

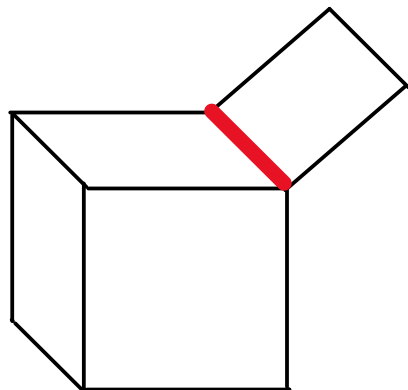
M U N I
S C I

Záznam a analýza digitálních dat v antropologii

Pokročilé 3D editace

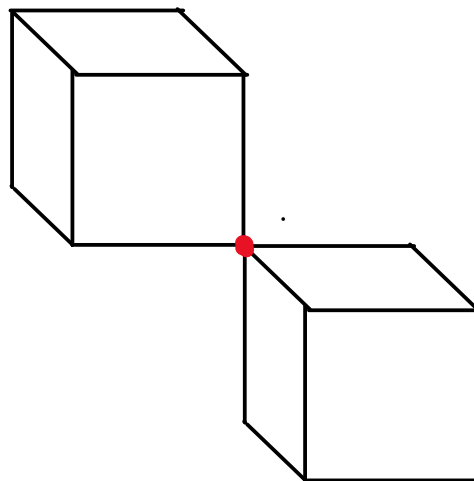
Mgr. Mikoláš Jurda, Ph.D.

Chyby polygonální sítě



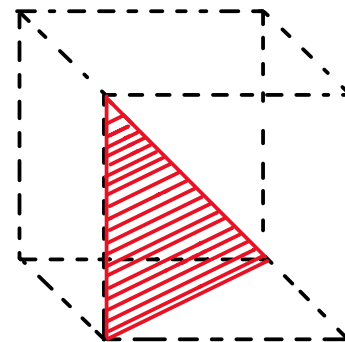
non-manifold edges

Hrany, které jsou součástí více než dvou polygonů. Řešením je vymazání nadbytečné facetů nebo přidání objemu a propojení s objektem.



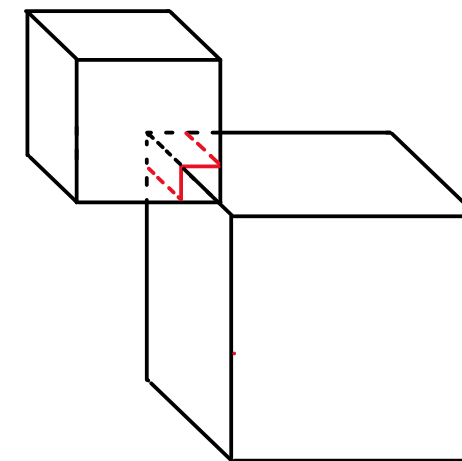
non-manifold vertices

Vrcholy, které jsou součástí více polygonů (anebo modelů), ale nesdílení své hrany.



internal facets

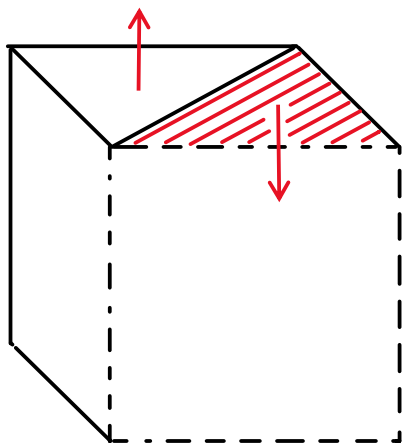
Vnitřní facet. Řešením je odstranění facet.



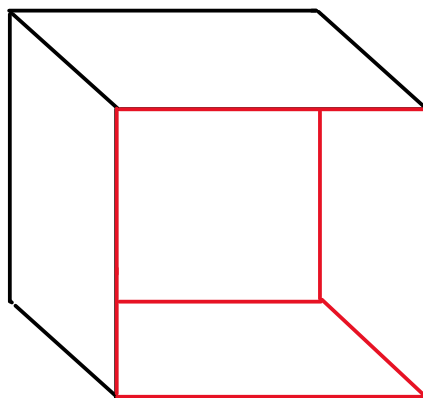
intersecting faces

Protínající se polygony.

Chyby polygonální sítě

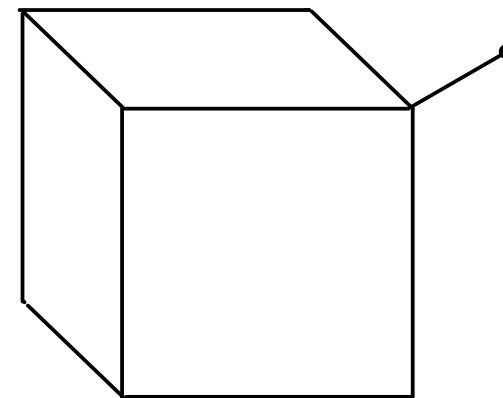


obrácené normály



díry v modelu

Pro 3D tisk je nutný uzavřený model, jehož polygonální síť přesně vymezuje prostor. Řešením je uzavření díry v síti a doplnění objemu.



„loose geometry“

Přítomnost vrcholů a hran, které nedefinují facetu.



Svobodný a otevřený software pro modelování a vykreslování třírozměrné počítačové grafiky a animací s využitím různých technik.

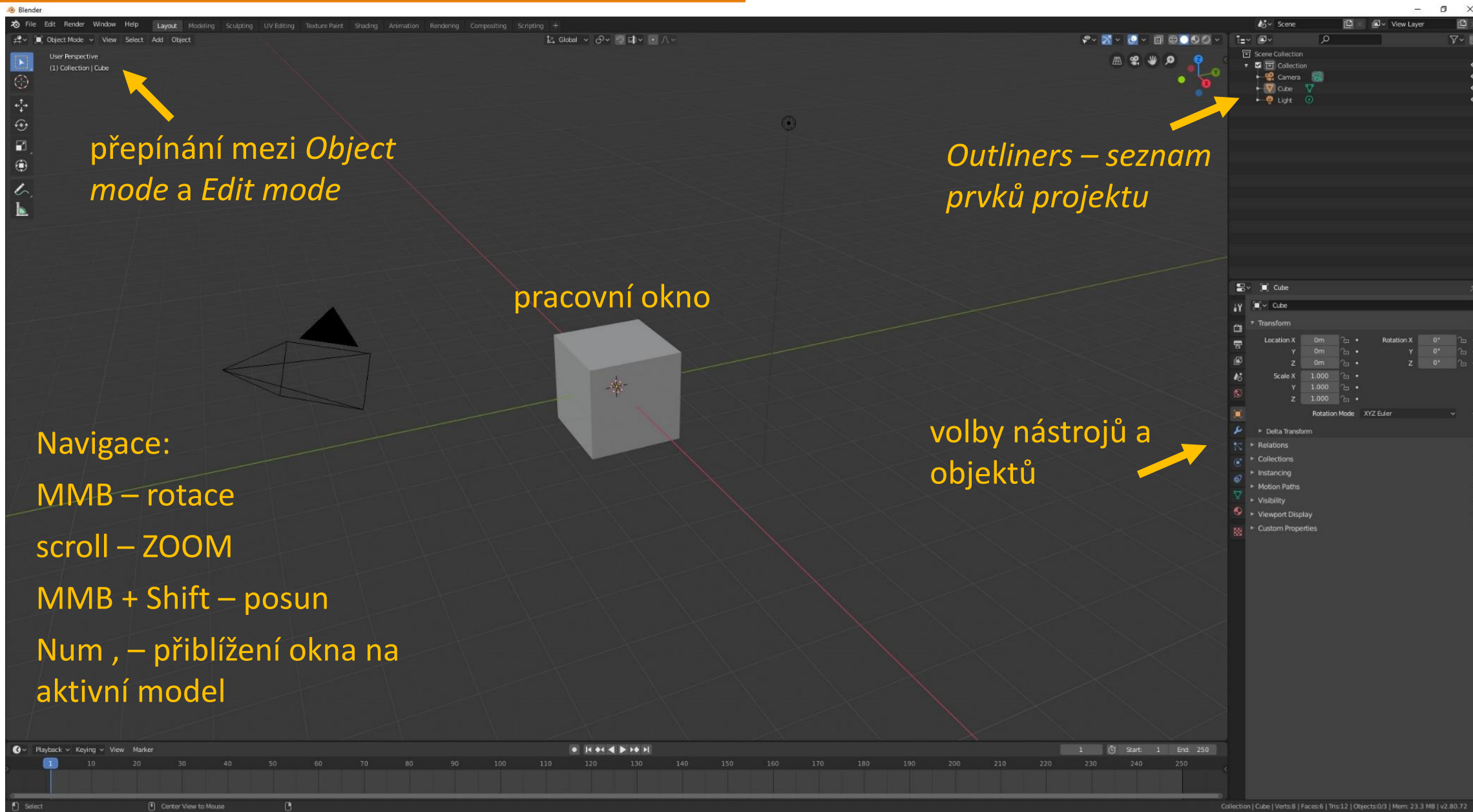


- editace a tvorba polygonálních modelů a jejich prvků
- virtuální modelování
- tvorba a editace textury
- animace

- tvorba statických a dynamických náhledů
- zvuk, stříh a efekty

- na poprvé trochu moc...

Blender – základní orientace a navigace



přepínání mezi *Object mode* a *Edit mode*

Outliners – seznam prvků projektu

pracovní okno

volby nástrojů a objektů

Navigace:

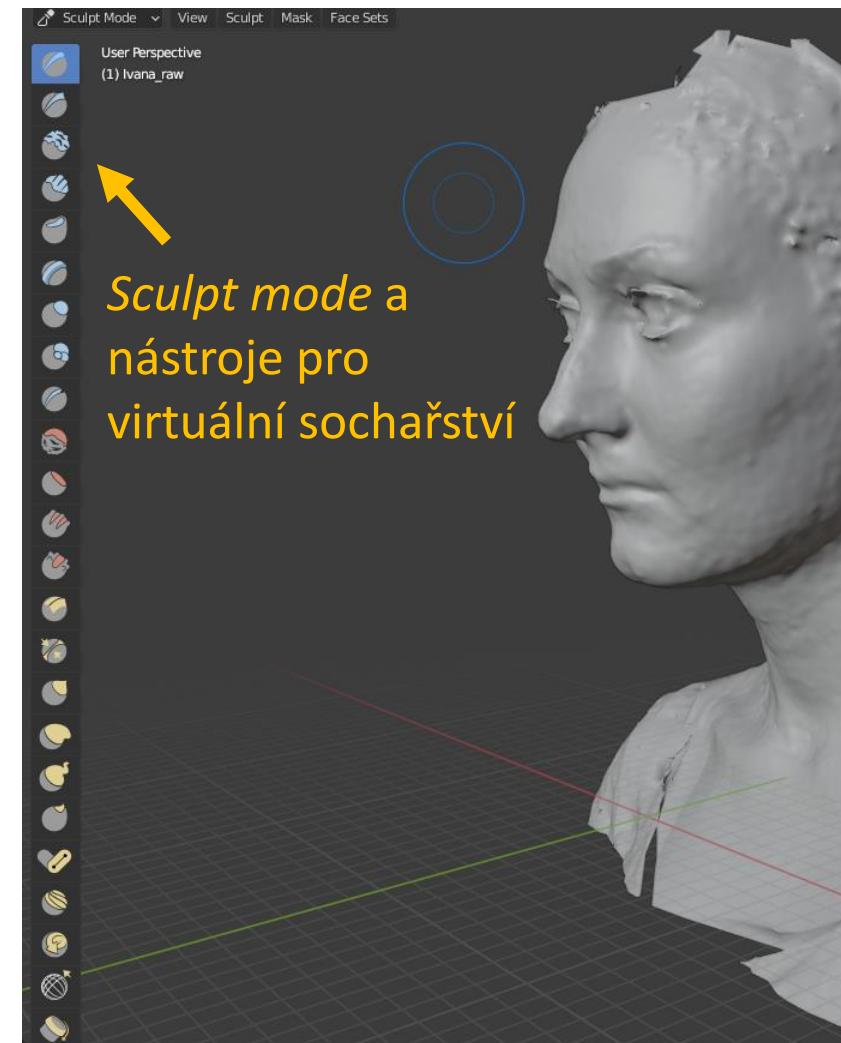
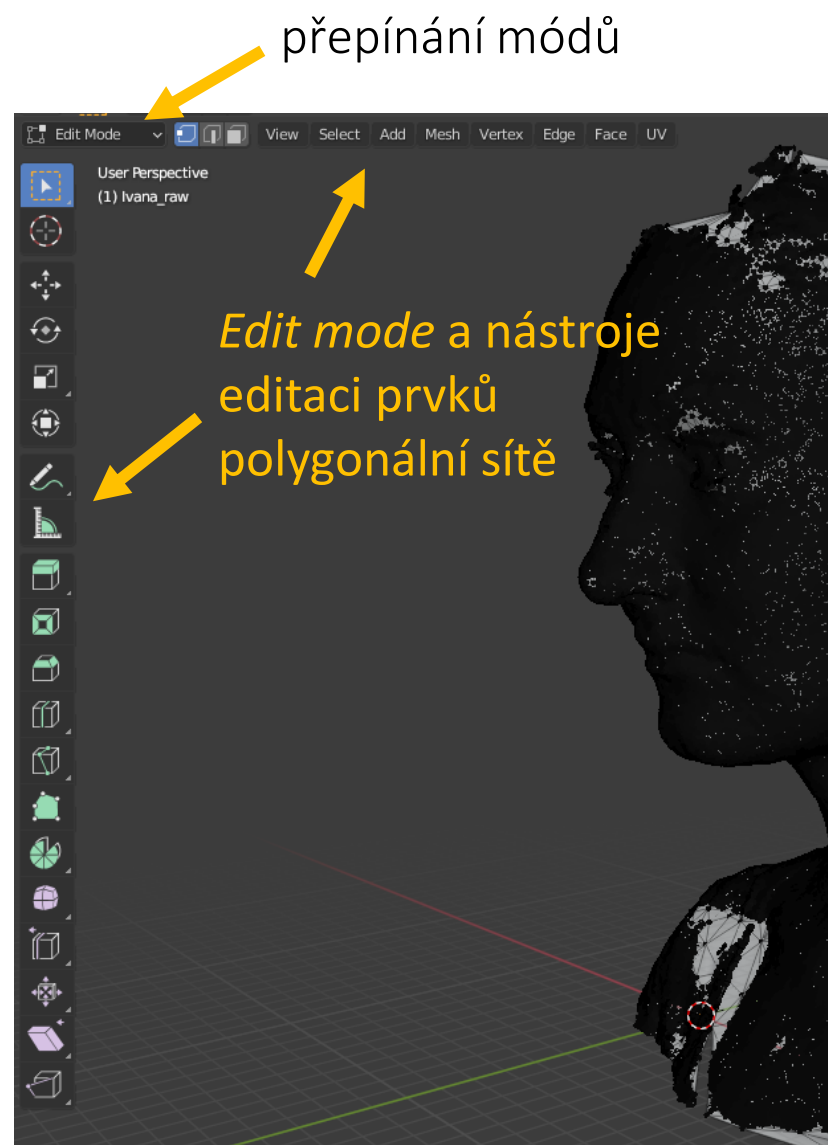
MMB – rotace

scroll – ZOOM

MMB + Shift – posun

Num , – přiblížení okna na aktivní model

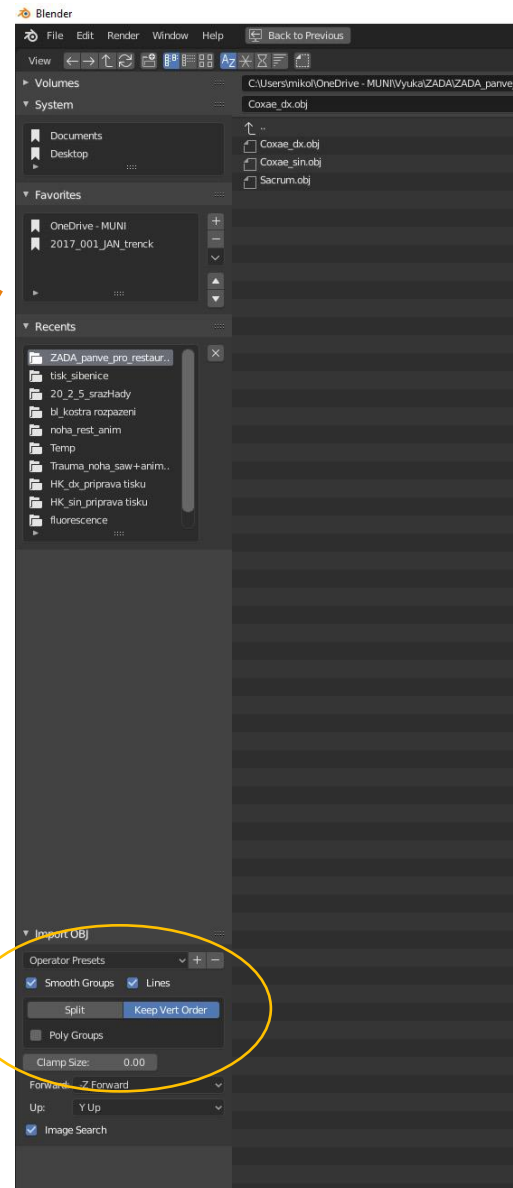
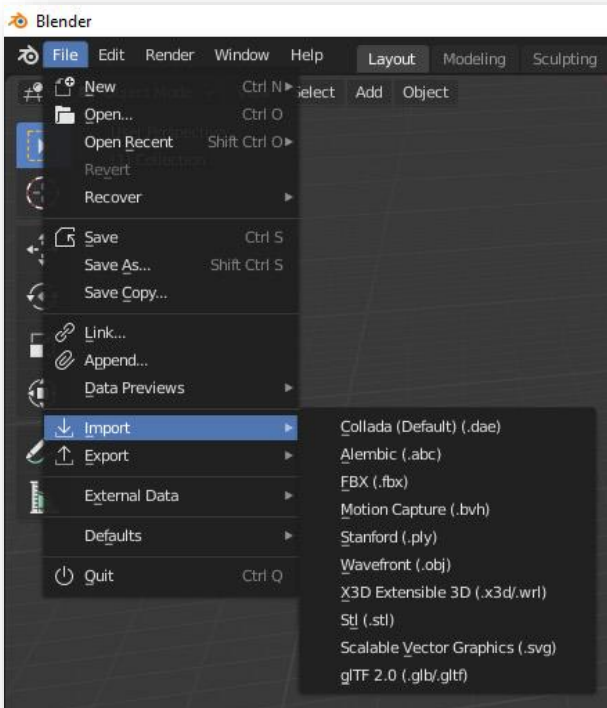
Blender – základní módy



