

# **Animace mimiky lidského obličeje a řeči v Blenderu**

Animating expression of human face and lip-synch in Blender

Bc. Tomáš Vilímek

---

Diplomová práce  
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš VILÍMEK**  
Osobní číslo: **A09432**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Počítačové a komunikační systémy**

Téma práce: **Animace mimiky lidského obličeje a řeči v Blenderu**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte literární rešerši na zadané téma.
2. Podrobně se seznamte s prostředím Blender v jeho aktuální verzi 2.5.
3. Nastudujte tvorbu animace mimiky a výslovnosti.
4. Získané zkušenosti prakticky realizujte na 3D modelu člověka.
5. Navrhněte optimalizaci celé animace tak, aby se tato animace dala provádět v reálném čase.
6. Vytvořte tutoriál demonstrující tvorbu animování mimiky člověka, který by se dal použít při výuce Počítačové grafiky.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **WYATT, Andy. The Complete Digital Animation Course : The Principles, Practise and Techniques of Successful Digital Animation. London : Thames&Hudson, 2010. 114 s. ISBN 978-0-500-28862-7.**
2. **POKORNÝ, Pavel. Blender – naučte se 3D grafiku. 1. vyd. Praha : BEN – technická literatura, 2006. 247 s. ISBN 8-7300-203-5.**
3. **MULLEN, Tony. Introducing character animation with Blender. 1st edition. Indianapolis : Wiley Publishing, 2007. 478 s. ISBN 978-0-470-10260-2.**
4. **VYBÍRAL, Josef. GIMP – praktická uživatelská příručka. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2008. 224 s. ISBN 80-251-1945-7.**
5. **BlenderWiki [online]. 2006 [cit. 2011-01-23]. Dostupný z WWW: [http://wiki.blender.org].**
6. **Blender Art magazine [online]. 2005 [cit. 2011-01-23]. Dostupný z WWW: [http://www.blenderart.org].**
7. **Blender3D.cz [online]. 2005 [cit. 2011-01-23]. Dostupný z WWW: [http://www.blender3D.cz].**
8. **3D scéna [online]. 2002 [cit. 2011-01-23]. Dostupný z WWW: [http://www.3dscena.cz].**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

**25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**13. června 2011**

Ve Zlíně dne 25. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



prof. Ing. Karel Vlček, CSc.

*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tato práce je zaměřena na představení možností nástrojů pro animaci řeči a mimiky člověka v programu Blender. Program Blender je 3D animační a modelovací nástroj dostupný pro mnoho platforem. Tento volně šiřitelný software obsahuje většinu funkcí známých z komerčních produktů od prostorového modelování, přes práci s kamerou a světly, až k pokročilým animačním technikám.

V teoretické části je popsána základní charakteristika programu Blender v jeho nejnovější verzi 2.5, práce v jeho prostředí a nástroje pro tvorbu animace řeči a mimiky. V praktické části je podrobně popsán postup při animaci řeči i mimiky člověka a jeho praktická demonstrace.

Klíčová slova: Animace, Blender, Mimika, Řeč

## ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The aim of this thesis is to introduce possibilities of instruments for lip-synch and expression of human face animation in Blender. Blender is the open source software available for all major operating systems. It enables you 3D modeling, animation, rendering, interactive creation and playback.

The theoretical part explains primary characteristics of the latest version of Blender (2.5), describes his interface and tools for lip-synch and human face expression animation.

The practical part describes a procedure during creation of lip-synch and human face expression animation and there is also practical demonstration of this process.

Keywords: Animation, Blender, Human face expression, Lip-synch

## **Poděkování**

Chtěl bych vyjádřit poděkování vedoucímu své bakalářské práce Ing. Pavlu Pokornému, Ph.D., za uvedení do problému a za cenné připomínky a rady k obsahu práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za materiální a morální podporu při studiu.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>11</b>
1.1 ANIMACE.....	11
1.2 3D GRAFIKA .....	11
1.2.1 Modelování .....	11
1.2.2 Texturování .....	12
1.2.3 Animování.....	12
1.3 ZÁKLADNÍ POJMY 3D GRAFIKY .....	13
<b>2 CHARAKTERISTIKA PROGRAMU BLENDER</b> .....	<b>14</b>
2.1 MODELOVÁNÍ.....	14
2.2 PROSTŘEDÍ PRO TVORBU ANIMACE .....	15
2.3 ANIMAČNÍ MOŽNOSTI .....	15
2.4 RENDERING .....	16
2.5 SOUBORY A PODPOROVANÉ FORMÁTY .....	16
2.6 POPIS PROSTŘEDÍ A ZÁKLADNÍ KONFIGURACE.....	17
2.6.1 Konfigurace uživatelského rozhraní.....	18
<b>3 LIDSKÁ HLAVA A TVÁŘ Z HLEDISKA ANATOMIE</b> .....	<b>19</b>
3.1 HLAVA .....	19
3.2 TVÁŘ.....	19
3.3 MIMIKA .....	20
<b>4 ZPŮSOBY ANIMACE TVÁŘE</b> .....	<b>21</b>
4.1 VYTVOŘENÍ SYSTÉMU KOSTÍ VE TVÁŘI .....	21
4.2 PŘESOUVÁNÍ VERTEXŮ A MORFING.....	21
4.2.1 Přesouvání vertexů .....	21
4.2.2 Morfing.....	21
4.3 SROVNÁNÍ OBOU METOD .....	22
<b>5 ANIMACE ŘEČI OBECNĚ</b> .....	<b>23</b>
<b>6 NÁSTROJE PRO TVORBU ANIMACE</b> .....	<b>24</b>
6.1 ANIMACE V BLENDERU .....	24
6.1.1 Armatury .....	24
6.1.2 Skinning .....	25
6.1.3 Alternativní Weight Painting .....	25
6.1.4 Lattice objekty .....	26
6.1.5 Pose mód .....	27
6.1.6 DopeSheet .....	27
6.1.7 F-Curve Editor.....	27

6.1.8	UV/Image Editor .....	28
6.1.9	Video Sequence Editor .....	28
6.2	APLIKACE MAKEHUMAN .....	28
6.3	APLIKACE GIMP .....	29
6.4	APLIKACE VIRTUALDUB .....	29
<b>7</b>	<b>ANIMOVÁNÍ V REÁLNÉM ČASE.....</b>	<b>30</b>
7.1	NORMÁLOVÉ MAPY .....	30
7.2	PROGRAM SMALLLUXGPU .....	31
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>ANIMACE MIMIKY POMOCÍ SYSTÉMU KOSTÍ VE TVÁŘI.....</b>	<b>33</b>
8.1	HLAVA .....	33
8.2	OČI A VÍČKA .....	35
8.3	ČELIST.....	39
8.4	OBLIČEJ.....	41
8.5	HORNÍ RET.....	44
8.6	SPODNÍ RET .....	46
<b>9</b>	<b>ANIMACE MIMIKY POMOCÍ MORFINGU .....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>ANIMACE ŘEČI .....</b>	<b>53</b>
10.1	ANIMACE ŘEČI POMOCÍ SYSTÉMU KOSTÍ VE TVÁŘI.....	53
10.2	ANIMACE ŘEČI POMOCÍ MORFINGU .....	53
<b>11</b>	<b>OPTIMALIZACE ANIMACE PRO REALTIME RENDERING .....</b>	<b>57</b>
11.1	TVORBA NORMÁLOVÝCH MAP V BLENDERU.....	57
11.2	VYUŽITÍ PROGRAMU SMALLLUXGPU .....	60
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>	
<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>62</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>65</b>	
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>66</b>	
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>68</b>	

## ÚVOD

Animace je velmi oblíbený druh umění a lidstvo ji používá již od nepaměti. Loutkové a kreslené filmy si získaly miliony diváků, avšak nynějším trendem se stala počítačová animace a obzvláště 3D animace.

Existuje mnoho vynikajících grafických aplikací pro tvorbu 3D grafiky. Z hlediska kinematografie je nejvýznamnější aplikace Maya, poté následuje 3D studio max, Cinema 4D a mnoho dalších komerčních produktů. V poslední době se do popředí propracovává také Blender.

Blender je multiplatformní „OpenSource“ aplikace, tzn. že jeho zdrojový kód je volně přístupný prostřednictvím internetu. Je hojně využíván především pro jeho univerzalitu a vysokou výkonnost (navzdory zanedbatelné velikosti). I když uživatelské prostředí je odlišné od MS WINDOWS aplikací, po jeho pochopení je jednoduché a přívětivé pro uživatele. Kvalitu Blenderu dokládá i jeho nominace mezi nejlepšími deseti Animačními/VFX nástroji časopisem Animation z roku 2008.

Tato práce by měla zdůraznit výhody Blenderu a předvést práci s ním zejména v oblasti animace mimiky člověka, tímto by zároveň mohla posloužit jako inspirace a pomůcka výuky pro studenty bakalářského studia FAI UTB ve Zlíně. Tato práce volně navazuje na mou bakalářskou práci *Animace pohybu člověka v Blenderu* z roku 2009 a tvoří s ní návod ke kompletní animaci lidských postav.

V práci jsou ukázány a poté podrobně rozebrány dva způsoby jak animovat lidskou mimiku a řeč. Je zde také jejich porovnání a úvaha nad tím, která z metod je vhodnější pro mimiku a která pro řeč. K vytváření animací bylo použito mnoho nástrojů programu Blender, které jsou též popsány v teoretické části práce.

Cílem práce je vytvořit názorný návod pro pokročilejší uživatele, kteří chtějí začít s animací svých postav. Je zde použit jak popis, tak i ukázkové příklady s obrázky a na DVD jsou přiloženy scény i hotová videa. Po jejím přečtení by měl člověk znát prostředí programu Blender, základy jeho ovládání a také by měl být schopen samostatně vytvořit animaci mimiky i řeči člověka. Texty nejsou samoúčelným naplněním požadovaného rozsahu, ale jsou cíleny na uživatele, kteří by z nich chtěli čerpat, neboť toto téma je velice zajímavé a česky psaných materiálů k němu je velmi málo.

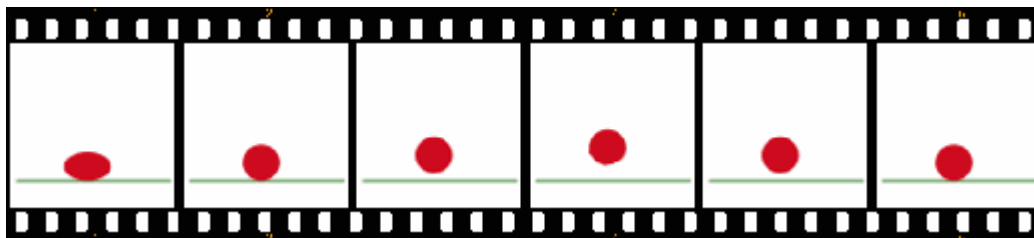
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ZÁKLADNÍ POJMY

## 1.1 Animace

Animace je způsob vytváření zdánlivě se pohybujících věcí. Slovo pochází z cizího slova znamenajícího oživení.

Princip animace je zaznamenání sekvence snímků, které jsou každý o sobě statický a drobně se od sebe liší. Při rychlém zobrazování těchto snímků za sebou vzniká díky setrvačnosti lidského oka dojem pohybu. Snímky se však musí přehrávat takovou rychlostí, kterou už oko nepostřehne. [5]



*Obr. 1. Animace skákajícího míčku*

## 1.2 3D grafika

Počítačová trojrozměrná (3D) grafika je významné odvětví počítačové grafiky. Pracuje s trojrozměrnými geometrickými daty, která jsou využita k renderingu 2D obrázků. Nejpopulárnějším způsobem využití 3D grafiky jsou animace (případně filmy) a počítačové hry, ale 3D-grafické techniky se využívají i ve vědě a průmyslu například pro počítačové simulace. [6]

### 1.2.1 Modelování

Pojmem 3D modelování se rozumí proces tvarování a vytváření 3D modelu, který může být reprezentován několika způsoby. Modely mohou být vytvořeny na počítači člověkem pomocí modelovacího nástroje, podle dat získaných měřicím přístrojem z reálného světa nebo na základě počítačové simulace.

Asi nejobvyklejší reprezentace tvaru tělesa je tzv. hraniční reprezentace. Těleso je popsáno jako mnohostěn zcela určený svými hranicemi (stěnami, hranami a vrcholy). Téměř všechny počítačové modely, které se používají ve hrách a filmech, jsou hraniční modely.

V projektování a CAD se používá metoda CSG (konstruktivní geometrie pevných těles). Modely se konstruují z primitivních geometrických těles (koule, kvádr, válec, kužel, toroid) operacemi sjednocení, průniku a rozdílu. Pro zobrazování se tento model většinou převádí do hraniční reprezentace.

V objemové reprezentaci jsou tělesa jsou definována jako množina bodových vzorků získaných např. lékařským tomografem nebo 3D scannerem. Pro zobrazování se používá metoda sledování paprsku, speciální algoritmy (které zviditelňují buď objem nebo povrch) nebo se tělesa převádějí do hraniční reprezentace. [6]

### 1.2.2 Texturování

Jednou z významných činností při tvorbě 3D grafiky je vytváření a mapování textur. Textura je obrázek, kterým je „obaleno“ těleso; v nejjednodušší formě jsou textury používány pro obarvení modelu, ale na tělese může být více vrstev textur, které určují například i průhlednost či lesklost v daném bodě na povrchu. Pomocí textur je možné dosáhnout velmi dobrých výsledků a vysoké úrovně detailu při použití relativně jednoduchého modelu.

Každý bod na povrchu tělesa má potom kromě souřadnic X, Y, Z (které určují polohu bodu v prostoru) ještě 2 souřadnice označované většinou jako U a V, které určují umístění textury na daném místě. Proces umístění textury na povrch tělesa se proto často nazývá „UV mapování“. [6]

### 1.2.3 Animování

Pod pojmem „animace“ se ve 3D grafice nerozumí pouze samotný pohyb objektů, ale i definice zdrojů světla, úhlu pohledu kamery, barev a dalších prvků, které se mohou měnit v čase. Nejjednodušší metoda animace zvaná keyframing je založená na stejném principu jako klasická 2D počítačová animace. Spočívá v definování klíčových „mezních“ pozic, mezi kterými potom počítač vytvoří plynulý přechod.

Animace postav a mechanických zařízení je ve 3D grafice často založena na animaci kostry modelu. Stejně jako skutečný živý organismus i 3D model má kostru a jednotlivým částem modelu se určí, ke které kosti náleží. Pokročilé 3D grafické nástroje usnadňují animaci

kostry díky technice zvané inverzní kinematika. Na rozdíl od klasické animace kostry, kdy animátor určuje úhly všech kloubů, stačí při použití inverzní kinematiky určit pozici několika klíčových částí kostry a polohy kloubů jsou dopočítány algoritmicky.

Existuje mnoho dalších technik animace, které se využívají ve 3D grafice. Některé programy umožňují animaci na základě simulace fyzikálních jevů jako je gravitace, pohyb vodní hladiny a podobně. Pro velmi realistickou animaci postav se zase využívá technologie motion capture, kdy je pomocí speciálního zařízení zachycen pohyb živého herce a nahraná data jsou potom aplikována na 3D model postavy. [6]

### 1.3 Základní pojmy 3D grafiky

- Pixel: bod v obraze
- Polygon: obecně jde o 2D mnohoúhelník. V hrách se často používá pouze trojúhelník, protože je pro grafickou kartu nejjednodušší zpracovávat.
- Vertex: vrchol polygonu
- Edge: hrana polygonu
- Mesh: Sít'ový model, objekt ve 3D scéně
- Textura: bitmapa určená pro namapování na 3D model
- RayTracing: metoda sledování paprsku
- Render: v podstatě jde o vizualizaci dat, resp. přenesení modelu do 2D bitmapy. Existují softwarové rendery a hardwarové rendery. Softwarové jsou přesnější, počítá je procesor, ale trvají výpočetně mnohonásobně déle. Hardwarový render je použit pro náhledy a v hrách
- Mapování textur: Je styl jakým je objekt potahován obrázkem (texturou), většinou vychází ze základních geometrických primitiv (rovina, koule, válec)
- Particles: Neboli částice jsou objekty jako tráva, vlasy, déšť a podobně
- Metaballs: Jsou v počítačové grafice organické n-dimenzionální předměty
- Relative shape keys: Klíč odpovídající přeměně z jednoho tvaru meshe na jiný
- Ambient Occlusion: Metoda stínování, napodobuje skutečné chování zdroje světla tím, že započítává tlumení světla zastíněním [14]

## 2 CHARAKTERISTIKA PROGRAMU BLENDER

Blender je multiplatformní open source aplikace zaměřená na vytváření 3D modelů, animací, rendering, postprodukční činnost a v neposlední řadě interaktivních aplikací.

Multiplatformní znamená, že Blender lze spustit nejen v systému Windows, ale i pod Linuxem, na Mac OS X a mnoha dalších. Open source znamená, že je program nejen zcela zdarma a to i pro komerční využití, ale také, že lze stáhnout kompletní zdrojové kódy, zkompilovat je na vlastní sestavě pro optimalizaci výkonu, libovolně je upravovat a případně se aktivně podílet na dalším vývoji Blenderu.

Nové verze jsou veřejnosti představovány většinou v horizontu 3-4 měsíců a kromě řady drobných vylepšení uvádí také nové nástroje a funkce sledující aktuální vývoj potřeb svých uživatelů i uživatelů 3D software obecně.

Kromě nástrojů pro modelování, animaci a renderování obsahuje Blender také GameEngine, ve kterém je možné vytvářet interaktivní prezentace, průchozí vizualizace např. interiérů domů a počítačové hry, vše přímo v Blenderu pomocí interního grafického editoru s možností doplnění kódem v objektově orientovaném programovacím jazyce Python ([www.python.org](http://www.python.org)).

Vedle interního hybridního scanline/raytrace rendereru nabízí Blender také přímý výstup v externím rendereru Yafray, který je rovněž k dispozici zcela zdarma.

Blender lze doplnit celou řadou rozšíření ve formě Python skriptů, v nichž existují i velmi složité pluginy např. pro generování stromů, trávy, zvířecí srsti a pod., či importní a exportní filtry pro komunikaci s jinými aplikacemi.

