



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA

**MODELLAZIONE E RENDERING 3D
DEL PRIMO ORDINE DELL'ARCA DI SANT'AGOSTINO**

Relatore: Prof. Luca Lombardi
Correlatore: Prof. Virginio Cantoni

Tesi di Laurea di
Deborah Tandurella

A.A. 2020/2021

INDICE

1. INTRODUZIONE E CONTESTO DEL PROGETTO

- 1.1 Introduzione
- 1.2 Ambito del progetto
- 1.3 Descrizione dell'Arca di Sant'Agostino
- 1.4 Il Primo Ordine

2. STRUMENTI UTILIZZATI

- 2.1 Introduzione a Blender
 - 2.1.1 Modalità principali
 - 2.1.2 Tipi di oggetto
 - 2.1.3 Modificatori

3. DESCRIZIONE DEL LAVORO

- 3.1 La struttura
- 3.2 I dettagli decorativi
 - 3.2.1 Le cornici
 - 3.2.2 Decorazione delle colonne
- 3.3 Composizione
- 3.4 Le statue
 - 3.4.1 Le Virtù
 - 3.4.2 Gli Apostoli e altri Santi
- 3.5 Applicazione del materiale
 - 3.5.1 Le pergamene
- 3.6 Le luci
- 3.7 Rendering
 - 3.7.1 Ray-Tracing
- 3.8 Risultato finale
- 3.9 Video di presentazione del modello finale

4. CONCLUSIONI

1. INTRODUZIONE E CONTESTO DEL PROGETTO

1.1 Introduzione

L'obiettivo del progetto di tesi è la ricostruzione in computer grafica 3D del primo ordine dell'Arca di Sant'Agostino, monumento marmoreo che si trova a Pavia, nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro.

L'attività, svolta sotto la supervisione del Prof. Virginio Cantoni, si colloca all'interno di un progetto più ampio, che prevede la riproduzione virtuale di tutta l'Arca, coordinato dal laboratorio di Computer Vision e Multimedia del dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione dell'Università di Pavia.

Il lavoro è consistito nella realizzazione di un modello 3D del primo ordine dell'Arca di Sant'Agostino, partendo dalla costruzione della struttura, procedendo poi con la realizzazione dei dettagli decorativi e con l'opportuna integrazione nel modello delle statue realizzate da altri studenti. Si è, quindi, passati alla fase di rendering e alla realizzazione di un video illustrativo del risultato finale.

1.2 Ambito del progetto

Il progetto si colloca nell'ambito delle "digital humanities" (informatica umanistica), e in quello del "virtual heritage" (patrimonio virtuale).

Il primo aspetto riguarda una ricerca di contatto e collaborazione tra la sfera tecnica e quella umanistica della cultura, che in questo lavoro si sono declinati nella necessità di avvalersi di fonti che appartenessero all'uno e all'altro campo.

Per riprodurre fedelmente l'opera originale si è dovuto, infatti, affiancare le competenze tecniche di modellazione 3D a quelle di ricerca e di interpretazione di risorse artistiche visive e letterarie, integrando le une con le altre.

Al secondo ambito, mediante la ricostruzione virtuale di opere d'arte, pertiene non solo la conservazione del patrimonio culturale, ma anche una più facile fruibilità dello stesso, specialmente nel caso di opere difficilmente accessibili per struttura o collocazione.

Questo aspetto è particolarmente rilevante per quanto riguarda l'Arca di Sant'Agostino, monumento dalle dimensioni notevoli, per giunta situato in uno spazio rialzato e ristretto, in cui è difficile poter avere un'adeguata visione di ciascun lato. In tal senso, offrirne una ricostruzione virtuale e tridimensionale, è un importante contributo alla sua accessibilità.

1.2 Descrizione dell'Arca di Sant'Agostino

L'arca di Sant'Agostino è una scultura gotica in marmo bianco di Carrara contenente le spoglie di Sant'Agostino di Ippona che fonde religione, storia e arte in un capolavoro scultoreo del XIV secolo.