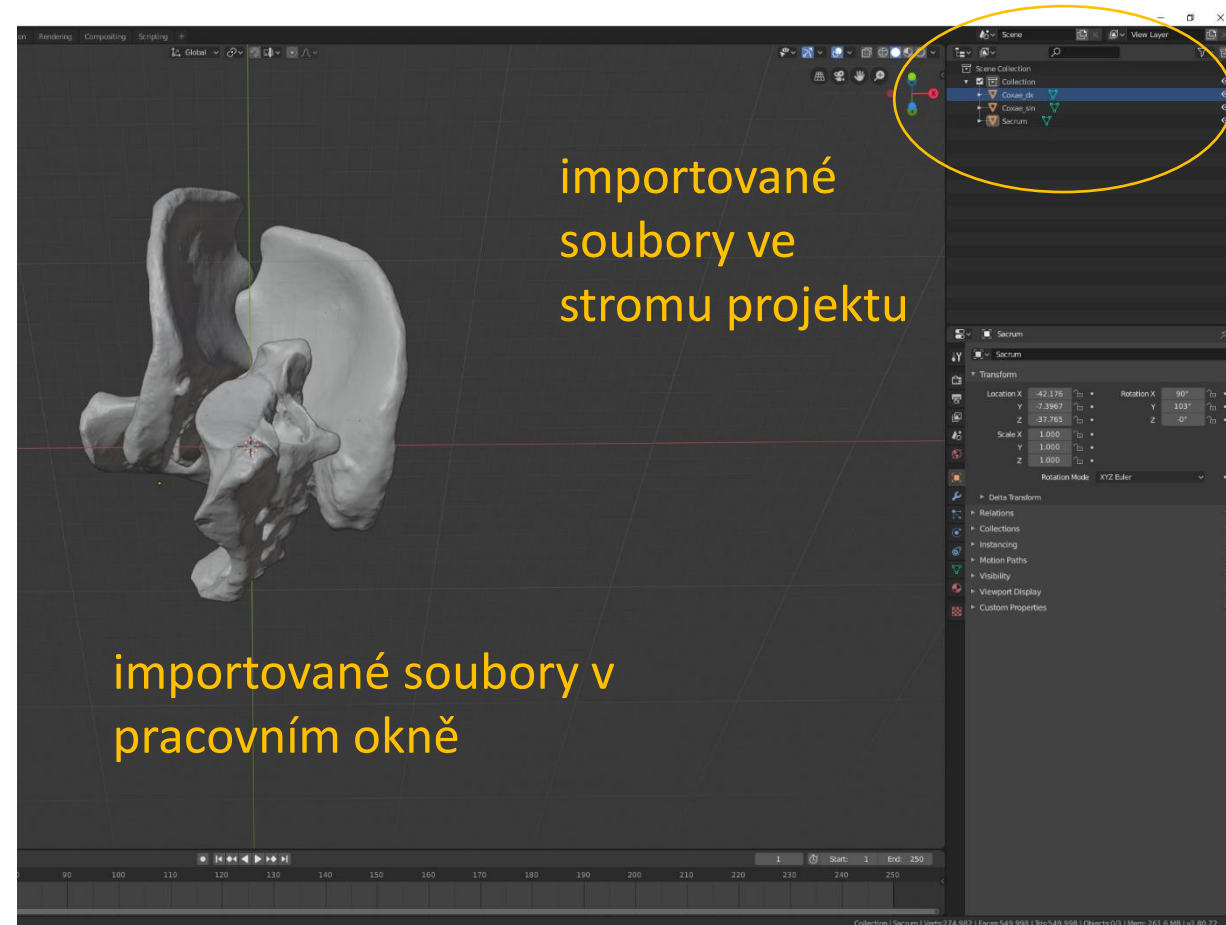
Blender – import modelu



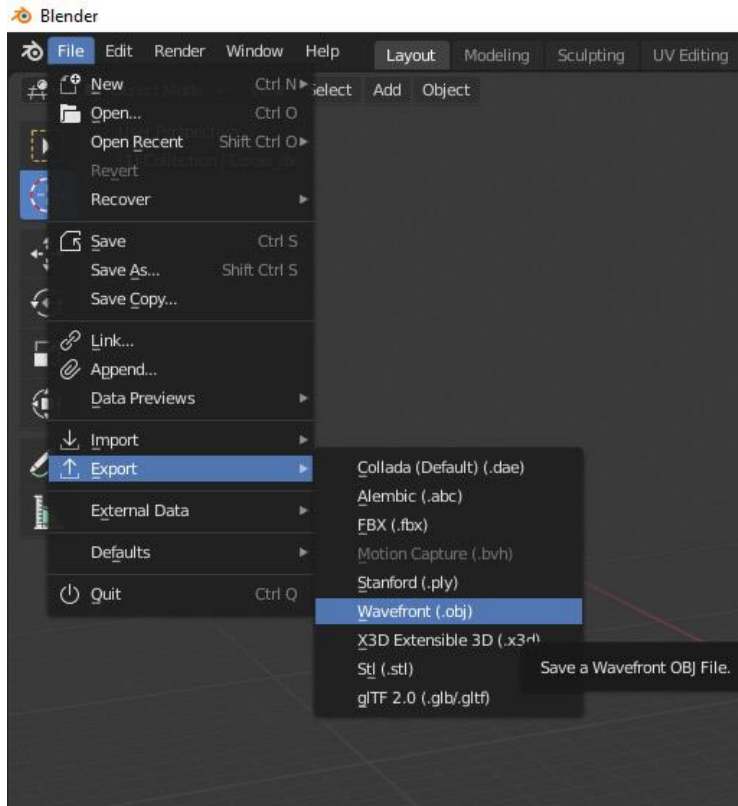
File > Import > ...volba podle typu souboru... > ...vyhledání souboru... > Import



volba split (v případě obj),
zadaná defaultně, s
některými modely
nefunguje

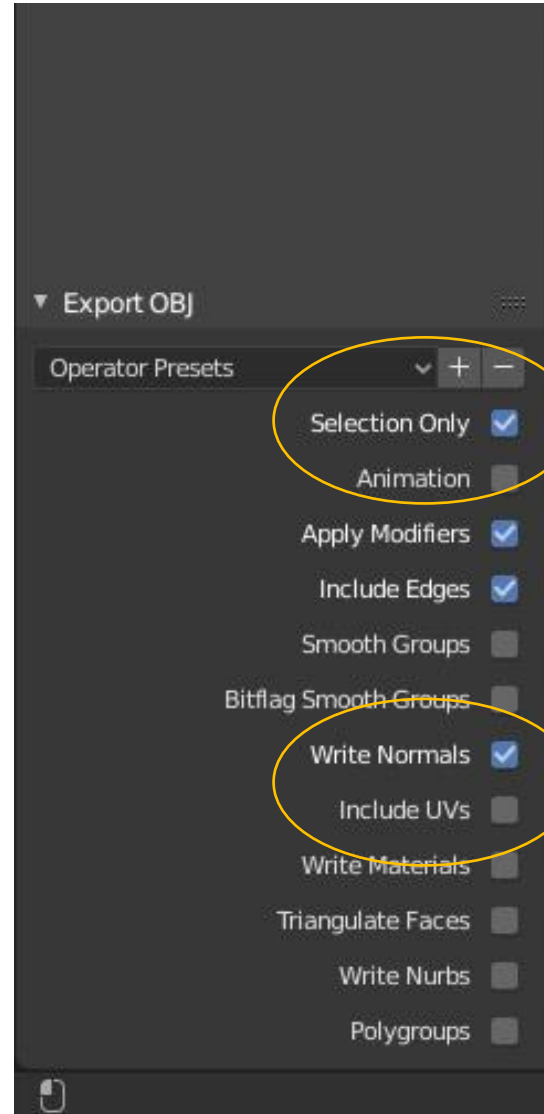


Blender – export modelu



File > Export > ...volba podle typu souboru... > ...vyhledání umístění... > Export

(je potřeba vybrat ve stromu projektu předem model pro export)



Podstatné volby při exportu

Selection only – vyexportuje **pouze** aktivní/vybraný model. Pokud není zatrženo, exportuje vše do jednoho souboru.

OBJ

Include UVs a White Materials – pokud je zatrženo, vyexportuje také .mtl soubor. Pokud ne, vyexportuje se pouze soubor obj.

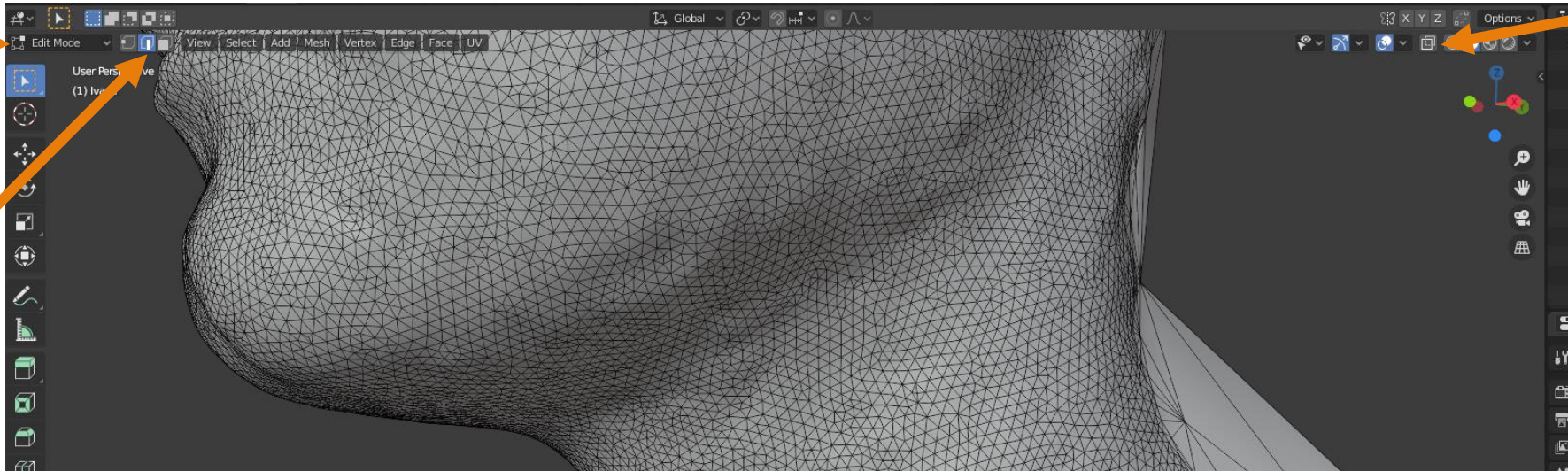
Blender – pokročilé úpravy – *edit mode*

- mód pro většinu editací polygonální sítě, prostřednictvím editací jednotlivých prvků sítě

- přepínání mezi módy



- přepínání mezi editací bodů, hran nebo facet



- přepínání průhlednosti (možnost označit vše v dané oblasti bez ohledu na směr pohledu)

Výběr prvků:

LMB – jednotlivě

ctrl + RMB – laso

L – propojené prvky

Posun vybraných prvků:

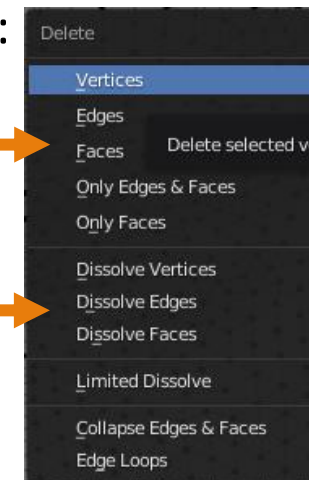
stejně jako v *edit mode* (G, R, S, T)

Odstranění vybraných prvků:

delete >

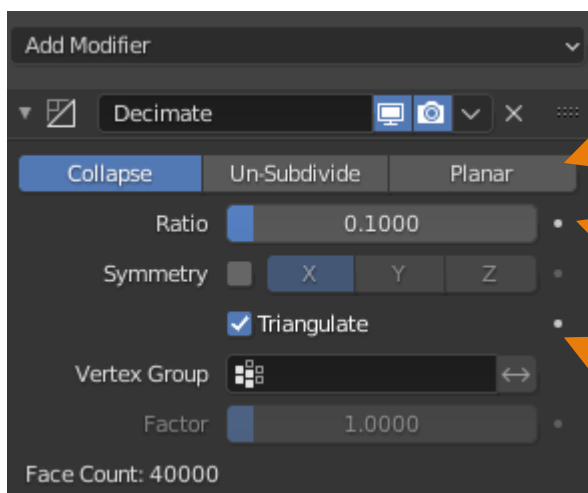
odstraní

spojí zbývající prvky



V základu je možné pro snížení počtu polygonů modelu využít modifikátor *Decimate*, anebo nástroj *Decimate geometry (Edit mode)*

modifikátor *Decimate*

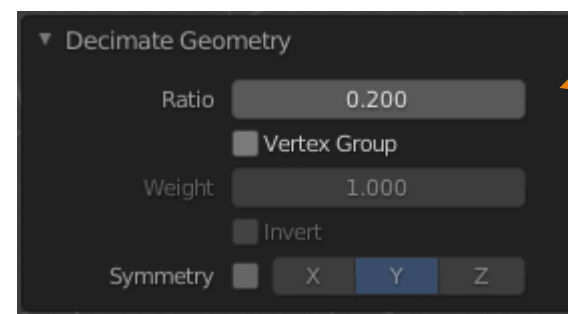


nastavení příslušného módu

nastavení podílu zachovaných vrcholů

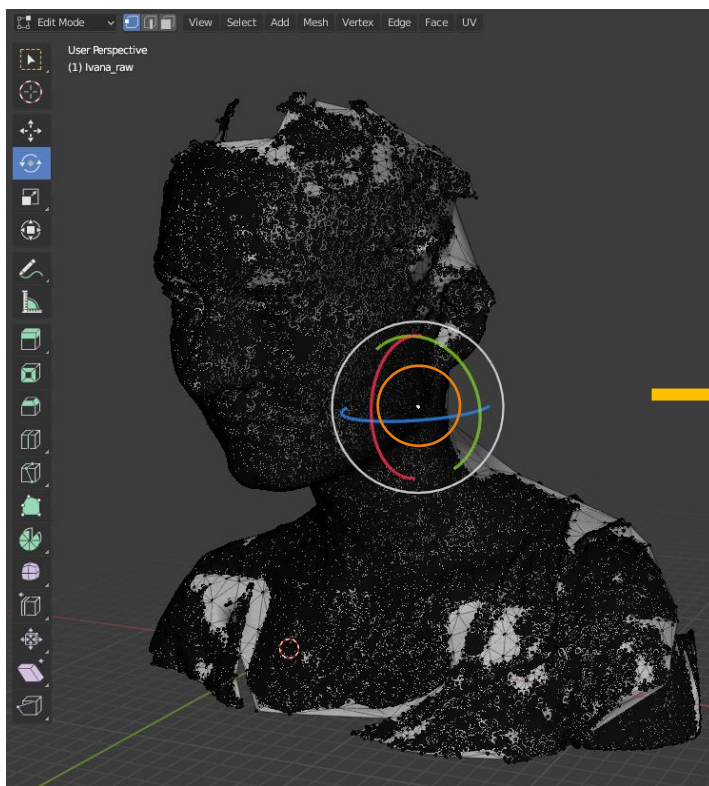
zajištění triangulace výsledných facet

Decimate Geometry

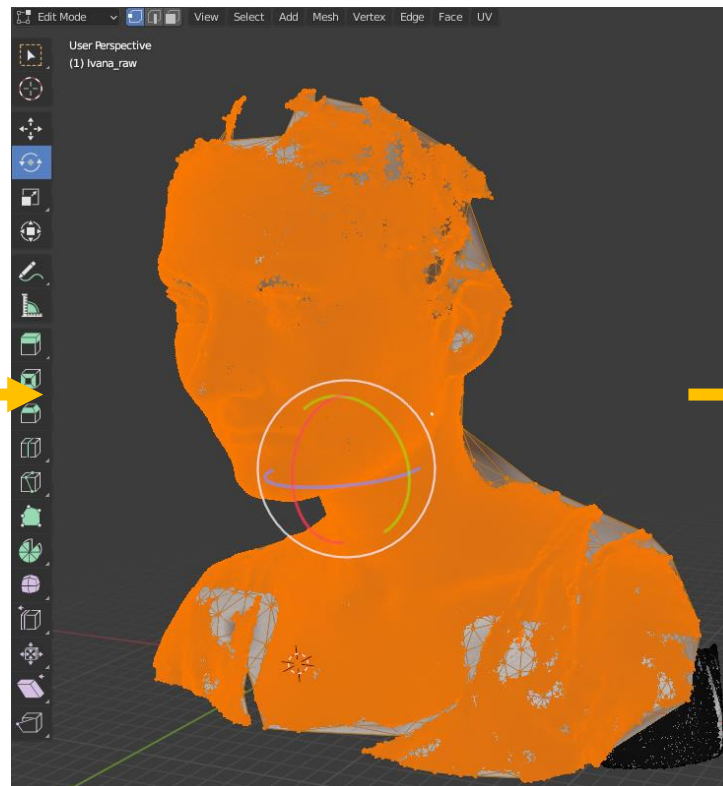


nastavení podílu zachovaných vrcholů

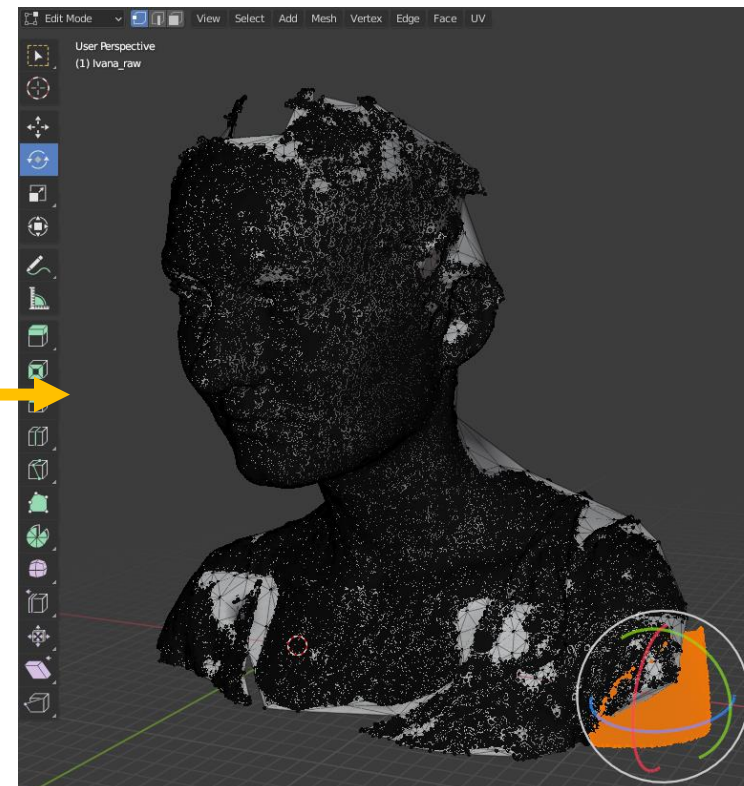
Edit mode



1) výběr jednoho prvku sítě
(LMB)



2) výběr všech prvků této sítě
(ctrl + L)



3) obrácení výběru (ctrl + i)

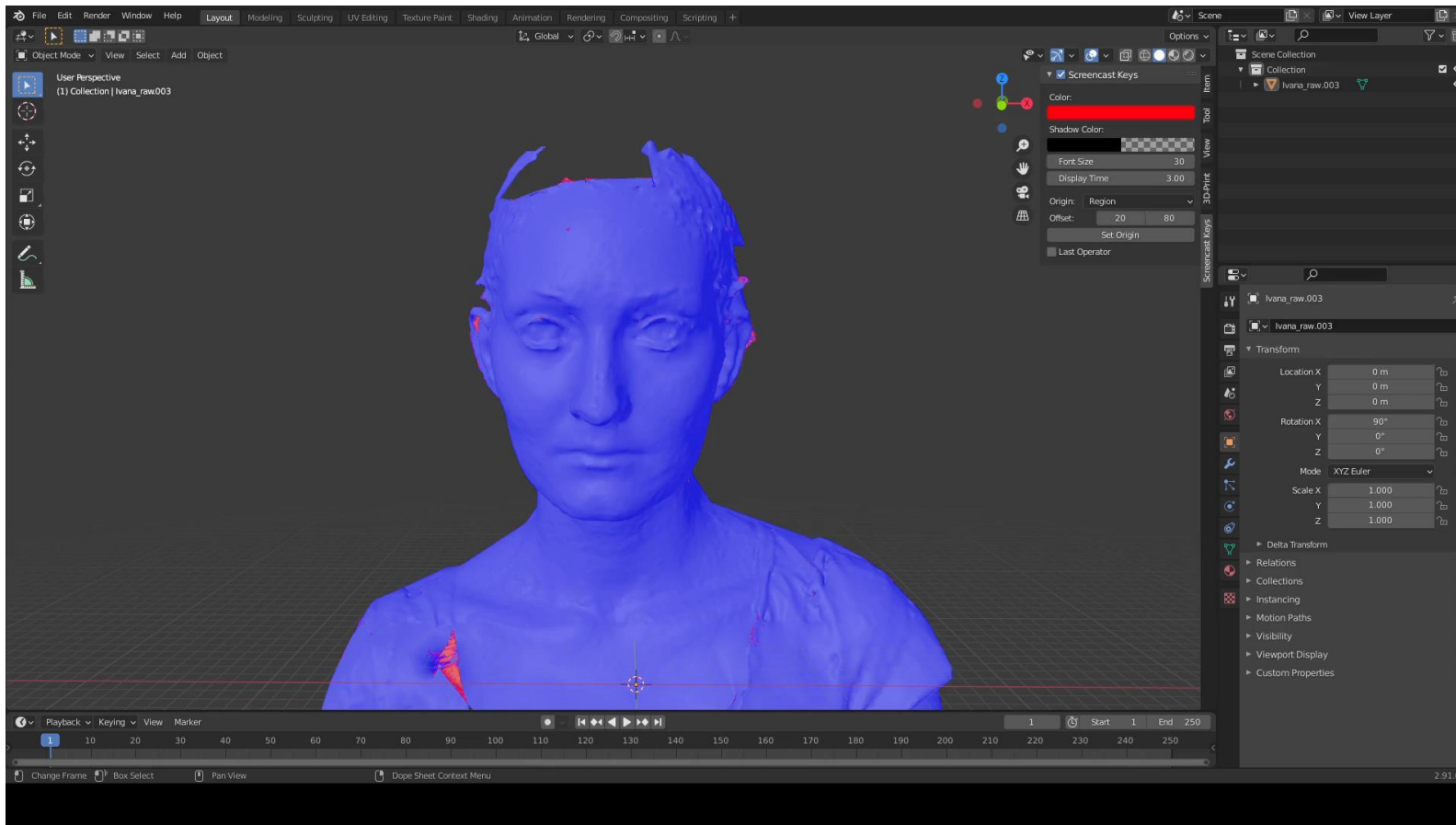
4) smazání vybraných fragmentů

Blender – výběr prvků polygonální sítě

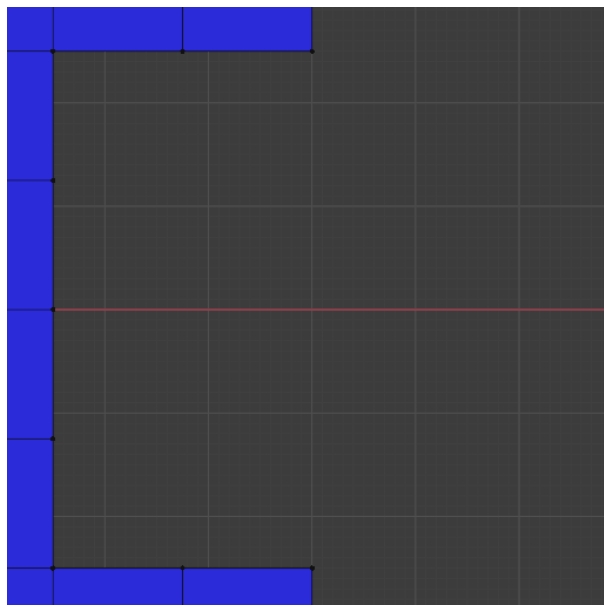
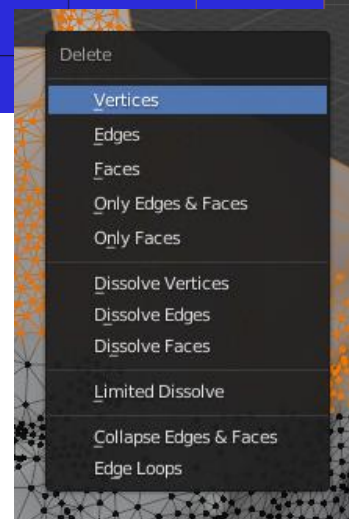
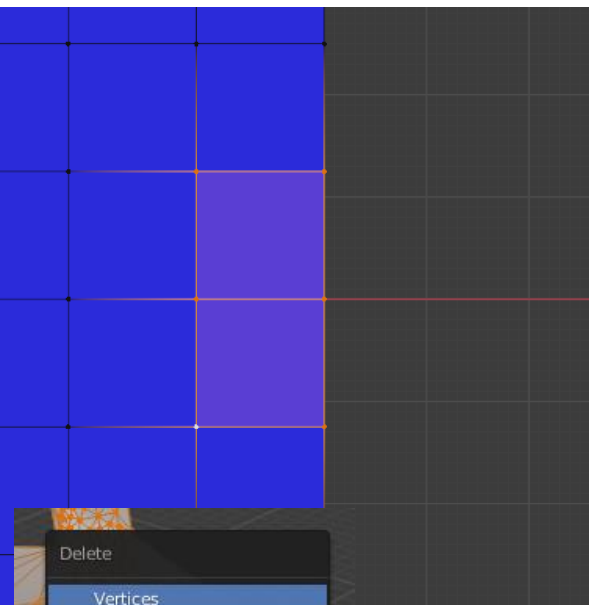
Výběr s pomocí **lasa** bez průhlednosti a s průhledností