Další rozšíření jsou možná použitím materiálových či sekvenčních (postprodukčních) pluginů, dodávaných ve formě knihovnických souborů (např. .dll). [13]

### 2.1 Modelování

- Práce s polygony, Nurbs plochami, bezier a B-spline křivkami, metabally, vektorové fonty (TrueType, PostScript, OpenType)
- Catmull-Clark povrchy (ekvivalent meshsmooth) s editovatelnou ostrostí/oblostí hran
- Editování polygonálního meshe s volitelnou selekcí vertexů, hran nebo faců

- Boolens operace pro mesh
- Editovací funkce jako extrude, bevel, cut, spin, screw, warp, subdivide, noise, smooth...
- Sculpt mode je modelovací nástroj pracující s různými druhy kartáčů, výborně se hodí pro modelování organických věcí s různými zakřiveními.
- Možnost doprogramovat si pomocí Pythonu modelační nástroje dle potřeby. [13]

## 2.2 Prostředí pro tvorbu animace

Interface Blenderu je poměrně originálně řešený a zejména pro uživatele přecházející z jiných 3D aplikací může působit poněkud zmateně. Velmi rychle však proniknete do jeho filosofie a zjistíte, že je neuvěřitelně efektivní, intuitivní a umožní vám tvořit vaše modely a animace rychle, přirozeně a bez nutnosti intenzivně přemýšlet, kde najít jakou funkci skrytou v několikátém submenu. [13]

## 2.3 Animační možnosti

- Deformační armatury (kosti- skeletony) s dopřednou i inverzní kinematikou (FK, IK), autoskinning a interaktivní nastavování vah deformačních skupin pomocí nástroje WeightPaint
- Několik typů constraints pro rigging
- Pose mód, automatizace posunu postavy se zacyklenou animací chůze (walkcycle) podél definované cesty (path)
- Animace vertex keys a relative shape keys (obdobu morph targets ) s ovládacími posuvníky
- Particle efekty s deformátory podle větru, gravitace, mag. přitažlivosti/odpuzování a detekcí kolizí
- SoftBodies (např. simulace látek) s detekcí kolizí
- Animovatelná deformace lattice
- Podpora "motion curve" i tradičního key-frame editování
- Podpora zvuku a nástrojů pro synchronizaci zvuku a obrazu

- Možnost doprogramovat si pomocí Pythonu animační nástroje, případně „řízené animace“ dle potřeby. [13]

## 2.4 Rendering

- Možnost výběru z 2 renderovacích enginů- interní Blender renderer (hybridní scanline/raytrace) a přímý přístup k externímu raytraceru Yafray
- oversampling, motion blur, postprodukční efekty (glow, zblur...) fields, nečtvercové pixely
- environment mapy, halo, lens flare, mlha...
- několik materiálových shaderů pro difusní a specularitní kanál- Lambert, Phong, Oren-nayar, Blinn, Toon, Minnaert, Wardlso
- Edge rendering pro efekt vytažených okrajů (cartoon)
- Procedurální textury
- *Ambient Occlusion*
- *Radiosity*
- Množství exportních skriptů do dalších raytracerů, např. pro Povray, Renderman(RIB) Virtualight
- UV editor s několika metodami pro unwrap (např velmi efektivní LSCM). [13]

## 2.5 Soubory a podporované formáty

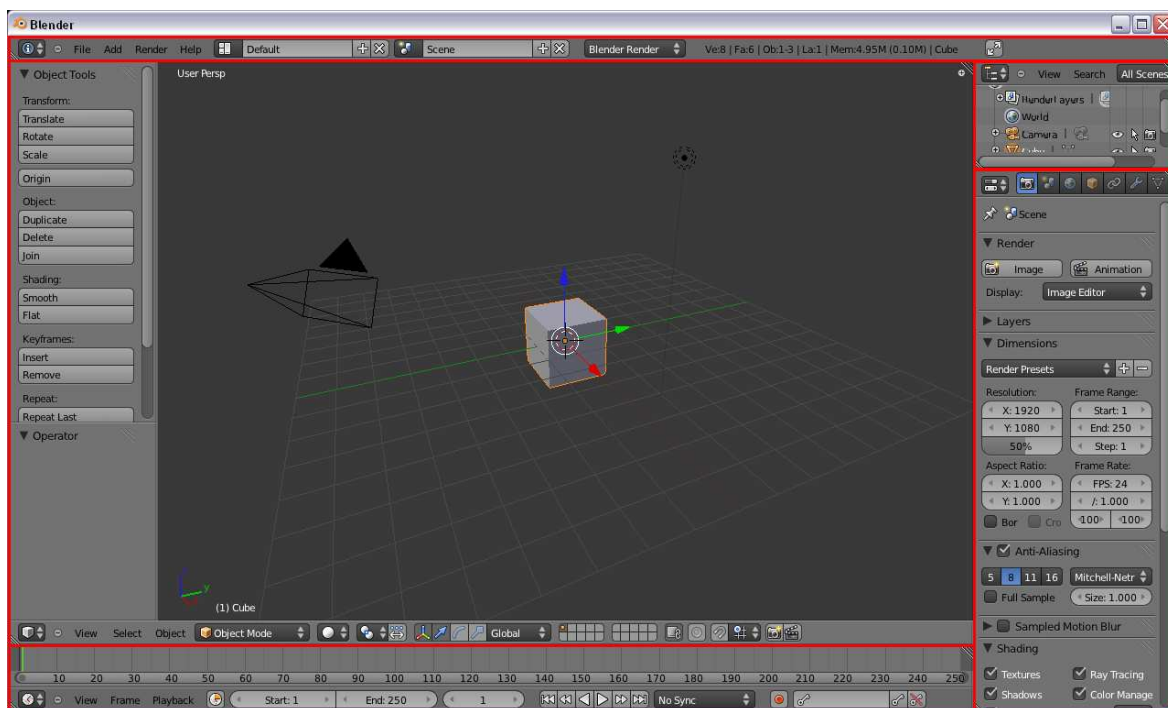
- Všechna data ve scéně se ukládají do jediného souboru s příponou „.blend“
- .blend formát podporuje kompresi, digitální podpisy, zakódování, dopřednou i zpětnou kompatibilitu a může být použit jako knihovna, do níž přistupujete z jiného souboru.
- Čte/zapisuje TGA, JPG, PNG, Iris (+ Zbuffer), SGI Movie, IFF, AVI and Quicktime GIF, TIFF, PSD, MOV
- Nativní podpora importu a exportu DXF formátu, Inventor a VRML souborů, přes python skripty je umožněn import/export do množství dalších formátů (OBJ, LWO, COB...), ty hlavní skripty jsou již součástí staženého Blenderu

- Vytvoření samospustitelných souborů (.exe) s interaktivními 3D aplikacemi, hrami apod. nebo je můžete přehrávat ve webovém prohlížeči s příslušným Plutonem. [13]

## 2.6 Popis prostředí a základní konfigurace

Uživatel komunikuje s programem pomocí klávesnice a myši. Pro efektivitu práce je důležité naučit se ovládat jednou rukou myš a druhou klávesnici, jelikož Blender je vybaven klávesovými zkratkami téměř na všechny operace a každý musí uznat, že je rychlejší zmáčknout klávesu, než vyhledat onen prvek v menu. [2]

Při spuštění Blenderu ve Windows se otevřou dvě okna, jedno textové, kde se objevují informace o funkci programu atd. a druhé grafické, které bude běžného uživatele zajímat nejvíce. Celé okno Blenderu se skládá z několika oken, které lze různě přesouvat a dokonce i oddělovat.



Obr. 2. Základní obrazovka Blenderu

Na obrázku jsou červeně zvýrazněna jednotlivá okna, která se zobrazí v základním nastavení, tato okna lze i přepínat. Po spuštění Blenderu jsou hned k použití tato okna: Info, 3D View, Timeline, Properties a Outliner.

Okno Info slouží především k uživatelskému nastavení, uživatel zde nalezne položky jako Uložit, Otevřít, Import, Export, ale také menu pro přidání objektu do scény a také několik přednastavených rozložení oken.

V okně Properties je možno nastavit většinu parametrů objektů ve scéně, nalezneme zde funkce pro transformace, nastavení a nebo vztahy mezi objekty.

Jedno z nejdůležitějších oken je 3D View, kde manipulujeme se všemi objekty ve scéně. Ve 3D okně vidíme kromě mřížky také žlutě označenou krychli, trojúhelník a červenobílý kruh. Žlutá krychle je objekt *Cube*, který je standardní součástí každé nové scény. Onen dvoubarevný kruh je pak *3D kurzor*. Je možné jej přemísťovat kliknutím levého tlačítka myši na místo určení. Pokud do scény vložíme nový objekt, objeví se právě na místě, kde se nachází *3D kurzor*. Poslední objekt na scéně je *kamera*, která představuje směr pozorovatele a určuje směr pohledu.

V tomto okně se dají přepínat pohledy pomocí jednotlivých čísel na numerické klávesnici a nebo držením prostředního tlačítka myši, čímž se dostanete do "*free look view*" (pokud nemáte tří tlačítkovou myš, můžete prostřední tlačítko emulovat stiskem levého **Alt + levé tlačítko myši**), kdy tažením myši v různých směrech s výhledem rotujete. Přidržením tlačítka **CTRL** a tažením myši (stále se stisknutým prostředním tlačítkem) nahoru nebo dolů se přibližujete nebo oddalujete.

Okno Timeline je časová osa, obsahuje kurzor a znázorňuje na kterém snímku se aktuálně nachází. Pohybem po časové ose přehráváme vytvořené animace, obsahuje i tlačítka jako play a stop. [16] [17]

### 2.6.1 Konfigurace uživatelského rozhraní

Blender je velmi "user friendly" a tak umožňuje nastavit rozdělení oken podle vkusu uživatele. Když najedeme myší na pruhovaný trojúhelníček v rohu okna, kurzor se změní na křížek a pokud klikneme a táhneme, vytvoříme nové okno. Pokud při vytváření okna přidržíme klávesu **Shift**, okno se osamostatní. Pokud chceme vytvořené okno zrušit, najedeme opět myší na pruhovaný trojúhelníček a táhneme s ním směrem k jinému oknu, okna se spojí do jednoho.

### 3 LIDSKÁ HLAVA A TVÁŘ Z HLEDISKA ANATOMIE

#### 3.1 Hlava

Hlava je horní část lidského těla nad krkem, ve které se nachází většina smyslových orgánů společně s centrem nervové soustavy - mozkem. Nacházejí se zde centra zraku (oči), sluchu (uši), chuti (chuťové pohárky na jazyku), čichu (nos) a velmi jemné hmatové zakončení po celém obličejí (nejvíce v oblasti úst). Většina těchto center je umístěna v oblasti obličejí. Nachází se zde i otvor pro přijímání potravy (ústa) a zároveň i pro dýchání (nos a ústa).

Hlava je tvořena z 28 samostatných kostí. Tyto kosti dohromady tvoří lebku. Nejhornější a zároveň i nejpevnější oblastí je horní část lebky zvaná kranium čili mozková schránka, ve které se nachází mozek. Mimika obličejí je zajišťována více jak 30 svalů, které lidem umožňují vyjadřovat emoce pomocí změn v obličejí (např. úsměv či mračení). Horní část hlavy je chráněna vlasy, které slouží jako přirozená termoregulace. [7]

#### 3.2 Tvář

Tvář (latinsky facies) je jiné, poetičtější označení pro obličej, plochou přední část lidské hlavy a jednu z výrazných anatomických charakteristik člověka. Bez srsti, s plochým čelem, výraznými očima vedle sebe, se zdůrazněnými rty a velmi bohatým svalstvem, které umožňuje mimiku, je tvář nositelem rozmanitých výrazů a také nejvíce individualizovanou částí lidského těla, charakteristikou jednotlivé osoby. Proto se jí člověk nejčastěji identifikuje (např. na průkazech).

Z evolučního hlediska je obličej součástí zásadních anatomických změn, jež vedly ke vzniku člověka. Souvisí se vzpřímenou postavou, se změnou nasazení hlavy na páteř a s uvolněním rukou, jimiž člověk uchopuje potravu, takže nepotřebuje vyčnělé čelisti. Ztráta srsti, zvýraznění očí bělmem, očnicovými oblouky a obočím, bohatá muskulatura i výrazně zbarvené a jemně ovladatelné rty dávají tváři charakteristický individuální vzhled (podobu), poskytují prostředky pro bohatou mimiku a neverbální komunikaci. [8]

### 3.3 Mimika

Mimika (z řeckého mimeomai, napodobovat, představovat) je vědomé vyjadřování výrazem tváře, způsobené stahy obličejových svalů. Je – vedle gestikulace - důležitou složkou nonverbální komunikace, hereckého umění, pantomimy i živého vyjadřování.

Mimické schopnosti člověka ve srovnání s jinými živočichy silně podporuje plochý obličej bez srsti i bohatá muskulatura. Na výrazu tváře se nejvíce podílejí oči a ústa, proto si je herci zvýrazňují maskováním. Také svraštělé čelo, přimhouřené oko, ohrnutý ret nebo nos jsou jednoduché prostředky, jimiž rychle a úsporně vyjadřujeme své soudy a hodnocení. Mimické výrazy jsou kromě toho většinou nezávislé na kultuře a jazyku, takže mohou sloužit k dorozumívání i tam, kde si lidé jazykově nerozumějí.

Lidskou mimikou ve srovnání s primáty se důkladně zabýval Charles Darwin, pokusy s mimikou dělal také Jan Evangelista Purkyně. [9]



*Obr. 3. Svaly obličeje*

## 4 ZPŮSOBY ANIMACE TVÁŘE

### 4.1 Vytvoření systému kostí ve tváři

Tato metoda má výhodu ve veliké variabilitě výrazů, kterých můžeme dosáhnout. Kostí v obličejí zastávají funkci významných svalů a jejich pohybem tvarujeme *mesh* tak, abychom dosáhli cíleného výrazu tváře. Největší úskalí se zde skrývá ve *skinningu*, neboť je náročné označit skupiny *vertexů* tak, aby byla deformace co nejlepší. Podle potřebného rozsahu mimiky se přidává počet kostí, čím více propracovaná by měla mimika být, tím více kostí se musí přidat. Základem je mrkání očí, otevírání pusy, pohyb obočí, potažmo čela a samozřejmě rtů. Méně často se pak vyskytuje například možnost krčení nosu.

### 4.2 Přesouvání vertexů a morfing

#### 4.2.1 Přesouvání vertexů

Tato technika spočívá v přesouvání vertexů modelu tak, aby vznikl nový tvar objektu a používá se v kombinaci s morfingem, kde se vytvoří několik tvarů, například výrazů obličejí a mezi nimi se tzv. morfuje. Pokud je však model složitý, je velmi obtížné docílit touto technikou přijatelné výsledky.

#### 4.2.2 Morfing

Morfing nebo morphing je speciální efekt používaný ve filmu nebo při animaci, při kterém dojde k plynulé záměně jednoho digitálního obrázku na jiný obrázek. Při této proměně dochází k metamorfóze zdrojového obrázku na cílový obrázek podle předem definovaných pravidel. Cílem je vytvoření takové animační sekvence, která by byla interpretována jako plynulá transformace jednoho obrazu na druhý. Analogicky je tomu i pro 3D objekty.

V minulosti byly pro tento účel používány různé filmové techniky, dnes se používají téměř výhradně počítače (v minulosti se jednalo o tzv. výkonné pracovní stanice). Filmové použití bez počítačů bylo omezeno prakticky jen na prolínačky statických záběrů. Morfing se od ní ale liší právě výše zmíněnými pravidly, podle kterých má být prováděn – pomocí nich lze říct, která oblast obrázku má být zmorfována a která zůstat původní, kterým partiím obrázku věnovat zvýšenou pozornost i třeba v jakých fázích a jak rychle konečný

morfining provést. Specifickým pravidlem/parametrem morfiningu může být vektorová síť rozdělující obraz na polygony, jejichž krajní body lze upravit. Tato síť je následně operátorem upravena do dvou verzí – počáteční a koncové fáze – přičemž daný software dopočítá všechny mezifáze. Speciálně u morfiningu tváří se síť rozprostře tak, aby polygony odpovídaly důležitým rozpoznávacím znakům tváře, zejména těm, odrážející její mimiku (oblast kolem očí a obočí, oblast kolem úst), kterým je větší podobnost než zbytku obličeje. [10]

### 4.3 Srovnání obou metod

Ačkoliv obě metody pracují na úplně jiném principu a každá z nich má své výhody a nevýhody, je někdy dobré a v některých případech dokonce nezbytné je kombinovat. Toto vyplývá z výhod a nevýhod každé z metod.

Morfiningem lze dosáhnout takřka všech tvarů, které si animátor vymyslí, což je velká výhoda této metody. Nevýhodou však je, že každý výraz musíme modelovat zvlášť a to může být velmi náročné, zejména pokud ještě nevíme co přesně budeme animovat, pokud není animátor moc zdatný v modelování a navíc je model hodně složitý.

Vytvořením systému kostí ve tváři dosáhneme velké variability z hlediska možností výrazů, můžeme jednoduchým pohnutím s několika kostmi vytvořit kterýkoliv výraz, což z této metody dělá uživatelsky příjemnější možnost animace. Nevýhodou jsou však úskalí, která nás mohou potkat při vytváření kostí, respektive při *skinningu*. Jsou totiž případy, kdy pohyb kostí způsobuje nepřírozené deformace a není žádný způsob jak lépe *mesh* *naskinnovat*. Ze zkušeností například při otevírání úst mohou vznikat deformace v koutcích, které nelze jen tak přehlížet.

Abychom odstranily nedostatky obou metod, je vhodné je kombinovat a tím docílit velice dobrého výsledku. Například můžeme využít variability systému kostí ve tváři a nepřírozené deformace odstranit morfiningem. Navíc můžeme vylepšit mimiku tím, že například vymodelujeme vrásky na čele hlavy a s posouváním kostí pro krčení čela se tyto vrásky budou objevovat a prohlubovat. Pokud se nám tedy podaří tyto metody dobře skloubit, nestojí nám již nic v cestě k dokonalé animaci lidského obličeje.

## 5 ANIMACE ŘEČI OBECNĚ

Animace řeči se provádí řadou způsobů a patří mezi jednu z nejsložitějších animací vůbec. U špičkových animací se modeluje každá hláska zvlášť a poté se na patřičném místě použije. Důležitá je správná synchronizace audio a video stopy tak, aby vymodelovaná hláska přesně seděla s řečí. Existuje jedno výrazné ulehčení práce a to modelovat obecně tvar úst, který je s trochou fantazie podobný více písmenům. Rozdělení písmen se liší v různých literaturách a to i podle použitého jazyka. V češtině lze použít například těchto variant tvaru úst pro skupiny písmen:

- 1.) A, E,
- 2.) I, H, L
- 3.) C, D, G, K, R, S, T
- 4.) Q, X, Y, Z
- 5.) F, V, W
- 6.) J, N
- 7.) M, P, B
- 8.) O, U

Další postup při animaci by se dal shrnout do následujících bodů:

- Přesně si uvědomit, a následně napsat, co by postava měla říkat
- Namluvit monolog (dialog)
- Načíst zvukovou stopu do programu na časovou osu
- Poznačit si snímky na kterých se mění tvar úst (například na pozicích vytvořit klíče)
- Na konkrétní snímky přiřadit patřičné tvary úst
- Animaci vyrenderovat a objektivně zhodnotit
- Začít s odstraňováním nedostatků a finálními úpravami.

Animace řeči vyžaduje mnoho zkušeností a tak je dobré experimentovat a zkoušet různá vylepšení tak, aby byl výsledek co nejlepší. Nezbytnou součástí je také pozorování ať už někoho nebo sama sebe před zrcadlem. [1]

## 6 NÁSTROJE PRO TVORBU ANIMACE

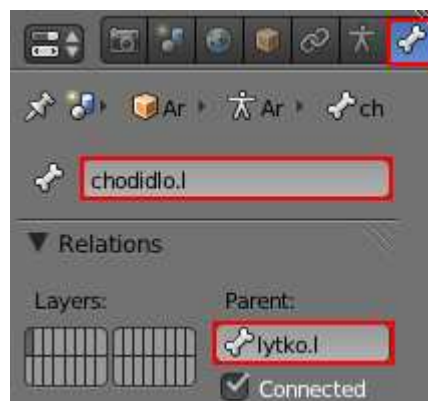
### 6.1 Animace v Blenderu

Klíčovým objektem pro animaci pomocí kostí, je objekt *armature*. Výhodou je snadné ovládání při animaci a velká variabilita použití.

