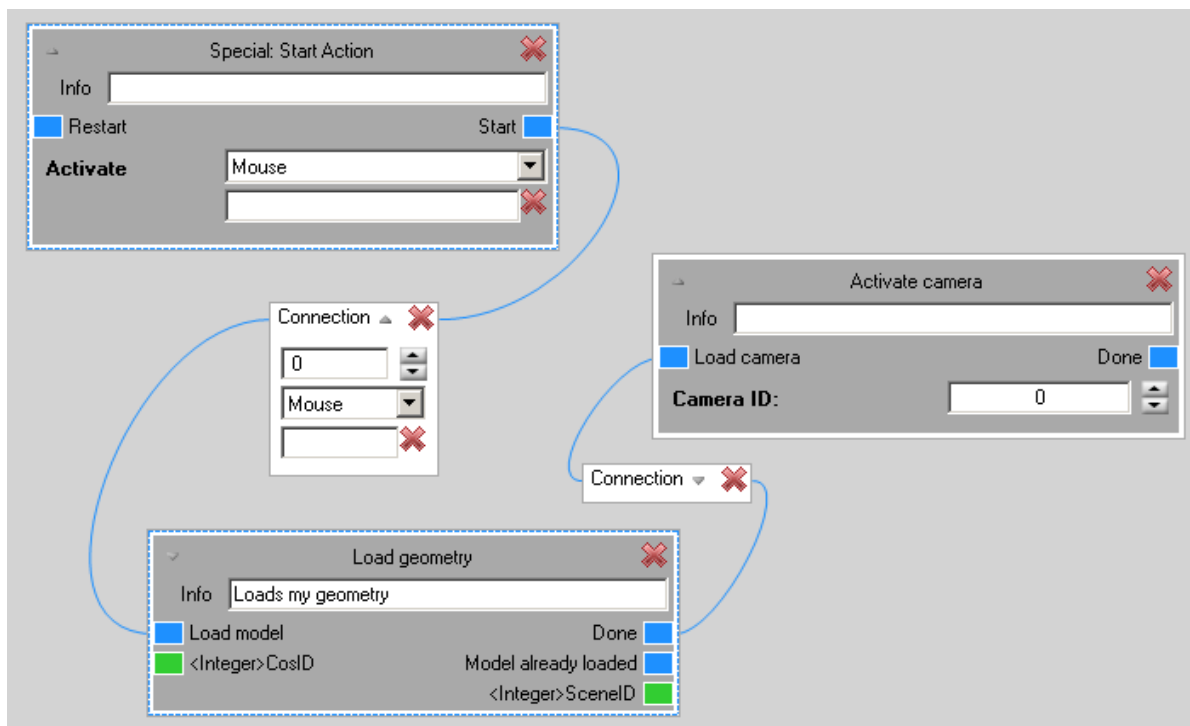
Obr. 4.7 Nabídka akcí Action Tree [39]

## Vytvoření akce

Existují 4 různé způsoby, jak můžeme vytvořit akci z Action Tree:

1. Poklepáním na uvedené akce.
2. Vybrat akci myší a stisknout „Enter“.
3. Kliknout a podržet akci a přetáhnout ji myší na pracovní plochu.
4. Vyhledat akci a stisknout „Enter“.

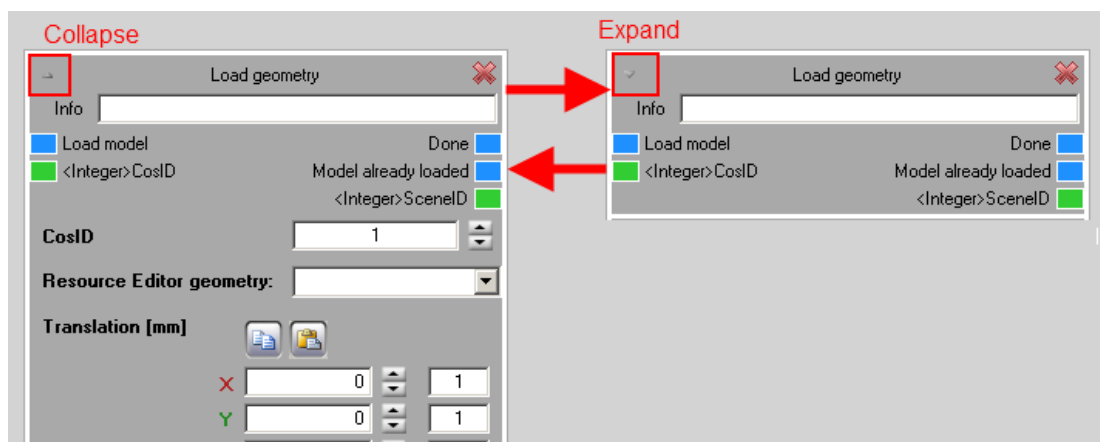
### 4.1.3 Workspace



Obr. 4.8 Příklad propojení jednotlivých akcí [39]

Každá Workflow se skládá z akcí, které definují aplikační logiku. Všechny akce jsou umístěny, editovány, připojeny a vybrány na pracovní ploše.

### Rozbalení, sbalení a připojení Akce



Obr. 4.9 Rozbalení a sbalení akce [39]

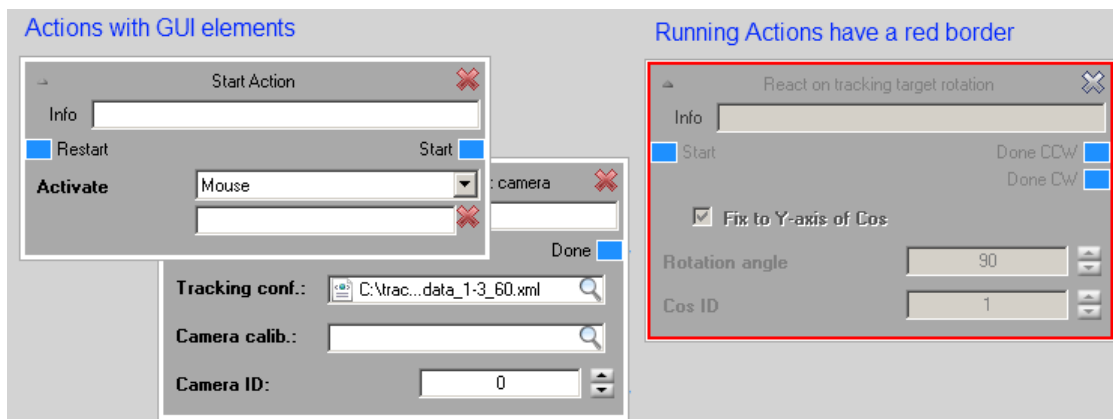
Můžeme rozbalit nebo sbalit každou akci kliknutím na odpovídající tlačítka - sbalit (Collapse) nebo rozbalit (Expand). Můžeme rozbalit nebo sbalit i všechny akce najednou. Stačí kliknout pravým tlačítkem myši na pracovní prostor a stisknete „Expand all actions” nebo „Collapse all actions”.

Okno akce můžeme přemístit, když klikneme na záhlaví akce a poté přetáhneme na zvolené místo. Je také možné přemístit více než jednu akci najednou. To se provádí výběrem více akcí (myš + ctrl) a přetažením.

Každá akce má několik vstupů a výstupů, které jsou graficky znázorněny pomocí modrých a zelených čtverců. Modré výstupy akce mohou být připojeny pouze k modrým vstupům další akce (zelené výstupy pouze k zeleným vstupům) a definují tak krok-za-krokem celou Workflow. Zelené čtverce jsou použity pro přenos dat z jedné akce na druhou. Pokud chceme připojit dvě akce, klikneme na výstup z akce1 a poté na vhodný vstup akce2 nebo naopak. Pokud je připojení úspěšné, vytvoří se modrá nebo zelená linka, která spojí obě akce a objeví se popis linky.

#### 4.1.4 Akce

Akce jsou základními prvky a hlavními „stavebními kameny“ každé Workflow. Každá akce definuje malou logicko-aplikační část, která je napsána v jazyce C # kódu. Každá logická akce může být nastavena pomocí parametrů, které musí být specifikovány podle funkčnosti akce. Parametry jsou upraveny pomocí různých prvků grafického uživatelského rozhraní, jako je počet tabulek nebo textových polí.



Obr. 4.10 Akce [39]

#### Nastavení pole připojení

Spojení mezi dvěma akcemi může být nakonfigurováno přes jeho „panel připojení“. Tato pravidla a nastavení platí pro každý „panel připojení“:

1. Pokud nastavení panelu připojení jsou prázdné, bude spojení automaticky pokračovat.
2. Pokud zadáme hodnotu času (v milisekundách) na číselníku, spojení zpozdí automatické pokračování.
3. Zadáme-li myš nebo klávesnice do textového pole, bude připojení pokračovat pouze poté, co je stiskneme.
4. Zadáme-li časovou hodnotu a myš / klávesnice, připojení nejdříve čeká na stisknutí klávesy a pak automaticky pokračuje.

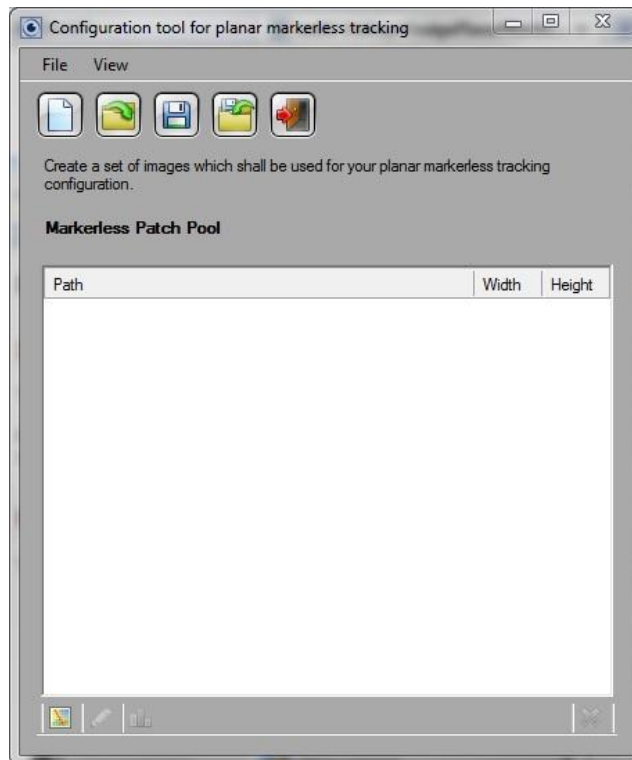


Připojit jde i jeden výstup do více vstupů. Pokud máme nastavená dvě nebo více spojení čekající na stisknutí klávesnice nebo myši, pokračuje pouze první připojení. Pokud máme nastavené jedno spojení se zpožděním a další se vstupem klávesnice nebo myši, spojení se zpožděním se spustí automaticky a nečeká tak na vstup klávesnice nebo myši.

Připojíme-li jeden výstup do více vstupů a všechny spoje byly předtím nastaveny se stejným zpožděním nebo ponechány prázdné, budou připojené pracovní postupy běžet souběžně. Paralelní spouštění se provádí v pořadí, jak bylo připojení založeno. Paralelně probíhající akce jsou užitečné například, pokud chceme překládat a otáčet geometrie ve stejnou dobu, zatímco překládat a otáčet pohyb se provádí dvěma různými akcemi.

#### 4.1.5 Vytvoření markeru za použití obrázku v Unifeye Design

V dalších kapitolách budeme používat tzv. 2D/Planar markerless tracking, který byl již definován v kapitole 2.2. Jak již bylo řečeno, tracking je proces hledání pozice kamery snímající reálnou scénu. 2D/Planar markerless tracking využívá místo značky (markeru) vlastní vzor např. obrázek, logo firmy apod. Nahrání obrázku a jeho použití jako marker je popsáno na následujících řádcích. Hlavní okno Planar markerless configuration je ukázáno na obrázku Obr. 4.11.



Obr. 4.11 Planar markerless configuration [39]

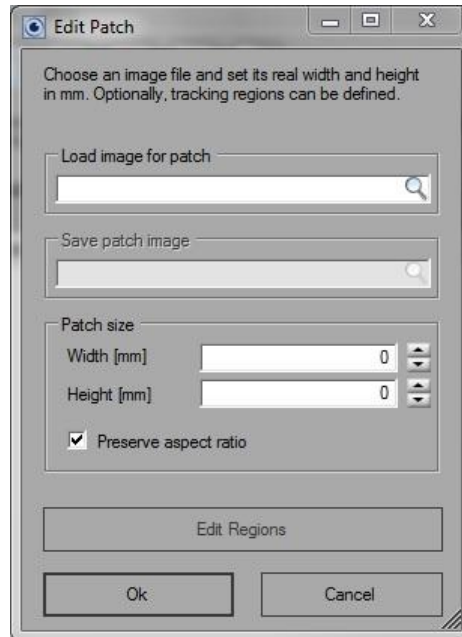
Pět tlačítek v horní části umožní (zleva doprava):

1. Vytvoření prázdné, nové trackovací konfigurace.
2. Otevření existující trackovací konfigurace.
3. Uložení trackovací konfigurace.
4. Uložení tracking konfigurace pod jiným jménem/cestou.
5. Exit.

Ve spodní části hlavního okna jsou čtyři další tlačítka, tři na levé spodní a jedno v pravém dolním rohu. Zleva doprava tlačítka umožňují:

1. Přidat jednoho nebo více nových obrazů k trackovací konfiguraci
2. Upravit nastavení obrazu.
3. Kontrolovat kvalitu snímků.
4. Odstranění snímků.

První věc, kterou budeme chtít udělat při vytváření nové markerless configuration, je přidání obrázku. Klikneme na tlačítko „Create Patch” vlevo dole. Tím se otevře okno „Edit patch”:



Obr. 4.12 Okno Edit Patch určené pro přidání obrázku [39]

Toto okno nám umožňuje:

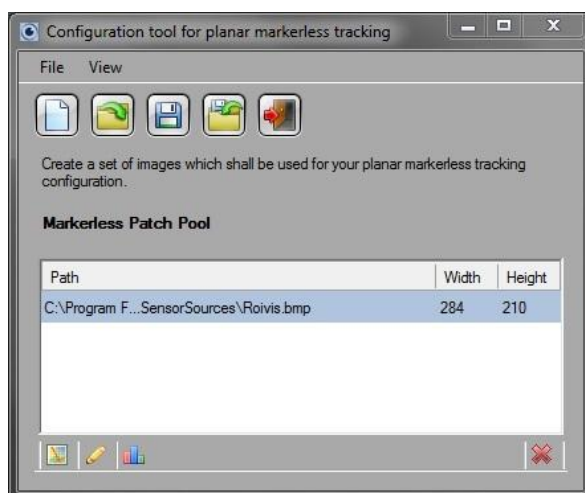
1. Načíst obrázek
2. Nastavit jeho velikost v milimetrech
3. Upravit obrázek

Prvním krokem je načtení obrázku. V zásadě si můžeme vybrat jakýkoli obrázku (JPG, PNG nebo BMP). Druhým krokem je určit šířku a výšku obrázku. Předpokládá se, že budeme tisknout obrázek, abychom jej použili pro Augmented Reality, proto můžeme nastavit šířku a výšku např. 284x210mm pro plnou A4. Nakonec stiskněte tlačítko OK.