Ctrl + RMB (*Edit mode*)

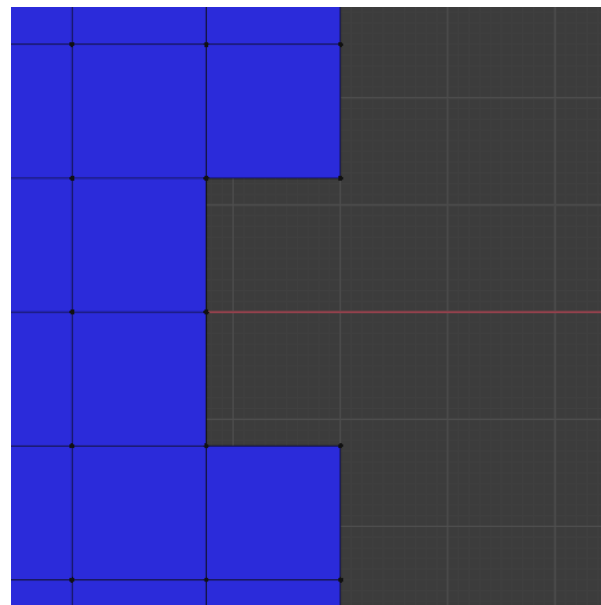
v kombinaci se zapnutou průhledností dovolí tento nástroj vybrat všechny prvky, které jsou v označené oblasti, tj. včetně těch skrytých.



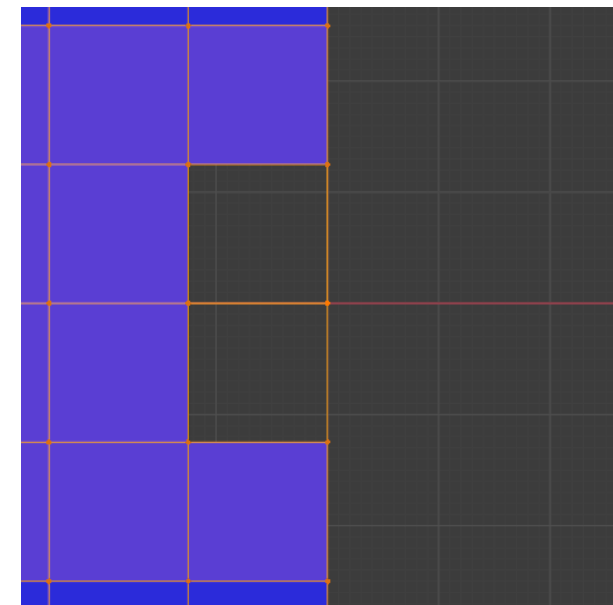
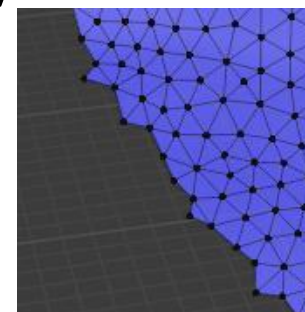
- odstranění vybraných prvků (Del + výběr z menu; *Edit mode*)



Delete vertices – odstraní všechny vrcholy, včetně hran a facet, které definují. Odstraní tedy víc povrchu, než je označeno.



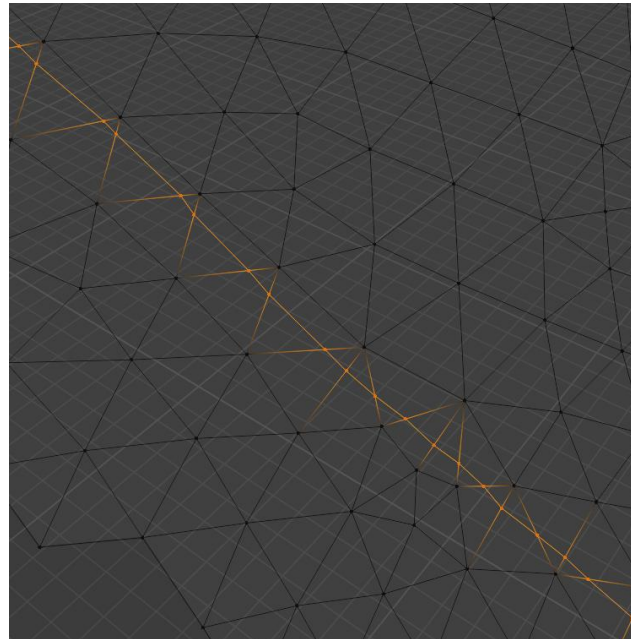
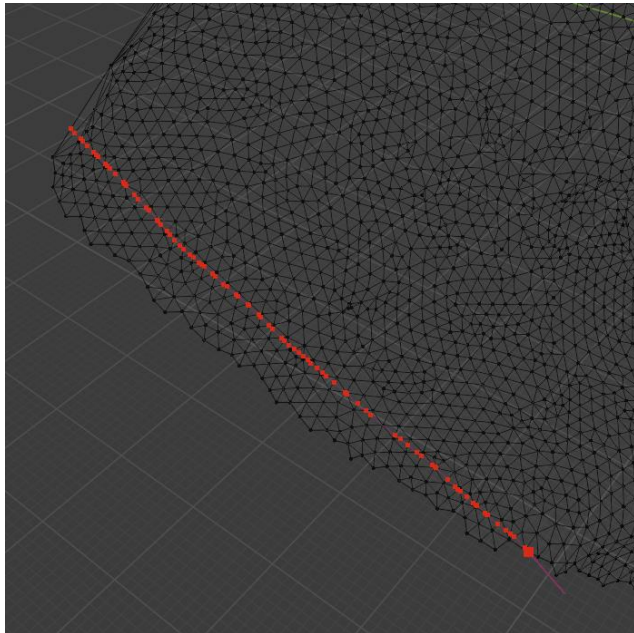
Delete faces – odstraní facety a zbývající volné hrany a body



Only Faces – odstraní pouze facety. Ponechá vrcholy a hrany.

nástroj *Knife* (klávesa *K*, *Edit mode*)

Rozdělí facety novými hranami. V kombinaci s rozdělením polygonální sítě podél nově vzniklých hran (*Mesh > Split > Faces by Edges*) je možné použít pro hladké, komplexní ořezání jedné vrstvy polygonální sítě.



- 1) aktivace nástroje stiskem *k*
- 2) při stisknutém LMB definujeme řez sítí

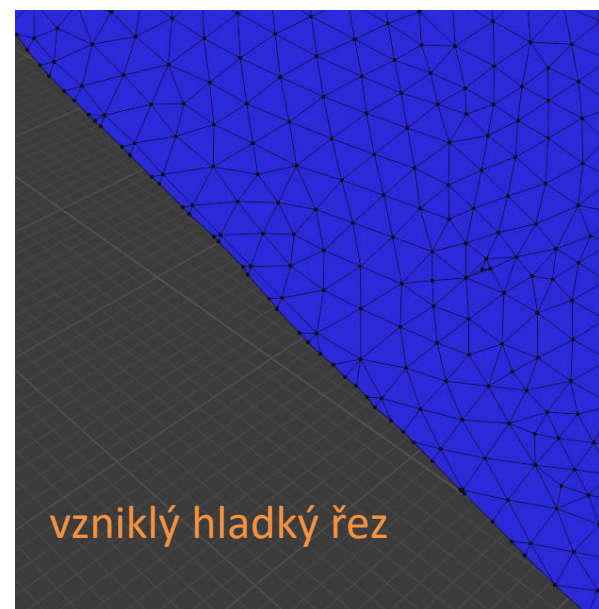
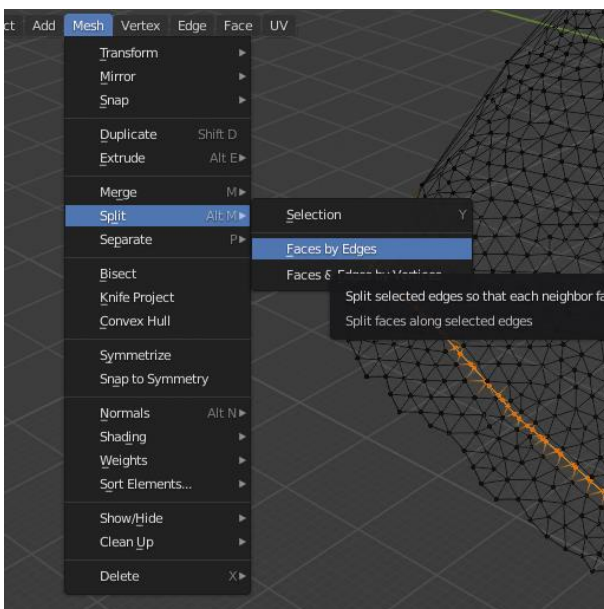
Současným stiskem *Shift* zajistíte, že nové hrany budou přesně v dráze kurzoru, bez něj lnou k blízkým prvkům. Dobré je taky zapnout X-ray náhled   , aby se rozdělily i případné odvrácené fasety.

Blender – odstranění prvků modelu – *Knife 2*

nástroj *Knife* (klávesa *K*, *Edit mode*)



podoba řezu po prostém odstranění vybraných částí sítě

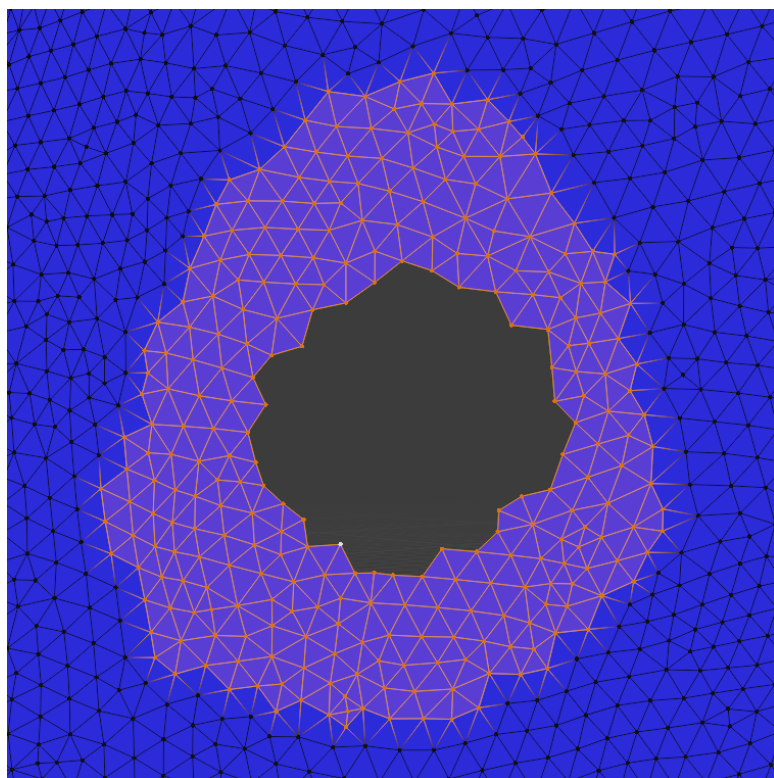


- 3) *Mesh > Split > Faces by Edges* – rozdělí síť podél vzniklé hrany. Její části je pak možné označit samostatně (I + LMB) a odstranit. Je nutné nechat vybranou původní hranu tak, jak je vybraná po použití knife. Nástroj knife někdy nefunguje dobře, v místech se složitou geometrií. Pokud jsou sítě i nadále propojené a nejdou označit a vymazat, je potřeba problematické místo vyhledat spojení sítě přerušit.

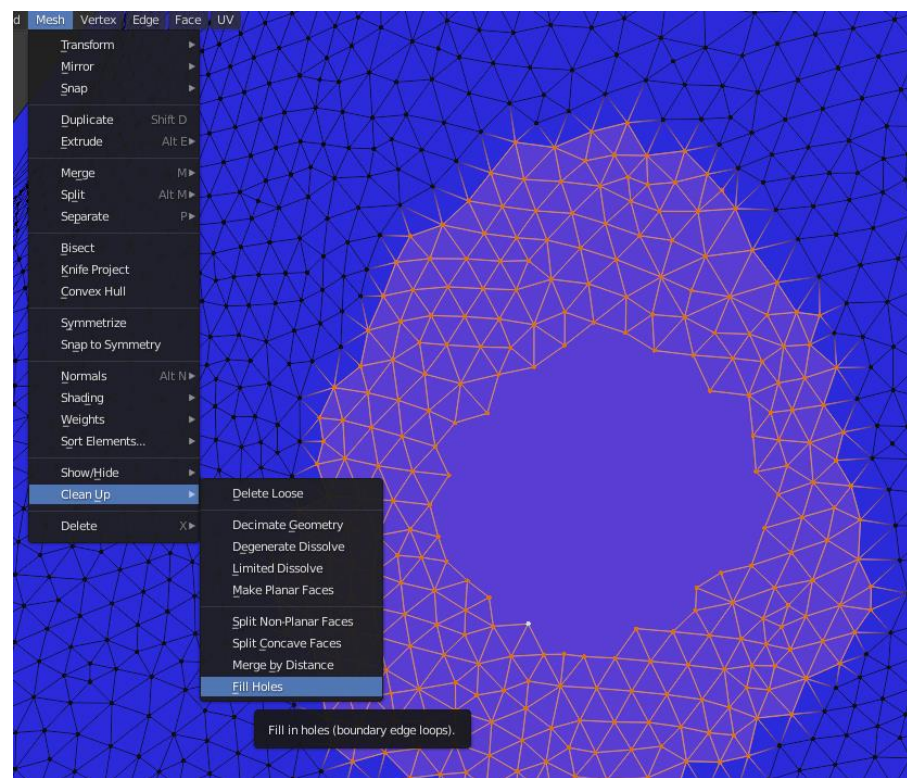
nástroj *Fill Holes* (*Mesh > Clean Up > Fill Holes; Edit mode*)

Pro správnou funkci musí být vybrána alespoň ta část sítě, která díru obsahuje (výběr nemusí být omezen jen na prvky na okraji díry). Nástroj také dovoluje definovat maximální množství hran zaplňovaných děr.

Nástroj vyplní díry v polygonální síti jednou, mnohostěnnou facetou.



1) Výběr části sítě s dírou nebo celého modelu (klávesa A)



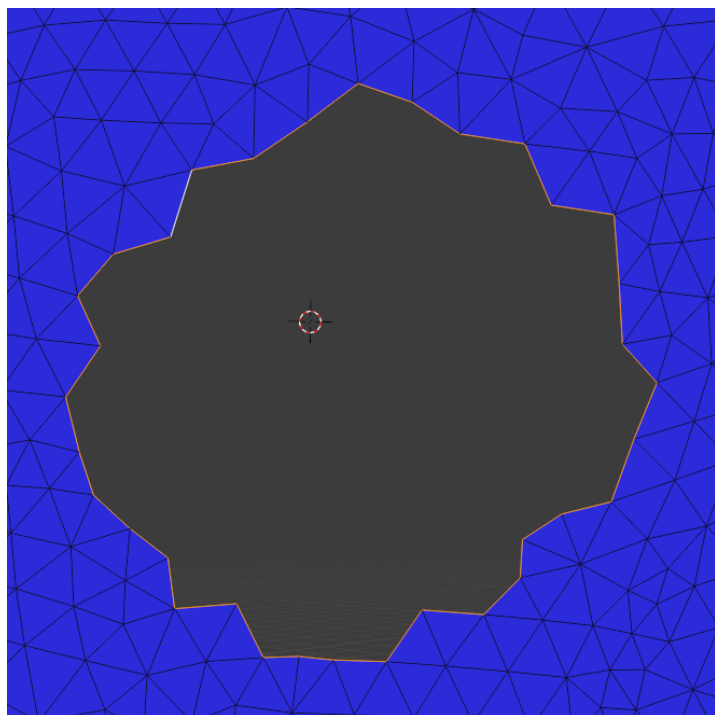
2) zaplnění facetou (*Mesh > Clean Up > Fill Holes*)



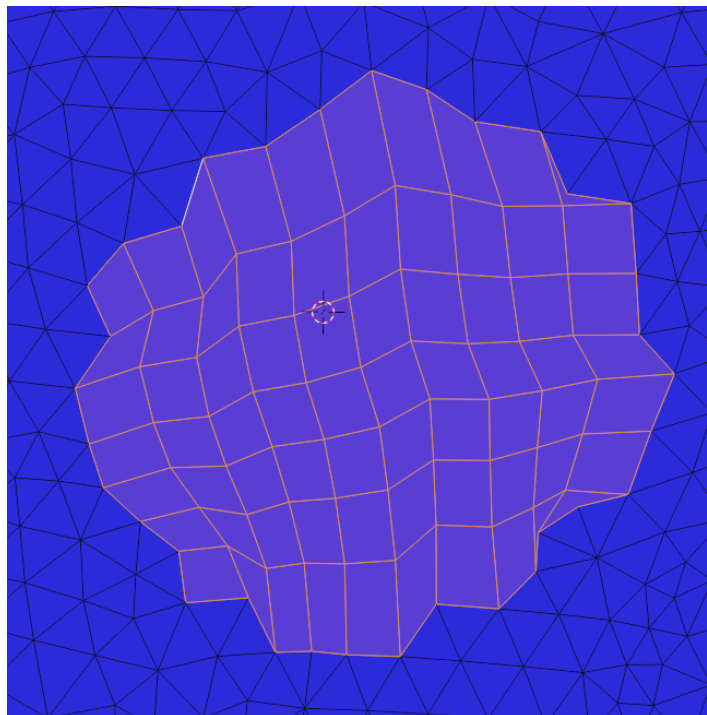
nastavení maximálního počtu facet – výchozí jsou pouze 4 hrany, většinou je potřeba toto číslo navýšit (v levé dolní části pracovního prostoru)

nástroje *Fill* a *Grid Fill* (*Face > Fill*, *Ctrl + F* nebo *Face > Grid Fill*; *Edit mode*)

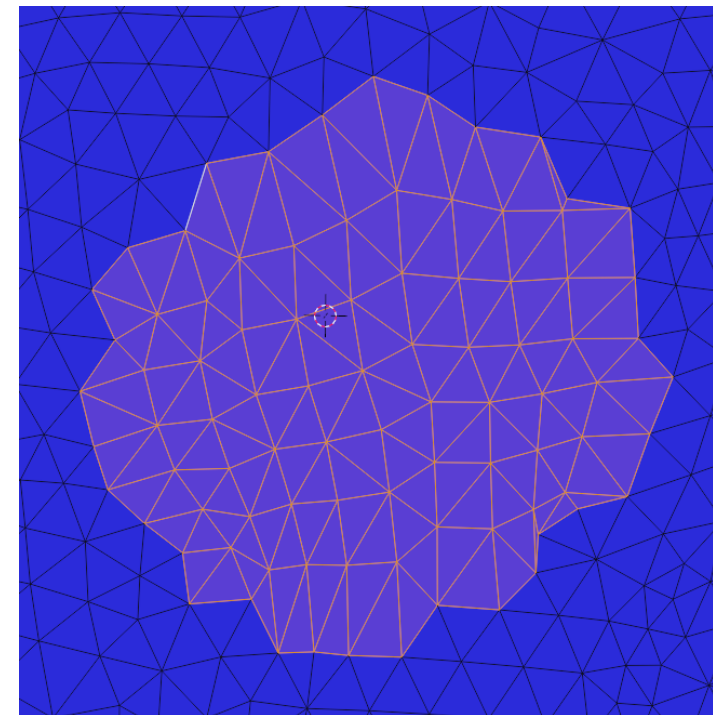
Nástroje vyplní díry v polygonální síti novými facetami – pro organické tvary je mnohem vhodnější než předchozí nástroj. Je ale potřeba vybrat pouze hrany obkružující díru v síti.



