Blender-ohje 3D-digitoinnin jälkikäsittelyyn

Sisällysluettelo

1.	Objektin tuonti Blenderiin, origoon siirtäminen ja skaalaus:	2
	Blenderin avaaminen	2
	3D-mallin tuonti Blenderiin	2
	3D-mallin asettaminen origoon ja oikein päin sekä skaalan tarkistaminen	3
	3D-mallin koko	5
2.	Objekt mode ja edit mode	5
	Edit moden tasot, sivut ja pisteet	5
3.	3D-digitoinnin pinnan muokkaaminen Object modessa	6
	Sculpting-ikkunan työkalut	6
	Pinnan muokkaaminen Boolean-operaattorin avulla	7
	Polygoniverkon yksinkertaistaminen Decimate-työkalulla	10
	Koko polygoniverkon silottaminen Smooth-työkalulla	11
4.	3D-digitoinnin pinnan muokkaaminen Edit modessa	12
	Polygonien valitseminen	12
	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen	12 13
	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen	12 13 13
	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely	12 13 13 13
	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen	12 13 13 13 13
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen	12 13 13 13 13 13
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen .obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin	12 13 13 13 13 13 15 15
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen .obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin Virheellisen tekstuurin korjaaminen maalaamalla	12 13 13 13 13 15 15 17
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen .obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin Virheellisen tekstuurin korjaaminen maalaamalla Tekstuurikartan uudelleenasettaminen	12 13 13 13 13 15 15 17 18
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen .obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin Virheellisen tekstuurin korjaaminen maalaamalla Tekstuurikartan uudelleenasettaminen Uusien pintojen värittäminen halutulla tekstuurilla	12 13 13 13 13 15 15 17 18 20
5.	Polygonien valitseminen Kolmioverkon virheiden korjaaminen Polygonien poistaminen Kolmioverkon ryhmittely Reikien paikkaaminen Tekstuuri ja sen muokkaaminen .obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin Virheellisen tekstuurin korjaaminen maalaamalla Tekstuurikartan uudelleenasettaminen Uusien pintojen värittäminen halutulla tekstuurilla Born digital -mittakaavan yhdistäminen 3D-digitointiin	12 13 13 13 13 15 15 17 18 20 21
5. 6. 7.	Polygonien valitseminen	12 13 13 13 15 15 15 17 18 20 21 23

Debenjak-Ijäs, A. & Tolvi, A. 2020. Blender-ohje 3D-digitoinnin jälkikäsittelyyn. Teoksessa Debenjak-Ijäs, A., Arkeologisten kokoelmien 3D-digitointi. Karhunhammas 20. Turku: Turun yliopiston arkeologian oppiaine. (CC BY-NC-ND 4.0.)

Päivitetty 20.7.2020

1. Objektin tuonti Blenderiin, origoon siirtäminen ja skaalaus:

Blenderin avaaminen

- 1. Asenna Blender-ilmaisohjelma (Blender 2020).
- 2. Avaa Blender ja valitse "general" näkymä.
- 3. Aloitusnäkymässä on automaattisesti mukana kuutio, joka näkyy "Cube"-nimisenä objektina oikean ylälaidan layer-näkymässä. Poista kuutio valitsemalla se hiiren vasemmalla näppäimellä ja painamalla delete-näppäintä.

🔊 Blender			- 0 ×
🔊 File Edit Render Window Help		Animation Rendering Compositin 🍪 Scene	🖸 🛛 🖉 🗸 View Layer 🛛 🗋 🛛
to New Ctrl N ► slect	Add Object 🚺 Global 🗸 🔗 🧐 🖬 🗸 💿 🔿 🗸	\$° ≥ 21 × 22 × 10 ⊕ 20 0 ×	/ t=× II× P
		···· · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Scene Collection
Revert			Collection O
C Recover +			Cube 💎 📀
Save Ctri S			🕨 👰 Light 💿 📀
Save As Shift Ctrl 5			
Ø Append	(1994-19 1 -194-194)		S Cube ☆
🧃 Data Previews 🕨			
🚽 Import 🕞 🖸	ollada (Default) (.dae)		
	embic (.abc)		Ci Transform
External Data ► M	otion Capture (.bvh)		Location X Om 🔂 •
Defaults ► St	Canford (.ply)		Z 0m 1 .
🖉 🕘 guit Ctri Q	avefront (.obj)		🔥 Rotation X 0° 🗠 •
ă. St	d (.sti) Load a Wavefront OBJ File.		Ч <mark>0°</mark> Са •
sc	calable Vector Graphics (.svg)		2 0 m •
gr	TF 2.0 (.glb/.gltf)		¥ 1.000 Ъ•
			Z 1.000 ℃ •
			Rotation Mo XYZ E
			Delta Transform
			Relations
🕜 - Playback - Keying - View Marker	I + + 4 > ++ >I	1 🖑 Start: 1 End: 250	Collections
	20 00 100 100 100 1	.eaaa .aaa .aaa	D Nistancing 🚥
Select Box Select	Rotate View Object Context Menu	Collection Cube Verts:8 Faces:6 Tris:1	2 Objects:1/3 Mem: 53.6 MB v2.80.75
4 P 🗆 🔁 肩	🏛 🧕 🔌 🗵 🕿 🙆 🛸 💷		∧ 🚍 🖓 d× 🕅 18:59 🖓