Il monumento funebre, conservato nella Basilica di San Pietro in Ciel d'Oro a Pavia, fu concepito come un monumento isolato, visibile da tutti e quattro i lati, a differenza di molti dei monumenti coevi concepiti per essere addossati ad una parete.

Non è chiaro chi sia l'autore dell'Arca. Ad alimentare l'incertezza sull'artefice dell'opera è anche la perdita, negli anni in cui fu costruita, del registro dei conti del monastero.



Figura 1: l'Arca di Sant'Agostino sull'altare della Basilica di San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia



Figura 2: un prospetto dell'Arca di Sant'Agostino

Defendente Sacchi attribuisce il monumento a Bonino da Campione¹, vista la somiglianza con l'Arca di Cansignorio a Verona, ma Rodolfo Majocchi non condivide questo parere², sostenendo che "il valente scultore del Mausoleo Agostiniano è Giovanni di Balduccio da Pisa". Secondo lo storico, lo stile dell'Arca di Sant'Agostino, almeno nei primi due livelli, coincide con quello dell'Arca di San Pietro Martire a Milano, realizzata da Balduccio anni

prima. Dello scultore toscano si persero le tracce proprio nel periodo in cui,

¹ Defendente Sacchi, "Agostino e la sua Arca. Il pensiero e la gloria", Autori Vari, Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia, 2000.

² Rodolfo Majocchi, "L'Autore dell'Arca di Sant'Agostino in San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia", Premiata Tipografia Fratelli Fusi, 1901.

probabilmente, fu realizzata l'Arca, che secondo Majocchi fu iniziata nel 1350. La data riportata sul monumento, 1362, si riferirebbe, poi, all'anno di morte dell'autore che lasciò il mausoleo incompiuto, tanto che i due livelli superiori presenterebbero uno stile più grezzo, dovuto alla mano di artisti meno esperti, che cercarono di concludere frettolosamente il lavoro di Balduccio, basandosi sui disegni da lui elaborati.



Figura 3: un prospetto del primo ordine dell'Arca di Sant'Agostino

Il monumento si sviluppa su **tre registri narrativi**:

il **registro inferiore**, contenente il sarcofago e oggetto di questa tesi, è il primo dal basso e rappresenta le statue degli apostoli alternate a quelle degli Evangelisti, di Santi e delle Virtù;

il **registro mediano** è composto da colonne con statue di santi, papi e vescovi; all'interno, sopra il sarcofago, presenta la statua di Sant'Agostino, sdraiato su un lenzuolo sorretto da sei diaconi, mentre legge un libro aperto tra le mani, circondato dai Dottori della Chiesa. Il soffitto di questa parte intermedia è composto da centinaia di serafini, busti di santi, gli arcangeli Raffaele e Michele e, al centro, il Cristo;

il **registro superiore** rappresenta nove episodi della vita del santo, coronati in alto dai suoi miracoli rappresentati in dieci timpani triangolari alternati a figure angeliche.

Complessivamente l'Arca è composta da **95 statue e 50 bassorilievi** con scene varie, per un totale di *408 personaggi, oltre a vegetazione, oggetti, animali e rappresentazioni schematiche di città.*