1) Výběr hran okolo díry v síti
(*Shift + Alt + LMB* výběr hrany;
Edit mode)

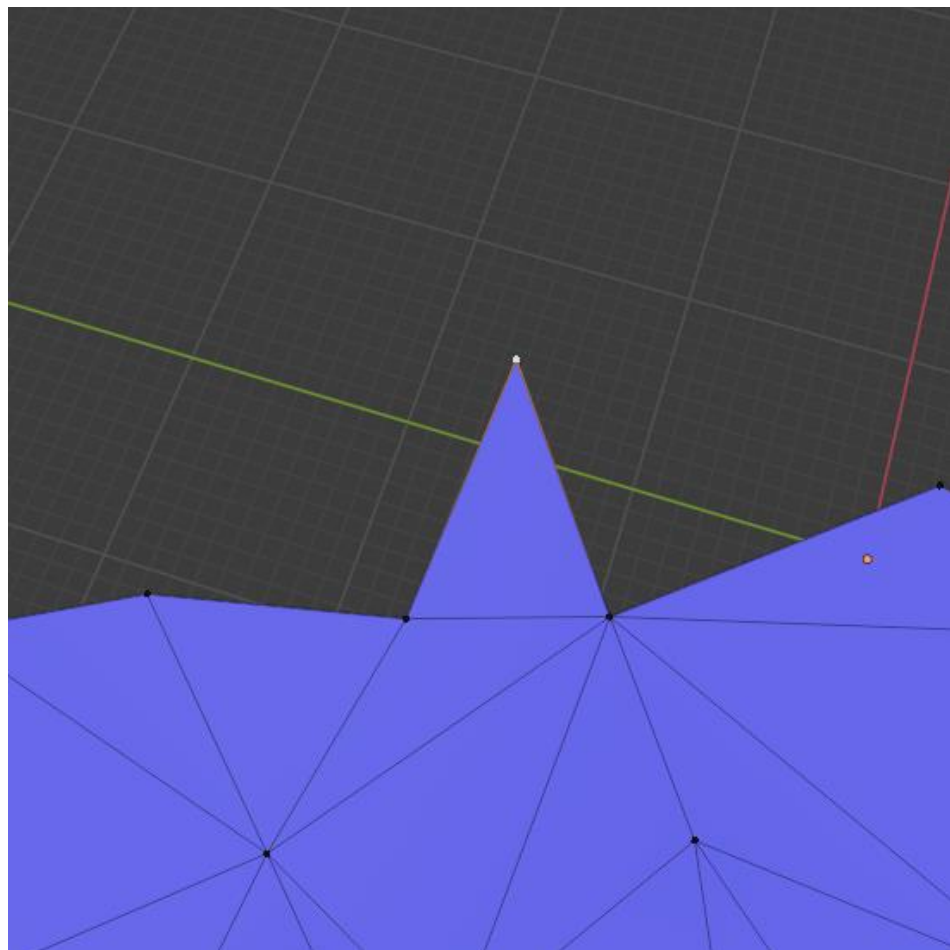


2) zaplnění novými facetami
(*Face > Grid Fill*)

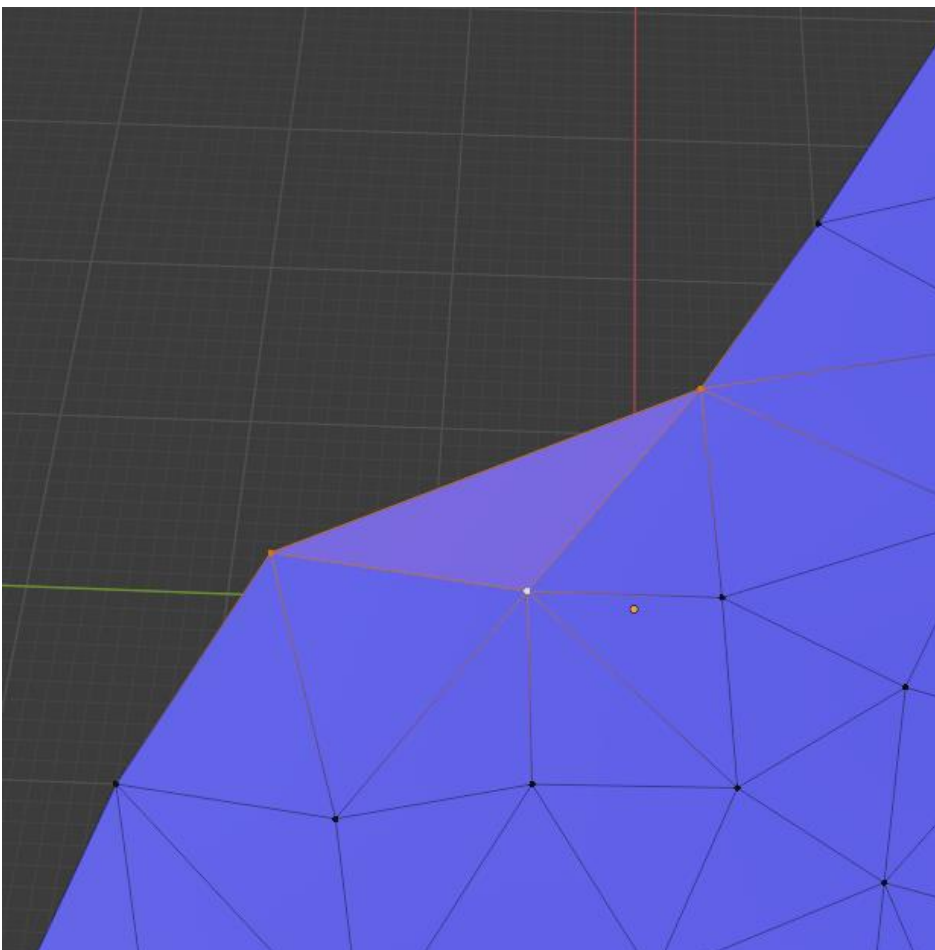


3) případná triangulace
nových facet (*Ctrl + T*)

Blender – vyplňování děr v polygonální síti – *ovlivnění počtu okrajových hran*



Ukázka okrajové facety, která může bránit výběru okraje díry a zaplnění díry.

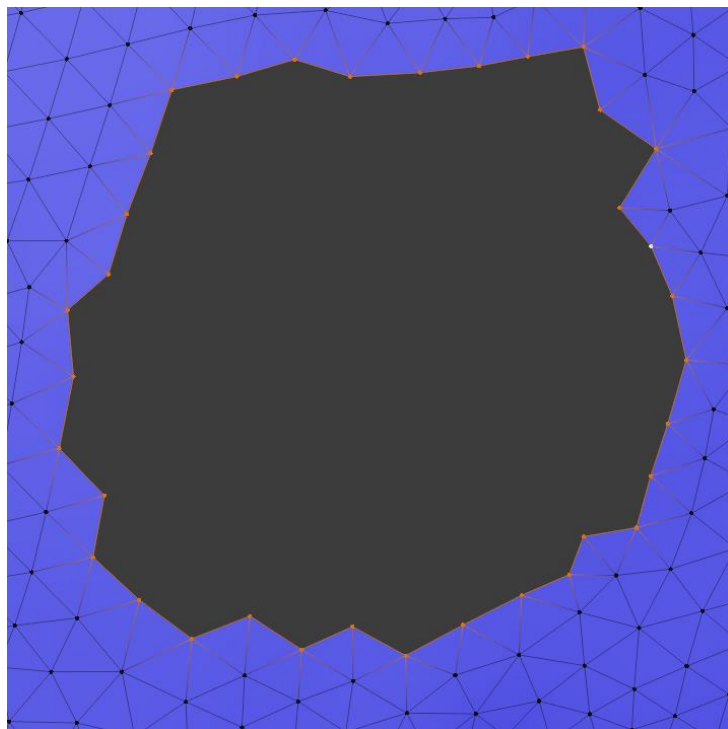


Ukázka facety, při jejíž odstranění se změní lichý počet facet tvořících okraj díry v sudý.

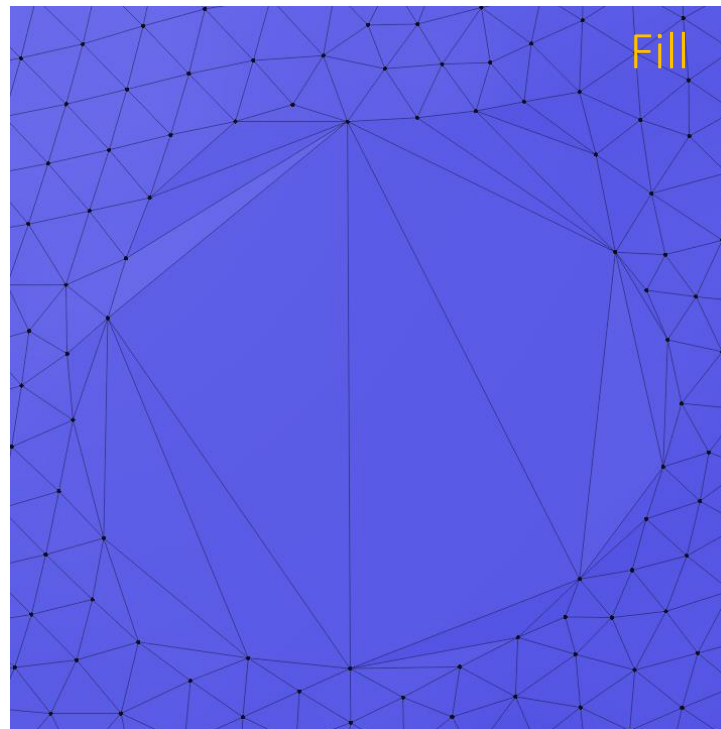


Nastavení nástroje *Grid fill*.

Je potřeba vybrat pouze hrany, které obkružují díru v síti.

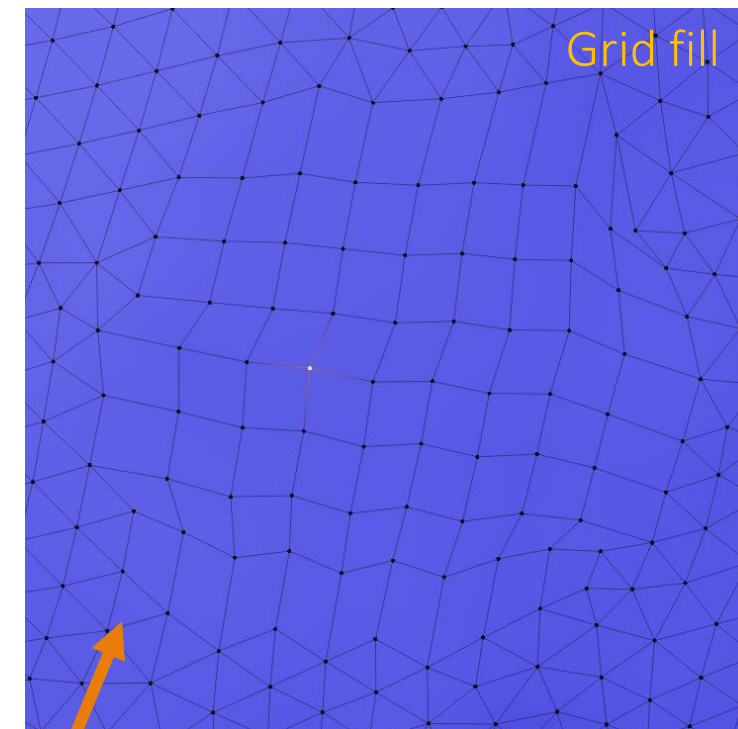


1) Výběr hran okolo díry v síti
(*Shift + Alt + LMB* výběr hrany;
Edit mode)



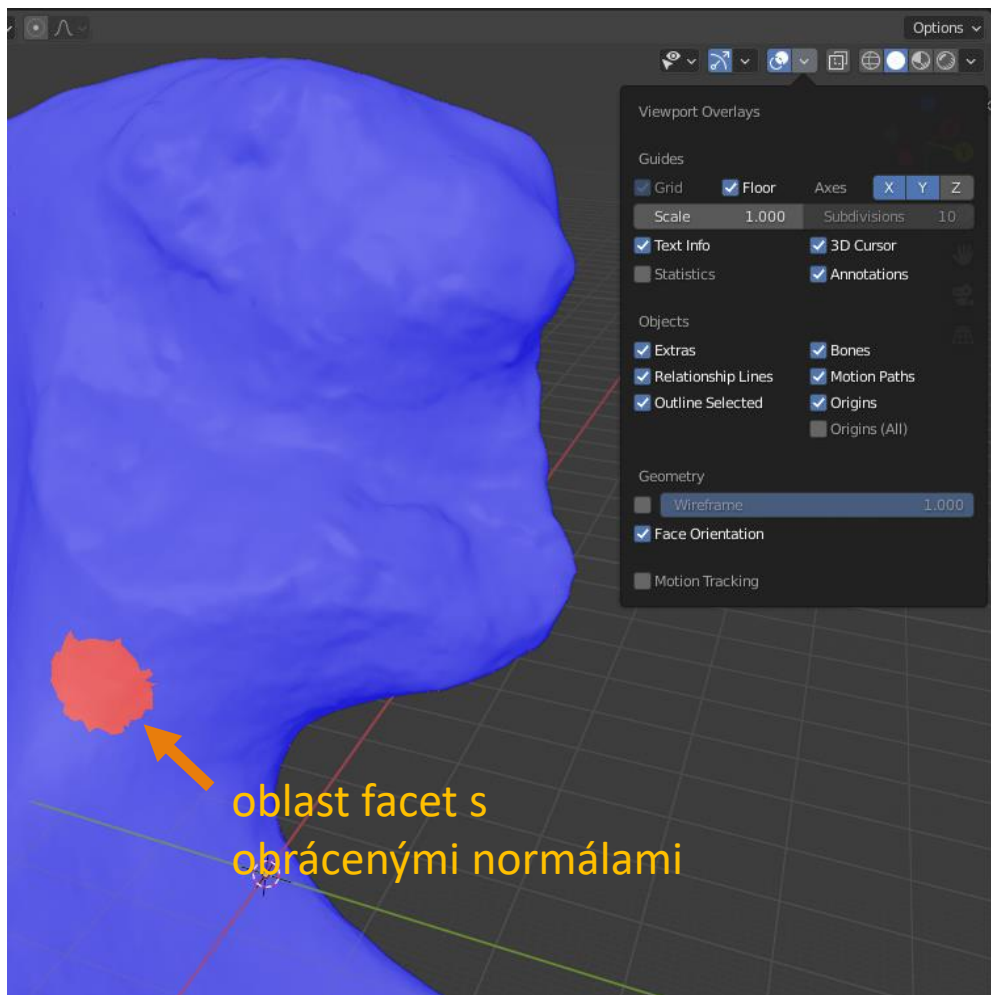
2) zaplnění novými facetami
(*Face > Fill, Alt + F*)

vs.

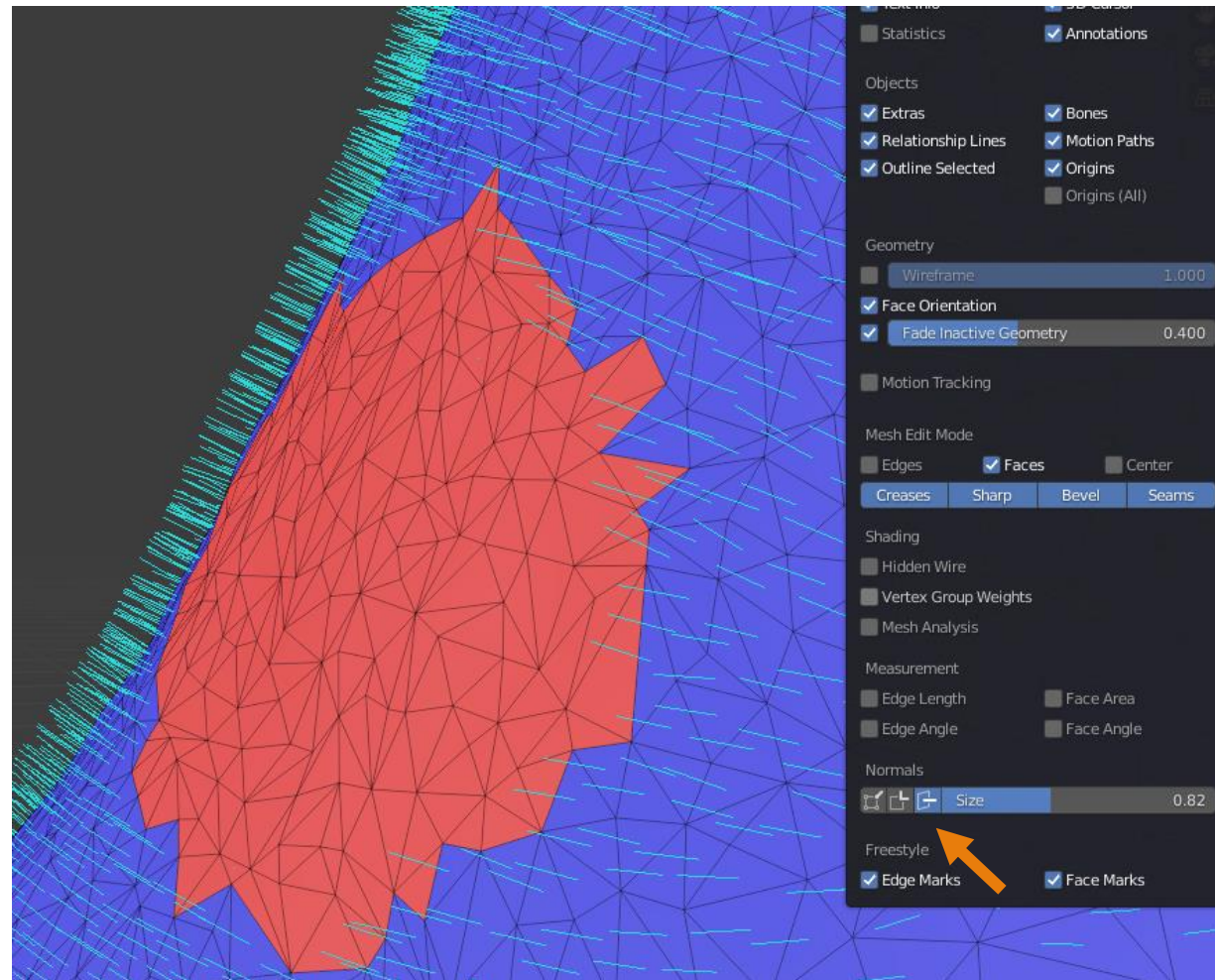


pro správnou funkci je nutné,
aby okraj díry ohraničoval sudý
počet facet!!!