3D-mallin tuonti Blenderiin

- 1. Tuo muokattava malli Blenderiin valitsemalla file => import => (valitse käyttämäsi tiedostomuoto).
 - Jos tarkoituksena on muokata objektin pintaa (mesh) tai tekstuuria, tuo se sisään .obj-muodossa. Varmista ennen tuontia että .obj-tiedostoon liittyvät tekstuuritiedosto ja .mtl-tiedosto ovat kaikki samassa kansiossa!
 - Varsinkin isokokoinen 3D-malli ei lataudu hetkessä, vaan Blenderissä näkyy latauskuvake tai jopa "Not responding" -ilmoitus. Hitaalla koneella lataus voi kestää monta kymmentä minuuttia, joten kannattaa odottaa maltillisesti.
- View => frame all -komennosta ikkunassa näkyy sisään tuotu objekti sekä automaattisesti tiedostossa olevat kamera ja valo. Objekti on todennäköisesti hyvin pieni suhteessa Blenderin metriseen skaalaan, joten se näkyy ihan pikkuruisena oranssina pisteenä.

3D-mallin asettaminen origoon ja oikein päin sekä skaalan tarkistaminen

1. Nämä työvaiheet suoritetaan kaikki ylälaidan Layout-ikkunassa. Vasemmalta ruutuvalintatyökalulla valitse pelkkä objekti, ja samasta view-valikosta frame selected.







2. Siirretään objekti origoon: Ylälaidan objectvalikosta valitse set origin => origin to center of mass. Objektin keskelle ilmestyy pieni oranssi piste, joka kuvaa objektin keskipistettä (suhteessa tähän objekti pyörii, skaalataan, liikutetaan jne.).

3. Paina N-näppäintä, jolloin oikeaan laitaan ilmestyy objektia koskeva *Transform*-ikkuna. Itemvälilehdellä muuta *location*-arvot origoon (0;0;0). Jos objekti katoaa näköpiiristä, löydät sen taas *view selected*-työkalulla.

4. Huomaat että objekti katoaa näkyvistä, kun zoomaat oikein lähelle. Tämän asetuksen voit muuttaa valitsemalla oikean laidan *Transform*ikkunasta *View*-välilehden ja muuttamalla *Clip start* -lukeman mahdollisimman pieneksi. Nnäppäimestä painamalla saat *Transform*-ikkunan taas piiloon, jos se on tiellä.

👌 Blender* [C:\Users\koulu-tsu	ito\Desktop\Blender_vasarakirve	es_12.11\Vasarakirves2.1.blen	1]			- 0	×
ゐ File Edit Render Wir	ndow Help Layout Mo				🖌 🔏 🗸 Scene	🛛 🗳 View Layer	C ×
r ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ← ←	View Select Add Object	‡2, Global ∨ ⊤	♂~ ⁄⁄⁄ ⊑)~ ⊙ ∧ ~	الا ∞		E Scene Collection	
(1) Collection v	 □ Sidebar				📽 🕊 🔎 🣍 🕐	▼ ☑ 🗊 Collection	
\bigcirc	Tool Settings Adjust Last Operation				• • •	► 🤮 Camera 🔀	0 0
1.2	Frame Selected	- <u>-</u>				Generation Code Code Code Code Code Code Code Code	•
	Frame All	Home				Vasarakirves2	
	Perspective/Orthographic	Numpad 5	1				
	Cameras		1			₽v 🗐 vasarakirves2	♡ vas
۲	Viewpoint	Camera	Numpad 0			↓Y ♡~ vasarakirves2	0
6	Navigation	 Top				🗂 🔻 Vertex Groups	
	Align View	▶ <u>B</u> ottom				Group.001	
	View Regions	Front	Numpad 1				
		Spacebar Bac*	a preset viewpoint: Front			16	
	Viewport Render Image Viewport Render Animation	<u>R</u> ig Left	v From the Front				
	Area					Shape Keys	

5. Objektia on helpompi muokata ja tarkastella, kun se ei ole aivan "vinossa" koordinaatiston akseleihin nähden.

Jos näin on, suorista objekti seuraavasti. Valitse objekti ja view-valikosta viewpoint => front. Jos objekti katoaa näkyvistä, muista frame selected. Sitten vasemman reunan rotate-työkalun avulla kierrä objekti suoraksi. Tarvittaessa valitse viewpoint => top tai right, jotta saat suoristettua objektin kaikkiin akseleihin nähden. Voit liikkua eri kuvakulmien välillä myös klikkaamalla oikean yläkulman koordinaatistoakselien kuvakkeiden päissä olevia värikkäitä X-,Y- ja Z-palloja.