#### 6.1.1 Armatury

Armaturu vložíme příkazem *Add > Armature > Single Bone*, poté se přepneme do editačního módu, kde můžeme armaturu transformovat (např. pomocí klávesy **G** přesouvat, **S** zvětšovat, **R** s ní rotovat atd.). Pokud chceme dosáhnout komplexu kostí, vyselektujeme požadovaný kloub (jednotlivé kosti jsou spolu spojeny pomocí kloubů tzv. *joints*) a stiskem klávesy **E** vyextrudujeme další kost. Takto můžeme postupovat dále, dokud nedostaneme požadovaný systém kostí. Každá takto vytvořená kost je dědicem kosti předešlé a tudíž v hierarchii podřízená svému rodiči. Kombinací kláves **Shift + E** lze vytvořit zrcadlový systém kostí, který výrazně ulehčuje práci se souměrnými objekty.

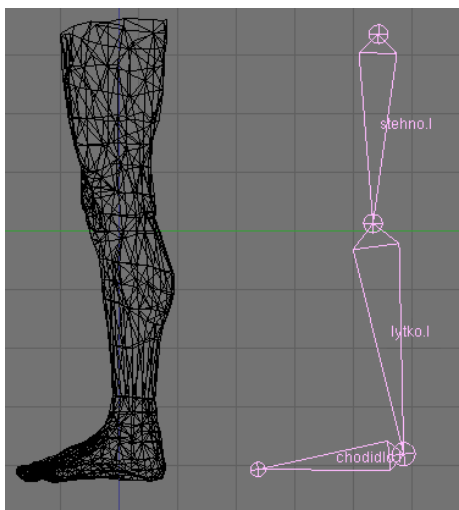
Pojmenováním armatur si můžeme výrazně ulehčit práci. Vhodná jména armaturam přiřadíme tak, že v editačním módu vyselektujeme příslušnou kost a v menu *Bone* vidíme název kosti. Je zde možnost zkontrolovat, která kost je které nadřazená, tzn. že například kosti *chodilo.l* je nadřazené *lytko.l*, zatímco *stehno.l* je v dané hierarchii nejvýše a není jí tedy nadřazena žádná další kost. [11]



Obr. 4. Pojmenování armatur

### 6.1.2 Skinning

Armatury slouží především k tomu, abychom jejich pomocí deformovali *mesh*. Pro tento účel musíme upravit jak armaturu, tak i samotný *mesh*. Tento postup budu demonstrovat na modelu dolní končetiny, získaného za pomoci programu *MakeHuman* a pro něj vytvořené armatuře.



Obr. 5. Skinning dolní končetiny

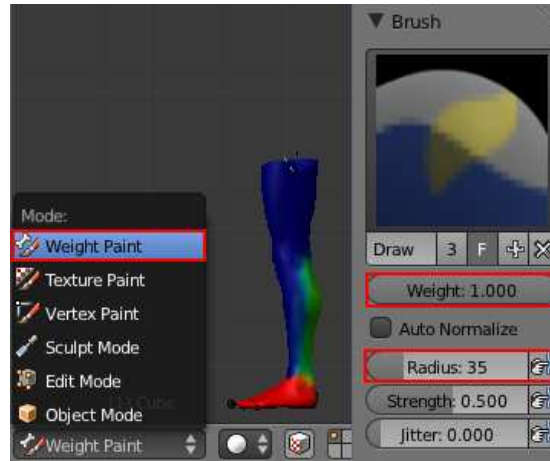
Jednotlivé kosti jsou tedy pojmenovány podle výše uvedeného postupu. Nyní je třeba vytvořit deformační skupiny *vertexů* u *meshe*, ty musí mít stejné názvy jako příslušné kosti. Vytvoříme např. deformační skupinu *stehno.l*, ve které budou všechny *vertexy* nacházející se v oblasti stehna. Protože skupina se jmenuje stejně jako kost armatury, bude tato kost po připojení deformovat právě tyto *vertexy* a žádné jiné.

Postup pro vytvoření nové deformační skupiny je následující. Přemístíme armaturu dovnitř *meshe* a nadřadíme ji (vyselektovat *mesh*, potom armaturu a stiskneme **Ctrl + P**). Vybereme možnost *Armature Deform – With Empty Groups*, tím se armatura přidá do modifikátorů *meshe*. [11]

### 6.1.3 Alternativní Weight Painting

Touto technikou můžeme přiřadit jednotlivým deformačním skupinám místa objektu, které mají být příslušnou armaturou ovlivněny, přitom tato místa mohou mít odlišnou míru deformace. Jinak řečeno, sklopíme-li špičku chodidla dolů, tímto pohybem je mírně ovlivněn i lýtkový sval. Pro práci v tomto módu vyselektujeme *mesh* a v *Mode* menu zvolíme *Weight Paint*. *Mesh* je zde zobrazen barevně, přičemž modrá barva značí nulovou

deformaci *meshe* a červená maximální (pro zvolenou deformační skupinu). Barvu nanášíme kliknutím a tažením kurzoru myši, přičemž velikost, míru a váhu deformace lze upravit v menu *Brush*. [3]



Obr. 6. Weight Painting mód

#### 6.1.4 Lattice objekty

Tyto objekty nejsou *mesh*, ale používají se k manipulaci i s objekty tohoto typu. *Lattice* tedy slouží k deformaci různých typů objektů, konkrétně se jedná o *Surface*, *Mesh* a částicové systémy. Přidat *Lattice* objekt do scény můžeme standardním způsobem, tedy výběrem možností *Add > Lattice*. V 3d okně tyto objekty představují 3dimenzionální soustavu prvků, jejichž pohybem můžeme přímo ovlivňovat dceřiné objekty. Vytvořit vazbu mezi *Lattice* a jinými objekty můžeme klávesovou kombinací **Ctrl + P**, přičemž *Lattice* objekt musí být vybrán až jako druhý. *Lattice* objekty v dnešních verzích Blenderu disponují vlastním panelem s nastaveními, který najdeme v sekci *Object Data*, v panelu *Lattice*. V něm se nachází vícero možností, které si popíšeme v následujících řádcích. Parametry *U*, *V*, a *W* udávají počet hrán v jednotlivých osách. Vedle nich se nachází tlačítka *BSpline*, *Cardinal* a *Linear*, pomocí kterých můžeme určit způsob interpolace pro každou z os. Po úspěšném nastavení a vytvoření vazby můžeme začít s úpravou objektu v *Edit* módu, například pomocí transformačních funkcí *Grab*, *Rotate*, a *Scale*. Objekty typu *Lattice* kromě výše uvedených nastavení obsahují i jiné, konkrétně je to upravitelná váha každého *vertexu*, kterou můžeme nastavit stiskem klávesy **W** (při stisku musíme mít označenou skupinu prvků, kterým chceme upravit váhu). [15]

### 6.1.5 Pose mód

Kromě editačního módu, do kterého vstoupíme klávesou **Tab**, mají armatury ještě *Pose mód*. Ten umožňuje animovat rotaci kostí a tím i celého *meshe*, avšak nelze je zde přidávat ani odstraňovat. Do tohoto módu se dostanete kombinací kláves **Ctrl+Tab**. Armatura zde má černé ohraničení, vyselektovaná žluté. Vkládáním animačních klíčů (klávesa **I**) pro armaturu a rotací kostí můžeme dosáhnout např. animace chůze, kterou lze uložit do data bloků pro pozdější použití. [11]

### 6.1.6 DopeSheet

#### Action Editor

Action editor se od verze Blenderu 2.5 stal součástí DopeSheet editoru, který pod sebou nyní slučuje několik původně samostatných editorů. Action Editor pracuje s animačními klíči armatur (*action keys*). Obsahuje kanály, které mají identický název kostí a klíče. Lze je hromadně nebo individuálně selektovat, přesouvat je po časové ose a kopírovat. To vše stejným způsobem jako u objektů v *3D Windows* (tzn. klávesami pro přesun **G**, duplikace **Shift+D**, atd.). Lze tak editovat pořadí klíčů i jejich časování a vkládání duplikovaných klíčů opakujících se poz. [12]

#### ShapeKey Editor

ShapeKey editor se též v nové verzi Blenderu stal součástí DopeSheet editoru. Pomocí něj můžeme animovat tzv. morfing, jednotlivé ShapeKeys (klíče znázorňující určitý tvar animovaného objektu) jsou zde reprezentovány podobně jako kosti v Action editoru a na časovou osu se přiřazují jednotlivé animační klíče při každé změně hodnoty ShapeKey. [12]

### 6.1.7 F-Curve Editor

Tento editor nahrazuje ve verzi 2.5 starý IPO editor a je opět změněno i jeho umístění, nyní se nachází v Graph editoru. Zde lze upravovat křivky animovaných objektů, každá animace je reprezentována křivkou a její úpravou můžeme dosáhnout například rozechvění objektu. Křivkám lze měnit interpolace (beziérova, lineární nebo konstantní) a také přiřadit různé modifikátory, například harmonické kmitání nebo šum. [12]

### 6.1.8 UV/Image Editor

Tento editor umožňuje UV nanášení textur a editaci sítě meshe tak, abychom docílili požadovaného efektu. Editor lze vyvolat kombinací kláves **Shift + F10** a práce v něm je obdobná jako v okně 3D View. Klávesové zkratky pro přesunutí, zvětšení, rotaci, označení atd. jsou stejné, rozdíl je však v tom, že UV/Image editor nepracuje v trojrozměrném prostoru, ale jen na dvourozměrné ploše.

### 6.1.9 Video Sequence Editor

Tento editor umožňuje tvorbu animací a také manipulaci s nimi. Umožňuje jejich skládání, vložení efektů a nebo například přechodů mezi jednotlivými animacemi. Navíc podporuje vložení zvuků, obrázků a dokonce i videí do scény.

## 6.2 Aplikace MakeHuman



Obr. 7. MakeHuman

MakeHuman vznikl původně jako Python skript pro Blender, po několika roztržkách s vývojáři Blenderu se ale vývoj oddělil a byl kompletně přepsán do C++, jako tentokrát už nezávislý program.

Je to Open Source aplikace na generování lidských postav, umožňuje vytvořit postavu, kterou si uživatel vymyslí. Dá se zde měnit pohlaví, výšku, váhu, věk a spoustu parametrů obličeje a hlavy, čímž lze vyjádřit například rasovou příslušnost. Dále je možnost libovolně pohybovat s postavou a nebo vybrat některou z přednastavených pozic.

Takto vzniklou postavu můžete exportovat, pro uživatele většiny grafických programů nejlépe jako soubor.OBJ a poté ji načíst ve svém oblíbeném grafickém programu. V této práci byla aplikace používána ke generování lidských postav, potažmo hlavy. [18]

### 6.3 Aplikace GIMP

GIMP (GNU Manipulation Program) je grafický editor, sloužící ke tvorbě a úpravě bitmapových obrázků. Program, jak vyplývá již z názvu, je k dispozici zdarma pod licencí GPL. Obsahuje širokou škálu standardních nástrojů, jako například možnost práce s kanály, vrstvami a cestami, grafické filtry a standardní nástroje (štětec, pero, tužka, razítko a podobně). GIMP je multiplatformní, takže existuje ve verzi pro Windows i pro Linux. V práci byl používán ke tvorbě a úpravě textur. Program Gimp je výborným nástrojem pro tvorbu textur a taky jsou textury použité v této práci vytvořeny právě pomocí něj. [4]

### 6.4 Aplikace VirtualDub

VirtualDub je program free GNU licence, který zjednoduší práci s videem. VirtualDub slouží ke konverzi a grabování videa. Umožňuje použít různé filtry, jako např. ořezávání, zvětšování, zmenšování, odstraňování rušivých vlivů, přidávání jasu, kontrastu aj. Video se zde může různě stříhat, upravovat podíl komprese i u zvuku a mnoho jiného. Tento program byl využit pro zpracování vyrenderovaných animací. [19]

## 7 ANIMOVÁNÍ V REÁLNÉM ČASE

### 7.1 Normálové mapy

Především v herním průmyslu je potřeba renderovat 3D objekty v reálném čase a právě zde je hojně využívána technika tzv. *normal mapping*.

Ve 3D grafice normála povrchu určuje směr kolmý k povrchu modelu. Pro počítání stínování se tento vektor využívá spolu s vektory směru světla a kamery pro výpočet výsledné barvy pixelu povrchu objektu. V běžném phong stínování má každý vertex vlastní normálu a povrch polygonu se interpoluje mezi těmito vektory. Pro ostré hrany má vertex na takové hraně ležící normály dvě pro každou stranu hrany.

U normálového mapování jde o přenesení detailu high-poly modelu (detailního modelu) na herní low-poly model (zjednodušený model) bez skutečné změny geometrie – za zachování co nejnižších nároků na výkon počítače. Samozřejmě tento přenos detailu není dokonalý, ale je to technika, se kterou lze dosáhnout velmi zajímavých výsledků. Samotná normálová mapa je RGB textura jako všechny ostatní, ale v jednotlivých R, G a B kanálech se ukládá směr normály povrchu v místě modelu, na kterém je tento pixel namapován. Standardní phong stínování počítá barvu pixelu na objektu interpolací normál vertexů. Pokud použijeme normálovou mapu, získáme tedy větší kontrolu nad směrem normál na povrchu – můžeme měnit směr pro každý texel.

Jak už bylo řečeno, tato technika má také své slabiny. Mění pouze chování povrchu materiálu při dopadu světla, nikoliv samotnou geometrii modelu. Není tedy schopná změnit siluetu modelu, překrývat sama sebe (např. vysoké výčnělky), ani vytvářet stíny. [20]

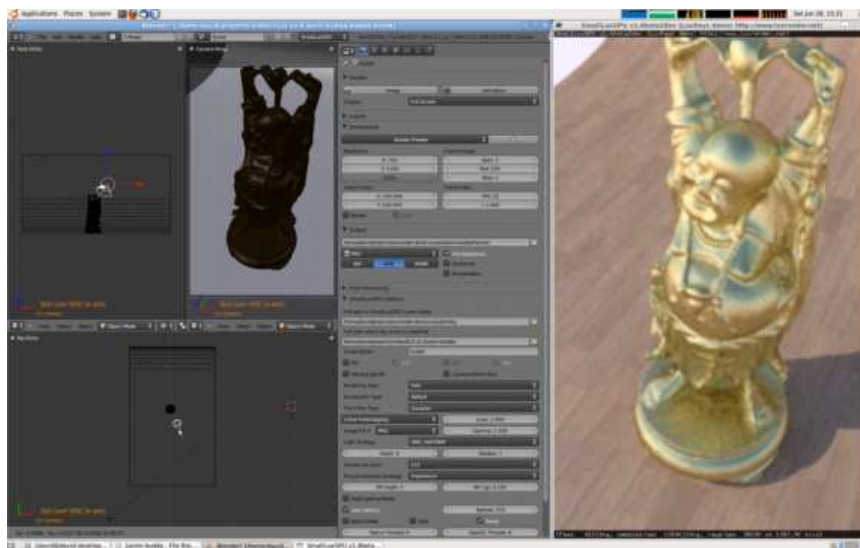


Obr. 8. Model bez a s normálovou mapou

## 7.2 Program SmallLuxGPU

SmallLuxGPU je experiment, který používá grafický procesor (GPU) k tomu, aby program LuxRender, za pomoci standardu pro paralelní programování OpenCL, renderoval obraz v reálném čase. To je úžasná možnost jak pracovat s pokročilými zobrazovacími metodami v Blenderu a zkrátit čas renderování obrazu pomocí zapojení GPU. SmallLuxGPU dokáže vykreslovat v reálném čase i velmi složité objekty a materiály.

SmallLuxGPU 1.6 má obrovskou výhodu v tom, že jej lze integrovat přímo v Blenderu (od verze 2.50) a to s kompletním ovládacím panelem. V Blenderu pak můžeme editovat objekty i jejich materiály a nebo dokonce přehrávat vytvořené animace a v okně LuxRenderu vidíme v reálném čase jak bude vše vypadat. Pomyslnou třešničkou na dortu je to, že SmallLuxGPU je zcela zdarma. [21]



Obr. 9. Ukázka integrace SmallLuxGPU do Blenderu

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

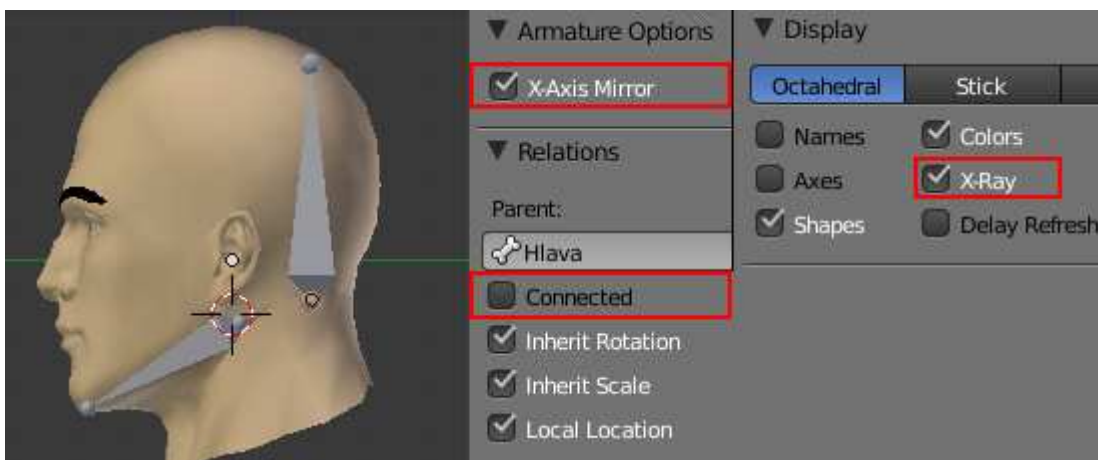
## 8 ANIMACE MIMIKY POMOCÍ SYSTÉMU KOSTÍ VE TVÁŘI

### 8.1 Hlava

#### Armatura

Armatura, kterou budeme vytvářet logicky vychází ze základní biologické stavby kostry a svalů člověka. Konstrukci hlavy člověka tvoří především lebka, a tak začneme kostí, která bude suplovat její funkci. Lebka navazuje na páteř někde v oblasti zátylku a tam tedy umístíme první kost. Přidáme ji přes *Add >> Armature>> Single Bone* do míst zátylku.