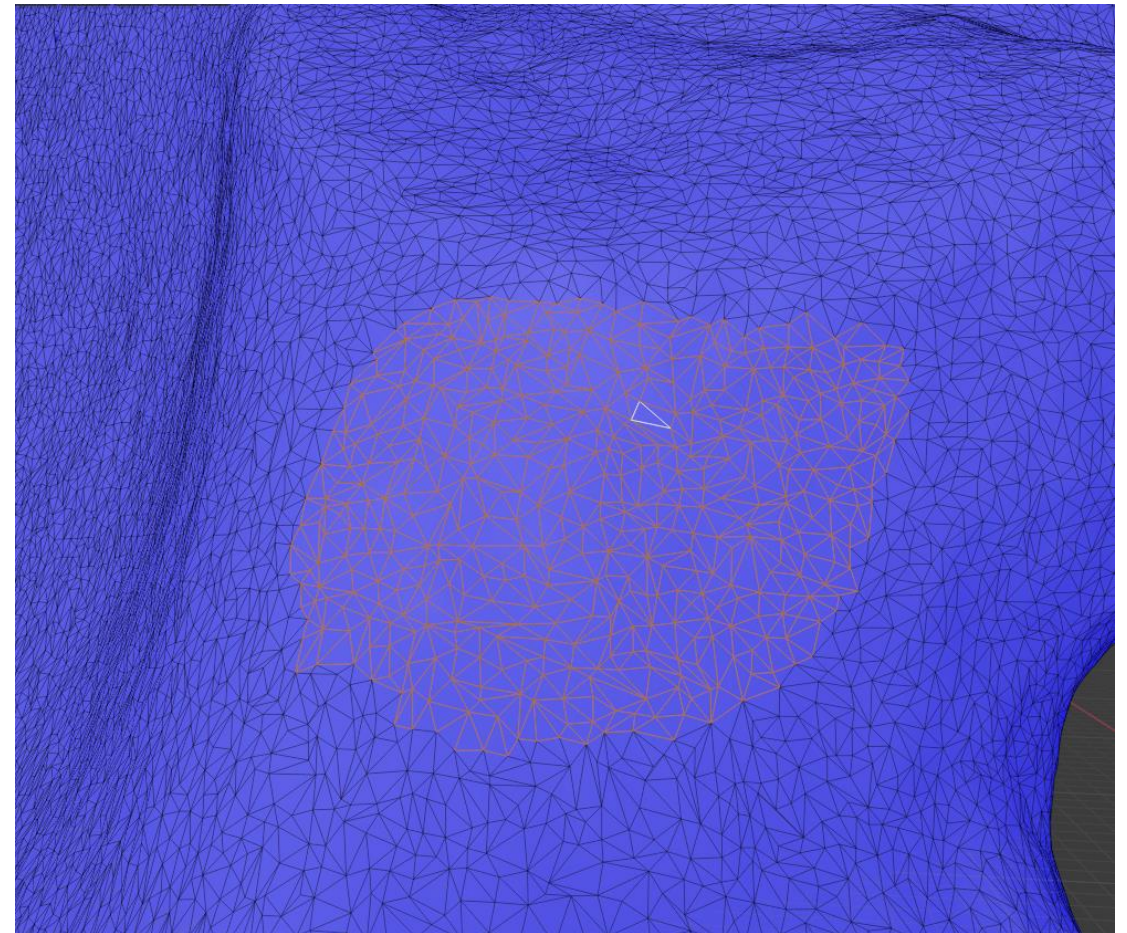
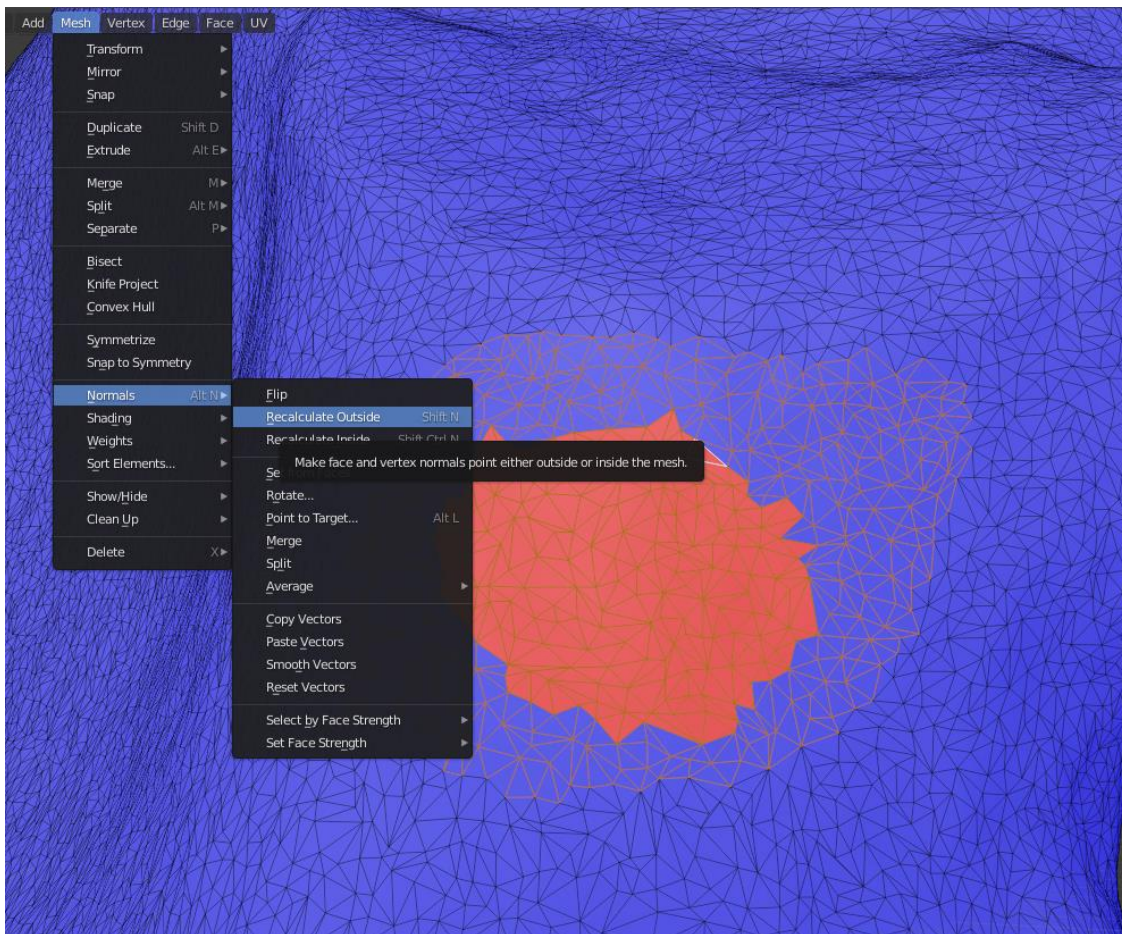
Blender – zobrazení směřování normál



Overlays > Face orientation



Overlays > Normals (Edit mode)



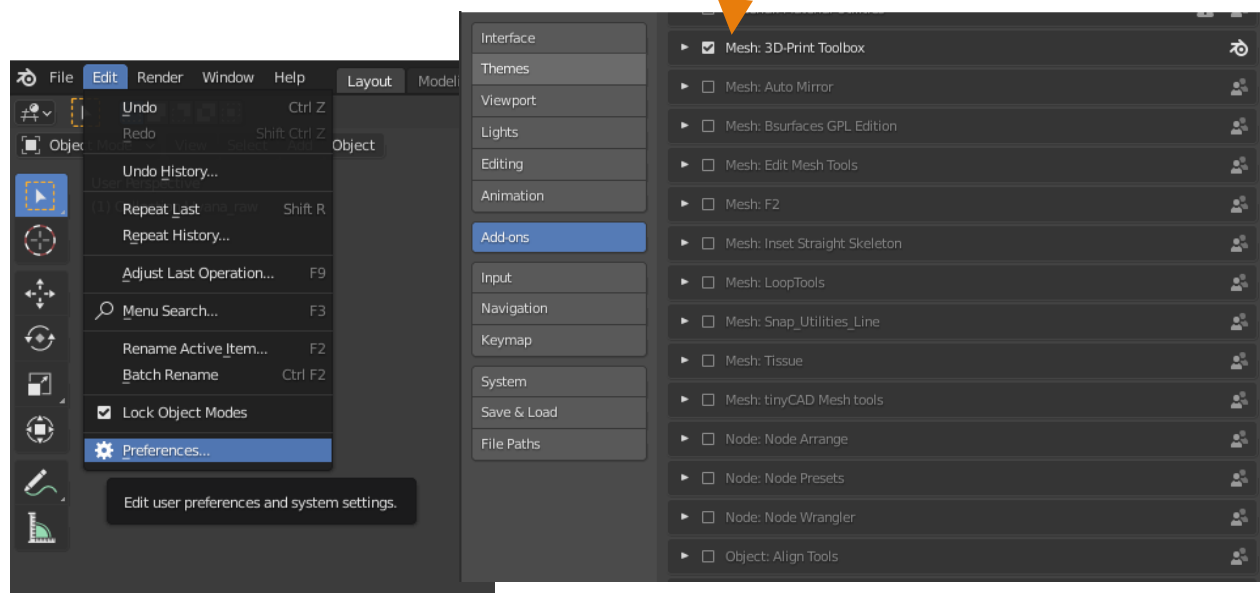
- 1) výběr editované oblasti (*Edit Mode, Ctrl + RMB*)
- 2) *Normals > Recalculate outside (Edit Mode)*

Blender – add-on 3D print

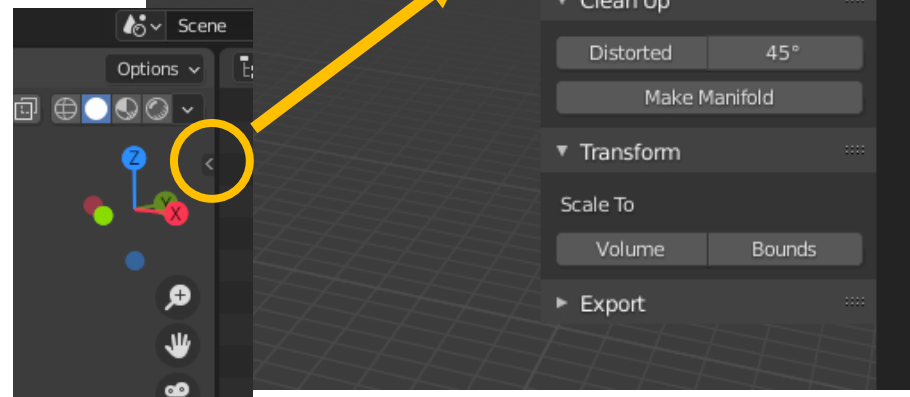
Add-ony jsou přídatné, úzce zaměřené skripty programu Blender, které se musejí před použitím aktivovat anebo instalovat. Aktivace a deaktivace je možná v menu *Edit > Preferences > Add-ons*.

Add-on *3D print* je vhodný pro kontrolu modelu a výběr problematických prvků.

Add-on se aktivuje
zaškrtnutím políčka vedle
názvu



nástrojové
okno v pravém
menu,
zobrazené
kliknutím na
šipku v pravém
horním rohu
pracovního
okna

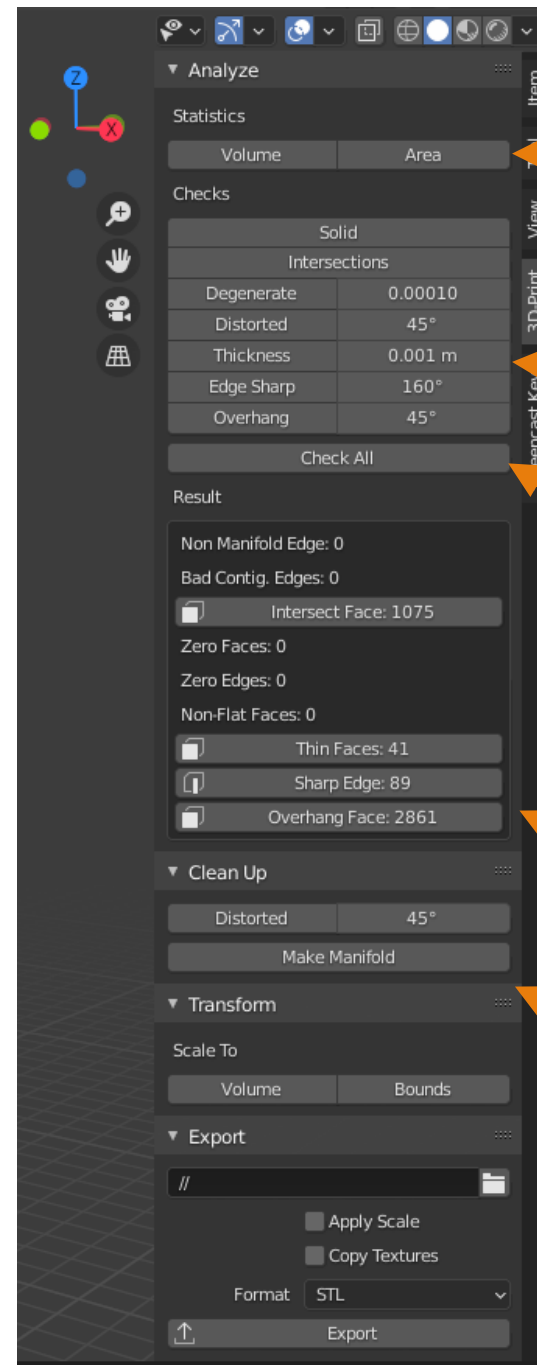


Analyze	
Statistics	
Volume	Area
Checks	
Solid	
Intersections	
Degenerate	0.00010
Distorted	45°
Thickness	0.001 m
Edge Sharp	160°
Overhang	45°
Check All	
Result	
Non Manifold Edge: 0	
Bad Contig. Edges: 0	
Intersect Face: 1183	
Zero Faces: 0	
Zero Edges: 0	
Non-Flat Faces: 1	
Thin Faces: 26	
Sharp Edge: 59	
Overhang Face: 2837	
Clean Up	
Distorted	45°
Make Manifold	
Transform	
Scale To	
Volume	Bounds
Export	

Blender – add-on 3D print

Pro kontrolu je možné vybírat jednotlivé prvky v okně *Result*, zobrazit je a v případě potřeby odstranit, nebo opravit.

Nástroj *Make Manifold* ale není vhodný pro větší defekty, jako jsou například velké díry v síti. Je málo kontrolovatelný



informace o obsahu povrchu sítě a jejím objemu

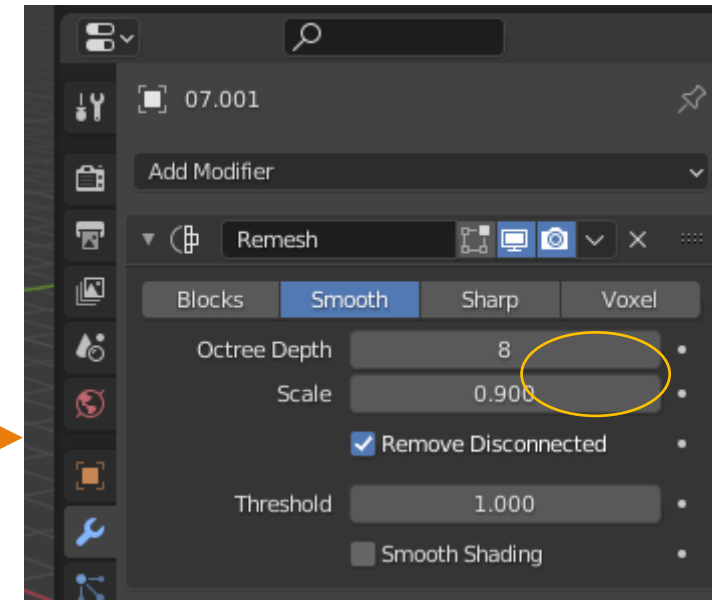
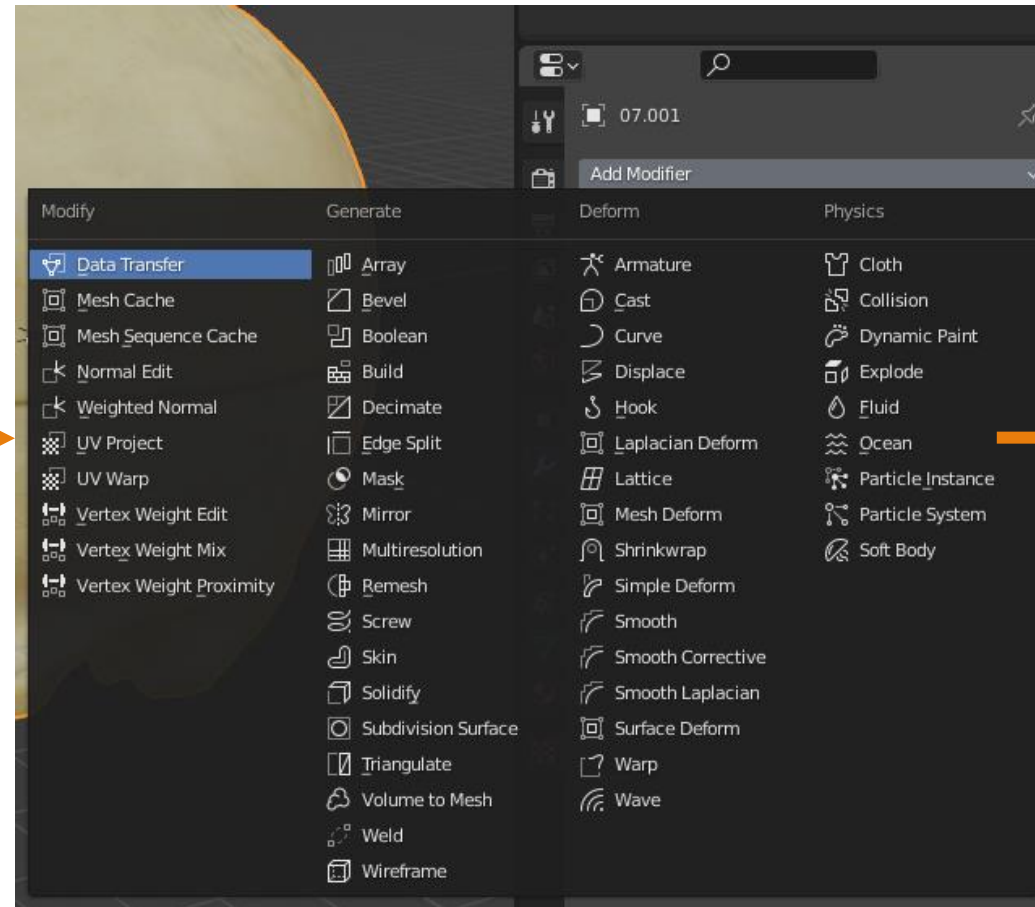
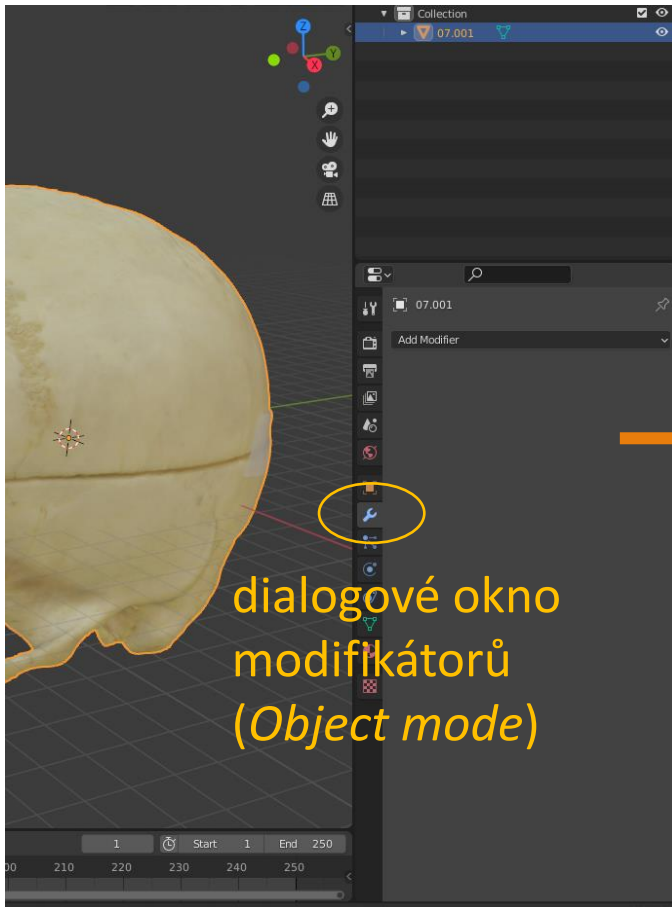
nastavení kontrolovaných parametrů

Check All – spuštění kontroly sítě podle nastavených parametrů

v *Edit mode* je možné nelzené prvky kliknutím vybrat

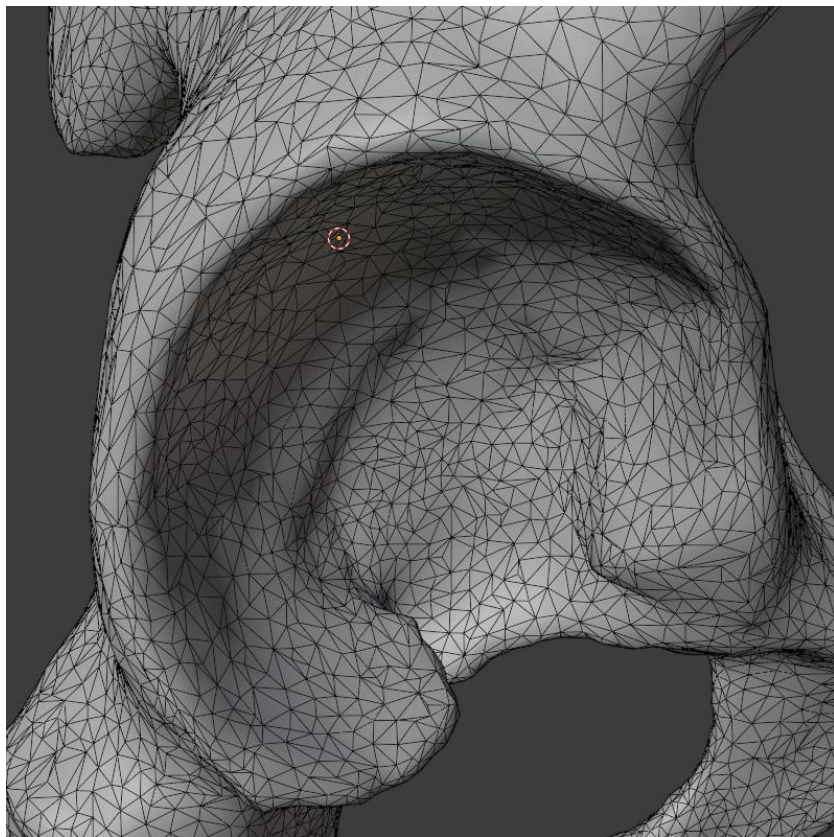
volba pro rychlou opravu

Modifikátory jsou výkonné nástroje, které například mění vlastnosti modelu jako celku (jeho topologii nebo tvar) nebo na jeho základě vytvářejí nové modely.