6. Tarkista että objekti on oikeassa mittakaavassa.

Valitse vasemmalta työkaluvalikosta Measure-mittaustyökalu ja klikkaa sillä haluamasi mittajanan päätepisteitä. Jotta mittapisteet jäävät kolmiulotteisessa näkymässä samaan tasoon kannattaa mittaukset tehdä kohtisuoraan olevassa Viewpoint -näkymässä: Top, Front, Right jne.



3D-malli on Front-näkymässä. Measure-työkalun lisäksi mittakaavan oikeellisuus varmistuu karkeasti myös oikean laidan Transform-ikkunassa näkyvästä esineen koosta.

3D-mallin koko

Valitun alueen tai koko kohteen polygonimäärä selviää Blender-ikkunan oikeasta alalaidasta. Ensimmäisenä ovat valittuna olevan alueen tiedot, sitten koko kohteen tiedot. Huomaa että jos olet tuonut Blenderiin useamman objektin (esimerkiksi erillinen 3D-malli ja digitaalinen mittakaava), niin näkymässä on niiden yhteenlaskettu koko, ellet deaktivoi toista 3D-malleista oikean laidan *View Layerissa* silmä-kuvakkeesta. Suljettu silmä = deaktivoitu 3D-malli, avonainen silmä = aktiivinen 3D-malli.



2. Objekt mode ja edit mode

Vasemmasta yläkulmasta voit nähdä, oletko *object modessa* vai *edit modessa*. *Object modessa* liikuttelet ja skaalaat kokonaista objektia, *edit modessa* voit muokata kulloinkin valittuna olevan 3D-mallin polygoniverkkoa (*mesh*) manuaalisesti. Vaihdetaan tässä kohtaa edit modeen ja tarkastellaan polygoniverkon osia.



Edit moden tasot, sivut ja pisteet

Polygonimalli koostuu monikulmion tasoista (yleensä kolmioita) sekä niiden kulmapisteistä ja pisteiden välisistä sivuista. Tässä ohjeessa sekä Blenderissä näihin rakenneosiin viitataan seuraavasti:

Piste = Vertex

Sivu = Edge

Taso = Face



3. 3D-digitoinnin pinnan muokkaaminen Object modessa

Lähtökohtaisesti on yleensä helpompi poistaa tai korjata digitoinnin pinnan häiriöt alkuperäisessä mallinnosohjelmassa (esim. Artec Studio, Agisoft Metashape jne.). Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, voidaan käyttää Blenderiä. Blenderissä voit muokata polygoniverkkoa joko yksittäisten polygonien tasolla *Edit modessa*, tai ohjelman pinnanmuokkaustyökaluilla *Object moden Sculpting*-ikkunassa.

Huomaa, että digitoinnin pinnan muokkaaminen vaikuttaa sen jatkokäyttömahdollisuuksiin. Pidä siis tallessa alkuperäinen, muokkaamaton versio ja tee korjaukset erilliseen kopioon. Digitoinnin metatietoihin on aina kirjattava digitoinnin pintaan tehdyt muutokset, lisäksi muutokset on hyvä tallentaa "ennen ja jälkeen" -tyyppiseen kuvasarjaan:



Artec Studiossa tehdyt korjaukset 3D-skannatun digitoinnin katvealueiden täyttämiseksi.

Sculpting-ikkunan työkalut

Blenderin ylälaidan Sculpting-ikkunassa on erilaisia polygoniverkon pinnan muokkaamiseen tarkoitettuja työkaluja. Työkalun kokoa ja tehoa voi muuttaa niin, että työkalu vaikuttaa vain haluttuun kohtaan ja halutulla voimakkuudella. 3D-digitointien muokkaamisessa hyödyllisimpiä ovat *Smooth* (pinnan silottamiseen), *Flatten* (töröttävien virhepolygonien poistamiseen) sekä *Grab* (pyöreiden muotojen rekonstruoimiseen esimerkiksi täytettyjen reikien kohdalle)



Sculpting-ikkunan Smooth-työkalu valittuna. Ylälaidassa työkalun koon ja tehon valinnat.



Edit moden Fill-työkalulla täytetty reikä ennen ja jälkeen pinnan silottamisen *Smooth*-työkalulla.

Pinnan muokkaaminen Boolean-operaattorin avulla

Jos 3D-mallissa on hankalia, rikkonaisia pintoja esimerkiksi paikattavan reiän reunalla, on alue helpompi siistiä Boolean-operaattorilla. Esimerkkitapauksessa vasarakirveen 3D-digitoinnista poistetaan huonosti mallintuneet kirveen reiän sisäpinnan jäänteet ennen born digital sisäpinnan lisäämistä. Boolean-operaattoreista löydät lisätietoja Blenderin manuaalista (Blender 2.90 Manual 2020).