Poté se přepneme do *Edit módu (Tab)* a této kosti nastavíme vlastnosti. *X-Axis Mirror* (menu *Armature Options* na levé straně okna *3D View*) zajistí, že bude možno vytvářet zrcadlově obrácené kosti, což nám značně ulehčí práci při jejich dalším vytváření. *X-Ray* (menu *Display* v záložce *Object Data*) umožní to, že je kost viditelná v *meshi* (modelu), což je výhodné, protože ji nemusíme pracně hledat. Po nastavení těchto parametrů označíme horní kloub vytvořené kosti a klávesou **E** z ní *vyextrudujeme* další kost, která bude mít sklon čelisti. Tuto nově vytvořenou kost označíme a odškrtneme *Connected* v menu *Relations*, nacházející se v záložce *Bone*, tím ji odpojíme od své rodičovské kosti. Přesuneme ji na pozici čelisti asi tak, jako na *obrázku 10*. Obě kosti nyní pojmenujeme v záložce *Bones* jako *Hlava* a *Celist*. Ačkoliv jsme pevné spojení mezi kostmi přerušili, čelist stále zůstává dědicem od hlavy a tak se bude pohybovat při každém pohybu hlavy, což potvrzuje i čárkovaná čára mezi těmito kostmi.

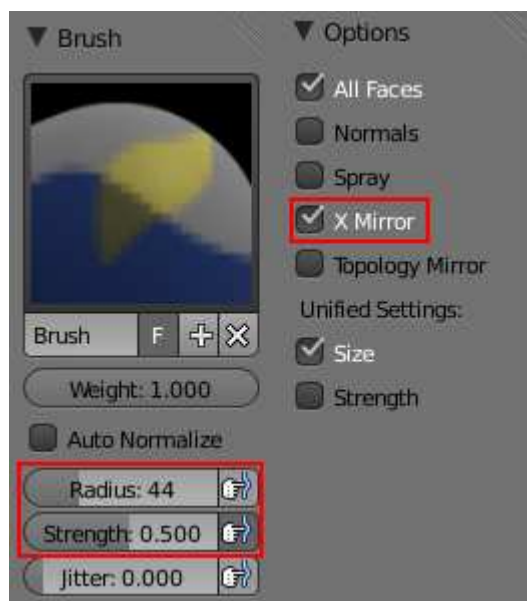


Obr. 10. Pozice základní kosti a nastavení armatury

## Skinning

Kosti jsou tedy hotové a aby mohly nyní deformovat model, musíme jim přiřadit deformační skupiny. Přepneme se do *Object* módu jak na armatuře, tak i na modelu. Označíme model hlavy, poté kost hlavy a po stisku **Ctrl + P** vybereme možnost *Armature Deform – With Empty Groups*, tím se armatura přidá do modifikátorů *meshe*.

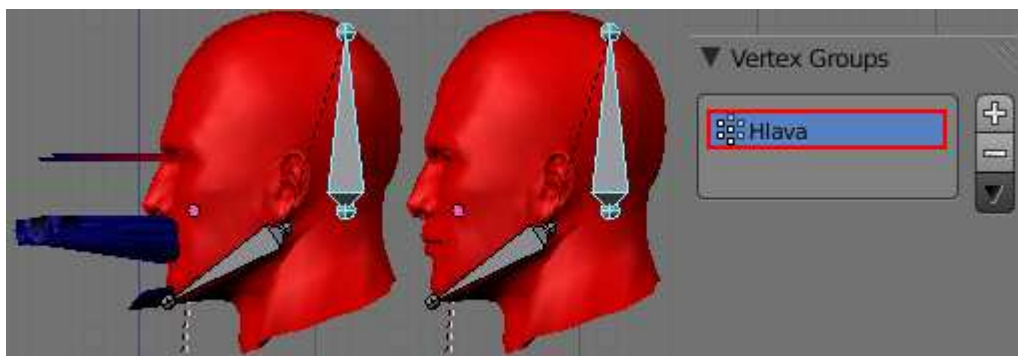
Nyní označíme armaturu a přepneme se do *Pose* módu (pokud je totiž armatura v *Pose* módu, lze při *Weight Paintingu* přepínat mezi deformačními skupinami pouhým vybráním příslušné kosti) a následně označíme *mesh*. V *Móde menu* se přepneme do *Weight Paint* módu a v menu *Brush* nás budou zajímat tyto položky: *Strength* nastavuje váhu, kterou bude *mesh* deformován. Čím menší váha, tím méně bude *mesh* na pohyb kosti reagovat. Dále *Radius*, což je velikost štětce. Práci nám také ušetří položka, *X Mirror* v menu *Options*, která zajišťuje zrcadlové nanášení váhy, takže v podstatě stačí nanést váhy jen na polovinu a druhá se dotvoří automaticky.



Obr. 11. Menu pro nanášení vah

Přejdeme nyní k vytváření vah našeho modelu. Jsme tedy ve *Weight Paint* módu a máme označenu kost hlavy, zapneme *X Mirror* a začneme malovat plnou váhou na hlavu. Vidíme, že v menu *Vertex Groups* (záložka *Object Data*) se automaticky vytvořila deformační skupina *vertexů* jménem **Hlava**. Jelikož nemáme vytvořenou páteř, přiřadíme hlavě i krk, takže v podstatě celý model hlavy by měl být červený. Nejsme však schopni označit například zuby, které jsou uvnitř modelu. Proto pohneme s kostí hlavy do některé strany a

označíme kusy *meshe*, které ještě nejsou přiřazeny. Poté vrátíme kost na původní místo v *Pose módu* klávesami **Alt + G**.



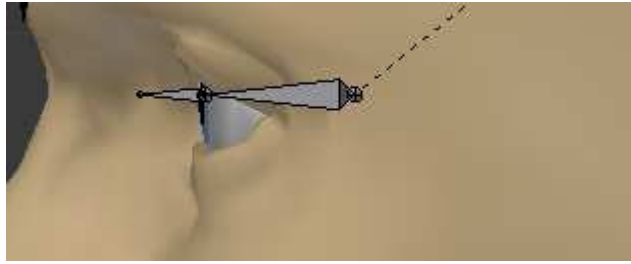
Obr. 12. Weight Painting hlavy

## 8.2 Oči a víčka

### Armatura

V *Edit módu* znovu označíme horní kloub kosti **Hlava** a pomocí kláves **Shift + E** z ní v ose **Y** vyextrudujeme dvě zrcadlově obrácené kosti. Jednu po druhé označíme a opět položkou *Connected* odpojíme od hlavy. Pokud budeme manipulovat s jednou kostí, druhá bude zrcadlově kopírovat její pohyb. Označíme tedy jen jednu kost a pomocí kláves **G** pro pohyb, **S** pro zmenšování/zvětšování a **R** pro rotaci, kosti přesuneme do pozice očí tak, aby začínaly uprostřed bulvy a končily na čočce oka. S výhodou lze používat také kláves **X**, **Y**, **Z**, například u pohybu, neboť se tím pohyb omezí pouze na příslušnou osu.

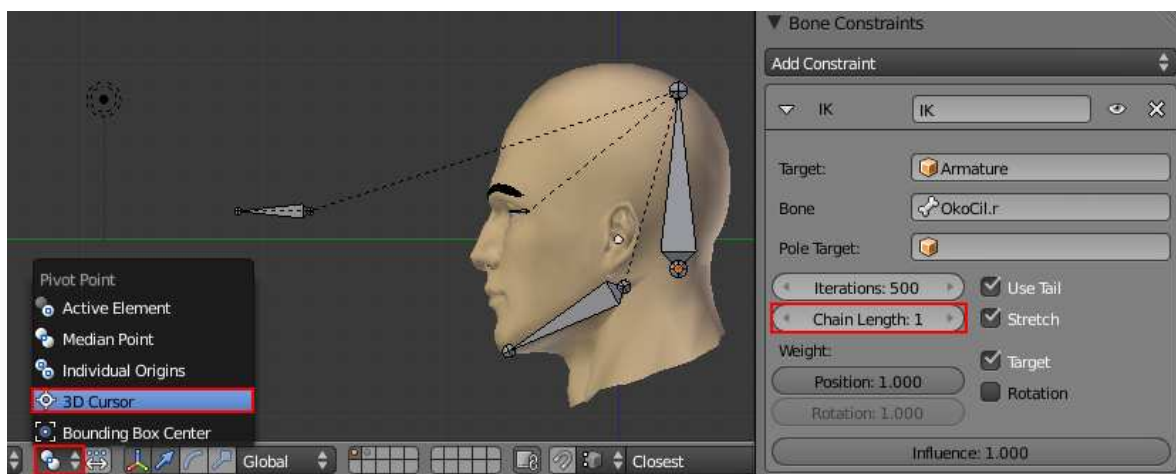
Po přesunutí nově vytvořených kostí a jejich pojmenování (**Oko.r** a **Oko.l**) se přesuneme do *Pose módu*. Označíme oko, poté příslušnou kost a stiskem **Ctrl + P** vyvoláme menu *Set Parent to*, kde vybereme možnost *Bone*, to zajistí pohyb oční bulvy současně s touto kostí. Analogicky provedeme postup i pro druhé oko. Dále označíme armaturu a přepneme se do *Edit módu*, kde označíme horní kloub jedné z kostí oka a **E** extrudujeme další kosti. Položkou *Connection* je odpojíme od rodičů a pojmenujeme je **OkoCil.r** a **OkoCil.l** neboť tyto kosti budou cílem, na který se bulvy zaměří.



Obr. 13. Pozice kostí v oku

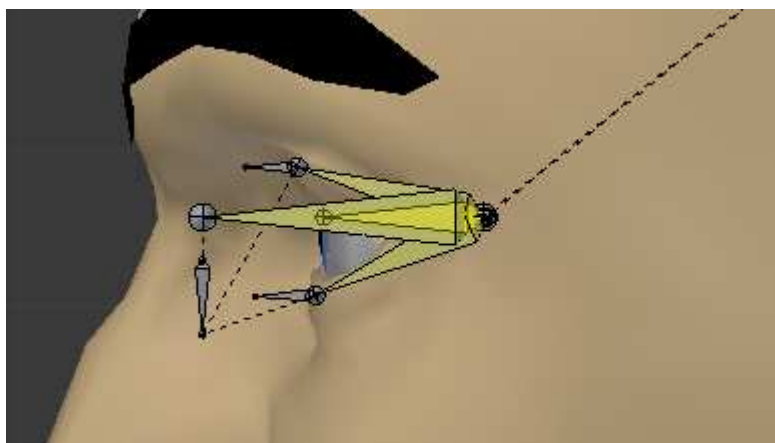
V bočním pohledu a *Edit* módu označíme horní kloub kosti hlavy. Pomocí **E + Y** vyextrudujeme kost, kterou pojmenujeme jako *Cil* a položkou *Connection* odpojíme od hlavy. Abychom kosti přesně zarovnali, označíme cíle očí vytvořené v předchozích krocích a kombinací kláves **Shift + S** vyvoláme menu *Snaps*, ve kterém označíme možnost *Cursor to Selected*. V menu *Pivot Point* nastavíme *3D Cursor*, zajistíme tím nastavení kursoru na požadované místo. Nyní označíme kost *Cil* a opět klávesami **Shift + S** vyvoláme menu, ve kterém pro změnu vybereme možnost *Selection to Cursor* a tím se kost dostane přesně na místo, kde ji chceme mít. Označíme cíle jednotlivých očí, poté kost *Cil* a stiskneme **Ctrl + P**. Následně vybereme možnost *Keep offset* a přesuneme všechny tři kosti před obličej.

Přepneme se do *Pose* módu, označíme *OkoCil.l* a *Oko.l*. Stiskneme **Shift + I** a vybereme možnost *To Active Bone*, čímž přidáme kosti *Constraint*. V menu *Bone Constraints*, které se nachází ve stejnojmenné záložce, pak musíme nastavit *Chin Length* na 1 a ten samý postup provedeme i pro oko pravé. Nyní můžeme pohybovat s kostí *Cil* a vidíme, že oči tento pohyb sledují.



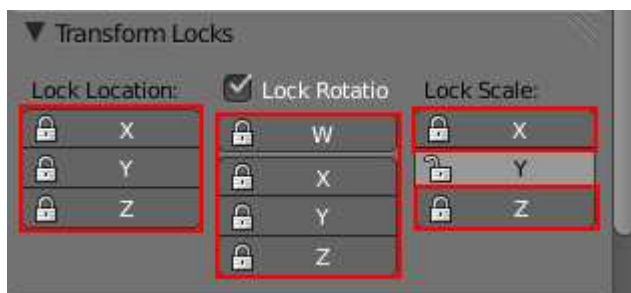
Obr. 14. Pozice cílů očí a nastavení omezení

Opět se přesuneme se do *Edit* módu a označíme spodní kloub kosti *Oko.l*, stiskem **Shift + S** a výběrem *Cursor to Selected* přesuneme kurzor na námi požadované místo. Označíme kost oka a **Shift + D** a **R** ji zkopírujeme a nastavíme na oční víčko. V tom nám pomůže i označení horního kloubu duplikované kosti a klávesa **G**. S označeným kloubem stiskneme **E** a *vyextrudujeme* malou kost v ose *Y*. Všimněme si, že automaticky tvoříme i oko pravé. Obě kosti označíme a **Shift + D** a **R** rotujeme na spodní víčko, kde kosti upravíme, aby odpovídaly *obrázku 15*. Kostí si pojmenujeme například *VickoH.r* pro horní víčko pravého oka, pro dolní *VickoD.r*, pro kosti co z nich vychází pak *VickoH2.r* a *VickoD2.r*. Nesmíme zapomenout pojmenovat i kosti levého oka. Označíme si prostřední kost oka a **Shift + D** a **S** ji duplikujeme a prodloužíme rovnoběžně s osou *Y*. Kost oka tím sice jakoby zmizí v nově vytvořené kosti, ale to vůbec nevadí. Kostí nazveme třeba *VickoP.r* a *VickoP.l*. Následně označíme konečné kosti víček a prostřední nově vytvořenou kost a po stisku **Ctrl + P** vybereme *Keep Offset*. Přepneme se do *Pose* módu a víčka jakoby zmizí, protože mají nastaveno omezení. Musíme tedy postupně označit všechna víčka a omezení zrušit křížkem v menu *Bone Constraints*. Poté se víčka vrátí na původní místo. Kostí *VickoP* však omezení ponecháme. Označíme prodloužení víčka, poté víčko, **Shift + I** a *To Active Bone* přidáme omezení kosti. Toto musíme ještě upravit změnou *Chin Length* na 1, postupně u všech čtyřech víček. Nyní se přesuneme zpět do *Edit* módu, vybereme horní kloub kosti *VickoP.l* a **E** z ní *vyextrudujeme* kost směrem dolů v ose *Z*. Poté ji od rodiče odpojíme položkou *Connected* (musíme označit i druhou kost a odpojit ji neboť tlačítko zrcadlově nefunguje) a posuneme kousek dolů v ose *Z*. Tyto kosti pojmenujeme *Mrkani.r* a *Mrkani.l*. Následně označíme konečné kosti víček a kost pro mrkání. Po stisku **Ctrl + P** vybereme *Keep Offset* a mezi kostmi se objeví čárkovaná čára.



Obr. 15. Pozice kostí oka

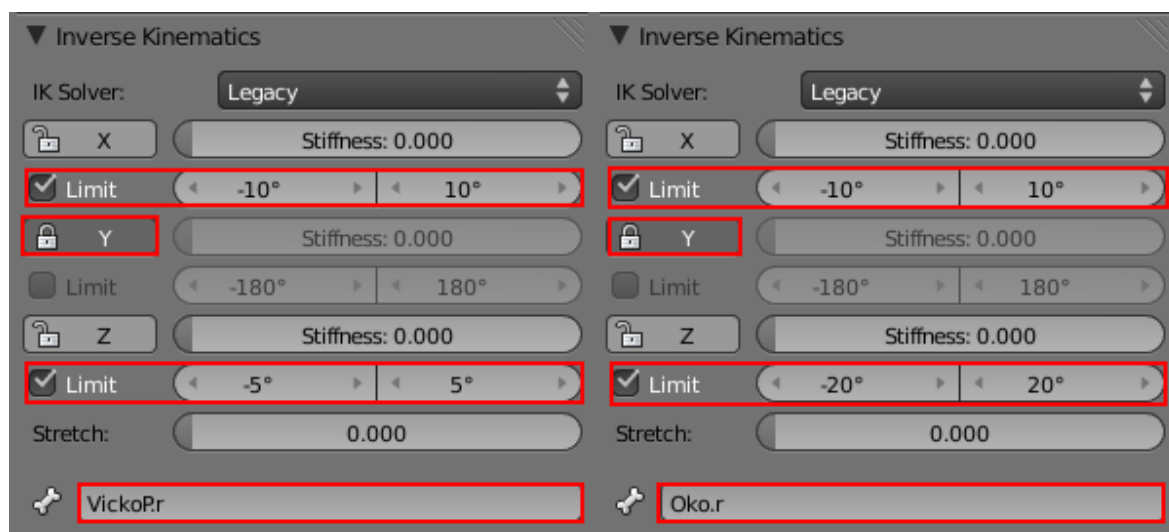
V *Pose* módu označíme kost pro mrkání a v menu *Transform Locks* v záložce *Bone* zamkneme všechny položky kromě *Scale Y* a *Scale Z*. Totéž provedeme i pro druhou mrkací kost. Nyní si můžeme označit jednu nebo obě kosti pro mrkání a přes klávesu **S** vyzkoušet mrkání, pokud se kost zmenšuje, víčka se přibližují a naopak.



Obr. 16. Zamknutí položek

Z hlediska vytvoření kostí by to u oka mohlo stačit, ale lidské oko samozřejmě nemá možnost otáčet se libovolně. Proto dáme oku ještě omezení, aby se lépe animovalo a nemuseli jsme si hlídat, jak moc máme oko vytočené. Víčko bude částečně sledovat oko, ale s větším omezením.

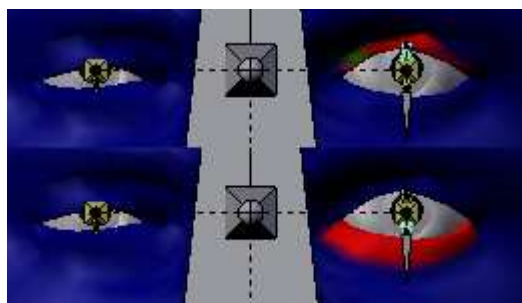
V *Pose* módu označíme kost **VickoP.r** a v menu *Inverse Kinematics* v záložce *Bone* nastavíme limit rotace v osách *X* a *Z*. Totéž provedeme i pro kost **Oko.r**, jen s jinými hodnotami. Pro levé oko budeme postupovat stejně, hodnoty omezení jsou na *obrázku17*.



Obr. 17. Nastavení omezení rotace

### Skinning

Nyní můžeme přejít ke *skinningu*. Samotné bulvy nepotřebují *skinning* neboť jsme je přiřadily kostem jako celky, soustředíme se tedy na víčka. Označíme horní víčko jednoho oka a přepneme se do *Weight Paint* módu hlavy. Nezapomeneme na aktivování položky *X Mirror*. A aby se nám lépe nanášely váhy, jedno oko můžeme přivřít. Jak budeme na oku pracovat, uvidíme přímo změny na druhém přivřeném. Dále už prostě musíme jen nanášet váhy, přivírat, zavírat a otvírat oči a upravovat, dokud se nám nebude výsledek líbit. Je výhodné podle potřeby zapínat a vypínat tlačítko s obrázkem ruky vedle *Strengt*, které ovlivňuje to, jestli kreslíme váhu po polygonech a nebo volně.