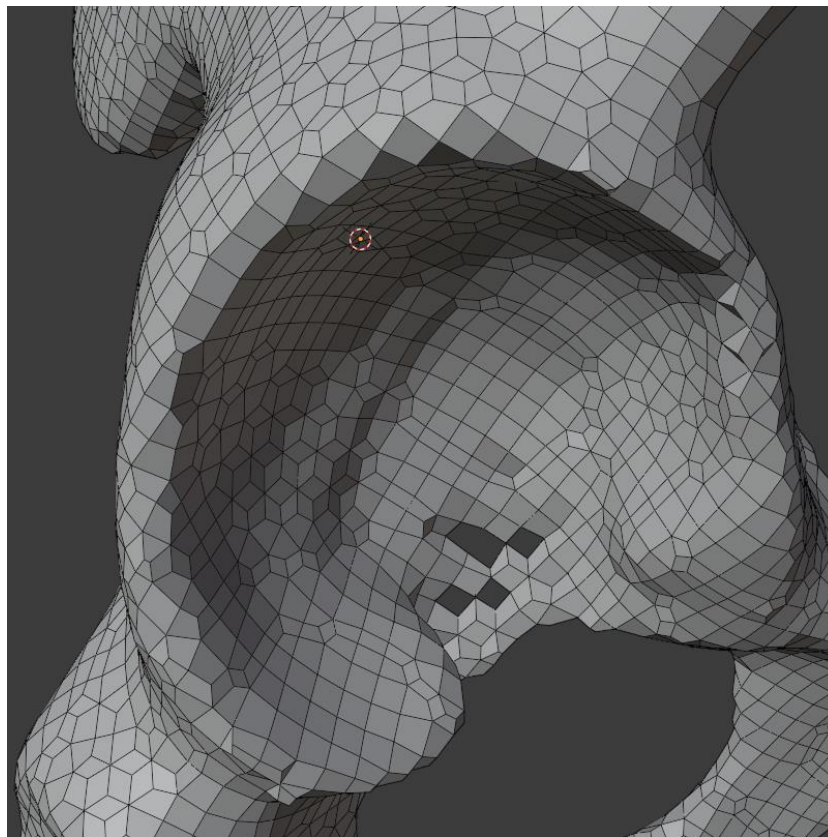


Blender – modifikátor *Remesh* – *Smooth*

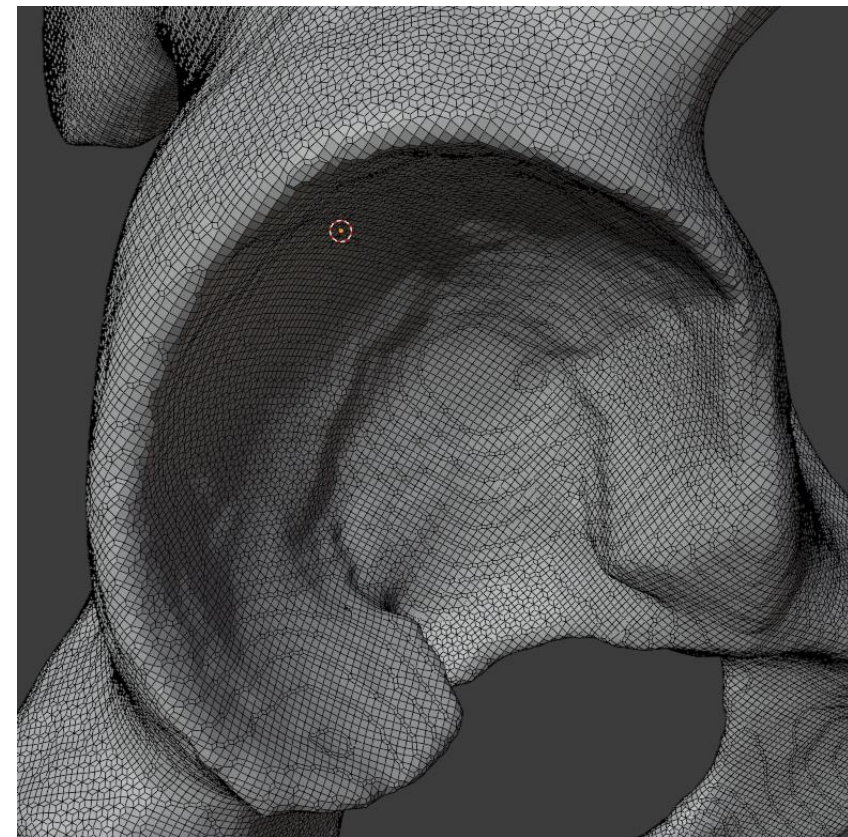
Výsledný model při různém nastavení *Octree depth*.



původní model



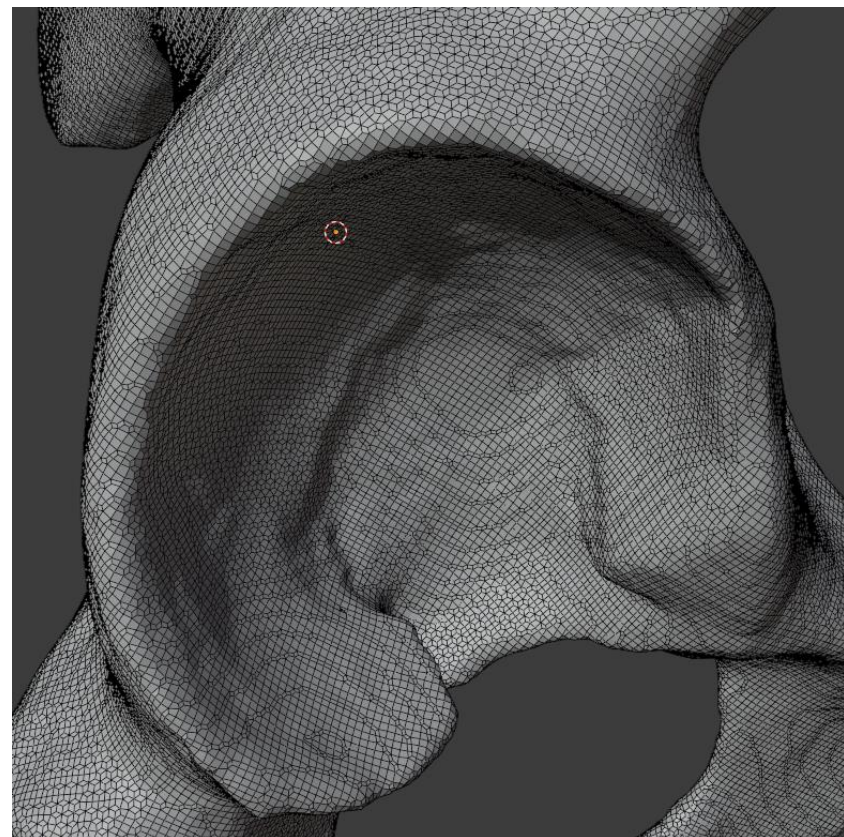
Smooth Remesh, Octree Depth 6



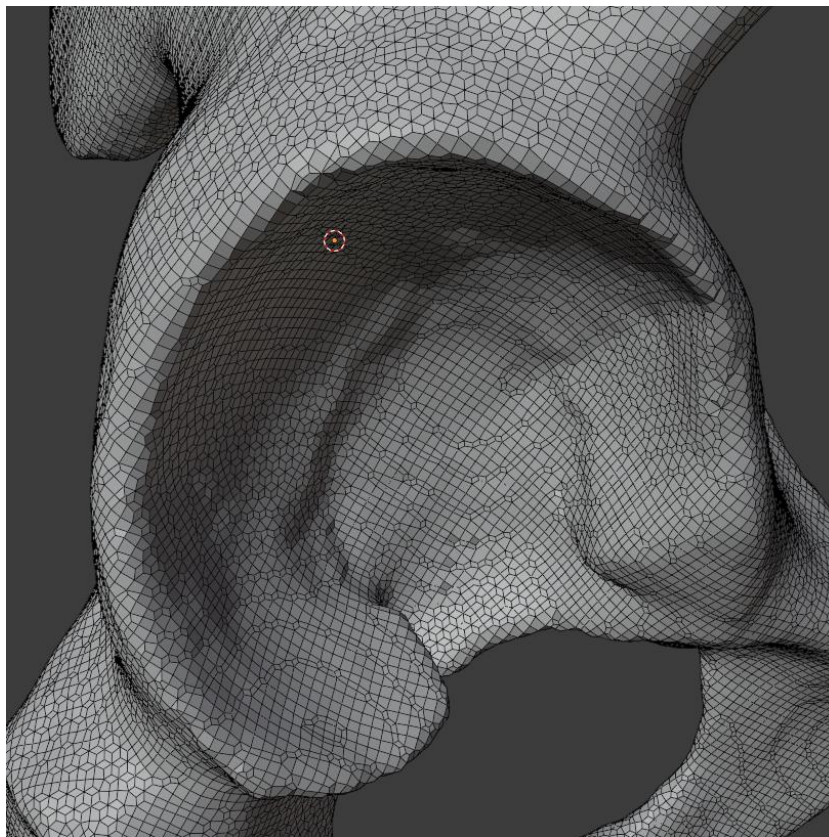
Smooth Remesh, Octree Depth 8

Blender – modifikátor *Remesh* – *Smooth*

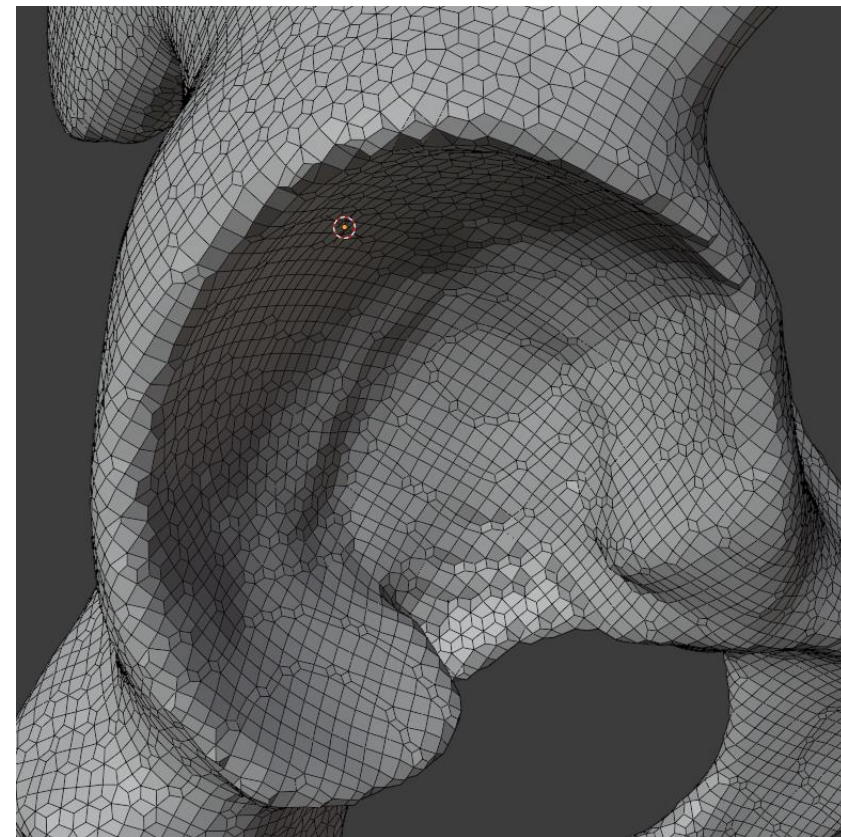
Výsledný model při různém nastavení *Scale*.



*Smooth Remesh, Octree Depth 8
Scale 0.9*



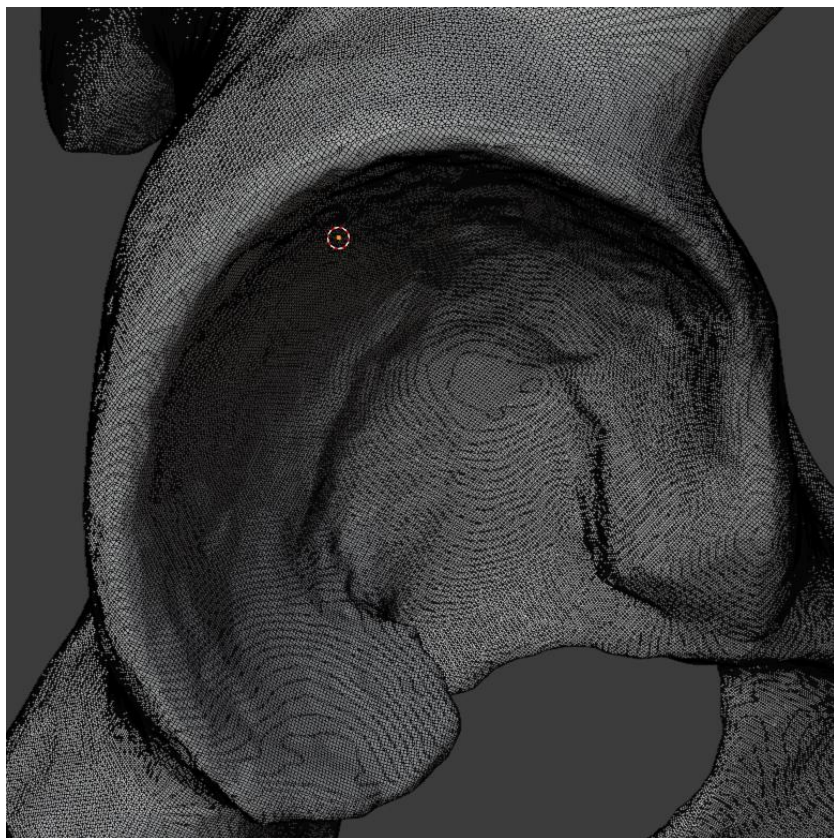
*Smooth Remesh, Octree Depth 6
Scale 0.6*



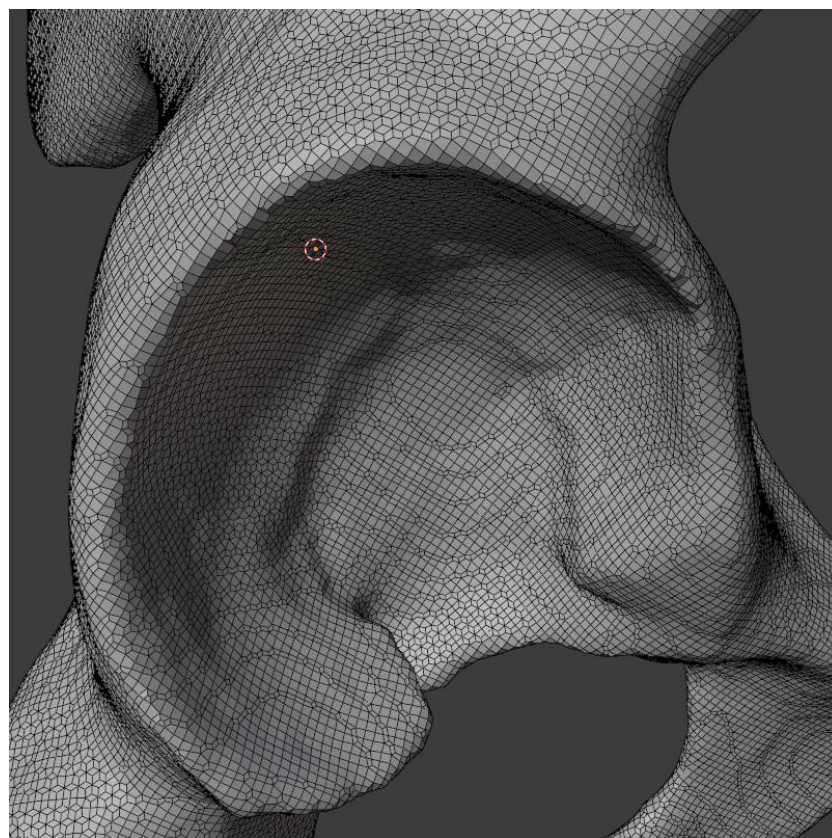
*Smooth Remesh, Octree Depth 8
Scale 0.4*

Blender – modifikátor *Remesh* – *Voxel*

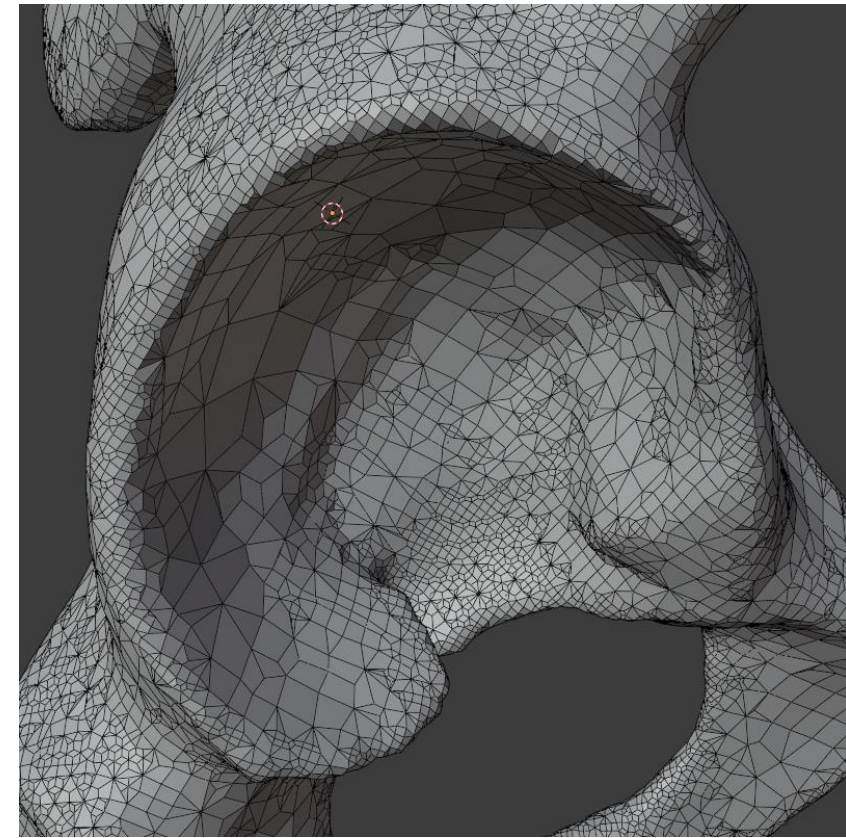
Výsledný model při různém nastavení *Adaptivity*.



Voxel Remesh, Voxel size 0.3, Adaptivity 0



Voxel Remesh, Voxel size 0.9, Adaptivity 0



Voxel Remesh, Voxel size 0.9, Adaptivity 0.1



Nástroje pro odstranění redundantních dat a defektů sítě jsou součástí nabídky *Filters > Cleaning and Repairing*.

1) V okně *Layer Dialog* napravo od pracovního okna aktivujte model, který chcete editovat (LMB)

2) Následně aplikujte nástroje z nabídky *Filters > Cleaning and Repairing...*

...> *Remove Duplicated Vertex* – odstraní zdvojené vrcholy

...> *Remove Duplicate Faces* – odstraní zdvojené polygony

...> *Remove Zero Area Faces* – odstraní nulové polygony

...> *Remove Unreferenced vertex* – odstraní vrcholy, které nejsou součástí žádného polygonu (samostatné body)

Další defekty je možné odstranit kombinací nástrojů k výběru *non-manifold* prvků a jejich následného odstranění. Výběrové nástroje jsou součástí nabídky *Filters > Cleaning and Repairing...*

... > *Select Self Intersecting Faces* – označí sebeprotínající se vrcholy

... > *Select non Manifold Edges* – označí hrany, které nejsou stranou žádné facety

... > *Select non Manifold Vertices* – označí vrcholy, které nejsou součástí facety

Změna polohy modelu

nastavení náhledu není změna polohy, pouze pohyb kamerou

aktivovaný nástroj Move

gizmo pro posun

šipky – posun podél dané osy

plošky – posun rovnoběžně s rovinou

střed – posun kolmo na pohled

zkratky

G – aktivace posunu

G > x, y nebo z – specifikace osy posunu

Blender interface details: Object Mode, User Perspective, (1) Collection | Coxae_dx, Scene Collection, Coxae_dx, Coxae_sim, Sacrum, Transform panel showing Location X: -20.951, Y: 1.6364, Z: -27.547, Rotation X: 242°, Y: 49.3°, Z: 164°, Scale X: 1.000, Y: 1.000, Z: 1.000, Rotation Mode: XYZ Euler.