- Object modessa paina ALT+A jotta työn alla oleva 3D-malli ei varmasti ole valittuna. Luo uusi kuutio kohdasta Add => mesh => cube.
- 2. Syntynyt kuutio on todennäköisesti reilusti isompi kuin 3D-malli, joten skrollaa reippaasti kauemmas nähdäksesi sen. Valitse kuutio ja skaalaa se vasemman laidan *scale*-työkalun avulla suunnilleen 3D-mallin kokoiseksi.

る File Edit Render Window Help	Layout Modeling	Sculpting UV Editing Texture Paint Shading
≠♀	Add Object	【4 Global ~ ⑦~ 勿 ロー <u>の へ</u> ~
User Perspective	Mesh	Plane
(1) Collection vasarakiives2	2 Curve	Cube
	Surface	► O Circle
	💣 Metabali	► ⊕ UV Spł Construct a cube mesh.
4.74	a Text	🕼 Ico Sphere
· ·	ന് Grease Pencil	 Cylinder
⊕	* Armature	Ocone ⊙ Torus
	# Lattice	EII cita
-	🖵 Empty	
(!)	M Image	Strain Monkey

 Kuution pintojen avulla leikataan haluttu kohta 3D-mallin polygoniverkosta pois, niin että jäljelle jää siisti, tasainen reuna jolloin "paikkaaminen" on helpompaa. Riippuu siis 3D-mallista, miten kuutio kannattaa asetella. Nyrkkisääntönä muista, että kaikki osat 3D-mallin polygoniverkkoa, jotka jäävät kuution sisäpuolelle, leikkaantuvat pois.

rð File	Edit Render	Window Help	Layout	Modeling	Sculpting	UV Editing	Texture Paint	Shad
Scale X:	1.7086 Y. 1.70	86 Z: 1.7086						
	User Perspec (1) Collection	tive 1 Cube						
*++ +++								
•••							/ 1	/ n
					\mathbb{Z}		4	Ţ
L					4			1
~						-		
							/*•	

Esimerkkinä on vasarakirveen seinän sisäpinnan siivoaminen.



4. Tavoitteena on asettaa kuutio kirveen sisälle niin, että sen ylä- ja alapinta leikkaavat kirveen reiän sisäpinnat siististi poikki, mutta kuutio ei saa leikata kirveen ulkopintaa (ettei siihen tule reikiä). Kuutio asetellaan paikoilleen object modessa vasemman laidan scale-, rotate- ja move-työkalujen avulla. Näkymää voi muuttaa oikean yläkulman navigointi- koordinaattinuolien avulla sekä kämmen-kuvakkeella vetämällä.



vasarakirves2

- ALT + A -näppäinyhdistelmällä deaktivoidaan kaikki valinnat. Klikkaamalla kohdetta valitaan se, jolloin kohteen ympärille tulee oranssit "ääriviivat".
- Oikean laidan työkaluista valitaan kiintoavaimen kuvake => Add modifier. Avautuvan valikon Generate-sarakkeesta valitaan Boolean.
- Avautuvassa boolean modifier -valikossa valitaan Operation-kohdasta ensin Difference-operaattori.
 Operaattori poistaa valitusta objektista kaiken mikä jää kohdeobjektin (target) sisäpuolelle. Valitaan kohdeobjektiksi kuutio klikkaamalla object-kohtaa.



Vasta sitten klikataan *apply* ja suoritetaan toiminto, jolloin kaikki kuution sisäpuolelle jääneet osat vasarakirveen reiän sisäpinnasta katoavat, ja jäljelle jäävät siistit, tasaiset reunat.

8. Skrollataan ulospäin ja valitaan kuutio. Siirretään vasemman laidan *move*-toiminnolla kuutio kauemmaksi vasarakirveestä ja poistetaan se *delete*-näppäimellä.



9. Vasarakirveen sisälle jäävät kuution muotoiset pinnat. Vaihdetaan siis vasemmasta ylälaidasta edit modeen, valitaan select-työkalu ja face select (tason valinta) -toiminto. Skrollataan lähelle kirveen reikää ja valitaan kuutionmuotoiset tasot painamalla pohjaan SHIFT-näppäintä ja sitten DEL-/delete –näppäintä => faces. Poistetaan kaikki kuution tasot kuvakulmaa kääntelemällä.



Polygoniverkon yksinkertaistaminen Decimate-työkalulla

Sujuvaa selainpohjaista katselua ja jakamista varten 3D-mallin tulee olla tarpeeksi yksinkertainen, joten polygonien määrän tulee olla noin alle 500 000. Polygoniverkko voidaan yksinkertaistaa Decimate-työkalulla.

1. Object modessa valitse 3D-malli.

3. Avautuvassa ikkunassa valitse

2. Oikeassa laidassa valitse Modifier properties => Add modifier => Decimate.



kohtaan haluttu suhde, jolla polygoniverkkoa yksinkertaistetaan. 1 = polygonien määrä alussa, 0 = ei yhtään polygonia jäljellä. Esimerkiksi 10 000 000 polygonin mallin yksinkertaistamiseksi 500 000 polygoniin valitaan *Ratio = 0.05*. Syötettyäsi lukema *Ratio*-kohtaan Blender laskee tulevan polygonimäärän. Työvaihe voi olla hyvin hidas. Valmis arvio ilmestyy kohtaan Face count.