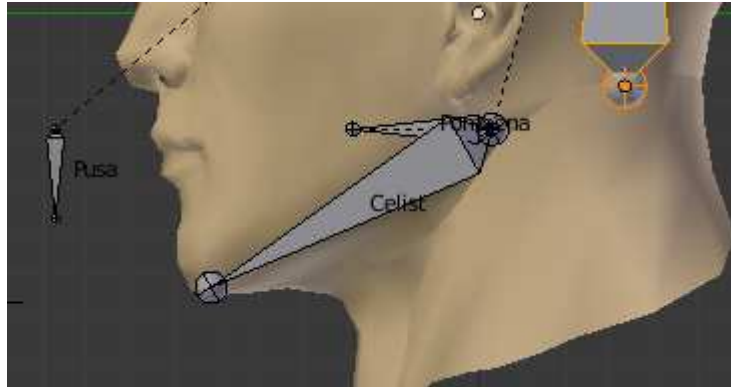


Obr. 18. Váhy víček

## 8.3 Čelist

### Armatura

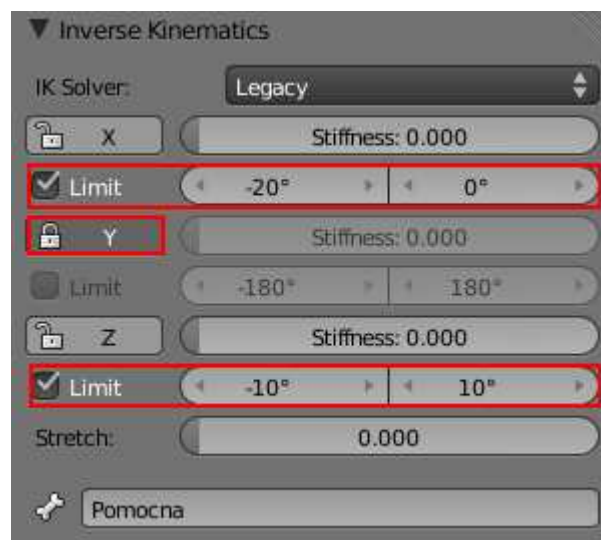
Kost čelisti jsme již vytvořili zároveň s kostí hlavy. Nyní vytvoříme celou její logiku podobně jako u očí, aby bylo možno ji co nejsnadněji animovat. V *Edit* módu označíme kloub u rozšířené části čelisti a klávesami **E** a **Y** z ní *vyextrudujeme* novou kost. Tato by měla mít jako rodiče kost hlavy a pojmenujeme ji například *Pomocna*. Dále si označíme kost čelisti, poté pomocnou kost a vytvoříme mezi nimi spojení pomocí **Ctrl + P**, *Keep Offset*. Z pomocné kosti *extrudujeme* další kost, kterou odpojíme položkou *Connected*, jako rodiče jí určíme hlavu (v menu *Relations* v záložce *Bone* políčko *Parent*) a předsuneme ji v ose *Y* někam před ústa. Kost nazveme *Pusa* neboť se jí bude řídit otevírání pusy.



Obr. 19. Kostí čelisti

Přepneme se nyní do *Pose* módu a označíme nejdřív kost **Pusa** a poté **Pomocna** a klávesami **Shift + I** vyvoláme menu, kde vybereme *To Active Bone*, tím přidáme omezení. V menu *Constraints* změňme *Chin Length* na 1 a nyní můžeme pomocí kosti ovládat rotaci čelisti.

Podobně jako u očí i lidská čelist je omezena v pohybu a tak můžeme s výhodou přidat určitá omezení, která nám pomohou při pozdější animaci. V *Pose* módu vybereme pomocnou kost a v menu *Inverse Kinematics* v záložce *Bones* nastavíme *Limit X* a *Limit Z* dle hodnot z následujícího obrázku. Je samozřejmé, že čelist se nemůže zavřít více než na doraz k horní čelisti. Jistá omezení jsou i v pohybu čelistí do boku.

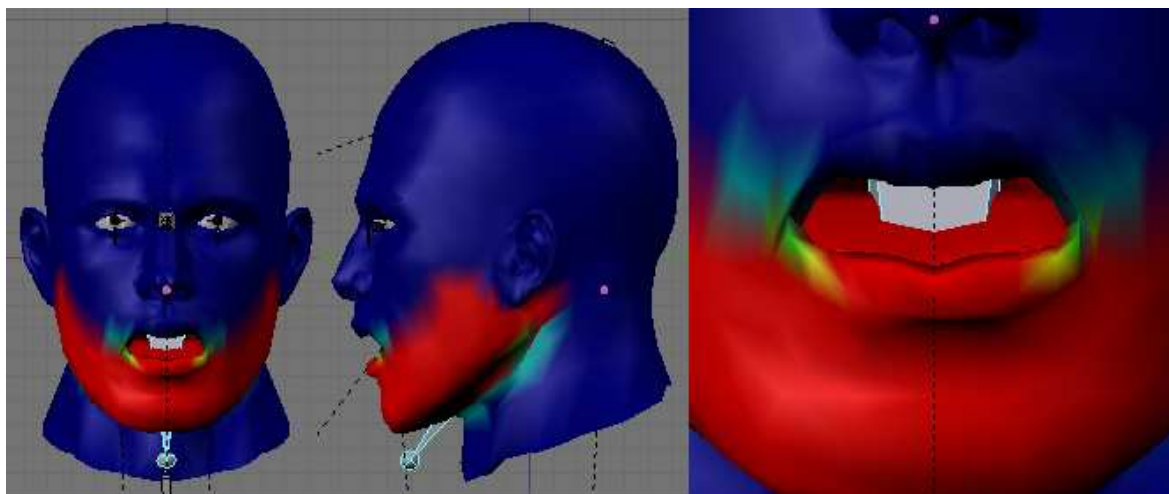


Obr. 20. Nastavení omezení rotace čelisti

## Skinning

Nadešel čas, abychom naučili otevírat pusu i náš model a to podobně, jako například u očí víčka. V *Pose* módu označíme kost **Celist** a přepneme se do *Weight Paint* módu *meshe*, kde

můžeme začít s nanášením vah. Ze začátku je dobré mít odklopenou čelist a nejdříve namapovat spodní ret tak, abychom se dostali i ke spodním zubům. Mnohokrát se stane, že se nám podaří označit i horní ret nebo zuby, takže musíme přepínat na nulovou váhu nebo se posunout o krok zpět (**Ctrl + Z**). Ke konci je potřeba opatrně nanášet různé váhy především v koutcích. Je to práce, která vyžaduje velkou trpělivost a mnoho zkoušení. Po konečném nanesení vah doporučuji otáčet model a ujistit se, že nemáme váhu i tam, kde nechceme. Obvykle bývá na druhé straně modelu, totéž bychom měli zkontrolovat u víček.



Obr. 21. Váha čelisti

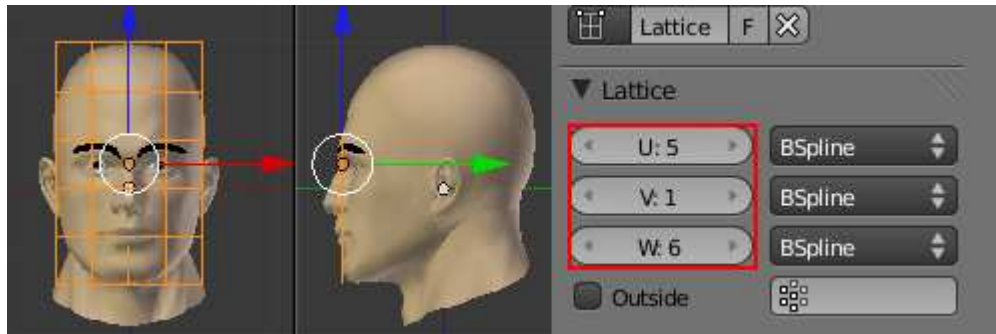
## 8.4 Obličej

Bylo by možné do obličeje vložit další samostatné kosti a jim přiřadit určitá místa obličeje, ale když si uvědomíme, jak moc je lidská tvář dohromady provázaná, bylo by nutné kolem každé kosti udělat oblast, kde by šly váhy do ztracena. Jen jeden příklad za všechny: Když pozvedneme koutek, pohne se i celá tvář.

K dobrému výsledku bychom se tedy měli dostat jednodušeji za pomoci objektu *Lattice*, u kterého vytvoříme síť. Když vhodně zvolíme váhy na *meshi*, bude pohyb jemně rozprostírán do ztracena po částech obličeje.

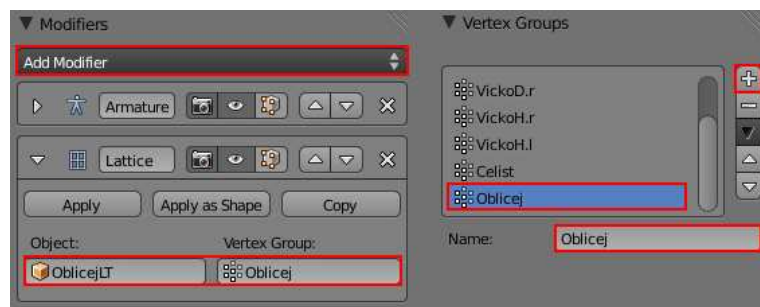
### Lattice

Začneme stiskem *Add > Lattice*, tím se nám objekt do scény vloží. Nyní jej nastavíme na šířku a výšku obličeje našeho modelu. Parametry v menu *Lattice* (záložka *Object Data*) nastavíme tak, aby byl objekt *lattice* jednorozměrný a měl síť zhruba středně hustou.



Obr. 22. Umístění a nastavení Lattice

*Lattice* si nyní pojmenujeme, v záložce *Object* zvolíme název **OblicejLT** a v *Object Data* ji pojmenujeme jako **OblicejOB**. Abychom mohli takto deformovat náš model, musíme mu přidat *lattice* jako modifikátor. To provedeme tak, že vybereme *mesh*, v záložce *Modifiers* stiskneme *Add Modifier* a vybereme možnost *Lattice*. Do nově přidaného modifikátoru vybereme jako *Object* **OblicejLT** a v poli *Vertex Group* vybereme **Oblicej** (nejprve ale musíme v záložce *Object Data* a menu *Vertex Group* přidat přes + skupinu, kterou pojmenujeme jako **Oblicej**). Tyto *vertexy* nyní bude *Lattice* deformovat, ale aby tomu tak bylo, musíme nanést na *mesh* váhy.



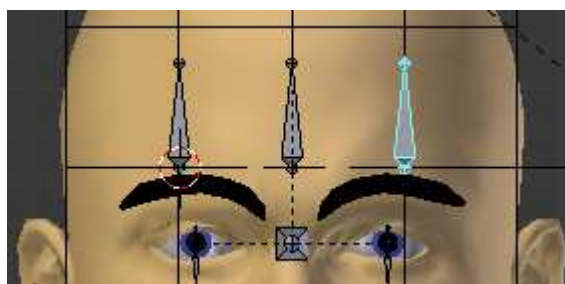
Obr. 23. Nastavení modifikátoru Lattice

## Armatura

Jelikož v tomto případě nebudeme přidávat váhy ke kostem, nemuseli bychom je ani vytvářet, jenže s kostmi se z hlediska animace pracuje daleko lépe než s *lattice* a tak si vložíme pomocné kosti, kterými budeme *lattice* modifikovat.

Abychom ale mohli *lattice* modifikovat pomocí kosti, musíme si vytvořit háky. Vybereme *lattice* a přepneme se do *Edit* módu, označíme bod nad obočím, stiskem **Ctrl + H** a následně *Hook to New Object* vytvoříme hák. Dokud máme bod označen umístíme kurzor na tento bod **Shift + S** a *Cursor to Selected*, přitom je třeba mít zapnutou možnost *3D Cursor* v *Pivot Point* menu. Přesuneme se do *Edit* módu armatury a *Add > Armature >*

*Single Bone* vložíme novou kost. Této kosti nastavíme jako rodiče kost hlavy. Vrátime se do *Edit* módu *lattice* a stejným způsobem přidáme další háky doprostřed čela a nad druhé obočí. V *Object* módu označíme prostřední hák, klávesami **Shift + S** a *Cursor to Selected* na něj nastavíme kurzor. Přejdeme do *Edit* módu armatury a naposledy vytvořenou kost zkopírujeme **Shift + D**, přesuneme ji na přesné místo pomocí zkratky **Shift + S** a vybráním *Selection to Cursor*. Stejným způsobem zkopírujeme i poslední kost nad druhé obočí a výsledek by měl vypadat asi takto.



Obr. 24. Kostí čela

Aby kost modifikovala *lattice*, musíme ji propojit s hákem. Přepneme se tedy do *Pose* módu u kostí, nejdříve označíme hák, k němu příslušnou kost a po stisku **Ctrl + P** vybereme možnost *Bone*. Stejně pokračujeme i u dalších kostí. Nyní se můžeme přesvědčit, že pokud pohybujeme kostí, tak se mění i *lattice*.

To by bylo vše ke kostem, které nám budou ovlivňovat pohyb čela a obočí. Do obličeje by se dalo přidat více takových kostí, například na krčení nosu a podobně, my však pro jednoduchost přidáme jen další dvě a to pro úsměv, což je důležitá součást lidského výrazu. Technicky budeme postupovat úplně stejně jako před chvílí a výsledek bude vypadat jako na následujícím obrázku.



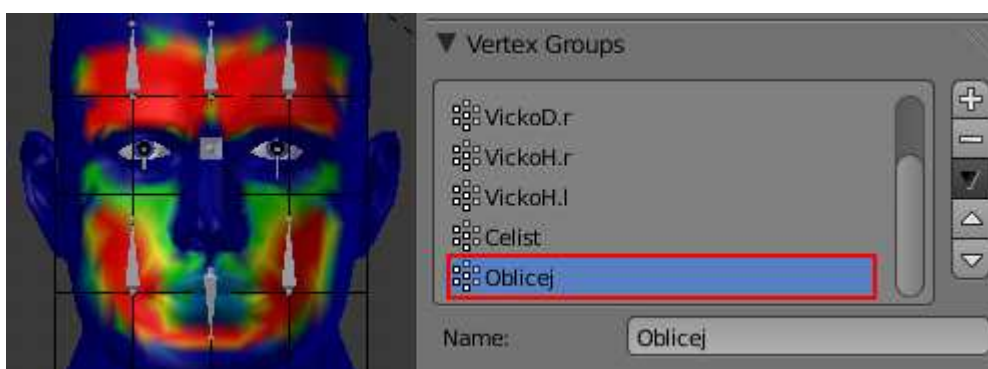
Obr. 25. Kostí tváří

Není také na škodu v menu *Transform Locks* v záložce *Bone* kostem zablokovat některé směry pohybu, například v ose *Y*.

Poslední úprava, kterou provedeme bude ta, že *lattice* svážeme s kostí hlavy, aby se při pohybu hlavy hýbala též. Označíme *lattice*, poté kost hlavy, stiskneme **Ctrl + P** a *Bone*.

### Skinning

*Skinning* jsme si již předpřipravili, takže stačí označit mesh a přepnout se do *Weight Paint módu*, v záložce *Object Data* a menu *Vertex Groups* vybrat skupinu **Oblicej**, kterou jsme si již dříve vytvořili a začít nanášet váhy. Je dobré mít zapnuto tlačítko *X Mirror* a sem tam pohybovat s kostmi, abychom viděli, jak se nám model deformuje. Váhy na obličeji by mohly vypadat asi jako na následujícím obrázku.



Obr. 26. Váhy obličeje

## 8.5 Horní ret

Pro přehlednost jsem *lattice* obličeje skryl do jiné vrstvy stiskem **M** a vybráním vrstvy. Takže nyní můžeme začít vytvářet pohyblivý horní ret.

### Lattice

*Lattice* vytvoříme podobně jako u obličeje *Add > Lattice*, tím se nám objekt do scény přidá a parametry v menu *Lattice* nastavíme takto:  $U=5$ ,  $V=W=2$ . *Lattice* na rozdíl od obličeje bude 3rozměrná a jako názvy napíšeme **HorniRetLT** a **HorniRetOB**. *Lattice* umístíme do míst horního rtu.



Obr. 27. Umístění lattice

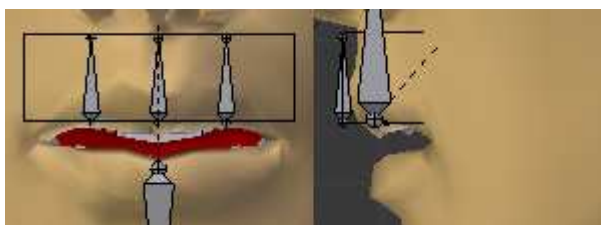
## Armatura

Pokračujeme přidáním háků do *lattice*, podobným způsobem jako u obličejce. Přepneme se do *Edit* módu, označíme *vertexy* zvýrazněné na *obrázku 28*. a **Ctrl + H** vytvoříme hák, který bude při pohybu ovlivňovat oba označené *vertexy*. Stejným způsobem vytvoříme i prostřední a levý hák.



*Obr. 28. Označené vertexy*

Háky máme vytvořeny a proto můžeme přejít k vytváření kostí. Jelikož háky jsou trochu zastrčeny v *meshi*, je lepší kosti vytvořit na prvním *vertexu lattice* (na *obrázku 28*. označen více nahoře) a proto si jej označíme a pomocí kláves **Shift + S** na něj již známým způsobem přesuneme kurzor. Přepneme se do *Edit* módu armatury a **Shift + D** zkopírujeme například kost z čela a **Shift + S** ji přesuneme na místo kurzoru. Nyní už jen spojíme hák s kostí tak, že označíme hák, potom kost a **Ctrl + P** potažmo *Bone*. Stejně budeme pokračovat i u dalších háků, dokud nebudeme mít následující výsledek.



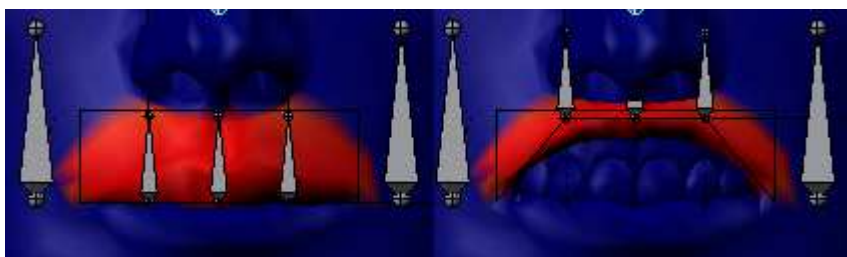
*Obr. 29. Kosti horního rtu*

Aby se *lattice* pohybovala společně s hlavou, označíme *lattice* potom kost hlavy, stiskneme **Ctrl + P** a vybereme možnost *Bone*.

## Skinning

Chceme-li modifikovat mesh, musíme opět přidat *lattice* jako modifikátor našeho meshe. Nejdříve označíme model a v záložce *Object Data* a menu *Vertex Groups* stiskneme tlačítko + a nově vytvořené skupině dáme název **HroniRet**. Dále v menu *Modifiers* (záložka *Modifiers*) stiskneme *Add Modifier* a vybereme možnost *Lattice*. Do nově přidaného modifikátoru vybereme jako *Object* **HroniRetLT** a jako *Vertex Group*

*HorniRet*. Přepneme se do *Weight Paint* módu a nanese váhu na ret. Měl by se hýbat celý, ale zuby by měly zůstat na místě.