Rotace modelu

aktivovaný nástroj
Rotate

gizmo pro rotaci

vnitřní kružnice – rotace kolem osy
vnější – rotace kolem osy náhledu

zkratky
R – aktivace posunu
R > x, y nebo z – specifikace osy posunu

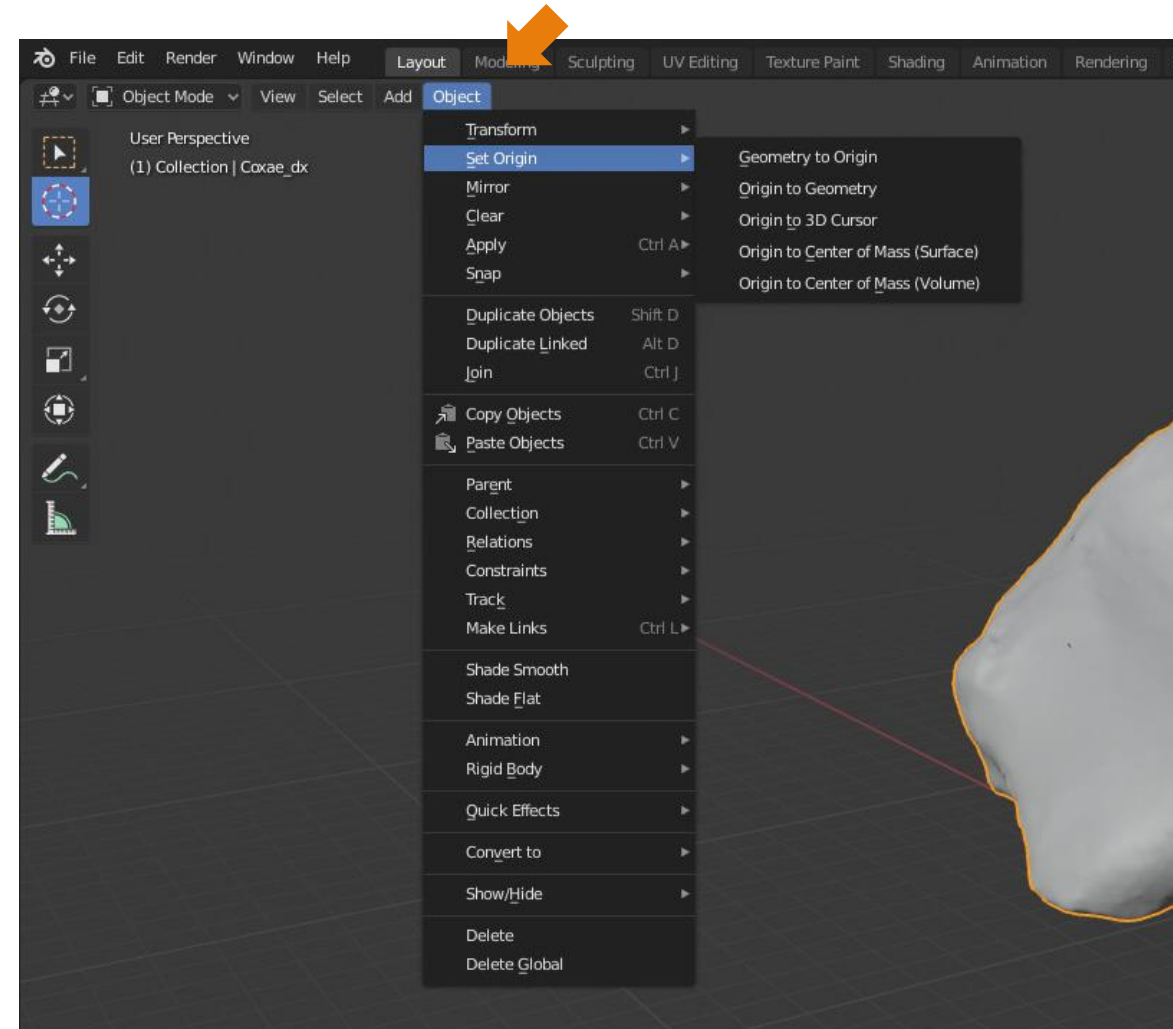
Blender interface showing a 3D model of a skull. The rotation gizmo is highlighted with an orange circle. The Transform panel on the right shows the current rotation values: X: 242°, Y: 49.3°, Z: 164°. The timeline at the bottom shows the current frame is 1.

Změna středu rotace (*Origin*)

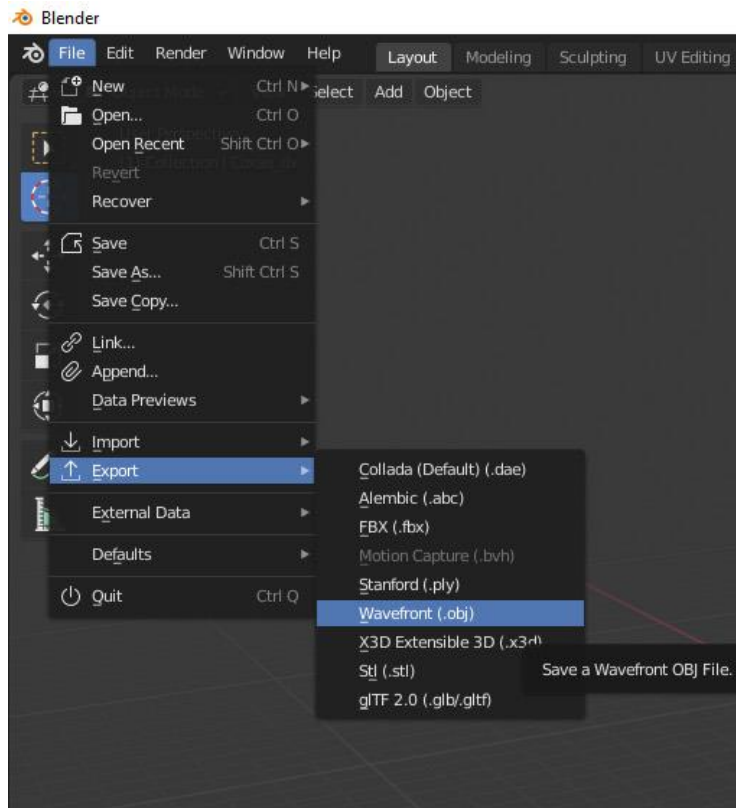
Změna počátku soustavy modelu – různé možnosti, nejnuitivnější asi *Center of mass*.



specifikace počátku
3D Cursor – otáčení kolem 3D kurzoru
většina ostatních – otáčení okolo středu soustavy souřadnic modelu

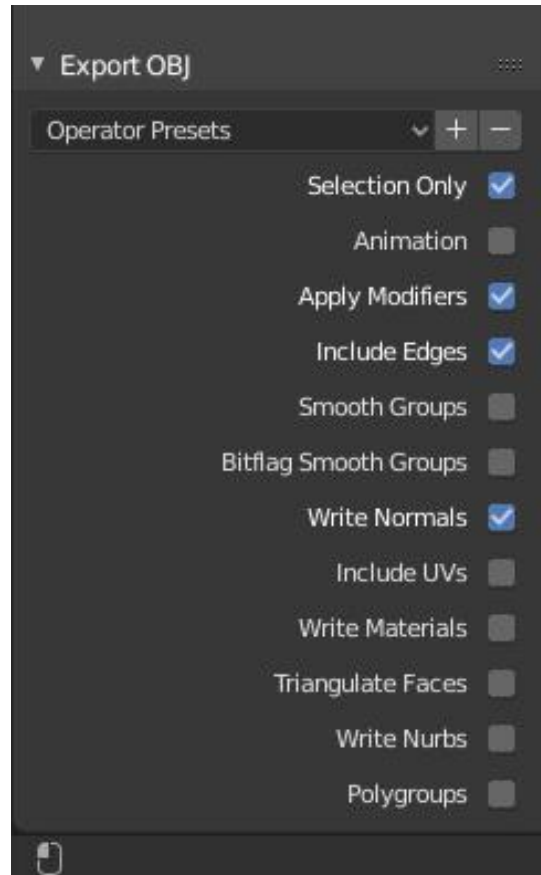


Export modelu



File > Export > ...volba podle typu souboru... > ...vyhledání umístění... > Export

(je dobré vybrat předem model pro export)



Podstatné volby

Selection only – vyexportuje pouze aktivní model. Pokud není zatrženo, vybere vše.

Include UVs a White Materials – pokud je zatrženo, vyexportuje také .mtl soubor.

Blender – změna velikosti modelu – volnou rukou

aktivovaný nástroj
Scale

gizmo pro změnu velikosti

vnější kružnice – izometrická změna velikosti

plošky – změna velikosti podél dané plochy

konce os – změna velikosti podél dané osy

zkratky
S – aktivace změny velikosti
S > x, y nebo z – specifikace osy změny velikosti

Property	Value
Location X	0 m
Y	0 m
Z	0 m
Rotation X	90°
Y	0°
Z	0°
Mode	XYZ Euler
Scale X	1.000
Y	1.000
Z	1.000

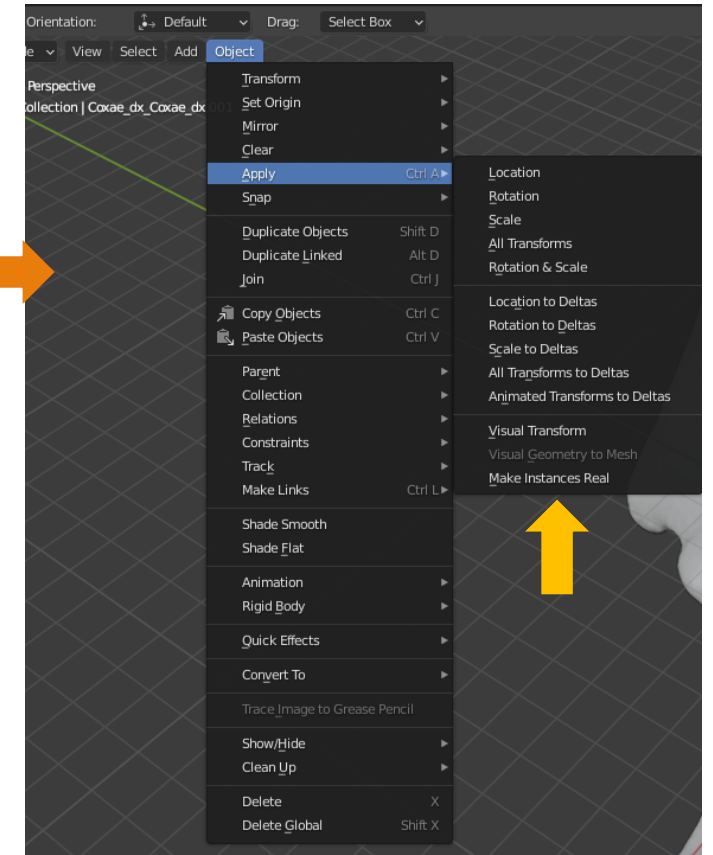
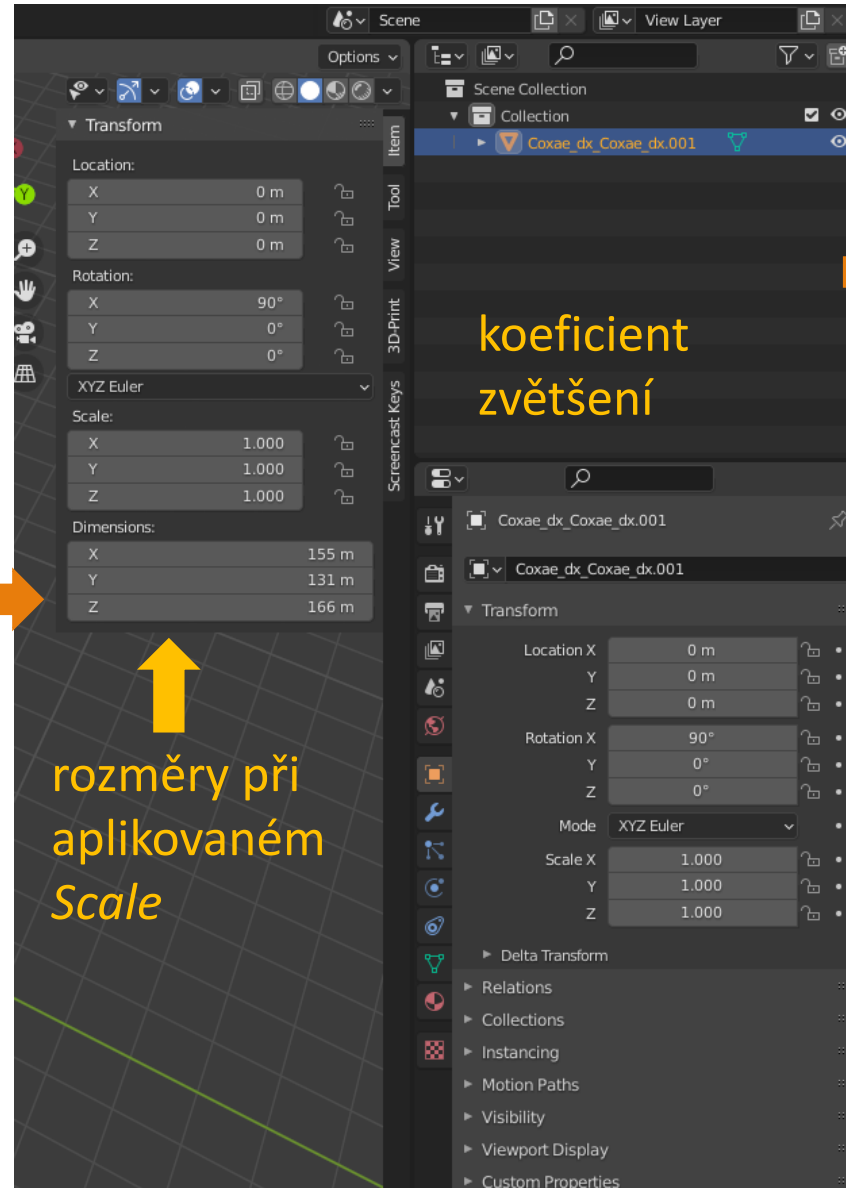
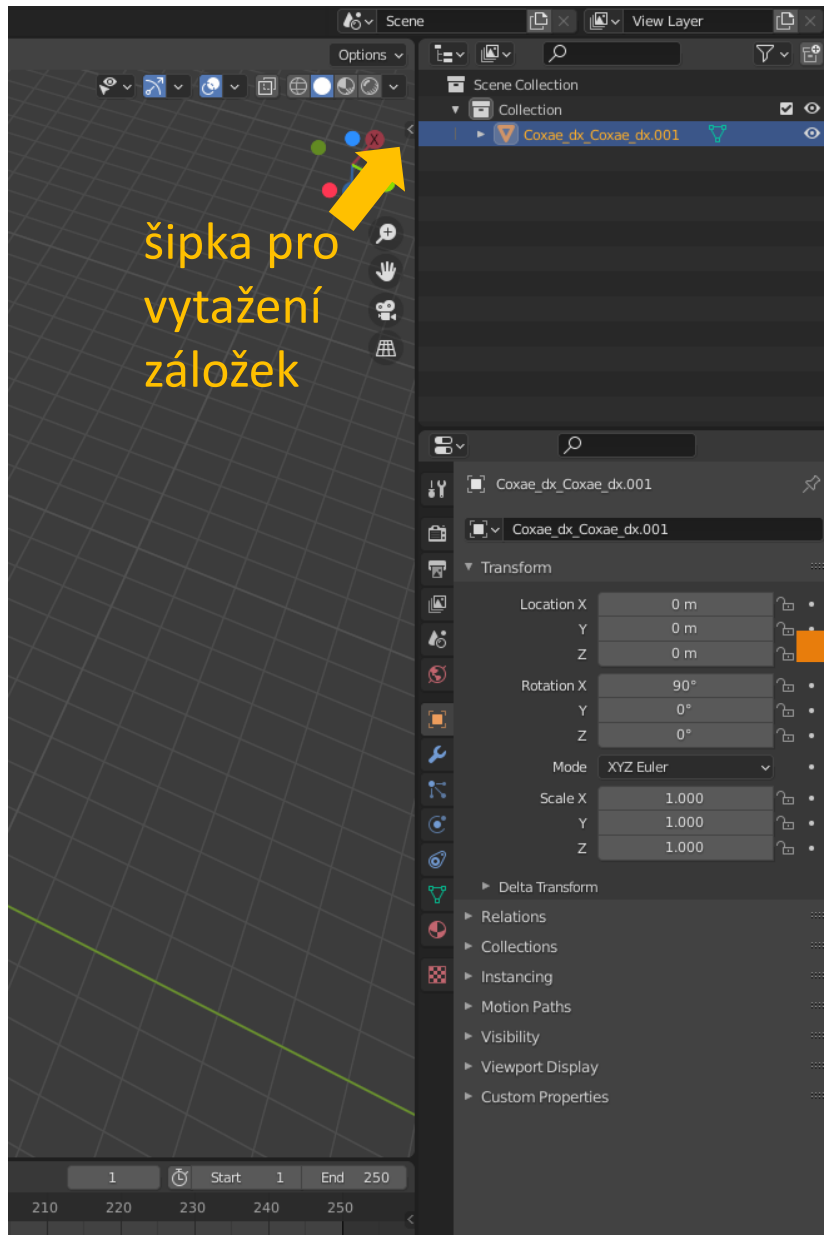
Změna velikosti modelu – zadáním koeficientu

šipka pro
vytažení
záložek

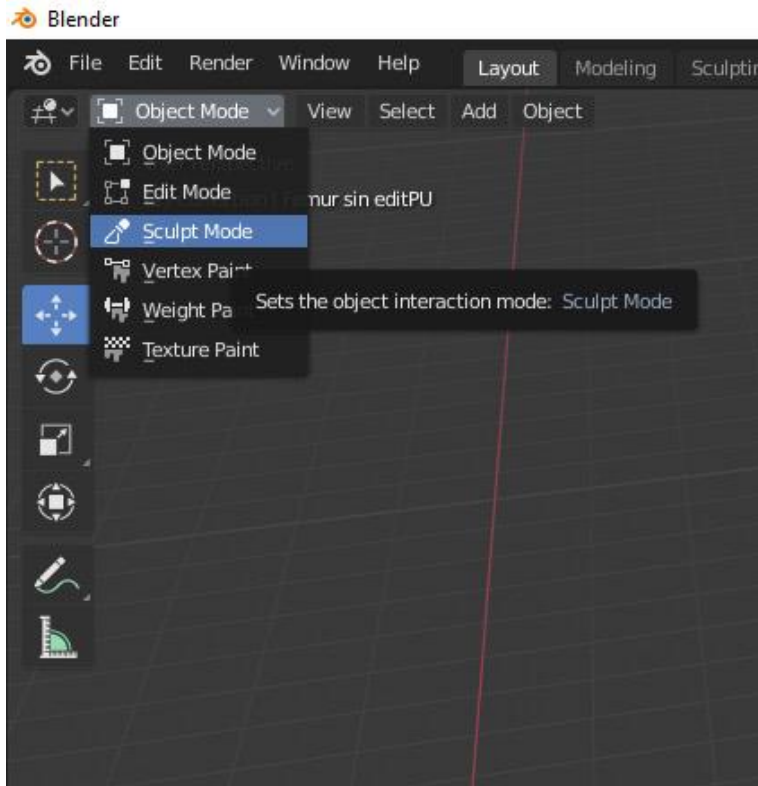
koeficient
zvětšení

rozměry při
aplikovaném
Scale

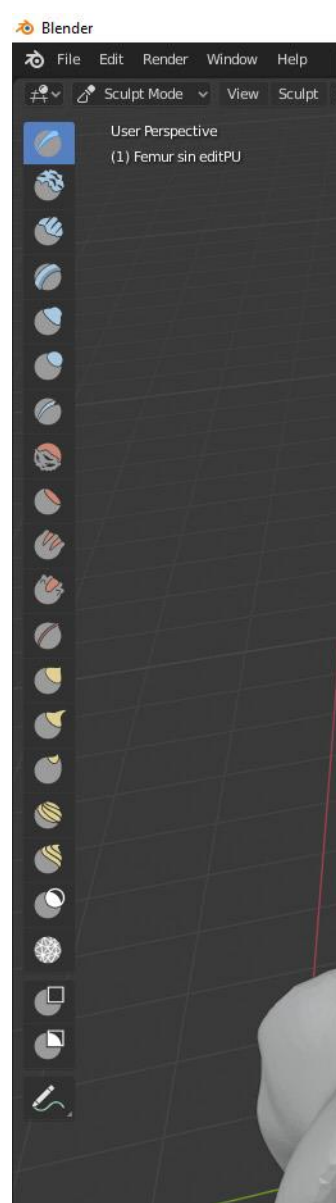
menu pro aplikaci
transformací na geometrii



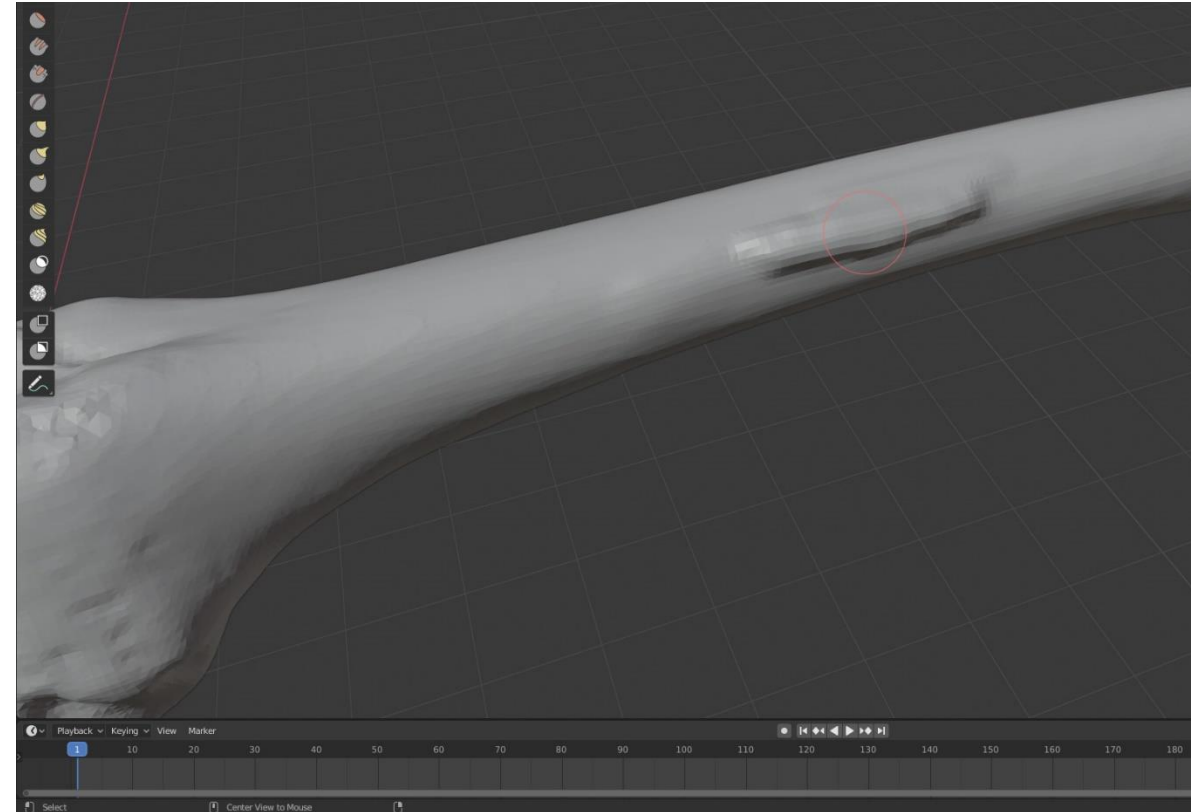
Blender – Virtual sculpting



- vyberte model, který chcete editovat
- přepněte do sochařského módu (*Sculpt mode*)