Ratio-

4. Hyväksy muutos *Apply*-kohtaa klikkaamalla – tämäkin työvaihe voi kestää pitkään.

Koko polygoniverkon silottaminen Smooth-työkalulla

Decimate-työkalulla yksinkertaistetun 3Dmallin pinta on läheltä tarkasteltuna hyvin kulmikas. Epäaitoa vaikutelmaa voi vähentää 3D-mallin silottamisella. Toimenpide on perusteltu, sillä yksinkertaistettu 3D-digitointi sopii muutenkin vain visualisointiin, jolloin sen muokkaaminen ei estä alkuperäisen 3Ddigitoinnin käyttöä tutkimustarkoitukseen.



- 1. Object modessa valitse 3D-malli.
- 2. Oikeassa laidassa valitse *Modifier properties => Add modifier => Smooth*.
- Factor-kohdassa voit valita siloittamisen tehon, Repeat-kohdassa sen, kuinka monta kertaa työvaihe toistetaan. Onnistuneita tuloksia on saatu asetuksilla Factor = 0.5 ja Repeat = 3.
- 4. Muutokset näkee tarkastelemalla polygoniverkkoa teksturoimattomana, ja ne hyväksytään klikkaamalla *Apply*.



Yksinkertaistettu 3D-digitointi ennen ja jälkeen silottamisen.

4. 3D-digitoinnin pinnan muokkaaminen Edit modessa

Lähtökohtaisesti on yleensä helpompi poistaa tai korjata digitoinnin pinnan häiriöt alkuperäisessä mallinnosohjelmassa (esim. Artec Studio, Agisoft Metashape jne.). Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, voidaan käyttää Blenderiä. Blenderissä voit muokata polygoniverkkoa joko yksittäisten polygonien tasolla *Edit modessa*, tai ohjelman pinnanmuokkaustyökaluilla *Objekt moden Sculpting*-ikkunassa.

Polygonien valitseminen

Edit modessa voit valita kolmioverkosta yksittäisiä polygoneja. Tyypillinen työvaihe on esimerkiksi alkuperäisen mittakaavan poistaminen 3D-digitoinnista ennen digitaalisen mittakaavan lisäämistä. Vasemman laidan suorakulmiovalinnalla voit valita kaikki suorakulmion sisälle jäävät näkyvät polygonit.

Etenkin fotogrammetrialla tuotettujen 3D-digitointien kolmioverkko, *mesh*, on hyvin yksityiskohtainen, jolloin tietyn alueen valitsemalla ei välttämättä saa valittua kaikkia 3D-malliin kuuluvia polygoneja. Varmistaaksesi kaikkien toisiinsa sidoksissa olevien polygonien valinnan, valitse yläpalkin *Select*-ikkunasta *Select linked => Linked*. Toinen vaihtoehto on zoomata valittava alue mahdollisimman suureksi ennen valitsemista.



Select-valikosta löytyy myös *Circle select*, jolla on helpompi valita tarkasti vain haluamansa osat tietystä polygoniverkosta. Valintaympyrän kokoa voit muuttaa ylälaidan asetuksista. Huomaa että ollessasi *Circle select* -näkymässä siitä on ensin poistuttava Esc-näppäintä painamalla ennen kuin voit tehdä toimenpiteitä valituille polygoneille.

Kolmioverkon virheiden korjaaminen

Polygonien poistaminen

Valitut polygonit voit poistaa *Edit modessa* painamalla delete-näppäintä. Blender varmistaa haluatko poistaa, vertexit, edget vai facet. Vertexit poistamalla saat tehokkaimmin poistettua koko polygoniverkon, sillä edget ja facet on sidottu vertexeihin.

Kolmioverkon ryhmittely

Jos kolmioverkkoa muokataan voimakkaasti tai siihen luodaan uusia kolmioita esimerkiksi reikien paikkaamiseksi, on hyvä koota alkuperäiseen malliin kuuluvat kolmiot omaksi ryhmäkseen ennen muokkauksia.

Oikean laidan *Context*-valikon *Vertex Groups* -kohdassa luo plus-näppäimellä uusi ryhmä. Valitse sitten valintatyökalulla koko objekti (ylälaidan *select*-valikosta valitse *Select linked* => *Linked*, jolloin myös ne kolmiot jotka eivät ole nyt näkyvillä tulevat valituksi). *Vertex groups* - kohdasta valitse *Assign*.

Voit testata, onnistuiko ryhmän luominen klikkaamalla työskentelyikkunaa ja painat ALT + A, jolloin mitään ei ole valittuna. Valitse sitten *Vertex groups* -kohdasta luomasi ryhmä aktiiviseksi ja paina kohdan omaa *select* -nappia. Koko meshin pitäisi nyt tulla taas valituksi.