Le sue **dimensioni complessive** sono: 307 x 168 x 393 cm.³

³ Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

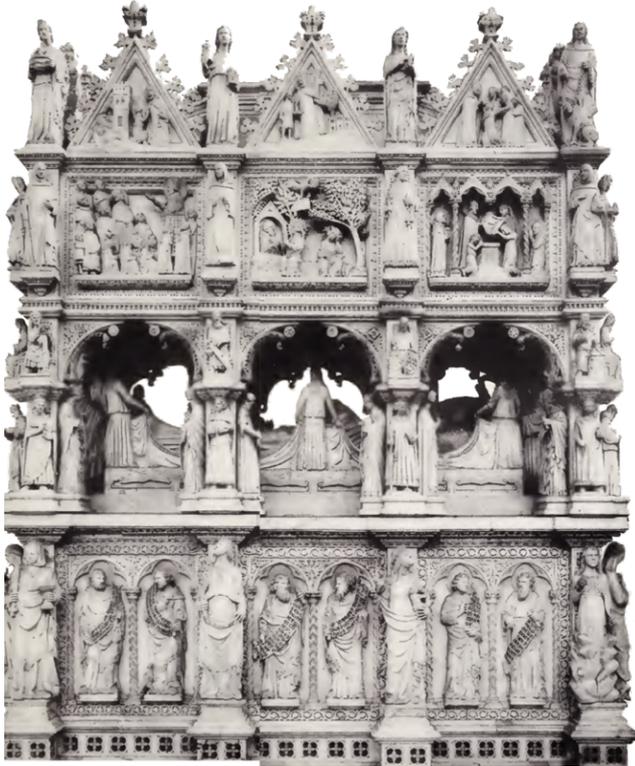


Figura 4a: prospetto generale del lato maggiore di front, Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", 1900, Premiata tipografia.



Figura 4b: prospetto generale del lato minore di destra, Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", 1900, Premiata tipografia



Figura 5a: prospetto generale del lato maggiore posteriore, Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", 1900, Premiata tipografia



Figura 5b: prospetto generale del lato minore di sinistra, Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", 1900, Premiata tipografia

1.3 Il Primo Ordine

Segue una breve⁴ trattazione⁵ delle figure presenti su ciascuno dei lati del primo ordine.

Lato frontale: i quattro pilastrini sono decorati con le tre Virtù Teologali (Fede, Speranza, Carità) e la Religione, Virtù Monastica. Nel primo riquadro, tra Fede e Speranza, si trovano gli Apostoli San Pietro e San Giovanni. Nel secondo riquadro, tra Speranza e Carità, si trovano gli Apostoli San Giacomo e Sant'Andrea. Nel terzo riquadro, tra Carità e Religione, si trovano gli Apostoli Tommaso e Bartolomeo.



Figura 6: lato frontale del primo ordine, Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

Lato corto di destra: tra Mansuetudine e Pace⁶ (o Povertà⁷), Virtù Monastiche che ornano i pilastrini laterali, si trovano l'Evangelista Marco, San Paolo e l'Evangelista Luca.

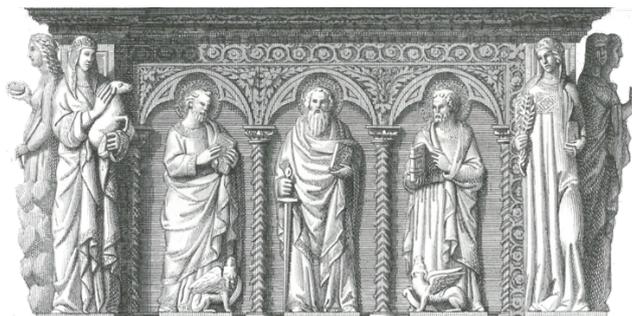


Figura 7: lato corto di destra, Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

⁴ Una descrizione più approfondita delle statue verrà affrontata nel capitolo 3.4.

⁵ Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

⁶ Secondo Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", Pavia, Premiata Tipografia Fratelli Fusi, 1900.

⁷ Secondo Defendente Sacchi, "L'Arca di Sant'Agostino – Monumento in marmo del sec. XIV", Pavia, presso Fusi e C. Stamp. Vesc., 1833.

Lato posteriore: i quattro pilastri sono decorati con le quattro Virtù Cardinali: Prudenza, Giustizia, Temperanza e Forza. Nel primo riquadro, tra Prudenza e Giustizia, si trovano gli Apostoli Filippo e Matteo. Nel secondo riquadro, tra Giustizia e Temperanza, si trovano gli Apostoli Giacomo di Alfeo e Simone. Nel terzo riquadro, tra Temperanza e Forza, si trovano gli Apostoli Taddeo e Mattia.



Figura 8: lato posteriore, Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

Lato corto di sinistra: tra Castità e Ubbidienza, Virtù Monastiche che ornano i pilastri laterali, si trovano Santo Stefano, Paolo Eremita e San Lorenzo.