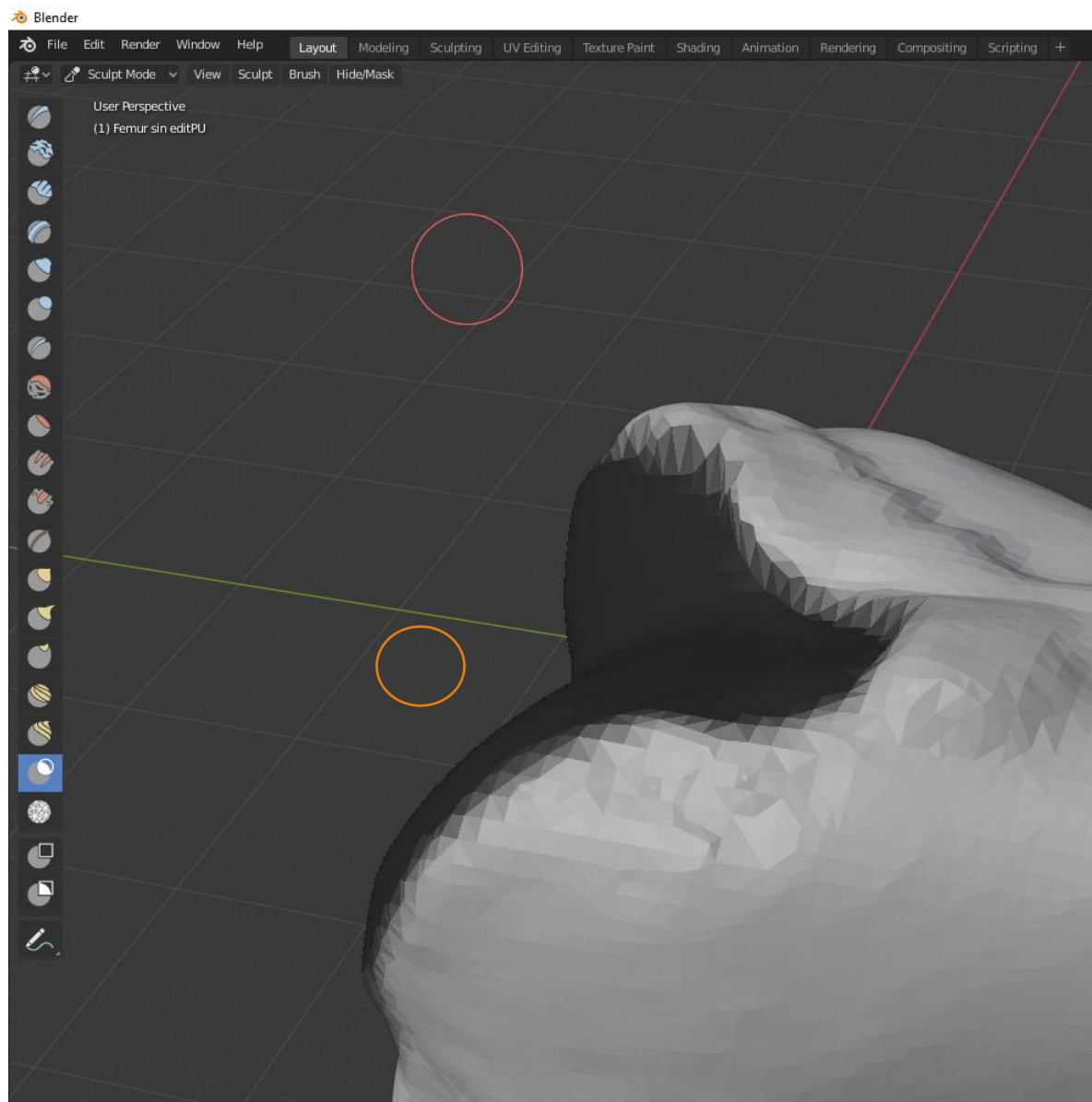


nabídka
sochařských
nástrojů



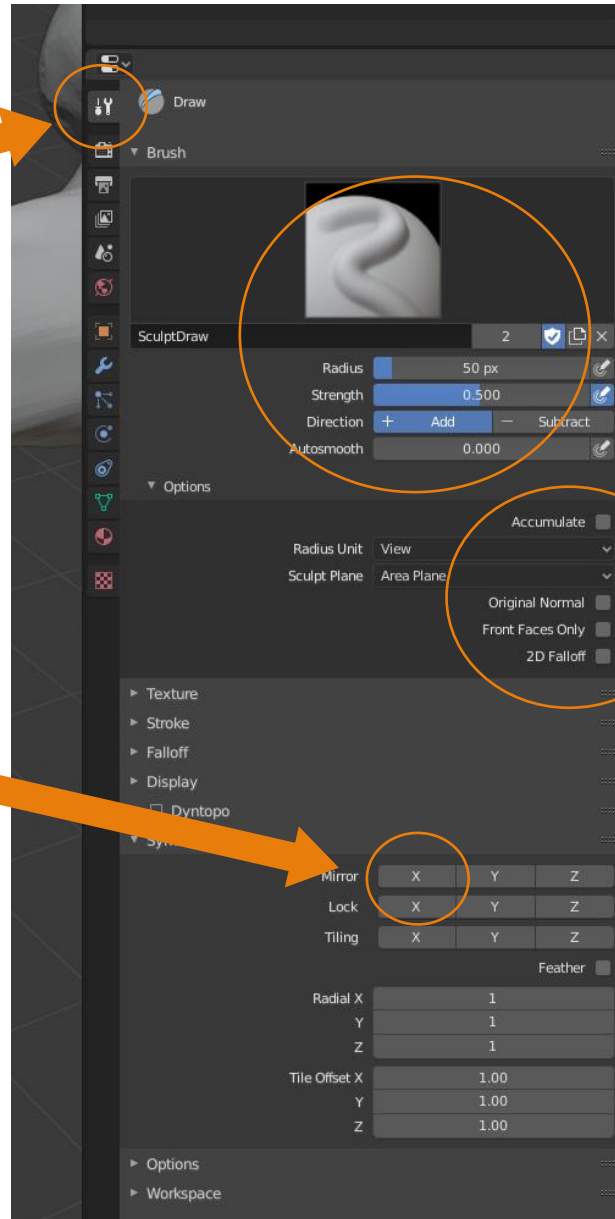
modelování probíhá
LMB na povrch modelu

Nástroj *Mask* umožňuje označit oblasti modelu, které nemají být editovány



Blender – Virtual sculpting – důležité volby

vlastnosti
aktivního nástroje



Radius – rozsah editované plochy

Strength – síla nástroje

Direction – přidávání (*Add*) nebo ubírání (*Subtract*) hmoty/masky atd.

Symmetry – defaultně je nastaveno zrcadlení editace, je potřeba jej odznačit

Accumulate – při jednom „tahu“ akumuluje změnu geometrie

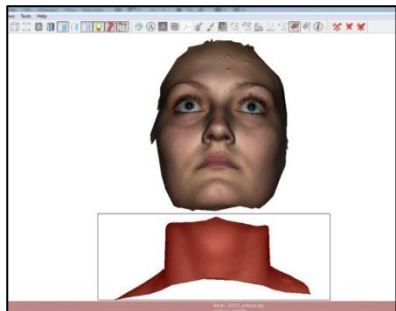
Front Faces Only – edituje pouze ty facety, které jsou přivráceny k uživateli

MeshLab – odstranění částí modelu



K označení **polygonů** a **vrcholů** pro jakoukoliv editaci slouží nástroje:

„Select vertexes“ a „Select Faces in Rectangular region“ – výběr vrcholů, resp. facet rámečkem

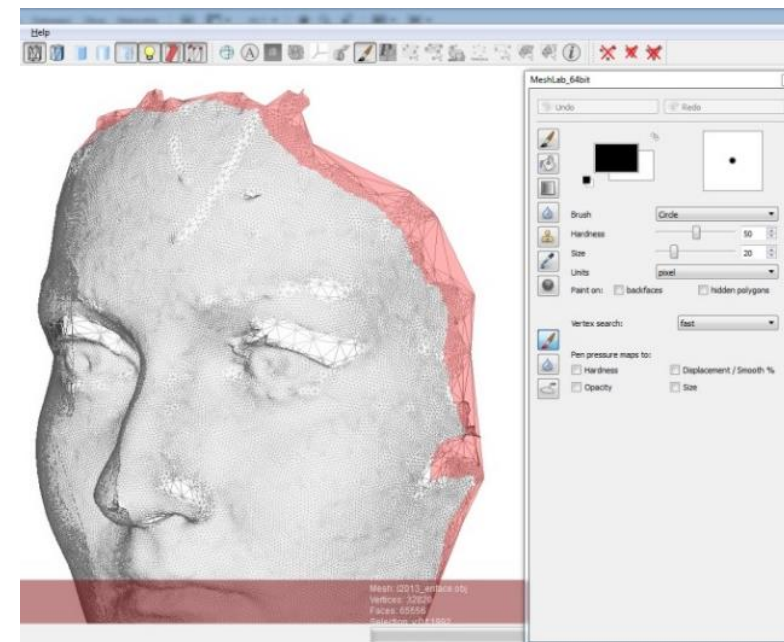


„Select connected component“ – výběr celé navazující polygonální sítě

„Select faces/vertices in...“ – výběr prvků pomocí mnohostěnu



„Z-Painting“
freehand výběr prvků sítě





1) aktivujte nástroj *Select Faces/Vertices in polyline area*

2) LMB nebo RMB vyznačte polygon

3) stiskem Q vyberte prvky v mnohostěnu;
stiskem W by jste naopak prvky v oblasti
mnohostěnu z výběru odstranili

při aktivovaném nástroji dále

T – přepíná mezi výběrem bodů a facet

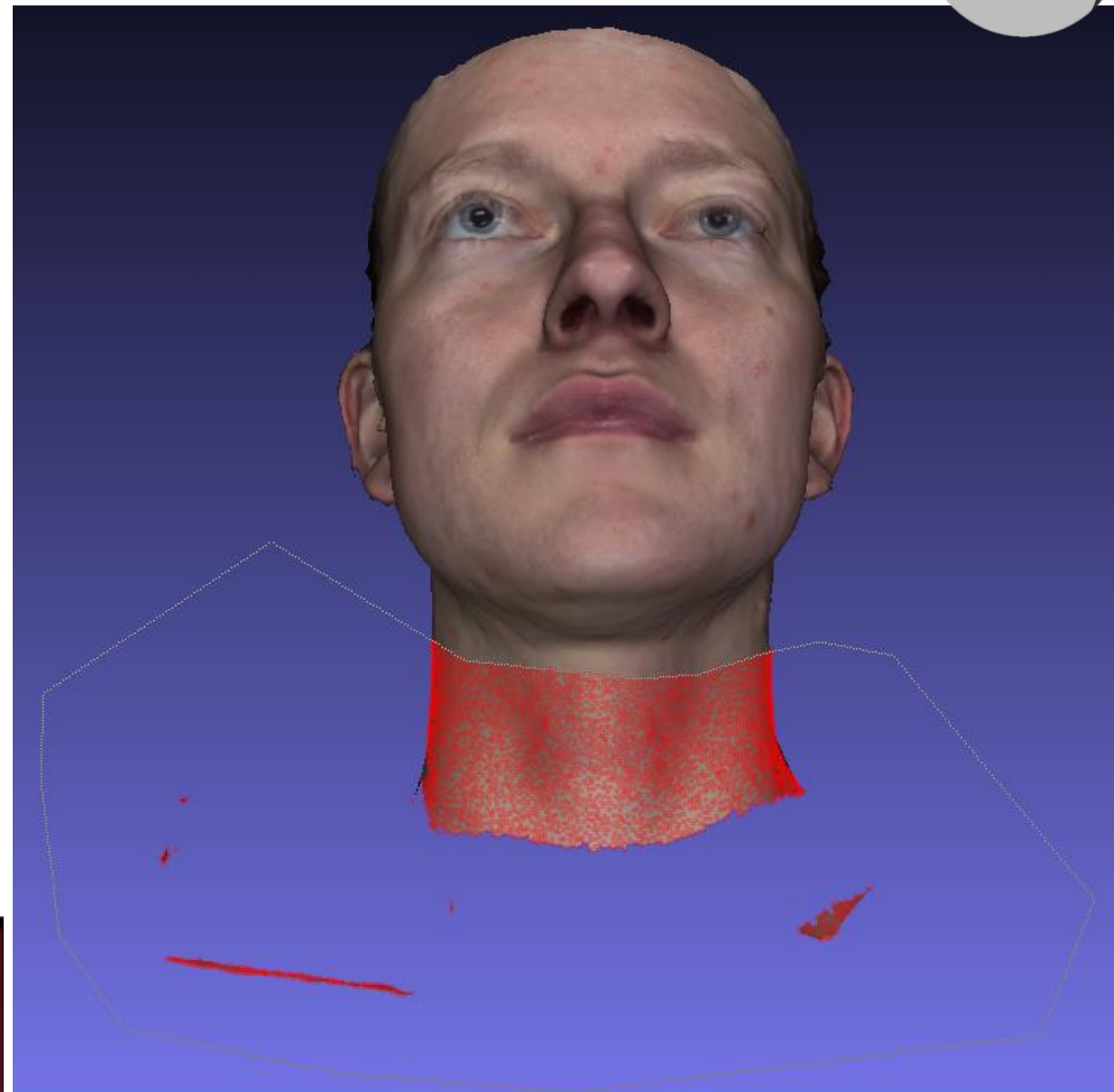
BACKSPACE – zruší poslední bod mnohostěnu

Selection from Area

Vertices Selection - T for faces

C to clear polyline, BACKSPACE to remove last point
Q to add, W to subtract, E to invert

A select all, D de-select all, I invert all

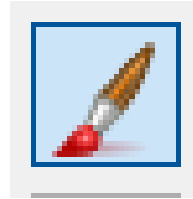


MeshLab – odstranění částí modelu – výběr s pomocí *Z-painting*



1) aktivujte nástroj *Z-painting*

2) v dialogovém okně vyberte nástroj výběru



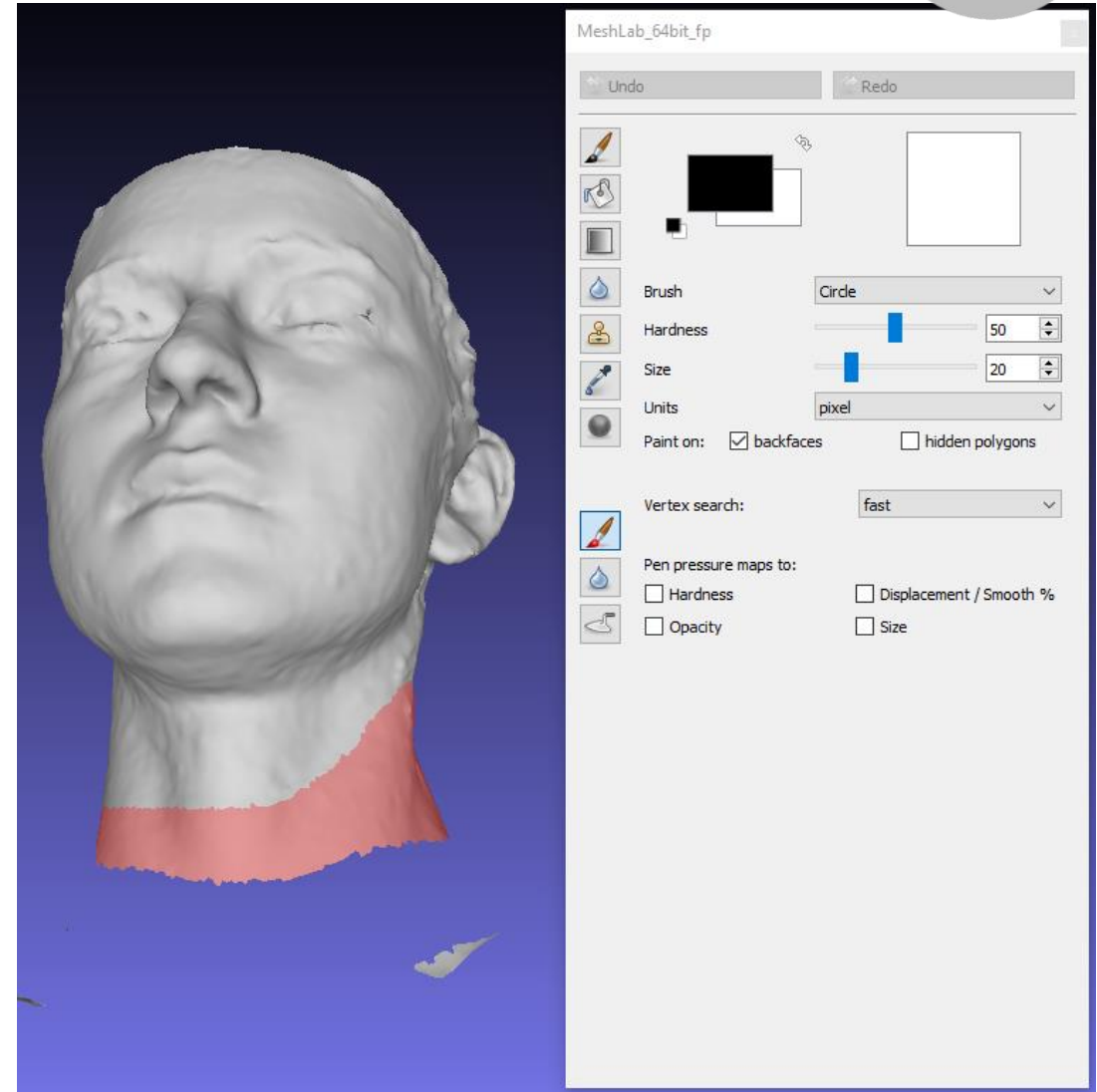
3) tahem se stisknutým LMB přidáte danou oblast do výběru
tahem při stisknutém RMB odebíráte oblast z výběru

další volby v dialogovém okně

backfaces – při aktivaci nástroj vybírá i facety, které jsou lícovou stranou natočeny k nám rubem

hidden polygons – při aktivaci vybírá i facety, které nejsou vidět, například proto, že jsou kryté jinými částmi modelu

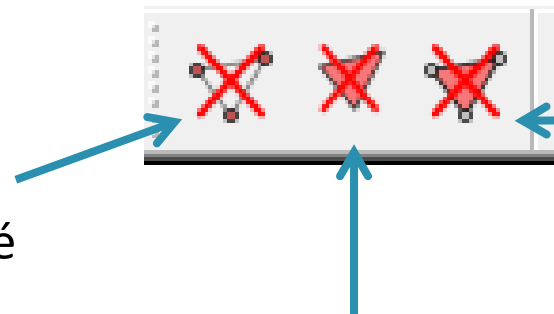
.... dobré pro dočištění... !



MeshLab – odstranění částí modelu – odstranění prvků

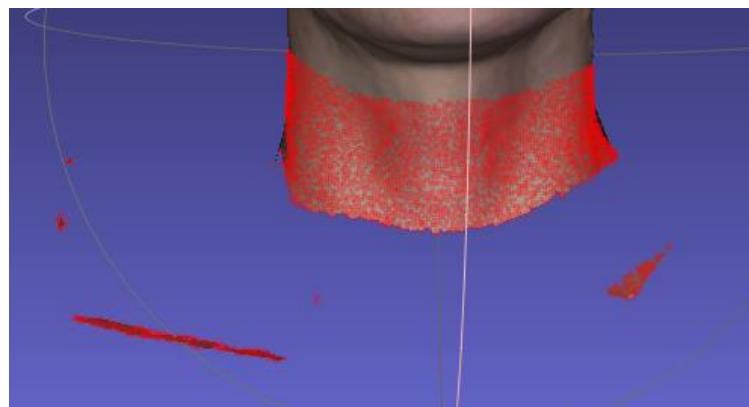


odstraní všechny vrcholy a všechny facety, které označené vrcholy definují – nebude fungovat, pokud jsou vybrány pouze facety!



odstraní všechny facety a vrcholy, které je definují

odstraní všechny facety – nebude fungovat, pokud jsou vybrány pouze vrcholy (mohou zůstat vrcholy)



MeshLab – automatické vyplňování děr

- pro automatické vyplňování děr slouží nástroj *Filters > Remeshing, Simplification and Reconstruction > Close holes*

Max size to be closed – nastavení maximální velikosti zaplněné díry v jednotkách počtu facet jejího okraje

Close holes with selected faces – uzavře pouze díry, u nichž je vybrán alespoň jeden jejich okrajový prvek

Prevent creation of selfintersecting faces – neuzavře díru, pokud by tím vznikla sebeprotínající se faceta