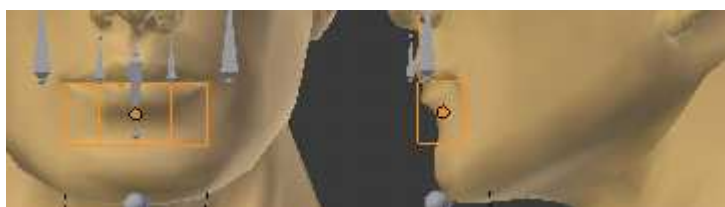
Obr. 30. Váhy horního rtu

## 8.6 Spodní ret

Tvorba spodního rtu nebude nic převratného a nápadně se podobá tvorbě rtu horního.

### Lattice

*Lattice* opět vložíme přes *Add > Lattice*. a parametry v menu *Lattice* nastavíme taktéž:  $U=5$ ,  $V=W=2$ . Jako názvy napíšeme *SpodniRetLT* a *SpodnRetOB*. *Lattice* umístíme do oblasti spodního rtu.

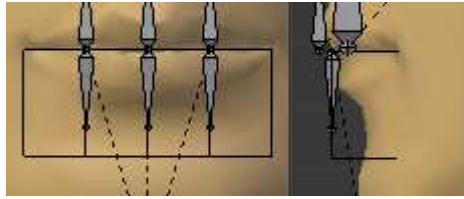


Obr. 31. Umístění lattice

### Armatura

Přepneme se do *Edit* módu, označíme opět dva *vertexy* za sebou, jako u rtu horního a i tady klávesami **Ctrl + H** vytvoříme hák, navíc stejným způsobem vytvoříme i zbylé dva háky.

Pomocí kláves **Shift + S** opět přesuneme kurzor na okraj rtu a začneme s kopírováním kostí. Přesuneme se do *Edit* módu armatury, **Shift + D** zkopírujeme kost z horního rtu a **Shift + S** ji přesuneme na místo kurzoru. Stiskneme **R, X** a **180**, abychom kostí rotovali o  $180^\circ$  a dostali ji tak do správné polohy. Dále jí nastavíme jako rodičovskou kost *Celist*. Nyní už jen spojíme hák s kostí přes **Ctrl + P** a možnost *Bone*. Stejně budeme pokračovat i u dalších háků, samozřejmě s tím rozdílem, že budeme kopírovat kost ze spodního rtu, abychom ji nemuseli otáčet.

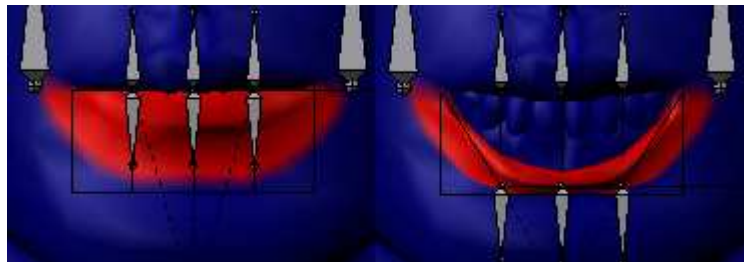


Obr. 32. Kosti spodního rtu

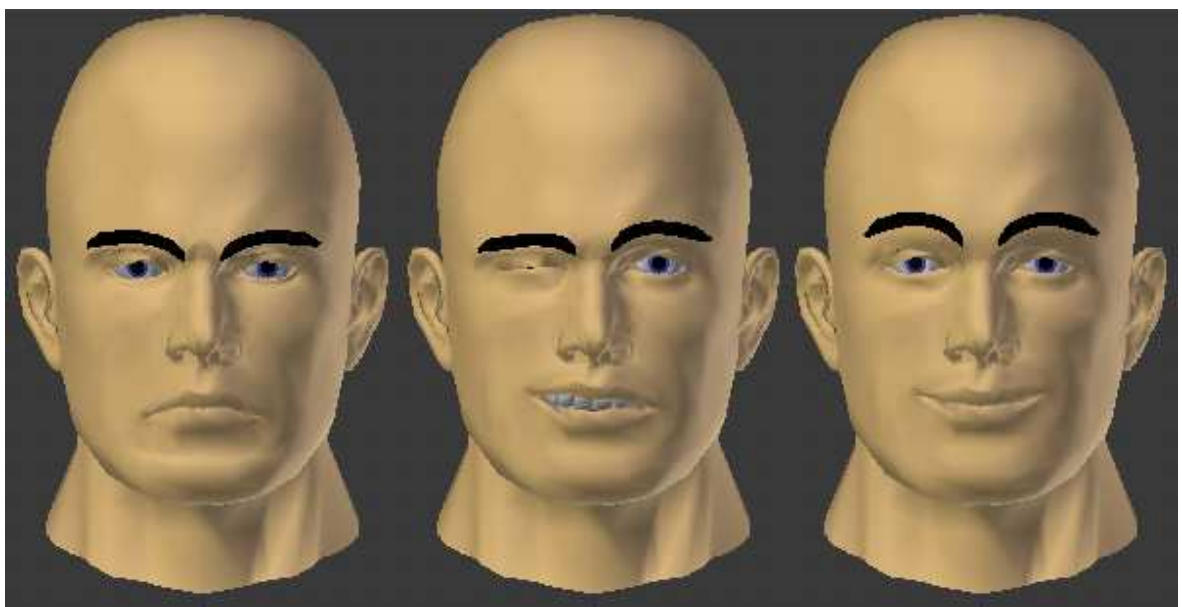
Nyní budeme pro změnu chtít, aby se *lattice* pohybovala společně s čelistí, označíme tedy *lattice*, potom kost čelisti, stiskneme **Ctrl + P** a vybereme možnost *Bone*.

### **Skinning**

Opět v záložce *Object Data* a menu *Vertex Groups* stiskneme tlačítko **+** a nově vytvořené skupině dáme název *SpodniRet*. Poté v záložce i menu *Modifiers* stiskneme *Add Modifier* a vybereme možnost *Lattice*. Do modifikátoru vybereme jako object *SpodniRetLT* a do pole *Vertex Group* *SpodniRet*. Přepneme se do *Weight Paint* módu a nanese váhu na ret, opět by se měl hýbat celý, ale zuby by měly zůstat na místě.



Obr. 33. Váhy spodního rtu

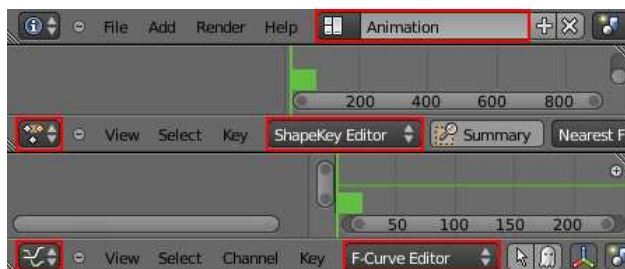


Obr. 34. Některé výrazy

## 9 ANIMACE MIMIKY POMOCÍ MORFINGU

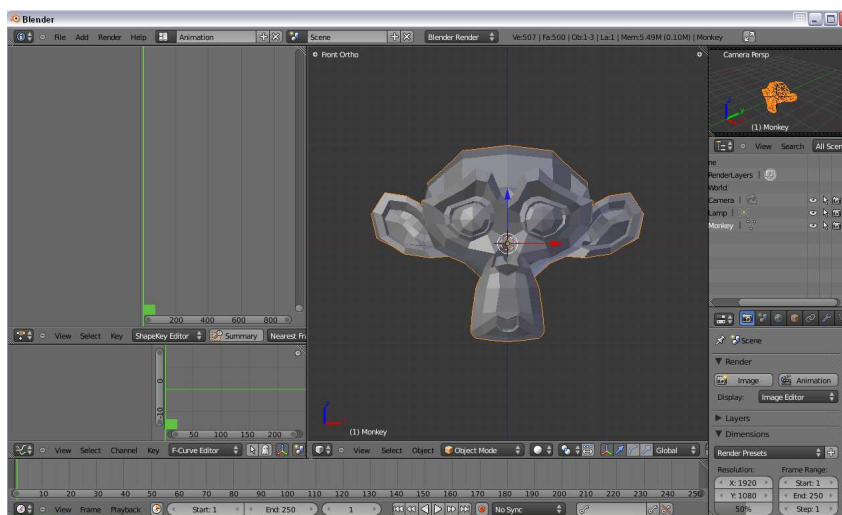
Tento způsob animace spočívá v modifikaci objektu tak, abychom získali jeho nový tvar a je velice oblíbenou technikou při animaci mimiky obličeje. Jelikož se složitostí modelu narůstá i složitost animace, ukážeme si možnosti této techniky na celkem jednoduchém modelu, který je navíc přímo součástí základních modelů Blenderu a to je opičí hlava.

Začneme tedy s přípravou scény tak, aby práce v ní byla co nejjednodušší. Nahoře v okně *Info* vybereme možnost *Animation*, tím se prostředí Blenderu automaticky nastaví tak, abychom měli co nejvíce usnadněnou práci při animaci. Horní okno vpravo je nastaveno na *DopeSheet*, u něj provedeme jen změnu na *ShapeKey* editor. Ostatní okna nám vyhovují tak, jak jsou.



Obr. 35. Nastavení Editorů

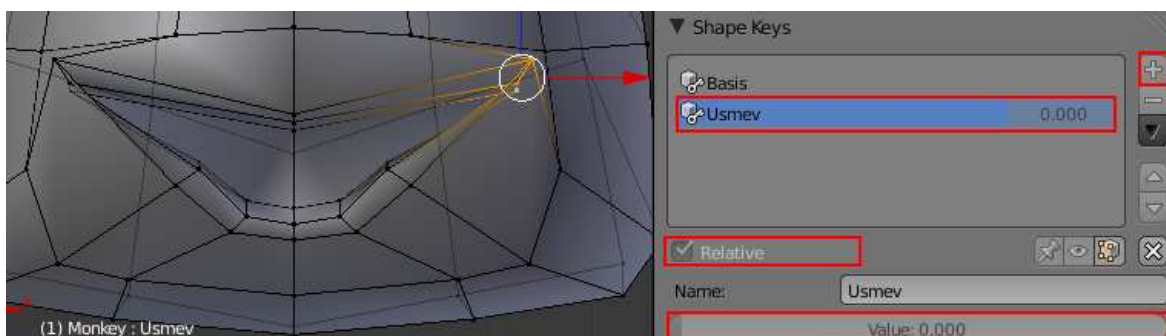
Ve 3D okně bychom měli mít označenou krychli a tak ji smažeme pomocí kláves **X** a **Enter**. Nyní se numerickou klávesou **1** přepneme do předního pohledu. Přes *Add > Mesh > Monkey* vložíme hlavu opice, kterou hned otočíme obličejem k nám a to klávesami **R**, **X** a **90**. Na obrazovce bychom měli vidět asi to, co na následujícím obrázku.



Obr. 36. Scéna s opičí hlavou

Pro ukázkou jak fungují *Shape Keys* nám postačí, že se Suzanne (jak se opice jmenuje) usměje a povytáhne obočí. Vytvoříme tedy Suzanne s usmívající se pusou a druhou s povytaženým obočím. Tyto dva výrazy můžeme potom libovolně kombinovat. V případě, že se vytvoří vícero takových výrazů, lze jejich kombinacemi dospět k velmi komplexní řadě výrazů tváře.

Abychom vytvořili úsměv, zůstaneme v *Object* módu a v menu *Shape Keys* v záložce *Object data* stiskneme tlačítko +, kterým vytvoříme první klíč. Ten bude reprezentovat neutrální výraz z kterého budeme vycházet. Položka *Relative* je implicitně aktivní a my to tak ponecháme. Nyní opět stiskneme tlačítko + a vytvoříme nový výraz, který pojmenujeme *Usmev*. Přepneme se do *Edit* módu (**Tab**) a aktivujeme položku *X mirror* v levém sloupci 3D okna (které musíme nejdříve rozbalit malým znaménkem + v kroužku), v menu *Mesh Options*, čímž si ušetříme práci, neboť veškeré změny jedné poloviny obličeje se automaticky budou provádět i na druhé. Ve 3D okně označíme *vertexy* v horním koutku pusy Suzanne a stiskem **G** je přesuneme tak, abychom pusou roztáhli a vytvořili tak úsměv.



Obr. 37. Roztažení úst a menu *Shape Keys*

Dále chceme vytvořit pohyb obočí, ale aby byla ústa v původním stavu, musíme vycházet z původního modelu a ten reprezentuje první vytvořený klíč nazvaný *Basis*. Abychom stav mohli přepnout, musíme se dostat do *Object* módu (**Tab**) a tam vybrat *Shape Key* jménem *Basis*. Stiskneme + a klíč pojmenujeme třeba *Oboci*. Poté se opět přepneme do *Edit* módu a vytvoříme změnu obočí již známým způsobem.

Povšimněme si nyní posuvníku, který se nachází pod názvem klíče v menu *Shape Keys*, tento symbolizuje velikost změny. Pokud je na 0, je změna nulová a pokud je 1, je změna taková, jakou jsme ji vytvořili. To ale není vše, je možno změnit hodnoty *Min* a *Max* a dosáhnout tím změn za těmito hranicemi a právě u zvedajícího se obočí lze tento fakt

krásně demonstrovat. Pokud tedy změníme hodnotu *Min* na -1, tak lze dosáhnout poklesnutí obočí.

Jak tedy skombinovat výrazy? Musíme pracovat v *ShapeKey Editoru (DopeSheet)*, kde se nám vytvoří řádek pro každý klíč a k němu posuvník. Posuvníky se dají zobrazit a nebo ne v menu *View*, položka *Show Sliders*.



Obr. 38. *ShapeKey Editor*

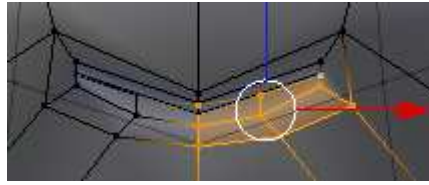
Při každé změně posuvníku se na místě zelené časové přímky vytvoří žlutý kosočtverec, který reprezentuje velikost změny v daném čase. Takže například v čase 1 máme změny nulové a v čase 40 máme změny maximální, takže v rámci 40 snímků se bude Suzanne postupně usmívat a vytahovat obočí.



Obr. 39. *Roztažená ústa, pokleslé a povytáhnuté obočí*

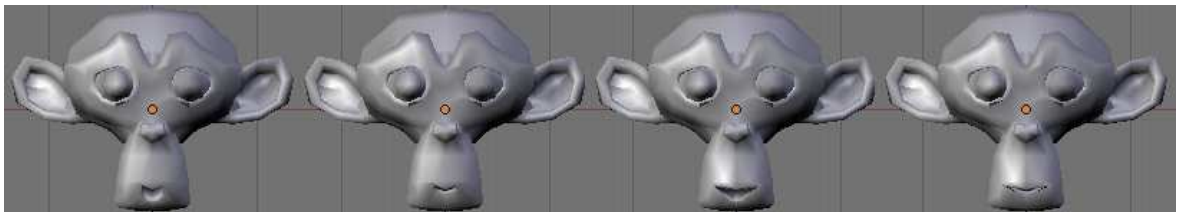
Kromě kombinace jiných částí obličeje můžeme kombinovat i jednu část dvěma různými klíči a to si nyní můžeme ukázat na ústech. Roztažení úst jsme již vymodelovali, ale nyní vytvoříme klíč na zavření úst a kombinací těchto klíčů můžeme vytvořit zavřená usmívající se ústa.

Takže se přesuneme do *Object* módu a vybereme klíč s názvem **Basis**, abychom vytvářeli nový klíč z původního neutrálního výrazu. Stiskneme + v menu *Shape Keys* a nově vytvořený klíč pojmenujeme jako **Zavřena**. Přepneme se do *Edit* módu a označíme spodní *vertexy* úst, přesuneme je k horním klávesami **G** pro přesun a **Z** pro zařícování osy pohybu.



Obr. 40. Přesun vertexů

Pokud nyní v *ShapeKey Editoru* skombinujeme klíče pro zavření a úsměv úst, dostaneme úsměv zavřených Suzanniných úst. Navíc můžeme hodnotu *Min* posunout do záporu a vznikne možnost ústa naopak otevírat.

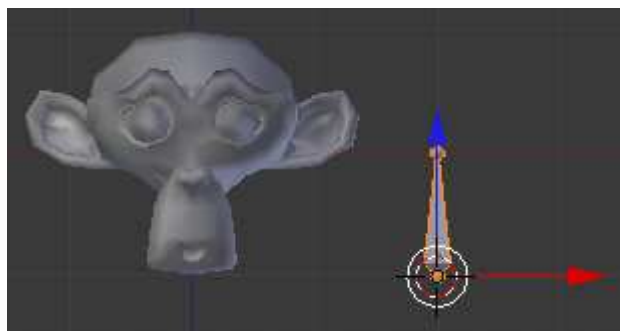


Obr. 41. Kombinace výrazů

Toto by mohlo být vše co k animaci pomocí *Shape Keys* potřebujeme, existuje však ještě jedno šikovné vylepšení této funkce, které si nyní můžeme ukázat.

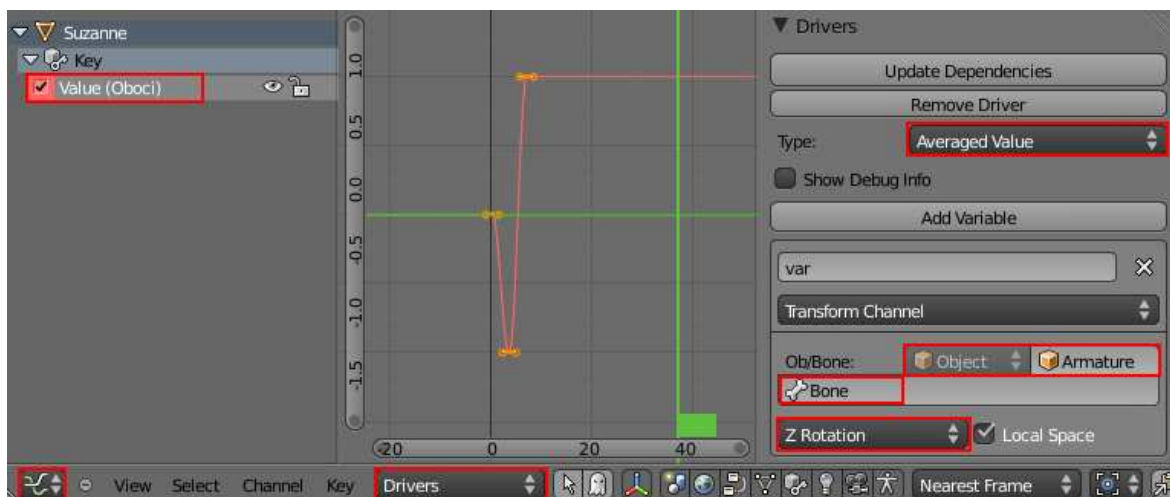
Pokud se přepneme do *Graph Editoru*, vidíme, že každá akce má svou křivku a právě toho můžeme nyní využít přidáním tzv. *IPO driveru*, který nám umožní animovat jednotlivé klíče za pomoci jiného objektu.