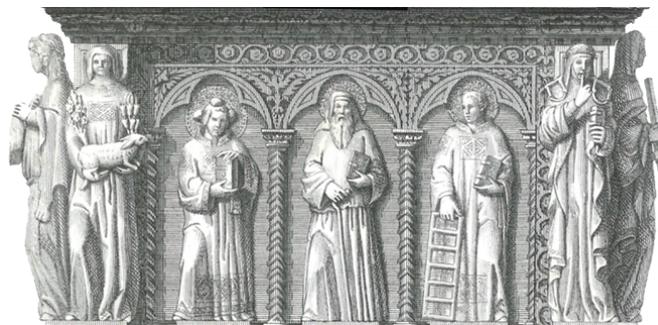


Figura 9: lato corto di sinistra, Computer Vision and Multimedia Lab, "L'Arca di Sant'Agostino", in corso di stampa.

2 STRUMENTI UTILIZZATI

La tecnologia 3D è un argomento del quale si parla molto negli ultimi tempi. Gli avanzamenti che si sono compiuti in questo settore hanno permesso di rivoluzionare il modo di vedere la realtà, ma hanno consentito anche a diversi settori disciplinari di sfruttare le caratteristiche di questa tecnologia per abbattere barriere metodologiche.

La **modellazione 3D** (per esteso modellazione **tridimensionale**), nella computer grafica 3D è il processo atto a definire una forma tridimensionale in uno spazio virtuale generata su computer; questi oggetti, chiamati modelli 3D, sono realizzati

utilizzando particolari programmi software, i modellatori 3D, o più in generale software 3D. Per questo progetto si è deciso di utilizzare Blender.

2.1 Introduzione a Blender

Blender è una suite di creazione 3D gratuita e open source completamente integrata che offre un'ampia gamma di strumenti essenziali, tra cui modellazione, rendering, animazione e rigging, editing video, composizione, texturing e molti tipi di simulazioni.⁸