### Ukládání a použití tracking konfigurace

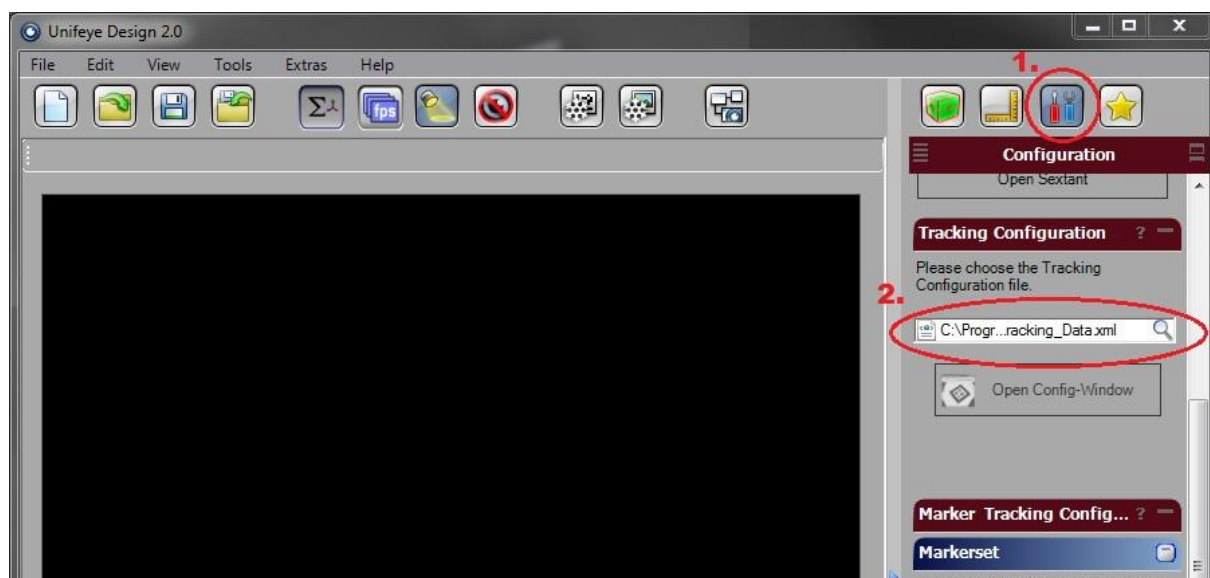
Po přidání obrázku do prázdné tracking konfigurace bude v hlavním okně v poli „Markerless Patch Pool” zobrazen daný obrázek:

Pomocí čtyř tlačítek na spodní části hlavního okna můžeme přidat další obrázek, upravit tento obraz, zkontrolovat, zda je dobrá kvalita nebo obrázek odstranit. Uložení markerless tracking konfiguračního souboru na pevný disk provedeme pomocí „File” → „Save”.



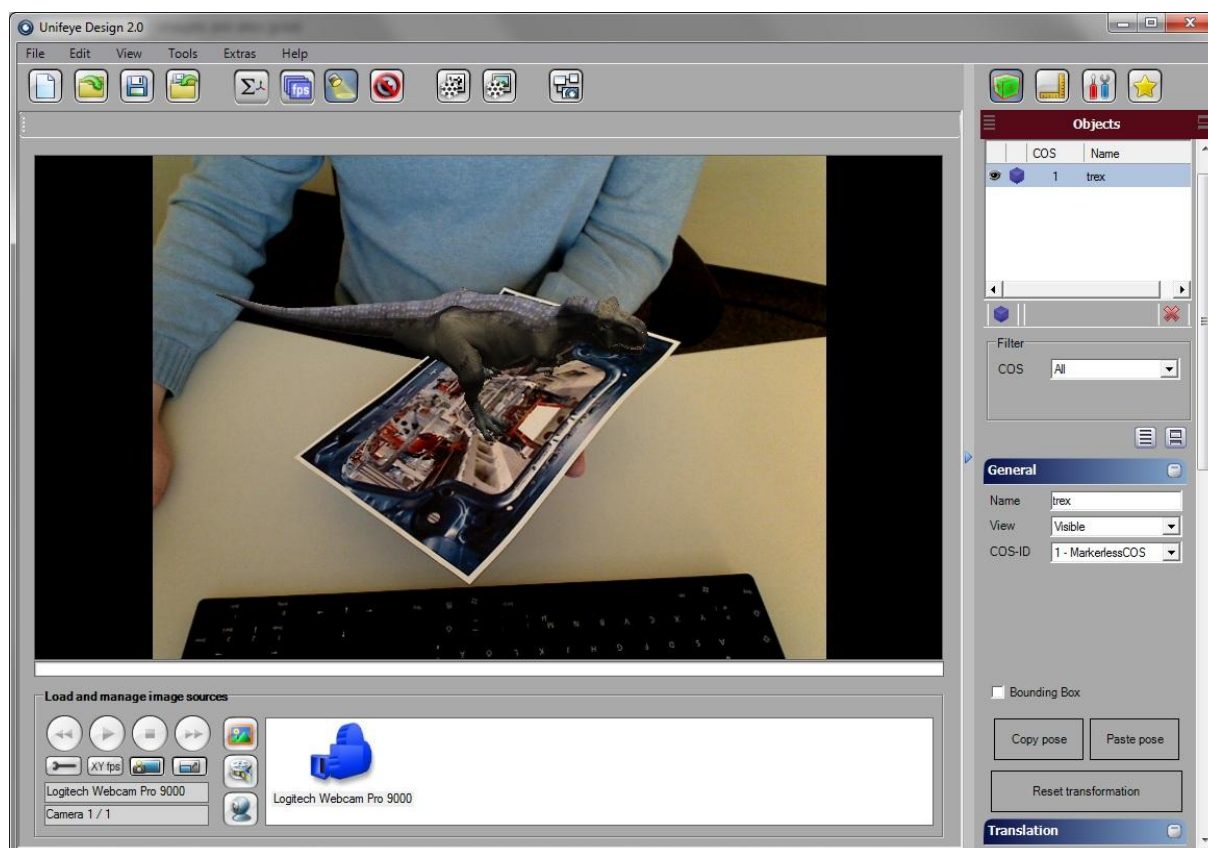
Obr. 4.13 Okno Planar markerless configuration s již nahraným obrázkem [39]

Chceme-li použít tento markerless tracking konfigurační soubor v Unifeye Design, vrátíme se zpět do hlavního okna Unifeye Design, klikneme na tlačítko „configuration category“ v Toolboxu (pravý horní roh) a poté kliknutím na lupu vybereme tracking konfigurační soubor, který jsme si uložili na pevný disk.



Obr. 4.14 Postup při použití markerless trackingu v Unifeye Design 2.0 [39]

Poté co je markerless tracking konfigurace načtena, spustíme kameru v Unifeye Design a přiložíme vytisknutý obrázek, který poslouží jako náhrada markeru (viz. Obr. 4.15).



Obr. 4.15 Příklad použití obrázku namísto klasického markeru [39]

## 4.2 Architecture Workflow

V této kapitole si ukážeme na příkladu spuštění a funkčnost vytvořené Workflow. Architecture Workflow je předem vytvořená Workflow, přímo od výrobce programu společnosti Metaio, která slouží pro přiblížení a zprůhlednění jednotlivých akcí, postupů a jejich propojení.

### Načítání scény

Pro spuštění nejprve vytiskneme sledovací (tracking) vzor pro scénář. Ten najdeme ve formě PDF po kliknutí na Start → Unifeye Design → Example scenarios → Architecture Tracking Pattern.

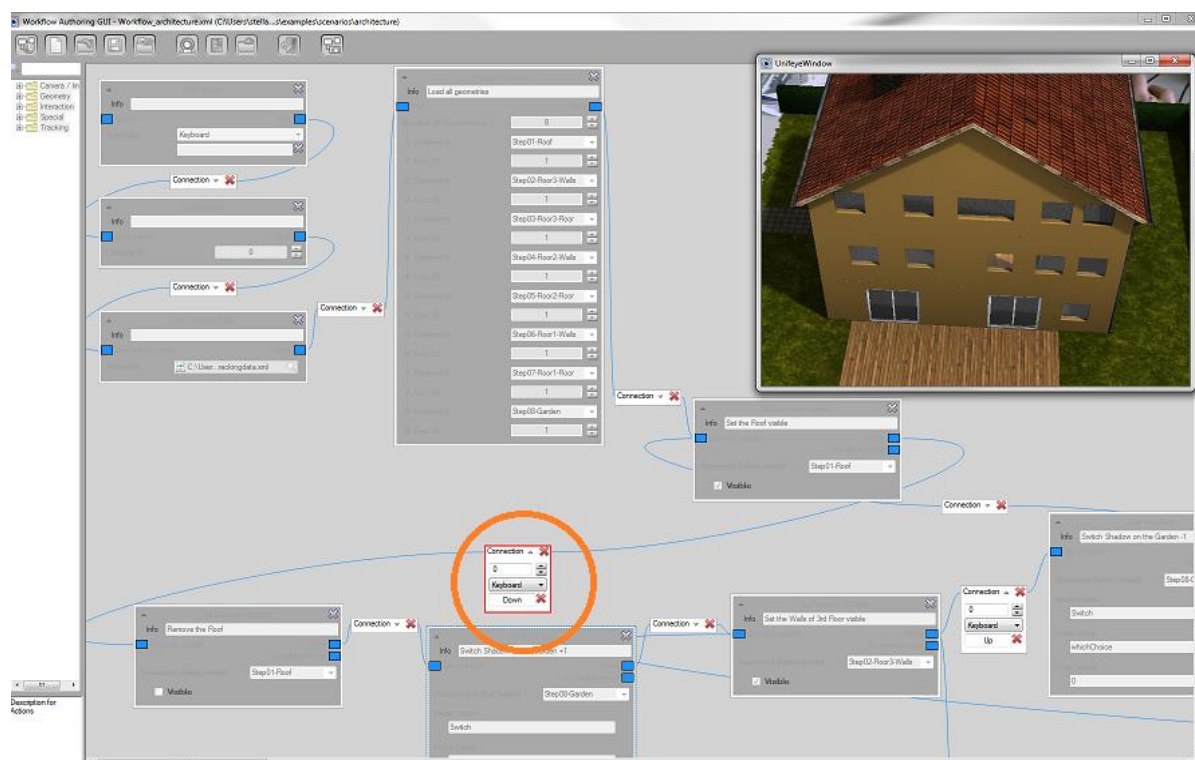
Spustíme Workflow Authoring (Start → Metaio → Unifeye Design → Workflow Authoring. Chceme-li otevřít pracovní postup, klikneme na tlačítko „Open” v menu (nebo použijte zkratku CTRL + O) a vybereme daný Workflow soubor (Workflow\_architecture) ze složky ..\My Documents\examples\scenarios\architecture. V následujícím okně stiskneme tlačítko „Ne“, pokud si nepřejeme uložit předchozí Workflow.

### Sledování scény

Poté co se námi zvolená Workflow načte, můžeme studovat posloupnost akcí a jejich propojení (viz. Obr. 4.16). Nyní máme dvě možnosti jak Workflow uvést do chodu. Jednou z možností je, že stiskneme příslušné tlačítko v menu anebo můžeme použít klávesy CTRL + F5. Po spuštění vyčkáme, dokud se kamera připojí a budeme tak moci sledovat snímáný obraz. Poté přiložíme do zorného pole kamery předem vytištěný pattern (marker).

Máme-li však spuštěné i jiné okno Unifeye Design, které taktéž využívá kameru, objeví se chybové hlášení. Kameru lze totiž používat pouze pro jedno okno v daném čase.

Poté, co naběhne obraz kamery, se červeně zvýrazní propojení „Connection“ ve Workflow (viz obrázek níže). To znamená, že Workflow tzv. čeká na vstup uživatele. V tomto případě je vstup od uživatele zadán jako „Keyboard – Down“. Pokud stiskneme tlačítko „dolů“ na klávesnici počítače, Workflow dostane impuls k dalšímu kroku, což má za následek, že zmizí střecha domu. Současně se další „Connection“ v okně Workflow se označí červeně. Očekávaný vstup uživatele je specifikován jako stisknutí klávesy „nahoru“ nebo klávesy „dolů“. Stisknutím tlačítka „nahoru“ nebo „dolů“ přepínáme viditelnost různých pater budovy. Pracovní plochu Workflow lze samozřejmě skrýt a pracovat tak jen s obrazem, případně použitím Akce Set fullscreen se tak stane automaticky.



Obr. 4.16 Příklad kdy aplikace čeká na vstup od uživatele [39]

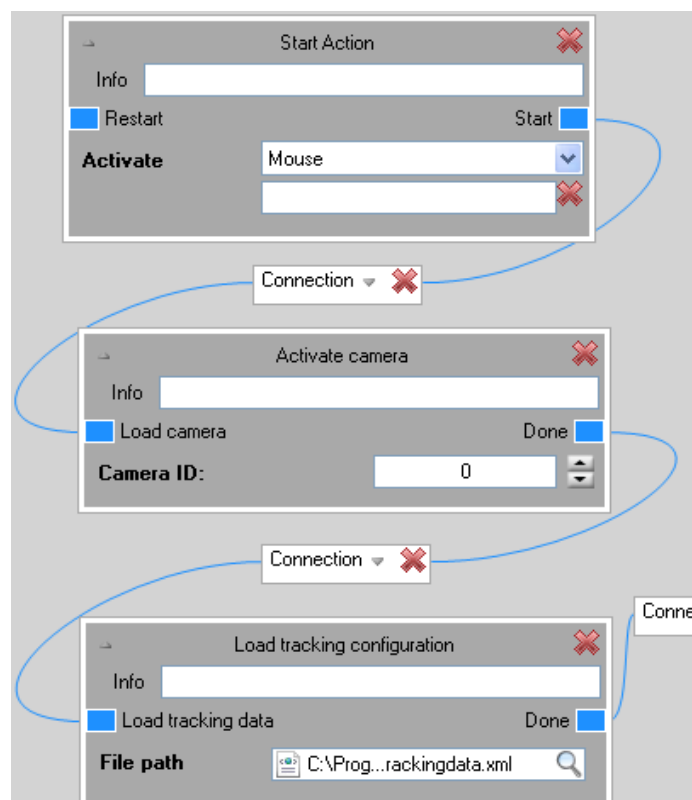
## 5 Referenční příklad

Před samotnou tvorbou interaktivní návodky byl vytvořen referenční příklad, který má za úkol odhalit potenciál softwaru, jeho vhodnost a možné problémy. Dále tento referenční příklad měl za úkol vyzkoušet funkčnost programu a jednotlivých Akcí a animací. Jako zadání byl zvolen interaktivní model haly, ve kterém by se po interakci klávesnice měly zobrazovat či skrývat jednotlivé stroje a zařízení.

Pro vytvoření tohoto interaktivního modelu haly byly použity softwary Unifeye Design a Blender, obraz byl snímán pomocí webkamery Logitech QuickCam Pro 9000. Jako výchozí podklad posloužil předdefinovaný interaktivní model Workflow\_architecture (viz. Kapitola 4.2).