Do scény si tedy přidáme nový objekt, může to být téměř cokoli, ale my si přidáme armaturu, potažmo jednu kost a to tak, že vybereme *Add > Armature > Single Bone*. Kost máme tedy vytvořenou, názvy jí ponecháme a pro tuto ukázkou by nemělo být třeba ji ani nijak editovat.



Obr. 42. Vytvořená kost

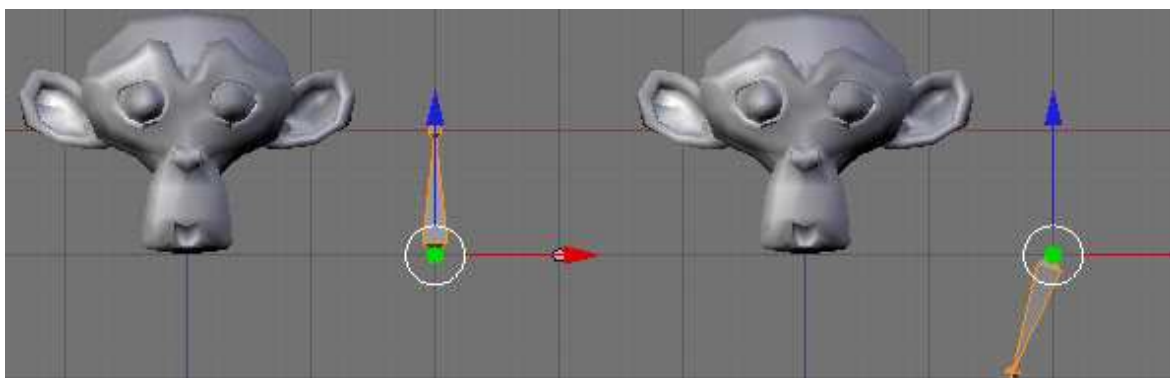
Vybereme hlavu opice, přesuneme se do *Graph* editoru, kde přepneme editor na *Drivers* a označíme (levým tlačítkem myši) v levém horním rohu *Oboci*. Poté stiskneme klávesu **N**, což nám vyvolá další menu. Z nich nás bude zajímat menu *Drivers*, v něm jako *Type* vybereme *Averaged Value*.



Obr. 43. IPO editor

V tomto menu vybereme jako jméno objektu *Armature*, dále název kosti, která bude pohyb ovlivňovat (*Bone*) a nakonec vybereme typ pohybu, který bude sledován a v jaké ose. Je vhodné vybrat rotaci a nebo roztahování, protože pohyb je velmi relativní kvůli měřítku a tak se může stát, že budeme muset kosti táhnou mnohonásobek velikosti objektu, abychom zpozorovali alespoň malou změnu.

To by bylo vše ohledně nastavení a nyní můžeme vyzkoušet funkci *IPO Driveru*. Označíme kost a přepneme se do *Pose* módu. Nyní rotujeme kostí v předním pohledu a vidíme pohyb obočí.



Obr. 44. Změny výrazu

## 10 ANIMACE ŘEČI

Řeč lze animovat stejně jako mimiku obličeje předchozími dvěma způsoby.

### 10.1 Animace řeči pomocí systému kostí ve tváři

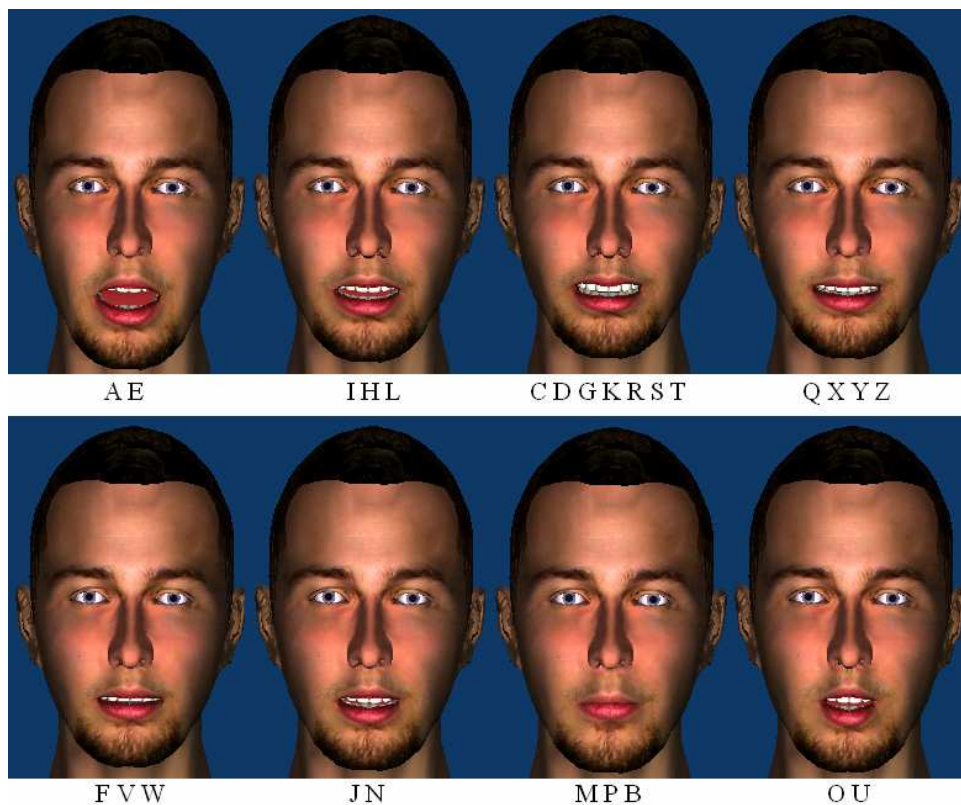
Pokud máme vytvořen systém kostí ve tváři, můžeme řeč animovat tak, že na každém snímku, kde postava vyslovuje písmeno, vytvoříme odpovídající výraz. Práci si lze zjednodušit tím, že si výrazy pro jednotlivá písmena nebo skupinu písmen vytvoříme a poté je na dané pozice v *Action editoru* kopírujeme. Tato práce je časově náročná, ne moc efektivní a méně zajímavá, než animace pomocí morfinu.

### 10.2 Animace řeči pomocí morfinu

Jak vytvořit jednotlivé výrazy a k nim odpovídající klíče již víme. Nyní se naučíme jak pomocí vytvořených *Shape keys* animovat řeč. Řeč je samozřejmě vhodné kombinovat ještě s jednotlivými výrazy tváře, ale tento princip je v podstatě popsán v animaci mimiky a tak se nyní budeme věnovat samotné řeči.

K animaci řeči potřebujeme samozřejmě nějaký zvukový záznam, něco co naše postava bude říkat. Dejme tomu, že použijeme zvukovou nahrávku se slovy „UKÁZKA ŘEČI“. Blender podporuje vložení zvukové stopy na časovou osu. Přepneme se do *Video Sequence Editoru* a vybereme *Add>>Sound* a poté otevřeme náš zvukový soubor. Po vložení zvuku uděláme ještě několik úprav, které nám usnadní práci. Jako první přesuneme zvuk klávesou **G** tak, aby začínal na 1 snímku. Dále stiskneme klávesu **N** a v menu *Sound* zatrhne položku *Caching*, tím se nám zobrazí průběh zvuku. Důležité pro nás je, aby byl zvuk slyšet při pohybu kurzoru v čase a proto v okně *Timeline* najdeme položku *Playback* a v ní zatrhne *Audio Scrubbing*.

Zvuk bychom tedy ve scéně měli, dále musíme známým způsobem vytvořit jednotlivé klíče. Vytvoříme celkově 8 *Shape keys* a jeden základní výraz. Jednotlivé výrazy budou odpovídat skupinám písmen tak, jak bylo popsáno výše v teoretické části práce. Tyto výrazy tváře by mohli vypadat asi jako na následujícím obrázku a pro přehlednost je pojmenujeme písmeny, které představují.



Obr. 45. Tvary úst u jednotlivých písmen

V menu *Shape Keys* by se nám měl naskytnout zhruba následující pohled. Každý klíč odpovídá danému výrazu z předchozího obrázku. Diakritická znaménka neuvvažujeme, neboť tvar úst při jejich vyslovování není příliš odlišný od původního.



Obr. 46. Vytvořené klíče

Nyní už zbývá jen animovat. Samotnou animaci budeme provádět v *Graph Editoru*, potažmo v *F-Curve Editoru* a pomoci si budeme muset i *ShapeKey Editorem*, který nalezneme v *DopeSheet Editoru*. Nejprve si musíme vytvořit první klíče a to tak, že v *ShapeKey* editoru posuneme posuvník dopředu a vrátíme zase na nulu. Vytvoří se animační klíč a také hodnota v *F-Curve* editoru, takto postupujeme buď u všech výrazů

nebo jen u těch, které budeme používat. V *F-Curve* editoru nyní zapneme zobrazení posuvníků pomocí *View -> Show Sliders*.



Obr. 47. Editory

Ačkoli bychom mohli k animaci používat jen *Action* editor, *F-Curve* editor má výhodu v tom, že jednotlivé akce vidíme jako křivky a máme možnost je i upravovat. Zaměříme se tedy na *F-Curve* editor, kurzor znázorňující čas posunujeme myší a měli bychom slyšet zvukovou stopu. Tam kde je pomyslný střed vyslovovaného písmena posuneme odpovídajícím posuvníkem na 1. Jako první slyšíme písmeno U, takže například na čtvrtém snímku posuneme na 1 posuvníkem *O U*. Tvar úst se samozřejmě musí za nějaký čas vrátit zpět nebo přejít do jiného, který reprezentuje jiné písmeno. Pro normální plynulou řeč by měly být nulové hodnoty zhruba 2 snímky před a 2 snímky za maximální hodnotou výrazu. Je důležité, aby se křivky překrývaly a výraz tak nesklouzl do základního. Řeč by pak nevypadala věrohodně, protože by postava například uprostřed řeči zavřela ústa.



Obr. 48. Základní výraz

Vytvořené křivky lze i libovolně upravovat a vytvořit tak například náběh, který si představujeme. Obecně pak může animace slov „UKÁZKA ŘEČI“ vypadat následovně.



Obr. 49. Křivky

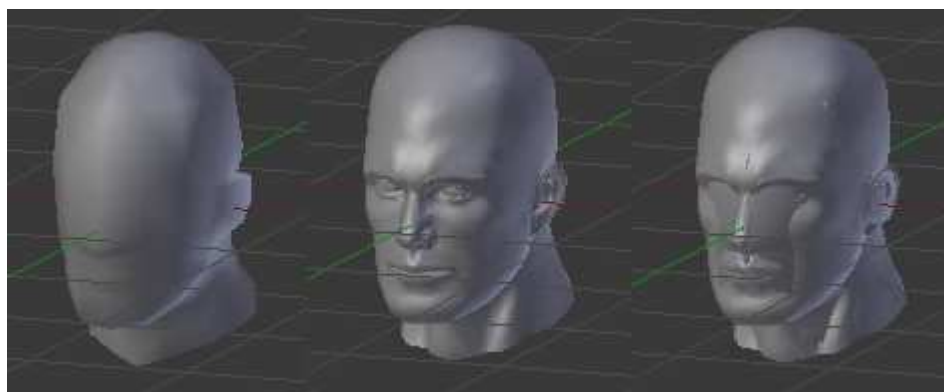
Je nutné dodat, že u rychlejší mluvy nemusíme nutně animovat každé písmeno zvlášť, aby ústa zbytečně moc neklapala. V tomto případě je lepší písmena, která vyslovujeme jakoby v přechodu z jednoho na druhé vynechat. Například u slova „UKÁZKA“ bychom mohli vynechat obě „K“ a efekt by to nepoznamenalo. Avšak přesný recept na to, jak by měly křivky vypadat neexistuje, je potřeba si animaci přehrávat a upravovat nedostatky. Někdy stačí jen posunout animační klíč o snímek dopředu nebo zpět a někdy zase změnit sklon křivek. Tato procedura zabere spoustu času a úsilí, ale když se dobře povede, její efekt je velice silný. Jak již bylo zmíněno, samotná řeč samozřejmě nestačí k tomu, aby vytvořila celkový dojem živé postavy. K řeči se musí přidat minimálně mimika obličeje, zejména pokrčení obočí, úsměvy i mračení a v neposlední řadě také mrkání. Vše je vhodné ještě dotvořit pohyby hlavy a celého těla, pokud je animátor schopný, těmito drobnostmi dosáhne opravdového oživení své postavy.

## 11 OPTIMALIZACE ANIMACE PRO REALTIME RENDERING

### 11.1 Tvorba normálových map v Blenderu

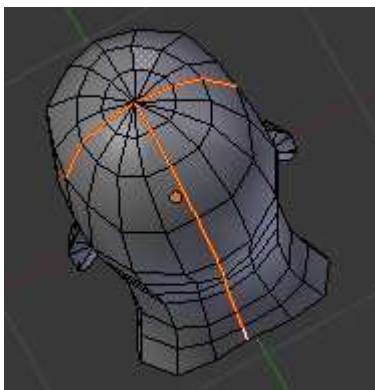
Jak již bylo v teoretické části řečeno, normálové mapy se užívají pro urychlení renderingu jinak celkem složitých a detailních scén. Ukážeme si nyní jak vytvořit lidskou hlavu i s detaily a přitom snížit počet polygonů modelu na úplné minimum. Normálovou mapu můžeme vytvořit například v Gimpu nebo jiném grafickém programu, my si ale ukážeme, jak ji lze velice jednoduše vytvořit přímo v Blenderu.

Abychom mohli vytvořit normálovou mapu, musíme si připravit dva modely, jeden jednoduchý tzv. lowpoly a druhý podrobný se všemi detaily tzv. highpoly. Tyto modely by měly být na stejném místě tak, aby se překrývaly a bylo tedy možné „upéct“ normálovou mapu.



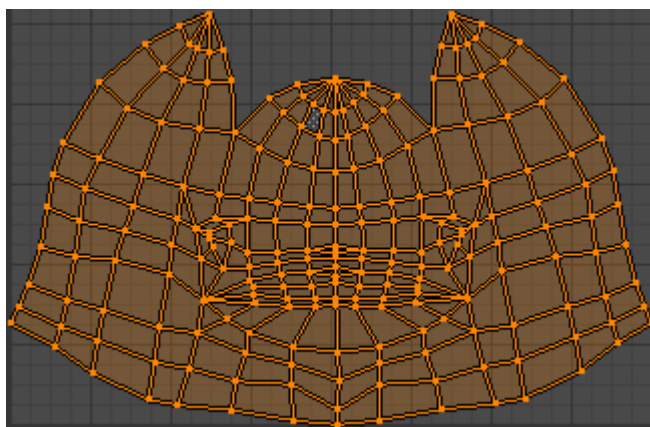
*Obr. 50. Lowpoly, highpoly modely a jejich vzájemná poloha*

Prvním krokem je rozbalení UV mapy pro jednoduchý model. Přepneme se do edit módu, označíme si vertexy nebo hrany modelu asi jako na následujícím obrázku, stiskneme **Ctrl + E** a vybereme *Mark Seam*. Tímto jsme označily švy, podle kterých se model v UV/Image editoru rozbálí.



Obr. 51. Výběr švů

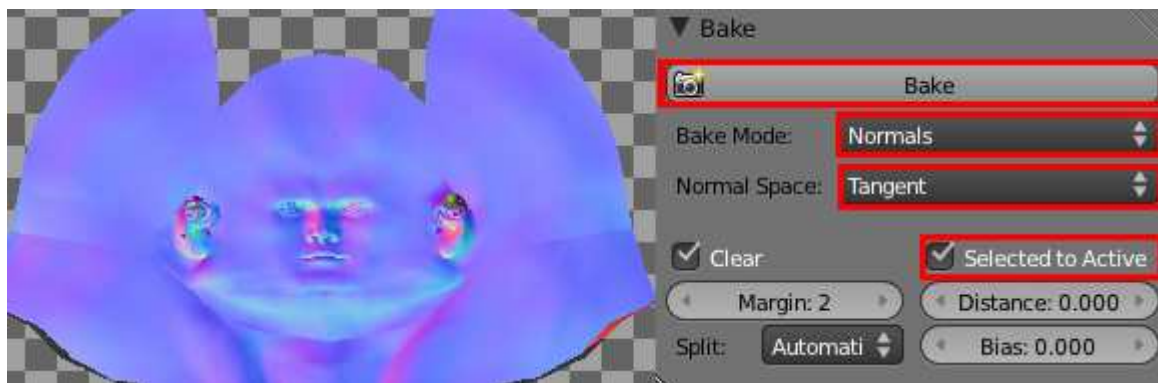
Okno si známým způsobem rozdělíme na dvě a v jednom z nich otevřeme UV/Image editor. V edit módu označíme všechny vertexy jednoduchého modelu, stiskneme klávesu U a vybereme *Unwrap*. V UV editoru se rozloží síť meshe podle vybraných švů a tak by se nám měl naskytnout zhruba následující pohled.



Obr. 52. UV síť lowpoly modelu

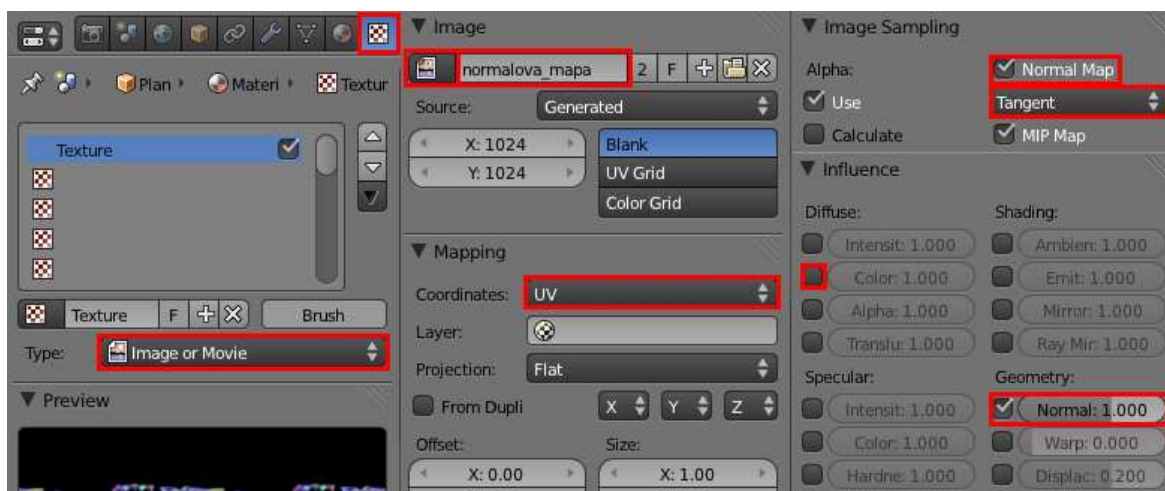
Přípravu na pečení normálové mapy dokončíme tak, že si v UV/Image editoru otevřeme nový obrázek a pojmenujeme ho ***normalova\_mapa***. Stiskneme tedy tlačítko *New* a název napíšeme samozřejmě do kolonky *Name*.