Kuvassa soljen 3D-malli sekä siihen liityvä digitoitu mittakaava on ryhmitelty omiksi Vertex groupeiksi.

Reikien paikkaaminen

Reikien paikkaaminen tapahtuu valitsemalla reikää ympäröivät reunat (*edges*) ja muodostamalla niiden väliin uuden tason/tasoja *Fill*-työkalulla.

Ennen reiän täyttämistä reiän reunojen on hyvä olla yksinkertaiset, sileät. Esimerkkitapauksessa täytettävänä on vasarakirveen reiän sisäpinta, jonka huonosti mallintuneet jäänteet on jo poistettu *Object modessa Boolean*-operaattorilla (ks. ohjeet yltä).

 Luodaan reiän reunalle edge loop eli yhtenäinen valittujen "reunojen" ketju reiän sisäpinnan leikkaukseen. Vaihdetaan tätä varten face select -toiminnosta edge select -toimintoon ja valitaan leikkauspintaan rajautuvan kolmion reuna (eli yksi niistä reunoista johon kolmioverkko "loppuu" reiän kohdalla). Vasemman ylälaidan selectkohdasta valitaan select loops => edge loops jolloin ohjelma valitsee kaikki leikkauspinnan reunat eli reunaan syntyy oranssinvärinen kehä.



Vasarakirveen kohdalla toistetaan sama reiän toiselle leikkauspinnalle pitäen pohjassa SHIFT-näppäintä, jolloin kummassakin leikkauspinnassa näkyy oranssi kehä.

- Ylälaidan Face-valikosta valitaan Fill-toiminto, jolloin kahden valitun kehän väli täyttyy uusilla tasoilla.
- Tasot ovat kätevästi valittuina ilmestyessään, joten ryhmitellään ne heti omaksi vertex groupiksi (ks. ohjeet yllä). Kun ryhmittely on onnistunut, voi vertex groupeja valita oikean laidan vertextyökalun select-/deselecttyökaluilla.



5. Tekstuuri ja sen muokkaaminen

.obj-muotoisen tiedoston tekstuurin tuominen Blenderiin

 Kun Blenderiin tuodaan .obj-muotoista tiedostoa, on itse .obj-tiedostoon liittyvän tekstuuritiedoston (esim. .jpg-muodossa) sekä näitä yhdistävän .MTL-tiedoston oltava samassa kansiossa (huom: tekstuuritiedosto ei näy kansiossa, kun tuot .obj-tiedoston sisään, vaikka se on siellä). Yleensä Blender osaa itse yhdistää oikeassa kansiossa olevan tekstuurikuvan itse 3D-malliin.

Tekstuuri näkyy, kun valitset *Object modessa* oikeasta ylälaidasta *Viewport shading* - pallon. Samalla avautuu myös oikean laidan työkaluvalikon *Materials*-kohta, jossa näet, minkälaisista materiaaleista tekstuuri rakentuu. Esimerkiksi vasarakirveessä on erikseen tekstuuri itse kirveelle ja jälkikäteen lisätylle reiän sisäpinnalle.





- Jos tekstuuria ei näy, tarkista että tekstuuritiedosto on "liitetty" oikein malliin. Tarkista että valittuna on oikeasta yläkulmasta kohteen tiedosto (eikä esimerkiksi kamera tai valo), ja vaihda ylälaidan valikosta *Shading*-välilehteen, jossa näet tarkemmin, miten mallin tekstuuri rakentuu. Esimerkkikuvassa huomataan, että oikean laidan *Materials*kohdassa alalaidan näkymässä tekstuurin väri on valkoinen.
- Lisätään kuvatekstuuri alalaidan kohdasta Add => Texture => Image texture.
- 3. "Pudota" ilmestynyt laatikko jonnekin Principled BSDF laatikon viereen, ja kytke keltaisista palluroista toisiinsa Texture -laatikon Image Color-kohta ja Principled BSDF -laatikon Base Color -kohta. Image Texture -laatikon kohdasta Open etsi .objtiedostoon liittyvä kuvatekstuuri ja valitse Open image.
- Malli näkyy nyt teksturoituna ja tekstuuritiedosto näkyy niin oikean laidan materialskohdassa kuin alalaidan ikkunassa.







Virheellisen tekstuurin korjaaminen maalaamalla

Pienet tekstuurivirheet voi korjata Blenderin ylälaidasta löytyvän Texture paint -välilehden työkaluilla. Clone Stamp -työkalu kopioi valitusta, puna-valkoisen renkaan sisälle jäävästä alueesta valkoisen renkaan sisälle jäävälle alueelle. Ylälaidan Radius- ja Strenght-kohdista voi säätää kohderenkaan kokoa sekä värityksen peittävyyttä (1 = täysi peittävyys, 0 = täysin läpinäkyvä). Esimerkissä korjataan kuvaustaustan värityksestä pöytäveitsen terään jääneet valkoiset viivat.