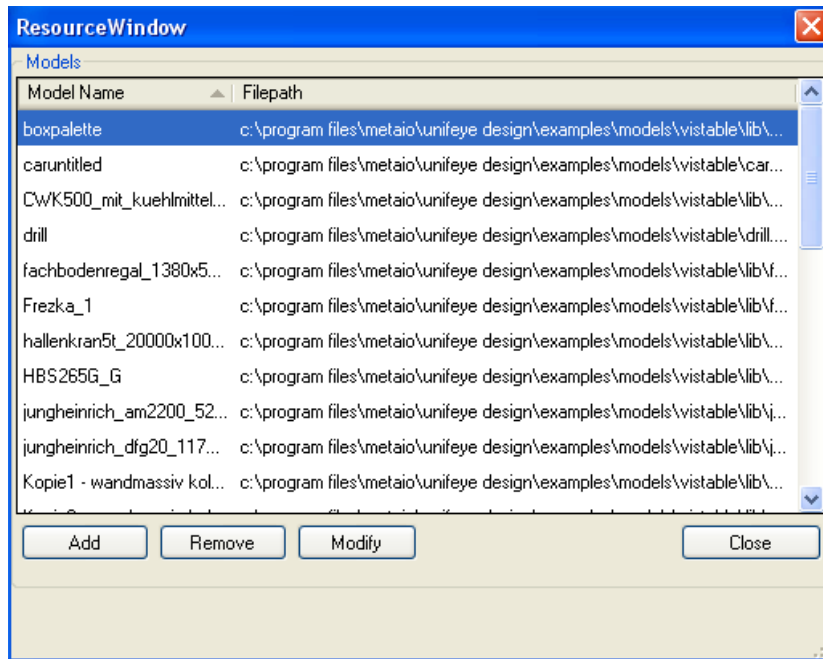
Protože software Unifeye Design podporuje pouze 3D modely ve formátu VRML, bylo prvním krokem při tvorbě haly získání těchto modelů. K získání VRML modelů byl využit software VisTable, který pracuje s knihovnou modelů právě tohoto formátu. Zbylé modely byly pořízeny z internetu ve formátu.3ds a poté pomocí softwaru Blender konvertovány na formát VRML.

Jelikož byl pro tvorbu interaktivní haly využit předdefinovaný interaktivní model Workflow\_architecture, byl ponechán nezměněn i začátek Workflow a bylo tak využito i předdefinovaného markeru. Začátek Workflow se skládá z polí Start Action, Activate camera a načtení předdefinovaného markeru v poli Load tracking configuration viz. Obr. 5.1. Takto bude pravděpodobně začínat každá Workflow. Propojení polí se provede klinutím myši na modré obdélníky. Pole přetahujeme z nabídky na levé straně.



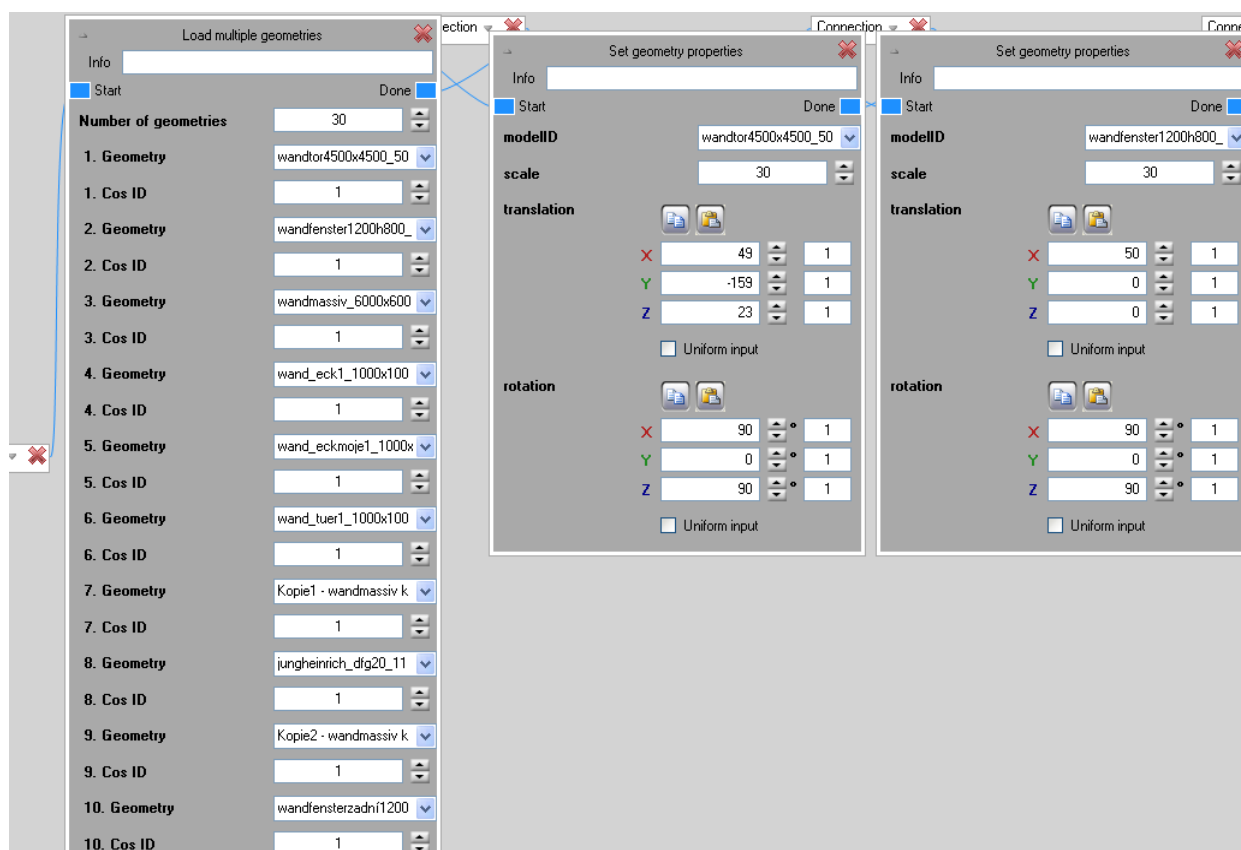
Obr. 5.1 Start Workflow

Dalším krokem bylo načtení všech VRML modelů, které budou ve Workflow zobrazeny. Nejdříve modely vybereme kliknutím na Resources a poté tlačítkem Add přidáme všechny modely, které chceme ve Workflow použít.



Obr. 5.2 Přidání modelů do Workflow

Zobrazení modelů ve Workflow se provede pomocí pole Load multiple geometries. V tomto poli se nastaví počet geometrií v políčku Number of geometries. Workflow interaktivní haly je použito třicet modelů, to znamená, že v políčku Number of geometries je udáno číslo 30. Poté pomocí rozbalovací šipky postupně vybereme předem načtené modely v Resources. Dále ještě zadáme číslo markeru v kolonce Cos ID. Protože v našem případě byl použit pouze jeden marker je v této kolonce vždy číslo jedna. Poté co byly všechny modely načteny, bylo zapotřebí poskládat jednotlivé modely do požadovaného tvaru a velikosti. Toho bylo dosaženo pomocí pole Set geometry properties, které umožňuje nastavit hodnoty a úhly ve třech směrech x, y, z. Dále byla v poli Set geometry properties nastavena měřítko (scale) na požadovanou hodnotu. Ve Workflow je tedy použito třicet polí Set geometry properties, protože se interaktivní hala skládá ze třiceti modelů a každému modelu byla přiřazena daná poloha a natočení. Všechny pole jsou do této doby spojeny sériově za sebou, většinou spojením Done a Start.



Obr. 5.3 Zobrazení modelů a editace jejich polohy

Tímto byla hala poskládána do konečné podoby, stačilo již pouze nastavit interakci vybraných modelů.



Obr. 5.4 Pohled na kompletní halu



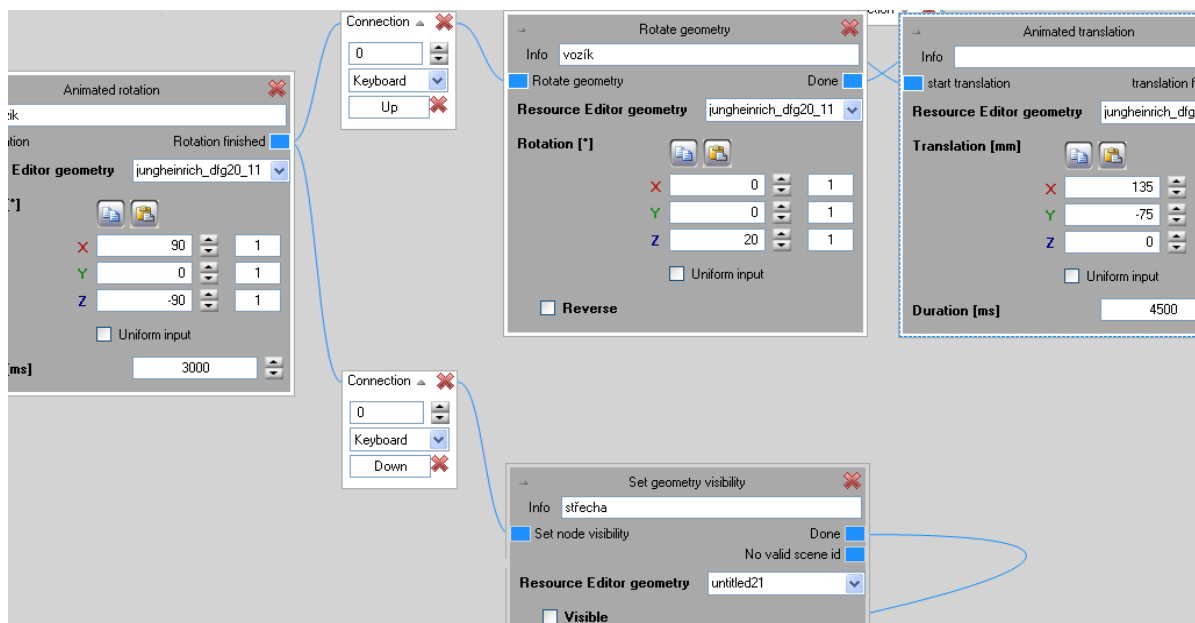
Interakce byla taktéž inspirována předdefinovaným modelem Workflow\_architecture. Cílem bylo, aby při zmáčknutí tlačítka klávesnice daný model provedl předdefinovanou interakci a po opětovném zmáčknutí tlačítka klávesnice se model vrátil zpět na svoji polohu. Při spojování funkcí byl tedy nastaven spouštěč akce. Ve všech případech je použita pro start interakce klávesnice a na ní buď šipka „dolů“, či „nahoru“. Šipka dolů způsobí „zmizení“ modelu, naopak šipka „nahoru“ vrací danou Akci zpět.

Jako první byla použita Akce Set geometry visibility (touto Akcí se přepíná viditelnost daného modelu), která byla spojena s předchozími poli Set geometry properties. V Set geometry visibility v rozbalovacím poli Resource Editor Geometry byl vybrán model střechy a zaškrtnuto okénko Visible. Toto pole Set geometry visibility bylo použito právě pro pozdější vrácení interakce zpět. Dalším krokem bylo nasimulovat pohyb automobilu, který má „odjet“ od haly. Proto je v levém menu vybrána Akce Animated translation, která umožňuje vybranému 3D modelu přiřadit pohyb. V Animated translation byl v poli Resource Editor Geometry označen model auta, v poli Translation zadány hodnoty ve třech směrech x, y, z. Tyto hodnoty určují kam se má auto pohybovat a v poli Duration byla zadána rychlost pohybu. Při propojení polí Animated translation a Set geometry visibility klikneme na malou šipku u čáry propojení v okénku Connection. Rozbalí se nabídka, kde v druhém okně vybereme keyboard a poté klikneme myší do posledního řádku a zmáčkneme libovolné tlačítko na klávesnici, pro které se má daná akce provádět. Tím dosáhneme toho, že po načtení sestavy modelů začne daná interakce po zmáčknutí předdefinovaného tlačítka (šipka „dolů“).

Po Animated translation byla použita Akce Set geometry visibility, která poté, co auto „odjede“, způsobí „zmizení“ tohoto auta. V Set geometry visibility vybereme v rozbalovacím poli Resource Editor Geometry model auta a ponecháme nezaškrtnuté políčko Visible. Další model, který se má posouvat je model vysokozdvížného vozíku. Nejdříve se vozík musí natočit, proto byla použita Akce Animated rotation, která umožňuje naanimovat úhlové posunutí. V Animated rotation opět v Resource Editor Geometry vybereme příslušný model, tedy vozík, a v kolonce Rotation zadáme natočení vozíku ve třech směrech x, y, z a v kolonce Duration nastavíme rychlost. Dále použijeme opět Animated translation, znovu vybereme model vozíku v kolonce Resource Editor Geometry a zadáme hodnoty v kolonkách Translation a nastavíme rychlost v kolonce Duration. Po přesunu vozíku chceme vozík opět natočit, takže znovu použijeme Animated rotation, vybereme model vozíku, nastavíme hodnoty a rychlost. Dále nastává první větvení!

Zmáčknutí šipky „nahoru“ na klávesnici se musí dané modely vrátit do původních pozic. Toho dosáhneme opět Akcemi Rotate geometry, Animated rotation a Animated translation a zadáním příslušných hodnot, které budou odkazovat na výchozí pozice modelů. Poslední okno Animated translation propojíme s předem připravenou funkcí Set geometry visibility, kterou jsme začali, a kde jsme v Resource Editor Geometry vybrali model střechy a zaškrtnuli jsme okénko Visible. Tím jsme vlastně uzavřeli cyklus, ve kterém po stisknutí příslušných tlačítek modely auta a vysokozdvížného vozíku odjíždějí a přijíždějí k hale. V propojení musíme opět nastavit v okénku Connection příslušnou klávesu (šipka „nahoru“), pro kterou se má akce provést.