Nastal čas, abychom upekly normálovou mapu. Nyní je důležité, aby byly oba modely na stejném místě, nejprve označíme detailní model a poté jednoduchý model. Aby bylo vše provedeno správně, musíme nastavit určité položky v menu *Bake*, která se nachází v záložce *Render*. Nejprve změníme *Bake Mode* z *Full Render* na *Normals* a objeví se nám položka *Normal Space*, kterou nastavíme na *Tangent*. Dále vybereme položku *Selected to Active* a poté stačí jen stisknout tlačítko *Bake*. Nyní můžeme v UV/Image editoru vytvořenou normálovou mapu zkontrolovat.



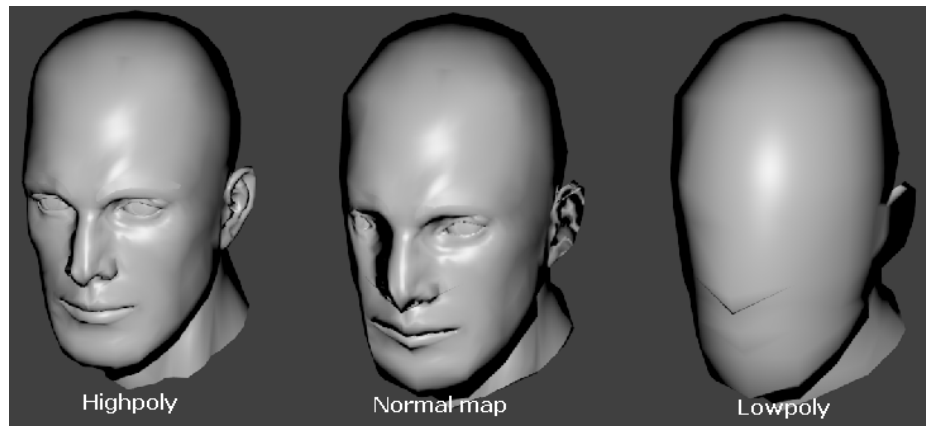
Obr. 53. Normálová mapa a nastavení menu Bake

Mapa je tedy hotova, abychom si ji ale mohli prohlédnout na modelu, musíme vytvořit nový materiál pro jednoduchý model, na něj chceme totiž tuto mapu nanést. Pro zjednodušení práce si můžeme přesunout detailní model do jiné vrstvy (klávesou **M** a vybráním příslušné vrstvy) nebo model skrýt klávesou **H**. V Object módu tedy vybereme náš jednoduchý model a v záložce *Materiál* stiskneme tlačítko *New*. Dále nás bude zajímat především záložka *Texture*, kde stiskneme tlačítko *New*, tím se nám zobrazí dalších několik menu. Jako *Type* vybereme *Image or Movie* a pokračujeme do menu *Image*, v tomto menu stiskneme ikonku obrázku (nalevo od tlačítka *New*) a vybereme položku *normalova mapa*, kterou jsme si již dříve připravili. Dále změníme v menu *Mapping* položku *Coordinates* na *UV*, v menu *Image Sampling* zaškrtneme položku *Normal Map* a pod ní vybereme možnost *Tangent*. Na konec v menu *Influence* odebereme možnost *Color* (*Diffuse*) a vybereme *Normal* (*Geometry*).



Obr. 54. Nastavení v záložce Texture

Je na čase se podívat na náš výtvar, nastavíme si kameru a světlo tak, abychom mohli vyrenderovat náš jednoduchý model a můžeme zkontrolovat výsledek. Vidíme, že vše není zcela dokonalé, ale přesto se model výrazně podobá našemu detailnímu modelu. U této techniky hodně záleží na tvaru jednoduchého modelu, v našem vzorovém příkladě jsme snížili počet polygonů zhruba čtyřicetkrát, pokud bychom počet polygonů snížili třeba jen na polovinu nebo čtvrtinu, výsledek by byl téměř k nerozeznání od vzoru.



*Obr. 55. Porovnání jednotlivých modelů*

Zde tedy můžeme porovnat jednotlivé modely. Podobnost obličejů levého detailního a prostředního modelu s normálovou mapou je znát. Můžeme si však povšimnout, že je zde patrná deformace způsobená malým počtem polygonů jednoduchého modelu (vpravo).

## 11.2 Využití programu SmallLuxGPU

Program SmallLuxGPU v aktuální verzi 1.6 dosahuje zatím velmi dobrých výsledků a je určitou možností jak renderovat scénu téměř v reálném čase. Ale i když je jeho pomocí renderování řádově desetkrát rychlejší než s původním renderem Blenderu, pořád nestačí na plynulé renderování animace o 25 snímcích za sekundu, což odpovídá klasickému televiznímu formátu PAL. Program je však stále ve vývoji a lze očekávat, že jeho rychlost může ještě narůstat.

## ZÁVĚR

Dle zadání jsem v teoretické části práce vysvětlil nejvíce používané pojmy 3D grafiky a shrnul základní popis programu Blender, včetně jeho nástrojů používaných v praktické části. V práci je také popsána lidská hlava z hlediska anatomie a svaly, které obstarávají mimiku obličeje. Teoretická část se dále věnuje dvěma základním způsobům jak animovat lidský obličej a obecnému popisu jak animovat řeč a to nejen ve 3D grafice.

V části praktické je v kapitolách *Animace mimiky pomocí systému kostí ve tváři* a *Animace mimiky pomocí morfingu* popsán velmi podrobně návod na tvorbu animace mimiky lidského obličeje. Je zde popsáno vytvoření armatury i skinning a také návod jak pracovat se *Shape Keys*. Návod je názorný a obsahuje spoustu obrázků, což umožňuje pochopit problematiku animace mimiky i méně zdatnému uživateli.

Další kapitolou je *Animace řeči*, ta podrobně popisuje vytvoření animace se zvukovým záznamem. Je zde uveden návod jak rozpohybovat rty postavy tak, aby byla vytvořena iluze řeči.

Poslední kapitolou je *Optimalizace animace pro realtime rendering*, která názorně popisuje jak vytvořit normálové mapy v programu Blender a umožnit tak renderování scény v reálném čase.

Zdrojové soubory jednotlivých animací, včetně výsledných ukázkových videoklipů, jsou dostupné na příloženém DVD, kde se též nachází digitální verze této práce, textury a instalační soubory použitých aplikací aktuálních v době tvorby této práce.

Své poznatky z této práce jsem uplatnil v článcích *Animace mimiky obličeje v Blenderu* a *Animace mimiky pomocí Shape Keys*, které jsem publikoval na serveru [www.3dscena.cz](http://www.3dscena.cz). Navíc jsem se s prací umístil na prvním místě na soutěži STOČ 2010 v kategorii Aplikovaná informatika.

Tato práce by se dala rozšířit například o mimiku zvířat a nebo v ní pokračovat vytvořením programu, který by byl schopen předčítat elektronické texty a zároveň k nim animovat řeč virtuálního mluvčího. Oba úkoly jsou však tak rozsáhlé, že by se hodily spíše na samostatnou diplomovou práci.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

According to the submission of my thesis the theoretical part explains the most used terms of 3D graphics and summarizes the basic description of the Blender software and the tools used in the practical part of thesis. There is also an anatomical description of human head and muscles which are responsible for face expression. The theoretical part introduces also two basic methods of human face animation and a general description of lip-synch animation (not only in the 3D graphics).

The chapters *Human face expression animation using the face bones* and *Human face expression animation using morphing* in the practical part describe closely the manual for human face expression animation. There is illustration of the creation of armature and skinning and gives you also a manual how to use Shape Keys. The instruction manual is very descriptive and contains many pictures that enables better understanding of the face expression animation task even to the slower user of Blender.

Another chapter *Lip-synch animation* describes creation of animation accompanied by sound record. There is also a manual of lip-synch animation which gives us illusion of real speech.

The last chapter *Optimalization of real time rendering animation* gives us manual how to create normal mapping in the Blender software and to enable rendering the scene in the real time.

Source files of particular animations as well as the final rendered animations are available on DVD attached to my thesis printed copy. DVD contains also the electronic version of my thesis, textures and installation files of the software I have used.

I used the technical knowledge of my thesis in publications *Animating expression of human face in Blender* and *Animating expression of human face using Shape Keys* which are available on the web page [www.3dscena.cz](http://www.3dscena.cz). My work has also won the first place in STOČ 2010 contest in category Applied informatics.

This thesis could be extended for example to animal face expression or I could continue with creation of software that would be able to read the electronic script simultaneously with lip-synch animation of the virtual speaker. However both tasks are so extensive that they would be rather intended for separate diploma thesis.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Monografie:

- [1] WYATT, Andy. The Complete Digital Animation Course : The Principles, Practise and Techniques of Successful Digital Animation. London : Thames&Hudson, 2010. 114 s. ISBN 978-0-500-28862-7.
- [2] POKORNÝ, Pavel. Blender - naučte se 3D grafiku. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2006. 247 s. ISBN 8-7300-203-5.
- [3] MULLEN, Tony. Introducing character animation with Blender. 1st edition. Indianapolis : Wiley Publishing, 2007.  
478 s. ISBN 978-0-470-10260-2.
- [4] VYBÍRAL, Josef. GIMP - praktická uživatelská příručka. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2008. 224 s. ISBN 80-251-1945-7.

### Internetové zdroje:

- [5] Grafika [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Animace ve 3D. Dostupné z WWW: <<http://www.ls-tisk.com/styled-5/styled-9/>>.
- [6] Department of design [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. A Critical History of Computer Graphics and Animation. Dostupné z WWW: <<http://design.osu.edu/carlson/history/lesson4.html> >.
- [7] Anatomie lidského těla [online]. 2006 [cit. 2011-03-29]. Pohybová a opěrná soustava. Dostupné z WWW: <<http://anatomie-lidskeho-tela.kvalitne.cz/pohybova-operna-soustava.html>>.
- [8] A Human Face [online]. 2001 [cit. 2011-03-29]. Anatomy of the Face and Head Underlying Facial Expression. Dostupné z WWW: <<http://www.face-and-emotion.com/dataface/anatomy/anatomy.jsp>>.
- [9] Gladwell [online]. 2002 [cit. 2011-03-29]. The Naked Face. Dostupné z WWW: <[http://www.gladwell.com/2002/2002\\_08\\_05\\_a\\_face.htm](http://www.gladwell.com/2002/2002_08_05_a_face.htm) >.
- [10] 3D software [online]. 2005 [cit. 2011-03-29]. Morfing kontra PoseMixer. Dostupné z WWW: <<http://www.3dsoftware.cz/3dportal/clanek.aspx?id=20>>.

- [11] 3D scéna [online]. 2002 [cit. 2011-03-29]. Nástroje pro Character animation v Blenderu. Dostupné z WWW: <<http://www.3dscena.cz/art/3dscena/blenderchar.html>>.
- [12] 3D scéna [online]. 2002 [cit. 2011-03-29]. Novinky ve světě Blenderu a v animačním systému verze 2.5. Dostupné z WWW: <<http://www.3dscena.cz/art/3dscena/blnder25animace.html>>.
- [13] Blender 3D [online]. 2005 [cit. 2011-03-29]. Charakteristika programu Blender. Dostupné z WWW: <<http://www.blender3d.cz/drupal/?q=charakteristika>>.
- [14] Svět hardware [online]. 1998 [cit. 2011-03-29]. Grafické enginy her a reálný svět. Dostupné z WWW: <[http://www.svethardware.cz/art\\_doc-2C877F3E7A25842DC125735B00430161.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-2C877F3E7A25842DC125735B00430161.html)>.
- [15] Root [online]. 1998 [cit. 2011-03-29]. Využitie Boolean funkcií a Lattice objektov v Blenderi. Dostupné z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/vyuzitie-boolean-funkcii-a-lattice-objektov-v-blenderi/>>.
- [16] BlenderWiki [online]. 2006 [cit. 2011-03-29]. Dostupný z WWW: <<http://wiki.blender.org>>.
- [17] Blender Art magazine [online]. 2005 [cit. 2011-03-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.blenderart.org>>.
- [18] MakeHuman [online]. 2001 [cit. 2011-03-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.makehuman.org>>.
- [19] VirtualDub [online]. 2009 [cit. 2011-03-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.virtualdub.org>>.
- [20] Vertex [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Normal mapping. Dostupné z WWW: <<http://www.vertex.tode.cz/normal-mapping-1-cast-teorie/>>.
- [21] Blender 3D Architect [online]. 2007 [cit. 2011-03-29]. Interactive real-time render for architecture in Blender 2.50. Dostupné z WWW: <<http://www.blender3darchitect.com/2010/06/interactive-real-time-render-for-architecture-in-blender-2-50/>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- CSG    Konstruktivní geometrie pevných těles
- FK    Forward Kinematics (dopředná kinematika)
- IK    Inverse Kinematics (inverzní kinematika)
- OS    Operační Systém
- GNU   GNU's Not Unix (GNU není Unix).
- GPL   General Public License (všeobecná veřejná licence GNU)
- IPO   InterPolation Systém (systém generující pohyb na základě interpolace mezi jednotlivými polohami)
- GPU   Graphic processing unit (grafický procesor)
- DVD   Digital Versatile Disc (Digital Video Disc)
- A**    Tučným písmenem jsou vyjádřeny tlačítka klávesnice

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Animace skákajícího míčku .....</i>	11
<i>Obr. 2. Základní obrazovka Blenderu .....</i>	17
<i>Obr. 3. Svaly obličeje .....</i>	20
<i>Obr. 4. Pojmenování armatur .....</i>	24
<i>Obr. 5. Skinning dolní končetiny .....</i>	25
<i>Obr. 6. Weight Painting mód .....</i>	26
<i>Obr. 7. MakeHuman .....</i>	28
<i>Obr. 8. Model bez a s normálovou mapou .....</i>	30
<i>Obr. 9. Ukázka integrace SmallLuxGPU do Blenderu .....</i>	31
<i>Obr. 10. Pozice základní kosti a nastavení armatury .....</i>	33
<i>Obr. 11. Menu pro nanášení vah .....</i>	34
<i>Obr. 12. Weight Painting hlavy .....</i>	35
<i>Obr. 13. Pozice kostí v oku .....</i>	36
<i>Obr. 14. Pozice cílů očí a nastavení omezení .....</i>	36
<i>Obr. 15. Pozice kostí oka .....</i>	37
<i>Obr. 16. Zamknutí položek .....</i>	38
<i>Obr. 17. Nastavení omezení rotace .....</i>	38
<i>Obr. 18. Váhy víček .....</i>	39
<i>Obr. 19. Kosti čelisti .....</i>	40
<i>Obr. 20. Nastavení omezení rotace čelisti .....</i>	40
<i>Obr. 21. Váha čelisti .....</i>	41
<i>Obr. 22. Umístění a nastavení Lattice .....</i>	42
<i>Obr. 23. Nastavení modifikátoru Lattice .....</i>	42
<i>Obr. 24. Kosti čela .....</i>	43
<i>Obr. 25. Kosti tváří .....</i>	43
<i>Obr. 26. Váhy obličeje .....</i>	44
<i>Obr. 27. Umístění lattice .....</i>	44
<i>Obr. 28. Označené vertexy .....</i>	45
<i>Obr. 29. Kosti horního rtu .....</i>	45
<i>Obr. 30. Váhy horního rtu .....</i>	46
<i>Obr. 31. Umístění lattice .....</i>	46

<i>Obr. 32. Kosti spodního rtu</i> .....	47
<i>Obr. 33. Váhy spodního rtu</i> .....	47
<i>Obr. 34. Některé výrazy</i> .....	47
<i>Obr. 35. Nastavení Editorů</i> .....	48
<i>Obr. 36. Scéna s opičí hlavou</i> .....	48
<i>Obr. 37. Roztažení úst a menu Shape Keys</i> .....	49
<i>Obr. 38. ShapeKey Editor</i> .....	50
<i>Obr. 39. Roztažená ústa, pokleslé a povytáhnuté obočí</i> .....	50
<i>Obr. 40. Přesun vertexů</i> .....	51
<i>Obr. 41. Kombinace výrazů</i> .....	51
<i>Obr. 42. Vytvořená kost</i> .....	51
<i>Obr. 43. IPO editor</i> .....	52
<i>Obr. 44. Změny výrazu</i> .....	52
<i>Obr. 45. Tvary úst u jednotlivých písmen</i> .....	54
<i>Obr. 46. Vytvořené klíče</i> .....	54
<i>Obr. 47. Editory</i> .....	55
<i>Obr. 48. Základní výraz</i> .....	55
<i>Obr. 49. Křivky</i> .....	56
<i>Obr. 50. Lowpoly, highpoly modely a jejich vzájemná poloha</i> .....	57
<i>Obr. 51. Výběr švů</i> .....	58
<i>Obr. 52. UV síť lowpoly modelu</i> .....	58
<i>Obr. 53. Normálová mapa a nastavení menu Bake</i> .....	59
<i>Obr. 54. Nastavení v záložce Texture</i> .....	59
<i>Obr. 55. Porovnání jednotlivých modelů</i> .....	60

## SEZNAM PŘÍLOH

- **P I: DOKUMENTAČNÍ DVD**

Příloha obsahuje digitální formu této práce, zdrojové soubory jednotlivých animací a soubory s použitými texturami. Dále obsahuje vyrenderovanou animaci řeči a mimiky i video ukázkou jak se animuje mimika lidského obličeje. Na DVD jsou také obsaženy instalační soubory programu Blender 2.56a, Gimp 2.6.11-i686, MakeHuman 0.9.1-RC1a, VirtualDub 1.8.8 a VLCplayer 1.1.9 portable. Všechny soubory jsou přehledně uspořádány ve složkách.

## PŘÍLOHA P I: DOKUMENTAČNÍ DVD

- diplomova\_prace
  - animace\_mimiky\_lidskeho\_obliceje\_a\_reci\_v\_blenderu.doc – digitální forma práce.
  - animace\_mimiky\_lidskeho\_obliceje\_a\_reci\_v\_blenderu.pdf – digitální forma práce.
- soubory\_blend
  - animace\_mimiky\_kosti.blend – zdrojový soubor animace mimiky pomocí systému kostí ve tváři.
  - animace\_mimiky\_morfing.blend – zdrojový soubor animace mimiky pomocí morfinu.
  - animace\_reci.blend – zdrojový soubor animace řeči pomocí systému kostí ve tváři.
  - normalove\_mapovani.blend – zdrojový soubor tvorby normálové mapy.
- video\_ukazky
  - mimika.avi – videoklip ukazující práci s kostmi, které zajišťují animaci mimiky
  - rec\_vyrazy.mpeg – vyrenderovaná animace řeči a několika výrazů lidské tváře.
- textury
  - textura\_muz.tga – textura pro model muže.
  - textura\_oblek.tga – textura pro model obleku muže.
  - normalova\_mapa – normálová mapa pro model hlavy muže.
- instalacni\_soubory
  - blender-2.56a-beta-windows32.exe – instalační soubor programu Blender pro Windows v aktuální verzi.
  - gimp-2.6.11-i686.exe – instalační soubor grafického editoru.

- MakeHuman-0.9.1-RC1a.exe – instalační soubor aplikace umožňující tvorbu postav.
- VirtualDub-1.8.8 – složka se spouštěcím souborem programu sloužícího ke zpracování videa.
- VLCPortable\_1.1.9.paf.exe – instalační soubor přehrávače videa s vlastními kodeky ve verzi portable.