Huom: Jos tekstuurissa on mittavia virheitä, on kannattavampaa palata työstämään alkuperäistä 3D-digitointia, sillä tekstuurin muokkaaminen vaikuttaa 3D-digitoinnin uudelleenkäytettävyyteen. Muokkaukset tulee mainita 3D-digitoinnin metatiedoissa sekä tallentaa "ennen ja jälkeen" -tyyppisellä kuvasarjalla.



Lähikuvassa tekstuuri kopioituu punavalkoisen renkaan kohdalta valkoiselle alueelle.

Korjatun tekstuurin kohdalle saattaa jäädä valkoisia saumoja – ne eivät kuitenkaan yleensä näy katseluohjelmassa.





Tekstuurikartan uudelleenasettaminen

Joskus 3D-digitoinnin tekstuuriin voi syntyä huonosti värittyneitä polygoneja, joiden maalaaminen ei onnistu Texture paint -työkalulla. Tällöin kyseisten polygonien asettaminen uuteen kohtaan tekstuurikartalla voi ratkaista ongelman. Esimerkissä korjataan tekstuuriin jääneen valkoisen viivan polygonit.



- Siirry ylälaidan valikosta UV editing -välilehdellä ja zoomaa lähelle, jotta korjattavat polygonit näkyvät kunnolla (3D-digitointi saattaa ensin näyttää teksturoimattomalta, kunnes lähelle zoomatessa tekstuuri alkaa erottumaan polygonien kulmapisteiden ja reunojen alta).
- 2. Valitse korjattavat polygonit. Tarkkaan valitsemiseen Select-valikosta löytyvä Circle select -työkalu on hyvä. Huomaa että Circle select -näkymästä pitää poistua Escnäppäintä painamalla.
- 3. Ylälaidalta valitse UV-valikko => Unwrap, jolloin valitsemasi polygonit näkyvät vasemman puolen tekstuurikartassa, yleensä hyvin suurikokoisina.
- 4. Valitse polygonit valintaikkunalla. Etenkin heikkotehoisemmalla koneella kannattaa valita vain osa polygoneista kerralla. Valinnan jälkeen voit siirtää ja skaalata polygoneja tekstuurikartan päällä.



Vaihtoehtoina on siirtää polygonit kohtaan, jossa on sopivan värinen tausta jo valmiiksi, tai tekstuurikartan sellaiseen kohtaan, jossa ei ole 3D-mallin tekstuuria lainkaan. Jälkimmäisessä tapauksessa polygonien päälle voi maalata sopivan värin ilman, että myös jokin toinen kohta 3D-digitoinnissa värittyy samalla. Esimerkissä polygonit siirretään tekstuurikartan ylälaidan vaaleanpuna-harmaalle alueelle, joka ei ole osa 3D-digitoinnin tekstuuria.



5. Valitut polygonit on nyt tekstuurikartalla siirretty "yli jääneelle" vaaleanpunaiselle alueelle, jonka värittäminen toisella värillä ei sotke muuta 3D-digitoinnin tekstuuria. Kolmioiden päälle voi nyt maalata Texture paint -välilehden työkaluilla.

Uusien pintojen värittäminen halutulla tekstuurilla

Esimerkiksi paikatun reiän kohdalla uusille pinnoille voidaan luoda täysin uusi tekstuuri. Esimerkkinä on vasarakirveen reiän sisäpintaan luotu uusi pinta.

4. Valitse Edit modessa teksturoitava pinta klikkaamalla pinnan Vertex groupia (ks. yllä). Värittämistä varten vaihda oikean ylälaidan valikossa *viewport shading* -näkymään, jolloin kirveen tekstuuri näkyy myös.



5. Reiän sisäpintaan luodaan uusi tekstuuri, joka selkeästi erottaa keinotekoisesti luodun pinnan alkuperäisestä, digitoidusta pinnasta. Tätä varten vaihdetaan oikean laidan työkaluvalikossa *Material*-valikkoon ja lisätään uusi materiaali, joka nimetään sopivalla tavalla. Valitsemalla *assign* sidotaan uusi materiaalitekstuuri valittuna olleisiin reiän sisäpinnan tasoihin. *Base color* -kohdasta voidaan säätää sopiva väritys. Väritystä on helpompi katsoa object modessa, johon voi vaihtaa tässä kohtaa.



6. Born digital -mittakaavan yhdistäminen 3D-digitointiin

Skannerilla tuotetussa 3D-digitoinnissa ei tarvitse skannaushetkellä olla mittakaavaa ollenkaan mukana, sillä skanneri asettaa digitoinnin itsenäisesti oikeaan mittakaavaan. Fotogrammetriamallien kuvissa näkyvä mittakaava taasen usein näkyy huonosti lopullisessa 3D-digitoinnissa, sillä mittakaavan tasainen, mustavalkoinen pinta ei sovi hyvin fotogrammetriaan. Siksi voi olla tarpeen liittää 3D-digitointiin selkeä, hyvin erottuva digitaalinen mittakaava.