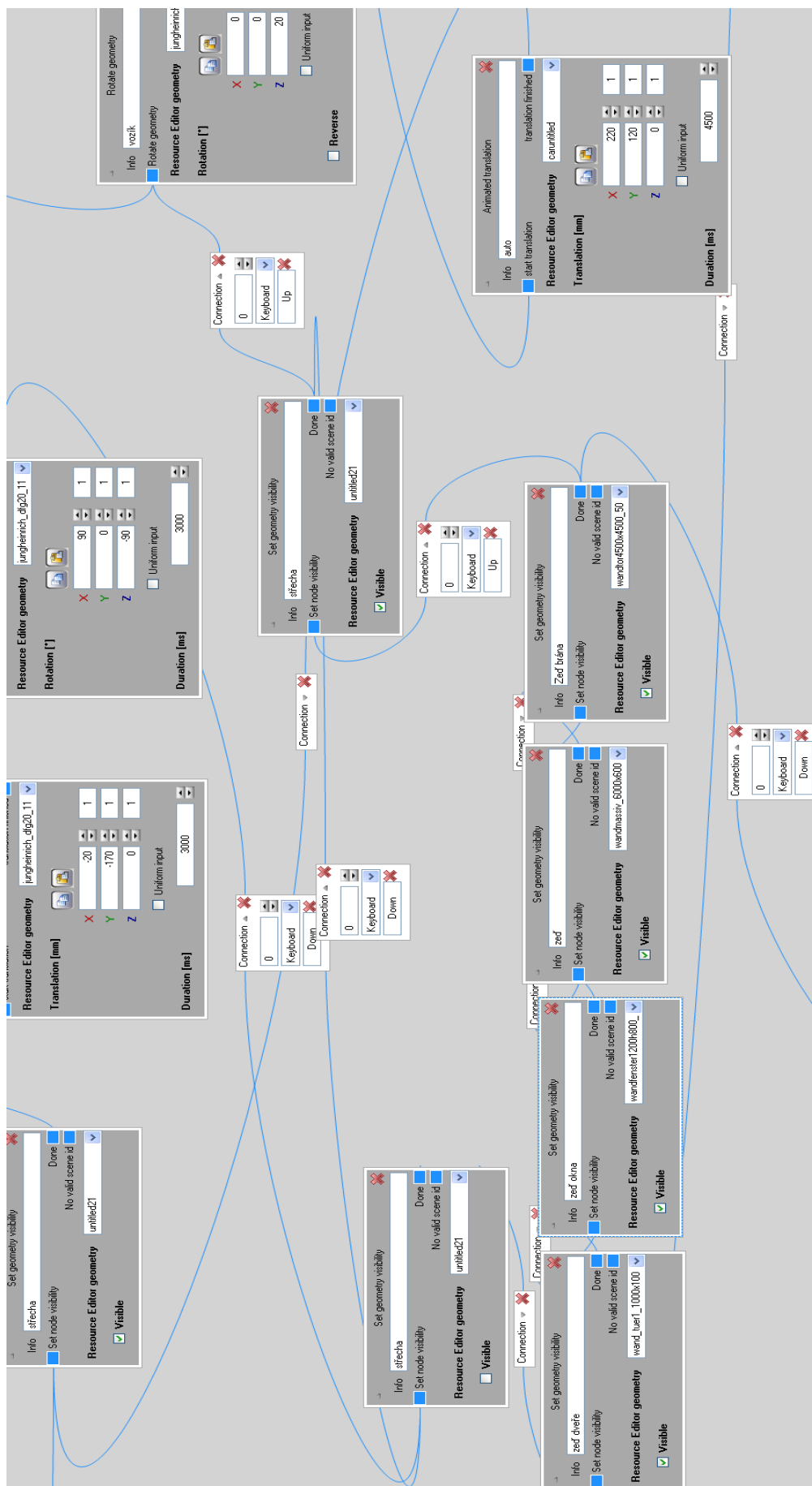
Druhou možností je zmáčknutí šipky „dolů“, což má mít za následek zmizení střechy. Zmizení střechy dosáhneme pomocí Set geometry visibility, kde v Resource Editor Geometry vybereme model střechy a nezaškrtneme pole Visible. U propojení opět nezapomeneme nastavit v okénku Connection příslušnou klávesu (šipka „dolů“), která nám spustí danou akci.



Obr. 5.5 První větvení ve Workflow interaktivní haly

V dalším kroku se buď model střechy opět zobrazí, nebo dojde ke „zmizení“ dalších modelů. Proto si připravíme tyto modely, které se zmáčknutím šipky „dolů“ zmizí, pro jejich znovu zobrazení. Při zmačknutí šipky „dolů“ má zmizet přední stěna haly, která se skládá ze čtyř modelů. Proto musíme použít čtyřikrát Set geometry visibility a v Resource Editor Geometry vybrat příslušné modely stěny a zaškrtnout u všech Visible. Dále dochází znovu k větvení.

Zmáčknutím šipky „nahoru“ se na obrazovce musí objevit hala se střechou. Toho dosáhneme spojením posledního ze čtyř předchozích polí Set geometry visibility s dalším polem Set geometry visibility. V propojení nastavíme v Connection šipku „nahoru“. V novém Set geometry visibility vybereme model střechy v Resource Editor Geometry a zaškrtneme Visible. Toto Set geometry visibility spojíme s předcházejícím Set geometry visibility, kde jsme vybrali model střechy a nezaškrtnuli jsme Visible. Viz. Obr. 5.6 v propojení nastavíme v Connection šipku „dolů“. Tím je opět cyklus uzavřen a my přepínáme viditelnost modelu střechy haly. Poté, co je střecha vidět, však ještě můžeme pokračovat opět šipkou „nahoru“, abychom dostali modely auta a vozíku do výchozích pozic. Proto propojíme Set geometry visibility, kde jsme vybrali model střechy a zaškrtnuli jsme Visible s polem Rotate geometry. Nastavíme v Connection šipku „nahoru“ a dostaneme se tak k modelům vysokozdvizného vozíku a auta, které „zacouvá“ k hale a celá sestava tak může začít od začátku.



Obr. 5.6 Propojení polí

Zmáčknutím šipky „dolů“ dojde ke zmazení stěny haly. Tato stěna je poskládána ze čtyř modelů, proto použijeme čtyřikrát Set geometry visibility. V Resource Editor Geometry vybereme příslušné modely stěny haly a ponecháme neoznačené políčko Visible.

Dále si připravíme další krok, ve kterém zmizí vysokozdvizný vozík. Přidáme další pole Set geometry visibility, vybereme model vozíku v Resource Editor Geometry a zaškrtneme Visible. Následuje další větvení.

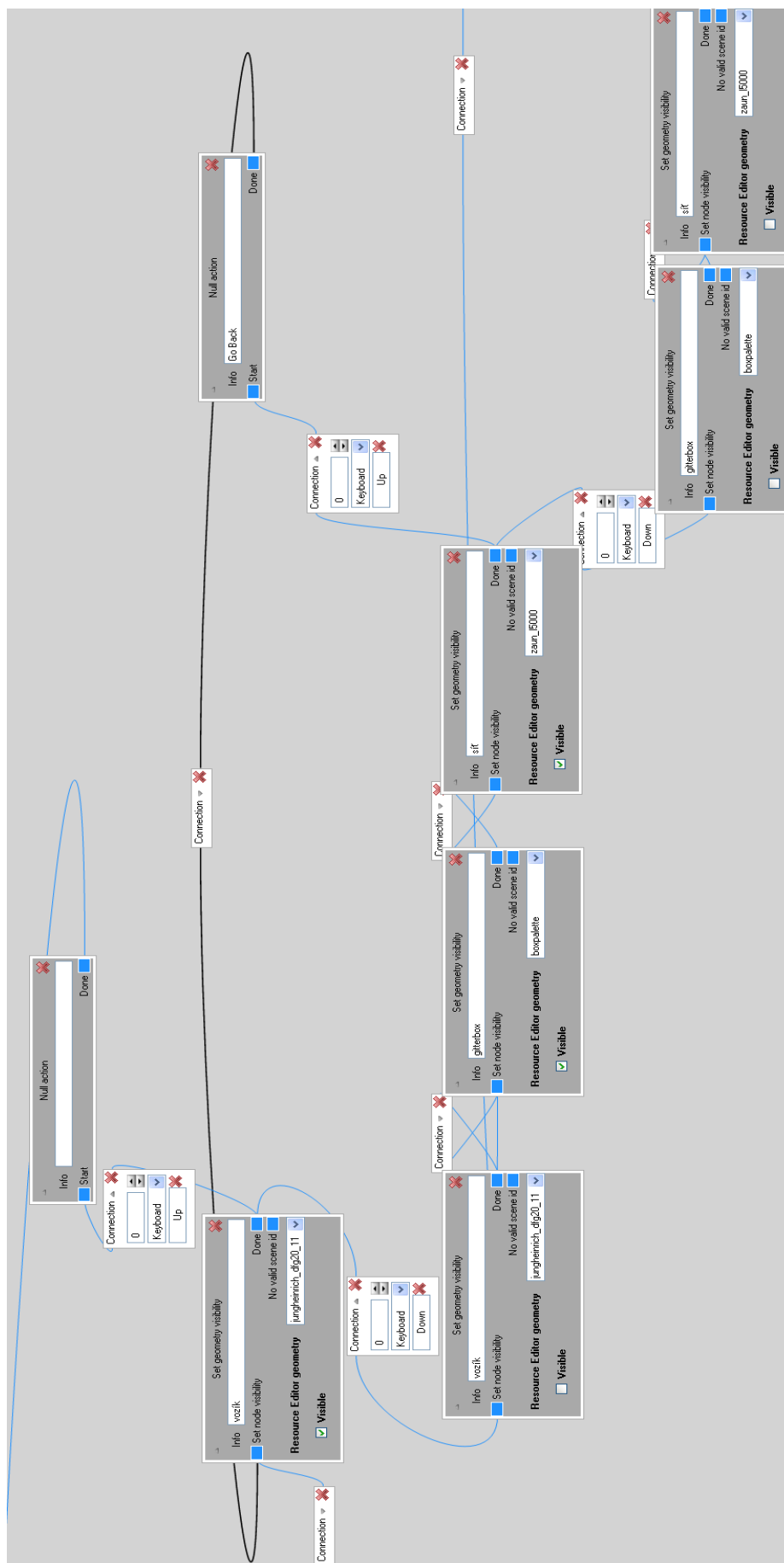
Zmáčknutím šipky „nahoru“ opět zobrazíme modely, které jsme v předchozím kroku nechali zmizet. Toho dosáhneme propojením posledního Set geometry visibility, kde jsme v Resource Editor Geometry vybrali model vysokozdvizného vozíku s předem připravenými poli Set geometry visibility (celkem čtyři) se zaškrtnutým Visible.

Zmáčknutím šipky „dolů“ chceme, aby zmizel model vysokozdvizného vozíku. Stane se tak spojením Set geometry visibility, kde jsme v Resource Editor Geometry vybrali model vysokozdvizného vozíku s novým Set geometry visibility. V novém Set geometry visibility bude změněno pouze pole Visible, které bude neoznačené.

V dalším kroku chceme, aby zmizely modely gitterboxu a oddělovací síť. Nejdříve si však předpřipravíme tyto modely pro jejich znovu zobrazení. Použijeme na to dvakrát pole Set geometry visibility, vybereme příslušné modely v Resource Editor Geometry a označíme Visible. Dále následuje opět větvení.

Šipkou „nahoru“ nulujeme předchozí akci (zmazení vysokozdvizného vozíku). Dosáhneme toho propojením posledního Set geometry visibility s Set geometry visibility, které předcházelo předešlému větvení.

Zmáčknutím šipky „dolů“ chceme, aby zmizel gitterbox a oddělovací síť. Opět použijeme Set geometry visibility v Resource Editor Geometry vybereme příslušné modely a ponecháme neoznačené pole Visible.



Obr. 5.7 Propojení polí Set geometry visibility

Takto postupujeme i u zbylých modelů strojů, až do posledního modelu. Vždy nejdříve zadáme pole Set geometry visibility s označeným Visible. Poté následuje větvení. Šipka „nahoru“ vrací akci zpět (propojíme s předešlými Set geometry visibility se zaškrtnutým Visible). Šipka „dolů“ provede „zmizení“ modelu, které se provede použitím Set geometry visibility s neoznačeným Visible. Výsledkem je tedy soustava modelů, která se ovládá šipkami „nahoru“ a „dolů“ na klávesnici.

Protože při tvorbě referenčního příkladu nebyl nalezen žádný omezující prvek, byl software Unifeye Design uznán vhodným pro tvorbu interaktivní návodky. Velice kladně byl při práci na tomto příkladu hodnocen tzv. Marker Generátor. Vytvoření markerů pomocí tohoto generátoru je velice jednoduché a odpadá tak jeho navrhování, či případné kreslení a navrhování vnitřního vzoru markeru. Za nevýhodu bylo považováno zejména nutnost vytvoření tzv. Markersetu, při používání více než prvních tří markerů. Referenční příklad byl využit v předmětu Digitální podnik a virtuální realita (DPVR) a na přednáškách a ukázkách studentských prací pro veřejnost.

## 6 Tvorba interaktivní návodky

V této kapitole bude představeno montážní pracoviště, na kterém se bude požadovaný výrobek montovat. Budou popsány všechny součásti výrobku, pro který se bude navrhovat interaktivní návodka. Dále jsou v této kapitole popsány požadované pracovní postupy, na základě kterých má být návodka vypracována. Pro srovnání je zde přidán stávající postup montáže a teoretický popis tvorby interaktivní návodky. Závěr kapitoly obsahuje zhodnocení softwaru, jeho klady a zápory. **Sled použitých Akcí vlastní interaktivní návodky dle požadovaných kroků pracovního postupu je součástí přílohy.**

### 6.1 Představení montážního pracoviště

Před vlastním popisem požadované interaktivní návodky, je třeba se seznámit s montážním pracovištěm, pro které bude tato návodka použita. Montážní pracoviště se nachází v univerzitní laboratoři Katedry průmyslového inženýrství a managementu na Západočeské univerzitě v Plzni. Pracoviště se skládá z montážního stolu s protiskluzovou podložkou pod nohy, pracovní židli z polyuretanu, vyvažovačem, na kterém je připevněn elektrický šroubovák a přídatným osvětlením. Dále je v prostoru pracoviště vozík s třemi šikmými policemi stojící na čtyřech gumových kolečkách. Jednotlivé součástky výrobku jsou pak přehledně roztříděny do jednotlivých boxů nebo přepravek.



Obr. 6.1 Modelové pracoviště nacházející se na ZČU v Plzni

## 6.2 Popis výrobku

Interaktivní návodka bude vytvořena pro dřezový sifon firmy Alcaplast s.r.o. V portfoliu firmy jsou dva různé typy sifonů, které se liší použitím jiných dílů v horní části sifonu. Výrobky nesou označení A441P a A442P, pro oba tyto typy existuje jeden univerzální a společný návod. Návod obsahuje také schéma sestavy a základní rozměry sifonů. Celý sifon s rozštělem a označením jednotlivých dílů je na Obr. 6.2.



Obr. 6.2 Schéma montovaného sifonu [50]

Maximální rozměry sifonu jsou výška 356 mm, průměr horní mřížky je 70 mm a průměr střední části je 40 mm. Každý díl má své unikátní označení. Označením je čtyřmístný kód, kdy se na první pozici vyskytuje písmeno a na zbylých třech pozicích číslice. Součástka S004 je již z výroby připojena k horní části součásti S363, součástka S355 je zakomponována do součástky S354 a součástka P050 se skládá ze dvou vzájemně spojených částí plastového těla a gumové klapky. K součásti P048 je pevně připojena zátka. Výchozím stavem pro montáž jednoho modelu je tedy 20 dílů, z nichž dva se přibalují k sifonu zvlášť, na volno.



### 6.2.1 Klasický postup smontování výrobku

Klasický postup smontování výrobku, je následující:

Nejprve vezměme chromové sítko (S116-platí pro verzi A441P), nebo plastové sítko (S365-platí pro verzi A442P) a ke spodní části sítka dáme bílé pryžové těsnění (S090). Na něj hned přidáme černé pryžové těsnění (S085).

Sítko s pryžovými těsněními spojíme se šroubem (S014), kdy šroub musí nejdříve procházet skrz chromové sítko (platí pro verzi A441P), či plastové sítko (platí pro verzi A442P) k hlavě sifonu (S305-platí pro verzi A441P, nebo S203-platí pro verzi A442P).

Toto seskupení součástí spojíme s trubkou (S363).

Do odbočky na trubce zasuneme zpětnou klapku (P050). Aby byla zpětná klapka správně usazena, je opatřena drážkou, která se zasune do protikusu, který je vytvořen v odbočce. Trubku na okamžik odložíme.

Vezmeme kuželové těsnění (S120). Pozor! Kuželové těsnění musí mít větší průměr u osazení vytvořené na kolenní a vsadit na koleno (P048), kde je utahovací kroužek a opřít o osazení. Pomocí utahovacího kroužku připevnit koleno k trubce.

Na spodní část trubky nasuneme utahovací kroužek malý (S004), tak aby náběh závitů směřoval dolů, za ním nasuneme plastový kroužek malý (S516-platí pro verzi A441P) a těsnění šikmé (S009). Pozor! Větší průměr kuželového těsnění musí být blíže k předcházejícímu plastovému kroužku.

Na trubku navlečená těsnění s utahovacím kroužkem zasunout do těla (S353) a kroužkem utáhnout.

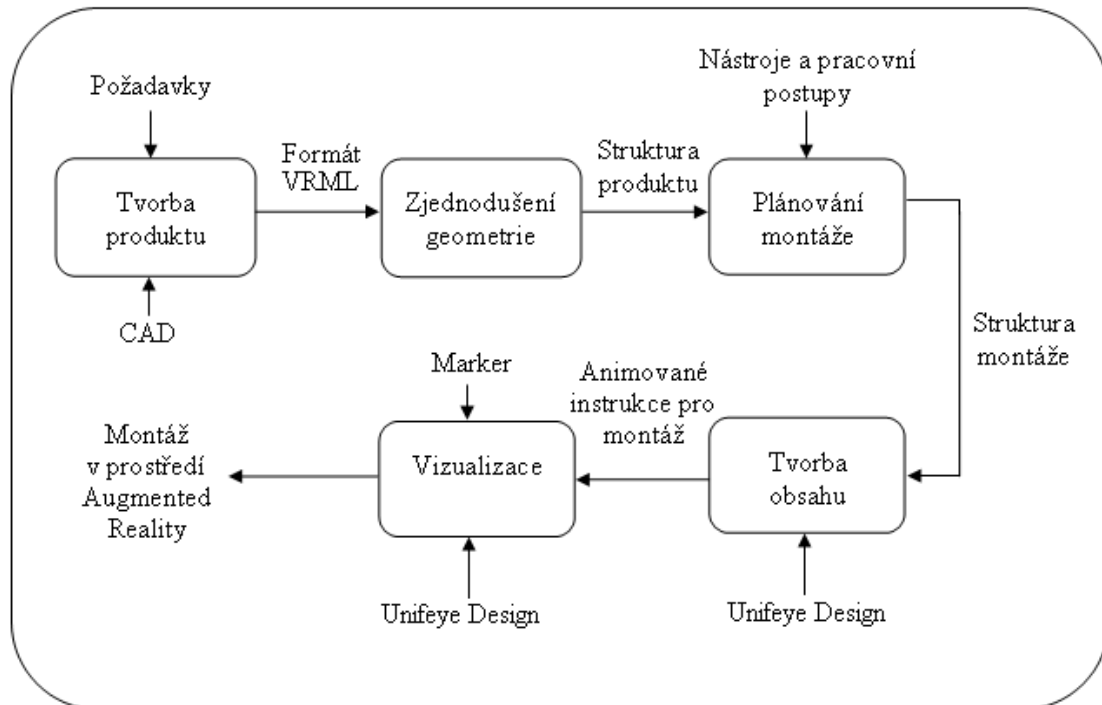
Po straně těla do otvoru vložíme gumové těsnění bílé (S381). Pozor! Kuželovitost těsnění musí směřovat do těla sifonu.

Do připraveného osazení na těsnění vložit plastový kroužek velký (S517-platí pro verzi A441P) a toto utáhnout utahovacím kroužkem velkým (S352).

Sifon se dokončí zašroubováním spodního víka (S354) do těla.

### 6.3 Teoretický popis tvorby interaktivní návodky

V prvním kroku bylo potřeba definovat předpokládanou teoretickou metodiku pro obecný postup tvorby Augmented Reality návodky. Tato metodiky byla převzata z [5] a modifikována pro řešený případ.



Obr. 6.3 Architektura montážního systému v prostředí Augmented Reality [5]

**Tvorba produktu** – v prvním kroku se vytvoří CAD model. Tento model je exportovaný do standardního formátu VRML (Virtual Reality Modelling Language), který obsahuje produktovou strukturu a 3D model produktu. Tento formát umožňuje zaznamenat a tím i přenášet informace, které se vyskytují po dobu celého vývojově-návrhového i technologicko-realizačního cyklu. Umožňuje přenášet geometrické i široký rozsah negeometrických informací určených pro různé oblasti zpracování.

**Zjednodušení geometrie** – v tomto kroku dochází k zjednodušení modelů, toho dosáhneme odstraněním některých detailů: malých děr, zkosení a hlavně zaokrouhlováním, atd. Konečný model je složený z jednotlivých trojúhelníků.

**Plánování montáže** – kromě samotných částí sestavy je potřeba zadat i další informace, jako například sled montážních operací, popis pracovních činností, čas potřebný na vykonání jednotlivých činností, anebo informace o použitých nástrojích.

**Tvorba obsahu** – ve Workflow softwaru Unifeye Design se dle jednotlivých pracovních postupů přiřazují díly anebo podsestavy. Každému dílu je nadefinována pozice, úhel natočení, druh animace a čas trvání (sekundy). Po nadefinování celé sestavy je možné proces simulovat.

**Vizualizace** – animace montáže je zobrazována pomocí programu Unifeye Design. Jako zobrazovací zařízení se obvykle používají monitory s připojenou kamerou. Jako identifikační značky se používají klasické papírové markery, které jsou umístěné v rozích. Po identifikaci markeru počítač přiřadí správný 3D objekt. Pracovník si může montážní sestavu otáčet podle potřeby. Zobrazované objekty jsou pak ještě zvýrazněné barevným orámováním pro lepší vizualizaci.

## 6.4 Vlastní popis tvorby interaktivní návodky

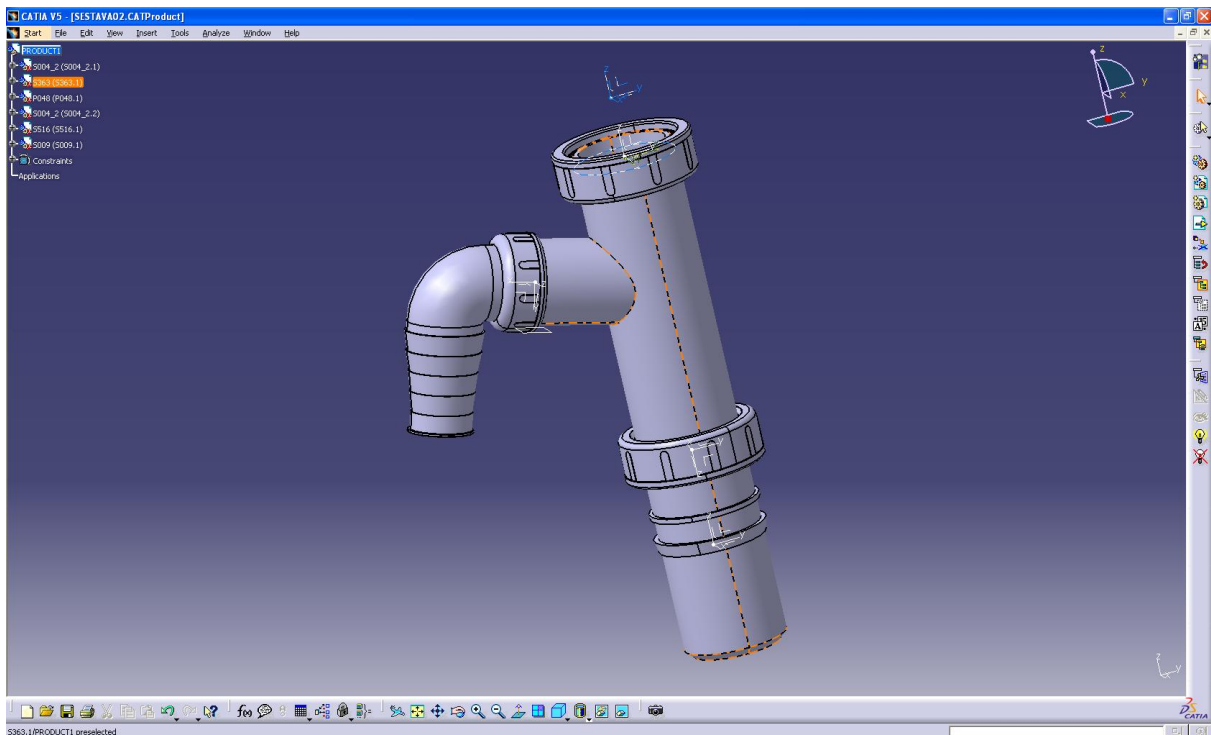
Tato diplomová práce je podpořena semestrálním projektem [11], ve které autor řeší ergonomickou stránku téhož pracoviště. V návaznosti na tento semestrální projekt bude

vytvořena interaktivní návodka sloužící k smontování dřezového sifonu. Pracovní postup montáže sifonu je tedy převzat z tohoto semestrálního projektu a je rozdělen na čtyři části:

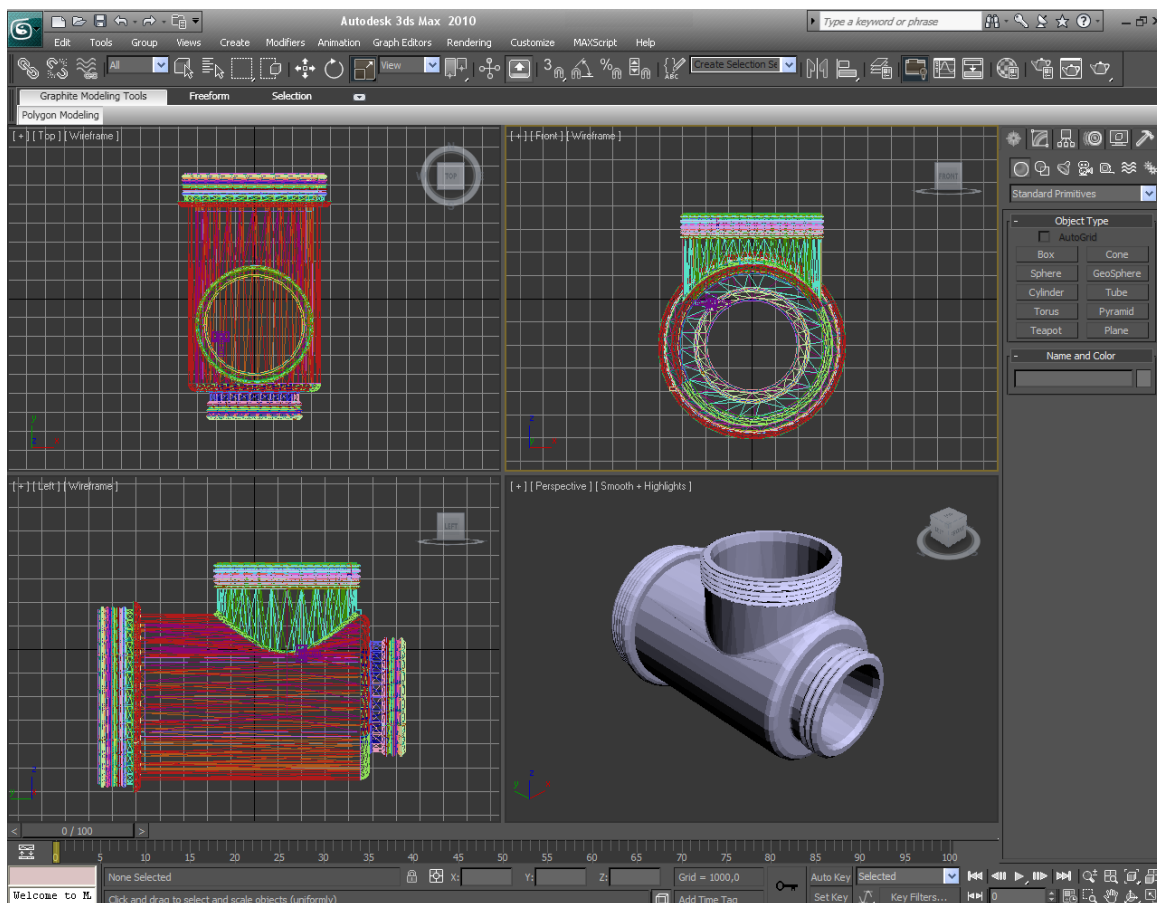
- První část pracovního postupu popisuje kompletaci spodní části sifonu.
- Obsahem druhé části je sestavení střední části sifonu.
- Třetí část pracovního postupu se zabývá postupem smontování vrchní části sifonu.
- Část poslední znázorňuje konečnou kompletaci předchozích postupů v jeden celek.

Tento pracovní postup montáže jednotlivých dílů je zvolen empiricky a racionálně s ohledem na efektivitu pracoviště, není navržen podle žádných studií ani analýz.

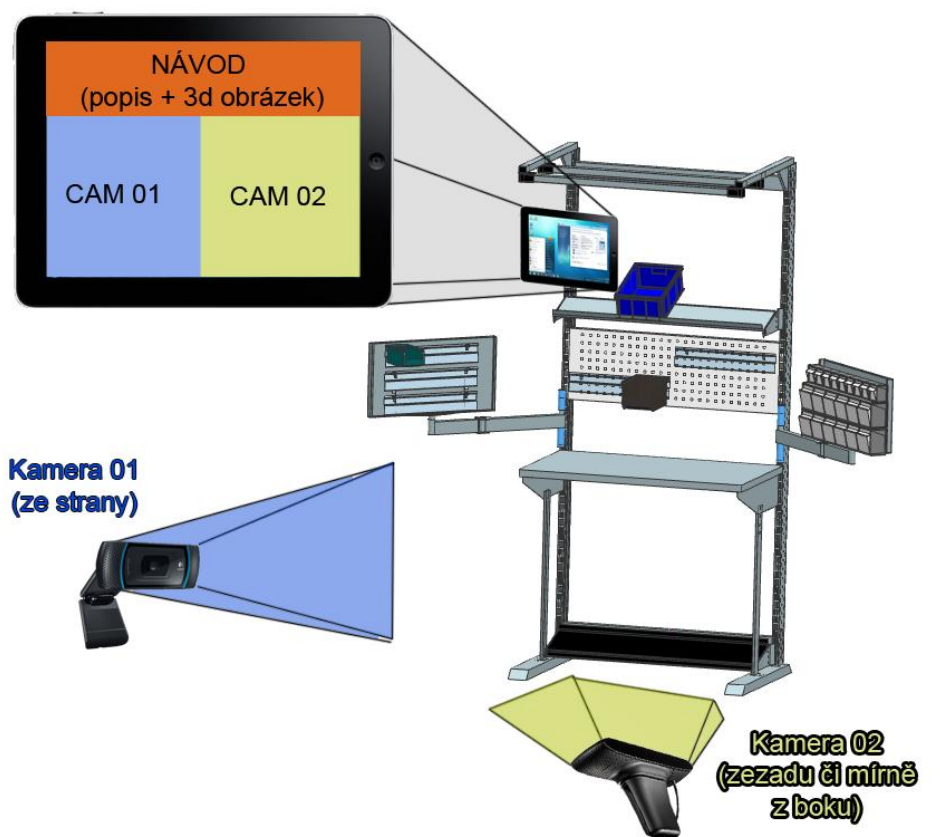
Cílem interaktivní návodky je vizuálně znázornit celý proces pracovního postupu montáže dřezového sifonu. Prvním krokem při tvorbě interaktivní návodky bylo namodelování jednotlivých 3D modelů součástí požadovaného výrobku. Jednotlivé součásti dřezového sifonu byly vytvořeny pomocí softwaru Delmia Catia od společnosti Dassault Systèmes a softwaru Unigraphics od společnosti Siemens. Následně byly 3D modely pomocí exportu již zmíněných softwarů uloženy do formátu VRML. Tento jeden z prvních formátů 3D grafiky je jediný formát podporovaný softwarem Unifeye Design. Dále byly vyhotoveny dvě šipky, jedna rotační pro znázornění šroubování a druhá přímá pro odkázání na místo, kde se daná součást na pracovišti nachází. Tyto šipky byly vytvořeny v programu 3D Max Studio, pomocí něhož byla tvořena i barevnost některých modelů.