Kivikirves ja siihen yhdistetty mittakaava.

- Avaa uusi Blender-työ ja poista kuutio keskeltä. Tuo sisään 3D-digitointi, johon haluat yhdistää mittakaavan, ja vie se origoon. Tarkista tässä vaiheessa esim. mittaustyökalulla, että 3D-digitointi on Blenderissä oikeassa mittakaavassa (eli esim. 20 cm pitkä kivikirves ei ole 20 m pitkä). Jos digitoinnissa on jäljellä esimerkiksi fotogrammetrialla mallinnetun mittakaavan osia, ne kannattaa ensin poistaa.
- Siirry Objekt modesta edit modeen. Valitse poistettava osa kohdetta ja paina CTRL + L (Linked), jotta Blender valitsee kaikki valittuihin osiin linkitetyt vertexit. Paina deletenäppäintä, jolloin Blender kysyy, mitä haluat poistaa. Tässä tapauksessa poistamme vertexit eli pisteet, joihin polygonien sivut (edges) ja tasot (faces) on liitetty.

Etenkin fotogrammetriamalleissa kaikki vertexit eivät välttämättä ole yhteydessä toisiinsa, jolloin hajanaisia pisteitä saattaa jäädä delete-toiminnon jälkeenkin jäljelle. Toista siis valinta => CTRL + L => delete, kunnes kaikki pisteet on poistettu.





OBJ-muodossa. 3D-kurssin mittakaava on asetettu origoon, joten se saattaa ilmestyä

origoon asetetun kohteen sisälle, kuten alla olevassa kuvassa. Hilaa move-työkalulla mittakaava kohteen viereen, ja käännä se oikein päin (niin että kohteessa on kokoelmanumero oikein päin ja mittakaavan teksti on samoin päin).



 Liitä mittakaava ja kohde yhdeksi objektiksi valitsemalla kummatkin ja painamalla CTRL + J (Join). Nyt kun klikkaat mittakaavaa, myös kohteen pitäisi tulla valituksi. Huomaat, että oikean ylälaidan Scene collection -näkymässä plane-objekti katoaa ja vain kohteen objekti jää jäljelle.



わ File Edit Render Window Help Layout Modeling Sculpting UV Editing Text	🔥 - Scene 🕒 X 🖉 - View Layer 🗗 🛛
- #~ 🕟 💴 🗗 🗊 🖄 Global 🗸 🔗 ~ 🔗 ++ - 오 / - 🔹 Options -	t=• ∎•
🗐 🗐 Object Mode 🗸 View Select Add Object 🛛 😵 🏹 🗸 🙆 🗸 🗐 🕀 💽 🐼 🕥	- Scene Collection
Front Orthographic 0	Collection O
(1) Collection Ark3D_KM_40575-92_ruokaveitsi_R_original	Ark3D_KM_40575-92_ruokaveitsi_R_original
Centimeters	Light ()
••••	
•	
2	

Pöytäveitsen ja mittakaavan yhdistäminen yhteen tiedostoon.

7. Tiedoston vienti Blenderistä

Vienti .obj:nä

Tallentaaksesi Blenderissä muokkaamasi polygonimallin kokonaan uutena .obj-tiedostona, valitse File => export => obj. Kun skrollaat tallennusnäkymän vasemmassa laidassa asetuksia alaspäin, pääset kohtaan "path mode". Valitse copy, jotta myös Blender vie myös uuden tekstuurin samaan kansioon tallentamasi obj:n kanssa. Vie obj-tiedosto oikean yläkulman painikkeesta.

Vienti glTF:nä

Tekijöiden kokemusten mukaan kahden .obj-muotoisen tiedoston yhdistäminen yhdeksi tekstuuritiedostoksi ei onnistu, eivätkä kaikki katseluohjelmat osaa ladata useampia tekstuuritiedostoja niin, että tekstuurin saisi näkyville.

Tästä syystä tiedostot, joihin on liitetty digitaalinen mittakaava kannattaa viedä gITF embeddedmuodossa, joka yhdistää tekstuurit samaan tiedostoon muun polygonimallin kanssa. GITF-muotoiseen tiedostoon voi yhdistää suoraan myös tiedon tiedoston käyttöoikeuksista.



.obj:n ja glTF:n lisäksi tiedostoja voi viedä Blenderistä .dae-, .abc-, .x3d- ja .stl-muodoissa.

Kiitokset

KuM Marko Backman on osaamisellaan merkittävästi edistänyt Blender-ohjeen syntymistä.

Lähteet

Blender. 2020. Open source 3D creation. Free to use for any purpose, forever. <<u>https://www.blender.org/</u>>. Luettu 27.10.2020.

Blender 2.90 Manual. 2020. Boolean Modifier. <<u>https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/booleans.html</u>>. Luettu 27.10.2020.