Obr. 6.4 Ukázka tvorby 3D modelu v softwaru CATIA V5



Obr. 6.5 Ukázka ze softwaru 3D Studio Max



Obr. 6.6 Předběžný nástin pracoviště využívajícího interaktivní návodku

### 6.4.1 První část pracovního postupu

Předtím než bylo možné začít vytvářet první část pracovního postupu interaktivní návodky v softwaru Unifeye Design, musely být nahrány či načteny namodelované 3D modely jednotlivých součástí do Workflow přes položku Resources. Poté již mohlo dojít k vytvoření samotné první části pracovního postupu v programu Unifeye Design. V této první části pracovního postupu se montují dohromady díly spodní části sifonu. Začíná se našroubováním spodního dílu S354 s integrovaným těsněním (díl S355) na díl S353. Zadruhé se těsnicí vložka (díl S381) vloží do dílu S353. Třetím bodem je vložení plastového kroužku (díl S517) do dílu S352. Posledním krokem je našroubování dílu S352 (s vloženým dílem S517) na díl S353. Všechny tyto kroky shrnuje následující obrázek.

Datum vyhotovení : 18.11.2012

Označení	<b>B3 - ALCA - 0101</b>	<b>Spodní část modelu</b>	<b>Pracovní postup</b>	Pracoviště	<b>B3</b>	Vedoucí sekce	Mistr	Kontrola	Zodpovědný pracovník
Model	<b>A441P/A442P</b>			Pořadí procesů	<b>1/4</b>				

Číslo	Postup	Upozornění	Bezpečnost	Kvalita
1	S354 namontovat na S353			
2	S381 vložit do S353			
3	S517 vložit do S352			
4	S352 namontovat na S353			

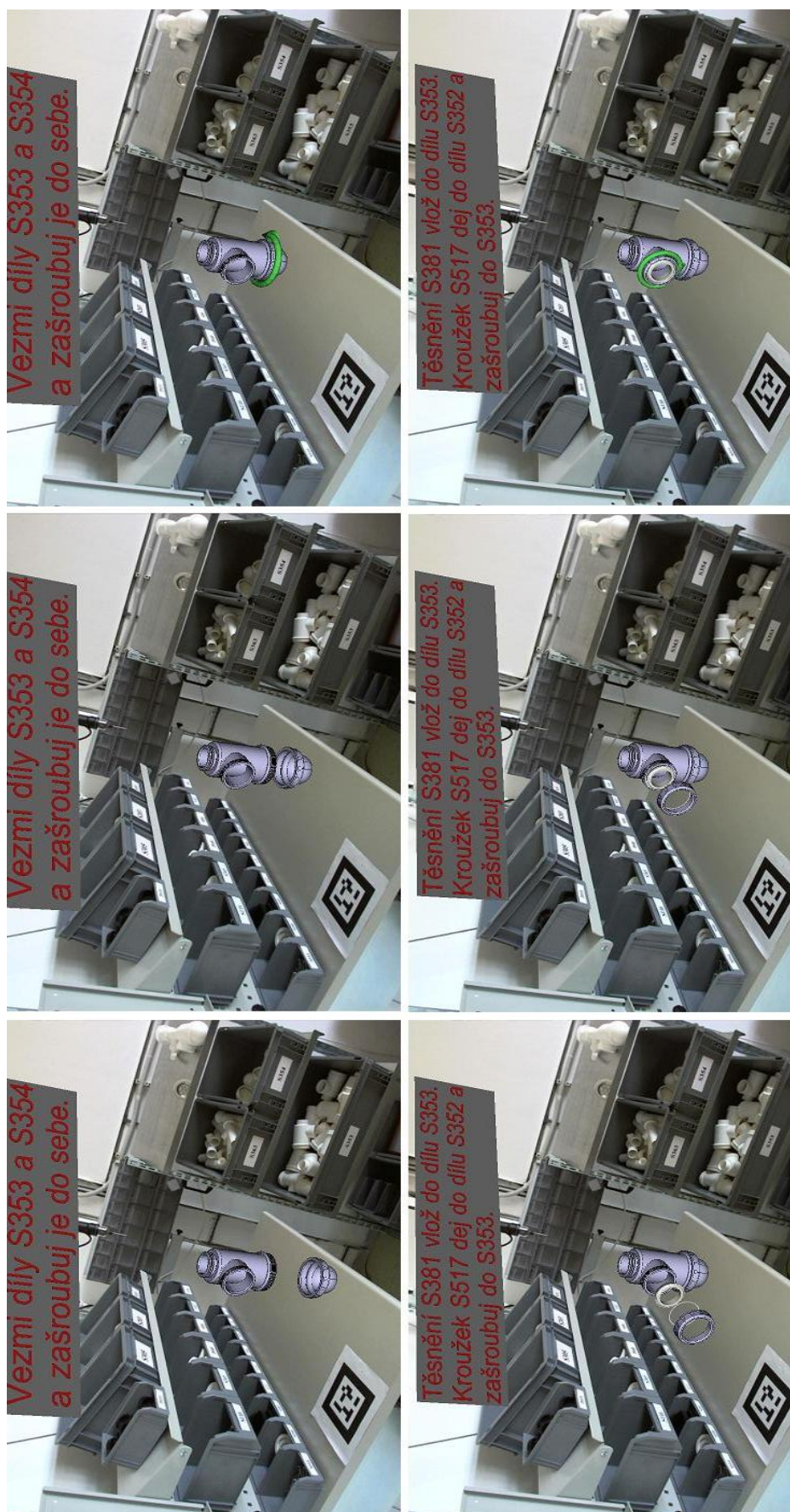
  
  

Ochranné pracovní pomůcky :      pracovní obuv

Při problému volejte mistra nebo vedoucího linky !

Obr. 6.7 První část pracovního postupu [11]

Přes jednotlivé předdefinované akce programu byl vypracován sled operací viz. Příloha č. 2. Po spuštění software Unifeye Design Workflow a kliknutí na tlačítko Run se spustí software v tzv. fullscreenu, díky akci Set fullscreen. Jakmile software detekuje marker, načtou a zobrazí se 3D modely součástí S353 a S354, dojde k animaci pohybu a pomocí šipky se znázorní zašroubování těchto dílů do sebe. Tento postup se opakuje, dokud uživatel nestiskne na klávesnici šipku nahoru. Návodka je navíc doplněna o jednoduché popisky pro lepší orientaci při montáži a snadnější identifikaci právě použitých dílů. Po zmačknutí šipky nahoru software přejde na další krok montáže, načtou se modely součástí S381, S517 a S352. Předšlý popis je nahrazen popisem novým, popisujícím montované modely v tomto kroku. Software opět vizuálně znázorňuje průběh montáže a následné zašroubování dílu S352 do součásti S353. Tímto je dokončena první část pracovního postupu a dále se pokračuje druhou tzv. střední částí sifonu. Ke spuštění střední části montáže dojde opět až poté, co uživatel stiskne šipku nahoru na klávesnici počítače. Do této doby systém opakuje předchozí část montáže.



Obr. 6.8 První část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye Design Druhá část pracovního postupu

Při montáži střední části sifonu se začíná nasunutím objímky, plastového kroužku a těsnění (díly S004, S516 a S009) na vlastní tělo sifonu (díl S363). Těsnění (díl S009) má kónický tvar, takže se musí při montáži dbát na správnou orientaci těsnění. Tenčí částí musí směřovat dolů do spodní části výrobku. Dalším krokem je vložení dílu P050 do dílu S363. Oba díly mají pro zajištění správné vzájemné polohy tvarové přizpůsobení, drážku a pero. Drážka v dílu P050 musí zapadnout do pera dílu S363 bez použití nepřiměřené síly. Pak následuje nasazení těsnění (díl S120) na koleno s integrovanou zátkou (díl P048). Těsnění má kónický tvar, nesmí se při montáži zaměnit jeho orientace. Tenčím koncem musí směřovat do dílu S363. Dalším krokem je právě nasazení a našroubování dílu P048 s těsněním (díl S120) na tělo sifonu (díl 363). Posledním bodem montáže střední části je vtažení těsnění (díl S323) do objímky (díl S004). Objímka se musí šikovně přidržit a těsnění vmačkat dovnitř, aby pak těsnění plnilo zcela svou funkci. Vše je opět znázorněné na následujícím obrázku.

Datum vyhotovení : 18.11.2012

Označení	<b>B3 - ALCA - 0102</b>	<b>Střední část modelu</b>	<b>Pracovní postup</b>	Pracoviště	<b>B3</b>	Vedoucí sekce	Mistr	Kontrola	Zodpovědný pracovník
Model	<b>A441P/A442P</b>			Pořadí procesů	<b>2/4</b>				

Číslo	Postup	Upozornění	Bezpečnost	Kvalita
1	S004 nasunout na S363			
2	S516 nasunout na S363			
3	S009 nasunout na S363	tvar kónus!		●
4	P050 vložit do S363	drážka!		●
5	S120 nasunout na P048	tvar kónus!		●
6	P048 namontovat na S363			●
7	S323 natlačit do S004	těsnění vtažit dovnitř!		●

Ochranné pracovní pomůcky : pracovní obuv

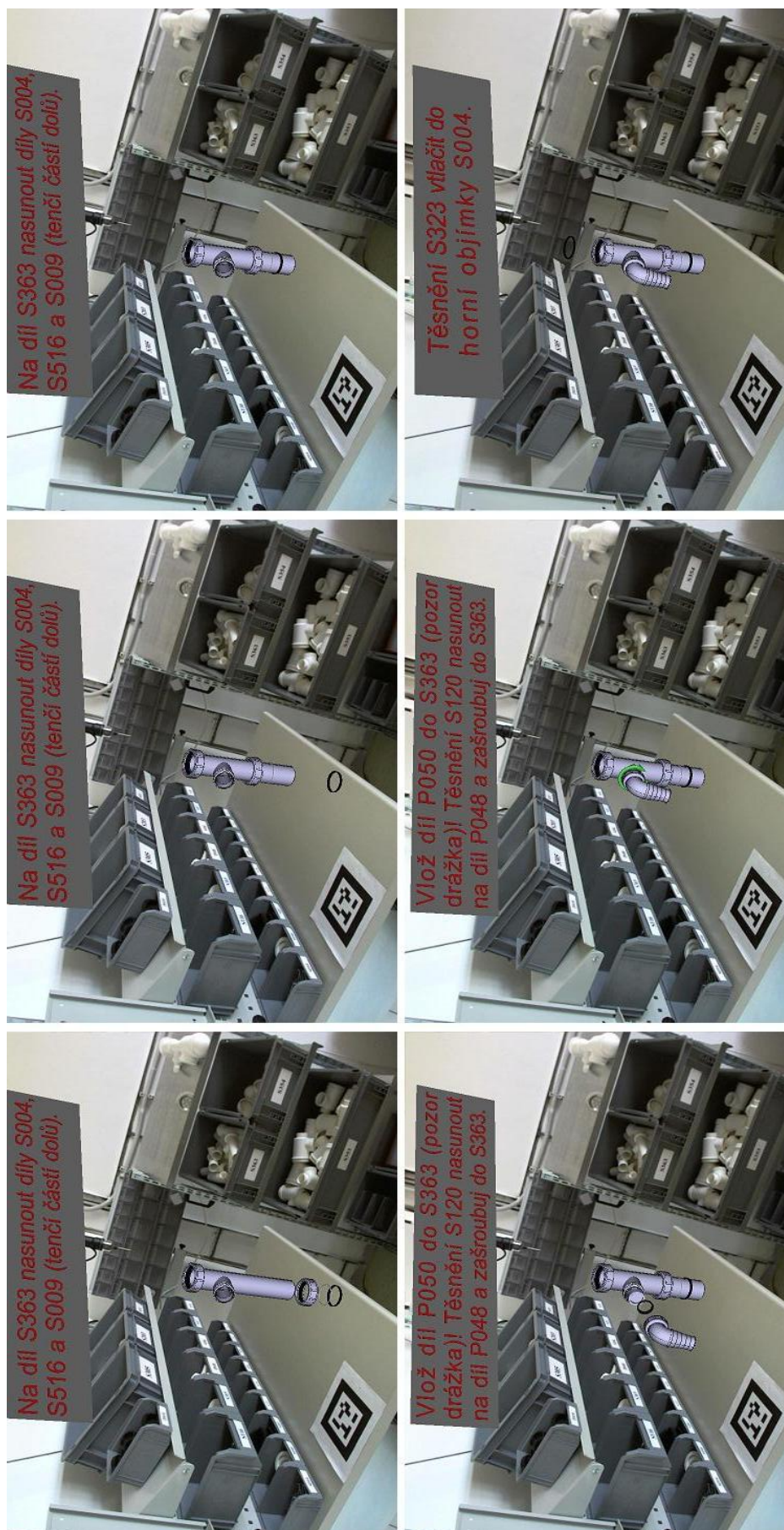
Při problému volejte mistra nebo vedoucího linky !

Obr. 6.9 Druhá část pracovního postupu [11]

Ve druhé střední části návodu ve Workflow již program nemá zobrazovat 3D modely, které byly zkompletovány v předchozím pracovním postupu. Proto tato část začíná akcí Unload all, která zruší zobrazování dosud načtených modelů. Následuje načtení součásti S363, na níž se dle pracovního postupu jednotlivě přidávají další součásti. Nejprve má dojít k nasunutí objímky S004. Toto nasunutí je realizováno pomocí akce Animated translation, která simuluje pohyb do konečné pozice. Stejně tak jsou řešeny i postupy montáže u dílů S516 a S009. Montáž těchto tří dílů na součást S363 je opět doplněna o jednoduchý popis a opakuje se do té doby, než uživatel stiskne šipku nahoru na klávesnici. Poté, co se tak stane, dojde k načtení dílů P050, S120 a P048. Předchozí popis je nahrazen popisem novým a dále následuje animace pomocí akce Animated translation, která znázorňuje vložení dílu P050 do součásti S363. Postup pokračuje nasazením těsnění S120 na koleno P048 znovu za použití akce Animated translation, dále se koleno i s těsněním nasadí a zašroubuje do součásti S363. Toho je ve Workflow docíleno opět díky akci Animated translation. Znázornění zašroubování dílu P048 do součásti S363 je naznačené pomocí zelené rotační šipky. Tento sled operací se opakuje, dokud uživatel netiskne šipku nahoru na klávesnici počítače. Poslední díl, který se

bude v druhé části pracovního postupu montovat, je těsnění S323. Animace postupu montáže tohoto těsnění je řešena pomocí další akce Animated translation a předchozí popiska je i v tomto kroku nahrazena popiskou novou, odkazující na příslušný díl a daný postup. Sled akcí zahrnující celou druhou část pracovního postupu, tak jak je vypracován ve Workflow programu Unifeye Design, je zachycen v Příloze č. 3 a v Příloze č. 4. Stisknutím šipky nahoru se přepneme z druhé části pracovního postupu do části třetí.





Obr. 6.10 Druhá část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye Design

## 6.4.2 Třetí část pracovního postupu

Vrchní část modelu se odlišuje v závislosti na zvoleném typu modelu. Typ modelu A441P staví vrchní část na dílu S305, kdežto typ A442P na dílu S203. Nicméně první dva body montáže jsou pro oba typy společné. Nejprve se vloží těsnění (díl S085) do dílu S305, respektive S203, a pak se na něj položí druhé těsnění (díl S090). V dalším kroku se pro typ A441P vloží do dílu S305 nerezová mřížka (díl S116), pro typ A442P se vloží do dílu S203 mřížka plastová (díl S365). Posledním krokem je sešroubování dílů dohromady šroubem (díl S014). Šroub se našroubuje jen o pár závitů, asi tři až pět otáček. Zbytek později dokoná elektrický šroubovák.

Datum vyhotovení : 18.11.2012

Označení	<b>B3 - ALCA - 0103</b>	<b>Vrchní část modelu</b>	<b>Pracovní postup</b>	Pracoviště	<b>B3</b>	Vedoucí sekce	Mistr	Kontrola	Zodpovědný pracovník
Model	<b>A441P/A442P</b>			Pořadí procesů	<b>3/4</b>				

Pro model A441P:				
Číslo	Postup	Upozornění	Bezpečnost	Kvalita
1	S085 vložit do S305			
2	S090 položit na S085			
3	S116 vložit do S305			
4	S014 zašroubovat do S305	šroubovat ručně: 3 až 5 otáček!		

Pro model A442P:				
Číslo	Postup	Upozornění	Bezpečnost	Kvalita
1	S085 vložit do S203			
2	S090 položit na S085			
3	S365 vložit do S203			
4	S014 zašroubovat do S203	šroubovat ručně: 3 až 5 otáček!		

**A442P**

**A441P**

Ochranné pracovní pomůcky :      pracovní obuv

Při problému volejte mistra nebo vedoucího linky !

Obr. 6.11 Třetí část pracovního postupu [11]

V třetí části pracovního postupu se kompletuje vrchní část výroku. Protože již nebudeme potřebovat předchozí díly, začíná tato část ve Workflow akcí Unload all. Interaktivní návodka je vyhotovena pouze pro typ A441P dřezového sifony, tedy pro variantu s nerezovou mřížkou S116 respektive dílem S305. Pro typ A442P by byl pracovní postup i sled akcí ve Workflow podobný, jen by místo 3D modelu součástí S305 a S116 byly použity 3D modely dílů S203, respektive S365. Pro třetí část pracovního postupu jsou použity 3D modely součástí S085, S090 a S116, které se pomocí šroubu (díl S014) připevní k dílu S305. Ve Workflow je tento postup realizován pomocí akcí Animated translation pro jednotlivé součásti a zašroubování dílu S014 do součásti S305 je opětovně naznačeno zelenou šipkou. Celý postup se znovu opakuje do té doby, dokud Workflow nedostane pokyn od uživatele. I v tomto případě je vstup od uživatele nadefinován na stisknutí šipky nahoru, dokud tedy nebude tato klávesa stisknuta, bude se předešlý postup opakovat stále dokola. Třetí část pracovního postupu, tak jak je vypracována ve Workflow, je vyobrazena v Příloze č. 5.



Obr. 6.12 Třetí část pracovního postupu zobrazena v programu Unifeye Design

### 6.4.3 Čtvrtá část pracovního postupu - konečná kompletace výrobku

V prvním kroku kompletace celého výrobku se střední část vsune do části spodní do hloubky asi deset cm a zašroubuje se plastová objímka. V druhém kroku se připojí vrchní část. A to buď s nerezovou mřížkou pro výsledný typ výrobku A441P anebo s plastovou mřížkou pro typ A442P. V dalším kroku montáže se použije elektrický šroubovák visící nad pracovní plochou. Pozor, zatlačením šroubováku na šroub chycený ve vrchní části výrobku se šroubovák uvede do chodu. Elektrický šroubovák odlehčíme těsně před úplným dotažením šroubu. Není účelem díly pevně spojit, ale pouze dostatečně přichytit. Nakonec nesmíme k hotovému výrobku zapomenout přidat díly potřebné ke správné funkci nebo k lepší instalaci, díly P019 (špunt) a V023 (těsnění).

Datum vyhotovení : 18.11.2012

Označení	<b>B3 - ALCA - 0104</b>	<b>Kompletace modelu</b>	<b>Pracovní postup</b>	Pracoviště	<b>B3</b>	Vedoucí sekce	Mistr	Kontrola	Zodpovědný pracovník
Model	<b>A441P/A442P</b>			Pořadí procesů	<b>4/4</b>				

Číslo	Postup	Upozornění	Bezpečnost	Kvalita
1	střední část namontovat na spodní	zasunout cca 10cm hluboko		
2	vrchní část namontovat na střední			
3	S014 zašroubovat	pomocí el. šroubováku, ne nadrazit!	●	●
4	P019 a V023 přibalit	nezapomenout!		

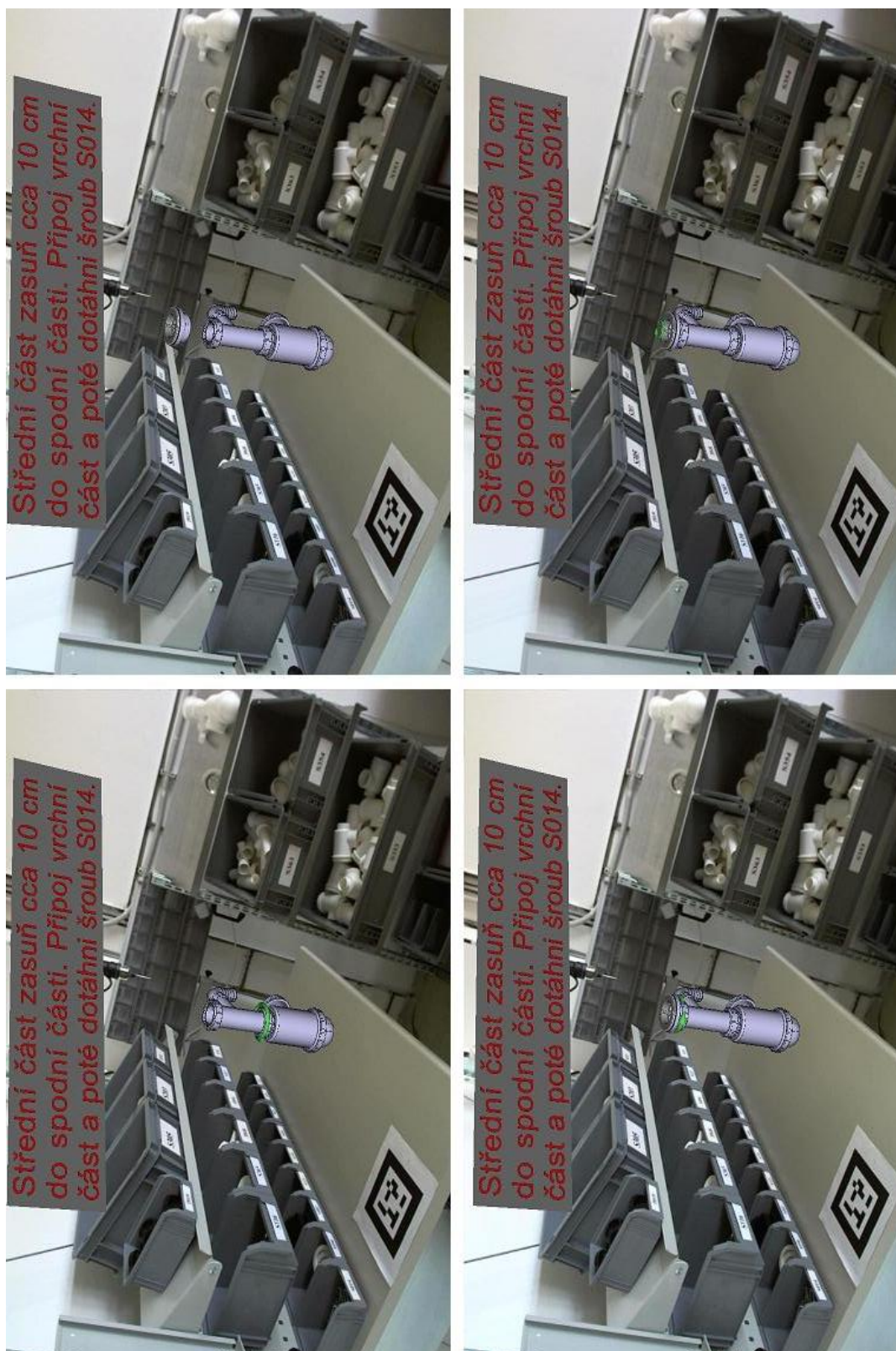
Ochranné pracovní pomůcky : pracovní obuv

Při problému volejte mistra nebo vedoucího linky !

Obr. 6.13 Výsledná kompletace výrobku [11]

Výsledná kompletace výrobku se skládá ze zašroubování předchozích tří částí v jeden celek. Ve Workflow je tato část tvořena pouze třemi 3D modely, kde každý z nich představuje jeden z předchozích pracovních postupů. Nejprve tedy dochází k zasunutí dílů zkompletovaných v druhém pracovním postupu do součásti S353, na kterou jsou dle prvního pracovního postupu namontovány příslušné součásti. Nasunutí je ve Workflow řešeno akcí Animated translation. Po zasunutí součásti do sebe má dojít k zašroubování těchto předem smontovaných polotovarů do sebe. Ve Workflow je šroubování opět naznačeno zelenou animovanou šipkou. Když jsou předchozí dva pracovní postupy spojeny v jeden celek, můžeme přistoupit k připojení součástí montovaných v třetím pracovním postupu a tím dokončit celý výrobek. Vrchní část výrobku se zobrazí až poté, co uživatel stiskne šipku nahoru na klávesnici, do té doby dochází k opakování předchozího kroku montáže. V posledním kroku montáže má dojít k sešroubování třetího pracovního postupu s předtím spojeným polotovarem v jeden celek. Nejdříve se má zašroubovat součást S305, na kterou jsou připevněny další součásti dle třetího pracovního postupu do součásti S363. Poté má dojít k dotáhnutí šroubu (díl S014), který spojuje součásti montované v třetím pracovním postupu. Ve Workflow je tato část řešena pomocí zelených šipek v případě šroubování a akcí Animated translation pro znázornění připojení součástí. Tímto je celý postup montáže výrobku dokončen. Pro spuštění celého postupu od začátku stiskneme šipku dolů, pro ukončení fullscreenu Workflow stiskneme

šipku nahoru. Čtvrtá část pracovního postupu tak, jak je vypracována ve Workflow je vyobrazena v Příloze č. 6.



Obr. 6.14 Výsledná kompletace výrobku, zobrazení v programu Unifeye Design

#### 6.4.4 Zhodnocení softwaru použitého pro vytvoření interaktivní návodky

Tvorba interaktivní návodky byla limitována samotným softwarem Unifeye Design. V průběhu realizace návodky docházelo k problémům s chodem programu. Na základě této skutečnosti bylo zjištěno, že celá návodka je omezena počtem použitých akcí ve Workflow. Společnost Metaio doporučuje držet maximální počet akcí pod hodnotou 100 – 120 akcí. Toto omezení se stalo pro vytváření interaktivní návodky klíčové, protože při zadávání prvních instruktážních textů, které návodka měla obsahovat, byl tento limit vyčerpán. Návodka však měla ještě dále obsahovat šipky odkazující na díly, respektive boxy, kde se díly, potřebné pro danou část montáže, nacházejí. Následně tedy musel být celý systém předělán a zjednodušen. Sloučením některých modelů v jeden se docílilo přijatelného počtu akcí a interaktivní návodka tak mohla být doplněna o jednoduché popisky určené k lepší přehlednosti celého procesu montáže. Protože však Workflow obsahovala značné množství akcí, docházelo k delším prodlevám při načítání sestavy a nastávaly drobné problémy (tzv. sekání) při posouvání a rolování v okně Workflow. V Unifeye Design Workflow není možné oddálení či přiblížení celého okna jako je tomu u mnoha grafických či CAD softwarů. Vzhledem k této skutečnosti tak docházelo s rostoucím počtem akcí ve scéně k horší orientaci a lehce se tak dalo dopustit chyby při propojení nebo editaci jednotlivých akcí. Při práci s programem bylo zjištěno, že pro omezení počtem akcí je Unifeye Design Workflow použitelný spíše pro tvorbu méně náročných sestav, respektive sestav s počtem akcí v daném rozmezí.

Protože se celá Workflow programuje přes tzv. objektové programování, je uživatel nucen využívat předdefinované kroky, které nemusí úplně každému vyhovovat přesně podle jeho představ. Zde je určitě prostor pro zlepšení, které by mohlo přijít s novější verzí. V současnosti již dokonce existuje verze softwaru Unifeye Design 2.5, která určitě disponuje novými funkcemi a vylepšeními vůči stávající verzi.

Mezi přednosti software Unifeye Design, potažmo Workflow, patří perfektní tracking, který funguje i za zhoršených světelných podmínek. Dále je výhodou tohoto softwaru, že obsahuje vestavěný marker generátor s předdefinovanými markery. V neposlední řadě software disponuje obrovským množstvím funkcí použitelných pro nastavení zobrazeného 3D modelu, bez kterého by navrhovaná interaktivní návodka patrně nemohla vzniknout. Díky Workflow tak byla za celkem skromných podmínek vypracována poměrně složitá Augmented Reality aplikace, popisující montáž daného výrobku.

Vzhledem k výše popsáným skutečnostem, nemohla být stávající verze interaktivní návodky doplněna o šipky odkazující na místa, kde se nacházejí zrovna potřebné součásti. Proto byly ze stávající verze odstraněny všechny animace a celá Workflow byla maximálně zjednodušena a byla tak vytvořena druhá verze návodky, která je podstatně zjednodušená a naopak zobrazuje požadovaná místa aktuálně potřebných součástí viz. Obr. 6.15.



Obr. 6.15 Verze interaktivní návodky se šipkami odkazujícími na jednotlivé součásti, které se mají aktuálně použít

## 7 Dosahované výsledky díky práci s interaktivní návodkou

Hlavním úkolem Augmented Reality systémů je zkombinovat reálný svět a virtuální svět do jednoho Augmented prostředí. Navržená Augmented Reality interaktivní návodka přinese zrychlení procesu zaškolení nových zaměstnanců, čímž dojde k ušetření peněz dané firmy. Zaměstnanec si díky návodce osvojí jednotlivé montážní postupy přímo při procesu kompletace a bez nutnosti studování pracovních návodů, učí se tedy přímo v průběhu samotné práce. Dále tato návodka zamezí vytvoření chybné sestavy či zhotovení neúplného celku, což bude mít vliv na snížení počtu reklamací. Zavedením Augmented Reality při montážních činnostech se snižuje, resp. odstraňuje, potřeba dodatečných písemných montážních postupů. Nespornou výhodou je i to, že celý proces montáže je popsán a může jej v libovolnou dobu využít jakýkoli pracovník dané firmy a nestane se tak, že by daný proces znal pouze jeden člověk ve výrobě. Využití Augmented Reality v montáži zvýší výkonnost člověka, zredukuje čas potřebný na splnění dané úlohy, sníží počet chyb a redukuje kognitivní zátěž.

Poté, co byla interaktivní návodka vytvořena, byl uskutečněn následující experiment. Byl požádán student doktorského studia, aby sestavil požadovaný výrobek na základě navigace interaktivní návodkou a poté za pomoci stávajícího návodu. Při sestavování výrobku pomocí interaktivní návodky byl dosažen cca o dvě minuty lepší čas, než při kompletaci stávající dosud používanou metodou. Pokud vezmeme v úvahu také to, že tento výsledek byl ovlivněn i tím, že student při druhém pokusu o smontování už výrobek předtím montoval a lépe se tak orientoval v označení jednotlivých součástí výrobku, pravděpodobně by tak při klasickém postupu smontování dosáhl ještě horšího času.

	Klasický postup smontování	Smontování pomocí navigace návodkou
<b>Pokus 1</b>	6 min 19 sec	4 min 15 sec
<b>Pokus 2</b>	6 min 07 sec	4 min 05 sec
<b>Pokus 3</b>	6 min 04 sec	4 min 08 sec

Vytvořená interaktivní návodky obsahuje sedmnáct 3D modelů sifonu, dále sedm 3D modelů jednoduchých popisek pro lepší navigaci v průběhu montáže a dva modely šipek (rovnou a rotační). V celé Workflow je použito sto patnáct Akcí viz příloha 2 - 6.



## 8 Další možný postup práce

Tato kapitola si klade za úkol nastínit možné doplnění dosavadní práce a její posunutí na kvalitativně vyšší úroveň.

Další pokračování práce by se pravděpodobně ubíralo směrem k vytvoření vlastní akce, která by více vyhovovala danému systému. Tvůrce návody by tak nebyl omezen jen předdefinovanými akcemi. Mohlo by se jednat například o parametrizaci každého dílčího kroku návody a jeho „uzavření“ do samostatné Akce. Tím by se docílilo zjednodušení celého programu. Dále bychom mohli některé animace udělat v rámci příslušných VRML modelů a tím bychom opět dosáhli určitého zjednodušení. Dále by v práci mohly být lépe vytvořené textové popisky jednotlivých kroků montáže, které jsou v návodce zobrazovány jako VRML 3D modely. Tyto popisky byly vytvořeny pomocí programu 3D Max Studio, kde opět docházelo k omezení ze strany softwaru. Popisky by mohly být nahrazeny zvukovou informací, zde je však předpoklad používání návody pouze v nehlukném prostředí, či by mohly být lépe zpracovány pomocí jiného softwaru. Dále by se mohla zkvalitnit práce použitím dvou kamer, které by snímaly stejný prostor. Autor se i o tuto variantu pokoušel, ovšem s neúspěšným výsledkem. K tomuto závěru došlo i vzhledem ke skutečnosti, že pro vytvoření interaktivní návody nebylo použití dvou kamer úplně stěžejní a proto nebyl variantě s dvěma kamerami věnován potřebný čas a prostor.

## Závěr

Diplomová práce měla v úvodu definovány svoje cíle.

První cíl je splněn především v první teoretické části práce, zejména v kapitole číslo jedna. Tato kapitola popisuje definici Augmented Reality, jak ji definoval Ronald Azuma, dále je zde zobrazeno virtuální kontinuum a popsáno rozdělení Augmented Reality z hlediska přímého a nepřímého pohledu. V této kapitole se práce ještě zabývá historií Augmented Reality a nastiňuje její možné využití. Kapitola číslo dva pojednává o tracking konfiguracích, přičemž jsou v této kapitole popsány tři nejčastější typy konfigurací.

Třetí kapitola je zaměřena na druhý cíl diplomové práce, kterým bylo vytvoření přehledu o již realizovaných interaktivních návodkách. Jsou zde vyobrazeny nejčastější případy interaktivních návodků, ať již prohlížených pomocí tabletu, mobilního telefonu či HMD displejů anebo 3D brýlí. Následující kapitola pojednává o programu Unifeye Design 2.0, popisuje jeho základní funkce a přibližuje část nazvanou Workflow Authoring GUI, která posloužila k vytvoření interaktivní návodky. V kapitole číslo pět je popsán referenční příklad, který měl za úkol odhalit možné problémy ještě před samotnou realizací vlastní interaktivní návodky dřezového sifonu.

Posledním cílem bylo vytvoření jednoduché interaktivní návodky v softwaru Unifeye Design 2.0. Postup tvorby této návodky, s popisem součástí, ze kterých se daný výrobek skládá, je nastíněn v kapitole šest. V této kapitole je představeno i montážní pracoviště, kde se bude interaktivní návodka používat. Dále jsou v kapitole šest popsány jednotlivé části pracovního postupu a následuje krátké zhodnocení softwaru použitého k tvorbě interaktivní návodky.

V této diplomové práci byly použity výsledky z projektu OP VK č.CZ.1.07/2.3.00/09.0163.

## Seznam použité literatury

- [1] AZUMA, Ronald T. *A Survey of Augmented Reality* [online]. 1997 [cit. 3.12.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- [2] AUKSTAKALNIS, Steve; BLATNER, David. *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*. Berkeley: Peachpit Press, 1992, ISBN 0938151827.
- [3] VALLINO, Jim. *Interactive Augmented Reality* [online]. 1998 [cit. 3.12.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.se.rit.edu/~jrv/research/ar/introduction.html>
- [4] MIRANDOVÁ, Gabriela; KRAJČOVIČ, Martin. Rozšířena realita v montáži. In: *Modelování a optimalizace podnikových procesů* [cdrom]. [cit. 28.11.2012].
- [5] MIRANDOVÁ, Gabriela; KRAJČOVIČ, Martin. Rozšířena realita v montáži. In: *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011, ISBN 978-80-261-0060-7.
- [6] MIZELL, David W. *Virtual Reality and Augmented Reality for Aircraft Design and Manufacturing* [online]. [cit. 3.12.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.ic-at.org/papers/95013.pdf>
- [7] RYKYTA, Miroslav; GABAJ, Ivan. *Řízení a údržba* [online]. [cit. 28.11.2012]. Dostupný na WWW: [http://www.udrzba-cspu.cz/images/casopis\\_rizeni\\_udrzba/rizeni-udrzba-19.pdf](http://www.udrzba-cspu.cz/images/casopis_rizeni_udrzba/rizeni-udrzba-19.pdf)
- [8] BURIÁNEK, Jan. *Augmented Reality* [online]. [cit. 4.12.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.pixel.cz/2702-augmented-reality>
- [9] ZAGOROVÁ, Marie. *Rozšířená realita* [online]. [cit. 4.12.2012]. Dostupný na WWW: [http://kisk.phil.muni.cz/wiki/Rozšířená\\_realita](http://kisk.phil.muni.cz/wiki/Rozšířená_realita)
- [10] ADAM, Ladislav. *Rozšířená virtuální realita (Augmented Reality) a její využití v konceptu digitální továrny*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 3.12.2012].
- [11] PITOŇÁK, Marek. *Semestrální projekt: Ergonomická případová studie montážního pracoviště*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2012 [cit. 22.1.2013].
- [12] GABAJ, Ivan; KRAJČOVIČ, Martin. Projektování výrobních systémů s využitím rozšířené reality. In: *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011, ISBN 978-80-261-0060-7.
- [13] MATĚNA, Lukáš. *Parametry systému pro rozšířenou virtuální realitu*. Brno: Masarykova univerzita, 2007 [cit. 3.12.2012]
- [14] GÖRNER, T., HOŘEJŠÍ, P., KURKIN, O., *VYZTYMDP : Virtuální realita : úvodní úroveň*, e-book, SmartMotion 2012, Plzeň, ISBN 978-80-87539-07, ZČU 2012
- [15] HOŘEJŠÍ, P., GÖRNER, T., KURKIN, O., *VYZTYMDP : Virtuální realita : základní úroveň*, e-book, SmartMotion 2012, Plzeň, ISBN 978-80-87539-07, ZČU 2012
- [16] NOVOHRADSKÁ, Hana. *Vybrané kapitoly z oftalmopedie*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, ISBN 978-80-7368-731-1.
- [17] <http://www.hitlabnz.org/> [cit. 20.10.2012]
- [18] [http://robot.kut.ac.kr/ar\\_project.html](http://robot.kut.ac.kr/ar_project.html) [cit. 10.10.2012]
- [19] <http://www.hci.otago.ac.nz/> [cit. 8.11.2012]
- [20] <http://www.metaio.com/> [cit. 3.12.2012]

- [21] <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/index.htm> [cit. 3.12.2012]
- [22] <http://www.perfectprototype.com/site/augmented-reality> [cit. 3.12.2012]
- [23] <http://www.cs.unc.edu/~azuma/> [cit. 3.12.2012]
- [24] <http://www.youtube.com/> [cit. 3.12.2012]
- [25] <http://www.artoolworks.com/> [cit. 3.12.2012]
- [26] <http://www.timcoles.info/> [cit. 3.11.2012]
- [27] <http://hwd3d.com/augmented-reality-for-new-user-training/> [cit. 3.11.2012]
- [28] <http://www.youtube.com/watch?v=uICDeYURdK8&feature=related> [cit. 3.11.2012]
- [29] <http://www.youtube.com/watch?v=PVb5jPr-VuI> [cit. 3.11.2012]
- [30] <http://www.youtube.com/watch?v=xRsiP-ICNyU&feature=related> [cit. 3.11.2012]
- [31] <http://www.youtube.com/watch?v=AvfMZUiarHI&feature=channel&list=UL> [cit. 3.11.2012]
- [32] <http://www.youtube.com/watch?v=airEeveKmNQ&feature=related> [cit. 3.11.2012]
- [33] <http://www.youtube.com/watch?v=P-Icgt dg-68&feature=related> [cit. 3.12.2012]
- [34] <http://junaio.wordpress.com/2011/02/15/easy-maintenance-with-mobile-augmented-reality/> [cit. 3.12.2012]
- [35] <http://www.metaio.com/solutions/engineering/> [cit. 3.12.2012]
- [36] <http://www.augmentedreality.tym.sk/?page=definicia.html> [cit. 3.12.2012]
- [37] <http://augmentedblog.wordpress.com/tag/augmented-vision/> [cit. 3.12.2012]
- [38] <http://kisk.phil.muni.cz/> [cit. 3.12.2012]
- [39] <http://docs.metaio.com/bin/view/Main/UnifeyeDesign> [cit. 3.12.2012]
- [40] <http://www.syberworks.com> [cit. 3.12.2012]
- [41] <http://www.all-electronics.de/texte/anzeigen/42632/Expertenhilfe-aus-der-Ferne> [cit. 14.3.2013]
- [42] <http://www.nickburcher.com/2009/05/augmented-reality-5-examples-of-this-3d.html> [cit. 11.5.2013]
- [43] <http://www.youtube.com/watch?v=HTYeuo6pIjY> [cit. 11.5.2013]
- [44] <http://www.arbitragemagazine.com/topics/trends/augmented-reality/attachment/ray-bans/> [cit. 11.5.2013]
- [45] <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wikitude.jpg> [cit. 11.5.2013]
- [46] <http://www.androidguys.com/2011/07/19/wikitude-drive-usa-arrives-android-market-win-1-2011-free-copies/> [cit. 11.5.2013]
- [47] <http://augmentedblog.wordpress.com/2011/10/28/metaio-at-the-itu-telekom-world-2011/> [cit. 11.5.2013]
- [48] <http://www.youtube.com/watch?v=bXUBBgLa4gY/> [cit. 14.5.2013]
- [49] <http://www.slipperybrick.com/tag/augmented-reality/> [cit. 14.5.2013]
- [50] <http://www.alcaplast.cz/> [cit. 14.5.2013]

[51] <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-21-stoleti-virtualni-svet-se-stava-realitou.html> / [cit. 14.5.2013]

## **Seznam příloh**

PŘÍLOHA č. 1: Markery

PŘÍLOHA č. 2: První část pracovního postupu

PŘÍLOHA č. 3: První polovina druhé části pracovního postupu

PŘÍLOHA č. 4: Druhá polovina druhé části pracovního postupu

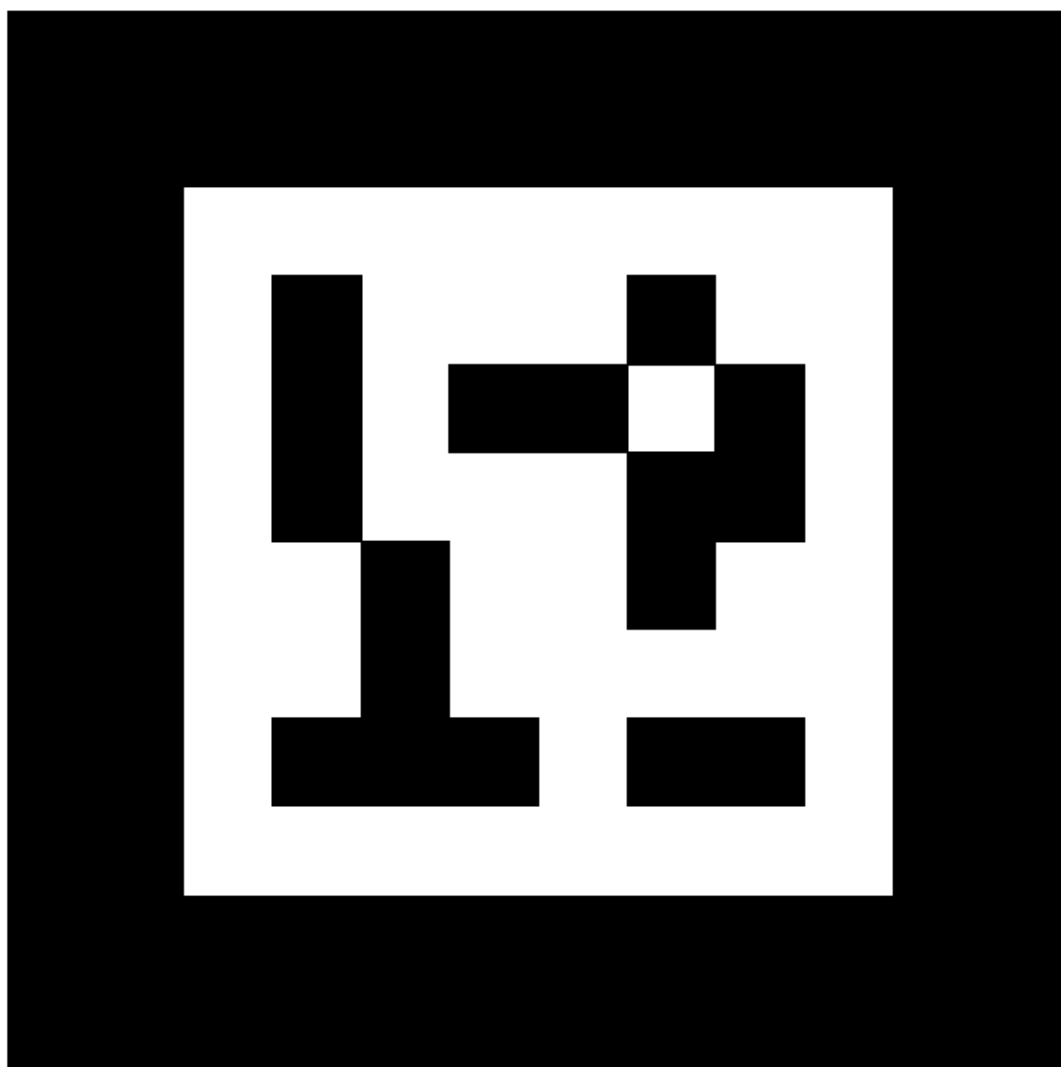
PŘÍLOHA č. 5: Třetí část pracovního postupu

PŘÍLOHA č. 6: Čtvrtá část pracovního postupu

PŘÍLOHA č. 7: Unifeye Design - tutorial

# PŘÍLOHA č. 1 Marker

metaio  
AUGMENTED SOLUTIONS



ID 1, 140mm