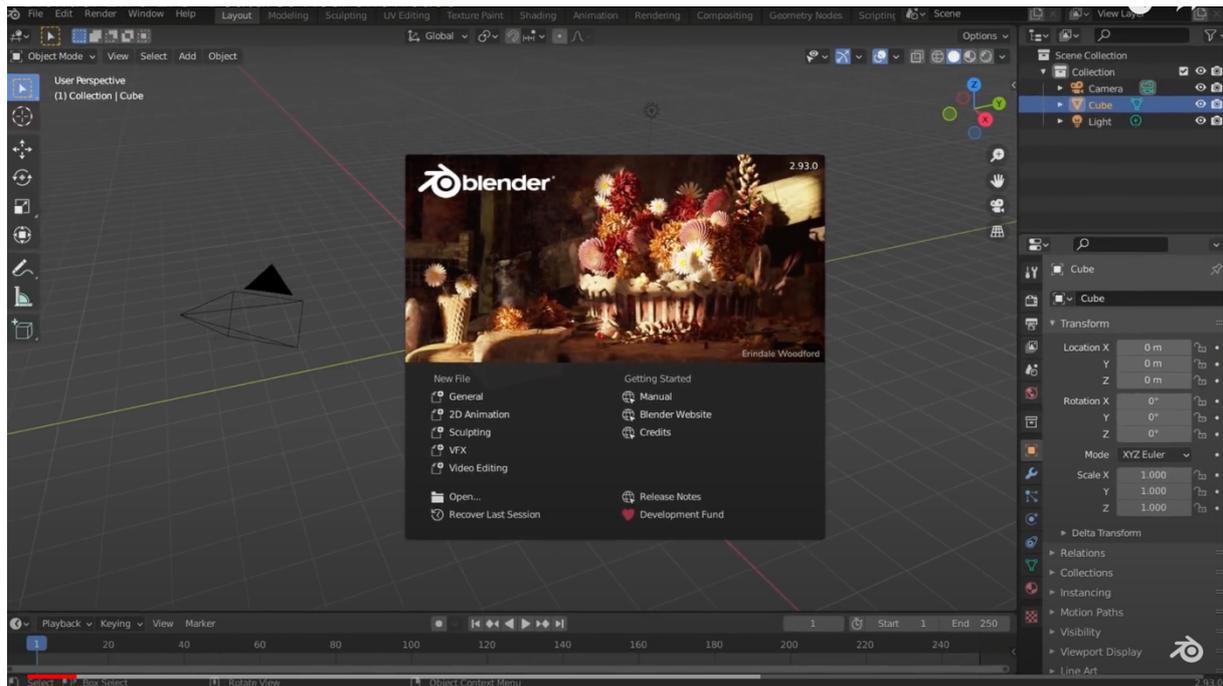


Figura 10: visuale della schermata di apertura di Blender

La breve descrizione che segue è volta a illustrare solo le funzionalità principali utilizzate nel progetto, dato che la complessità del programma richiederebbe un livello di approfondimento che supera gli scopi del lavoro.

2.1.1 Modalità principali

Blender mette a disposizione un ambiente orientato agli oggetti e possiede varie modalità per la modellazione degli oggetti.

Per il progetto si è reso necessario in particolare l'utilizzo delle modalità "Object Mode" ed "Edit Mode".

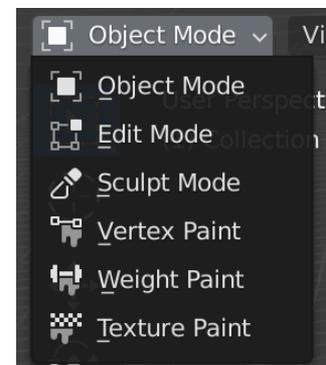


Figura 11: visuale delle modalità principali di Blender

⁸ <https://www.blender.org>

Object mode

La modalità predefinita, è dedicata alle operazioni di base come la creazione, il ridimensionamento, la rotazione e l'unione di oggetti. Si possono inserire oggetti di default, che verranno poi adeguatamente adattati all'immagine, siano essi elementi geometrici come piani, solidi e curve, oppure oggetti.

Edit mode

Una modalità disponibile per tutti i tipi di oggetti renderizzabili, in quanto è dedicata alla loro "forma" per la modifica di blocchi di dati oggetto (ad esempio vertici/bordi/facee per mesh, punti di controllo per curve/superfici).

2.1.2 Tipi di oggetto

La creazione di una scena 3D richiede almeno tre componenti chiave: modelli, materiali e luci.

I tipi di oggetto usati nel progetto sono:

Mesh

Oggetti composti da vertici, bordi e facce poligonali e possono essere modificati ampiamente con gli strumenti di modifica della mesh di Blender. Blender viene fornito con una serie di forme di mesh "primitive", a partire dalle quali si possono ottenere oggetti complessi mediante l'estrusione delle sue facce o lo spostamento di vertici e spigoli.

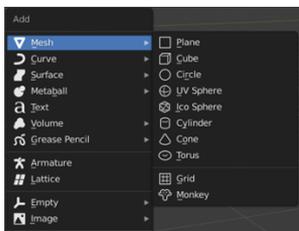


Figura 12a: pannello di aggiunta "Mesh" di Blender

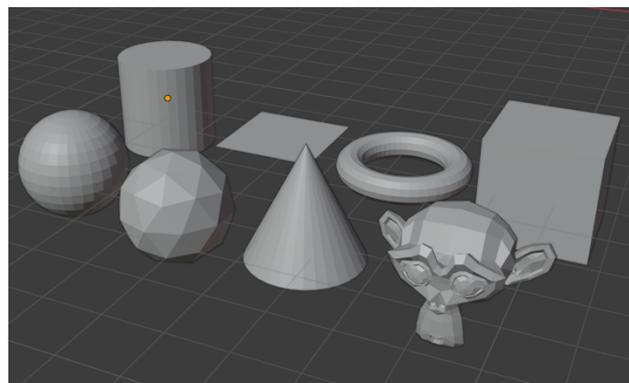


Figura 12b: le mesh primitive di Blender

Curve

Oggetti definiti matematicamente che possono essere manipolati con punti di controllo (anziché vertici), per modificarne la lunghezza e la curvatura. Blender mette a disposizione delle curve primitive, come: Bézier Curve, Bézier Circle, NURBS Curve e NURBS Circle.

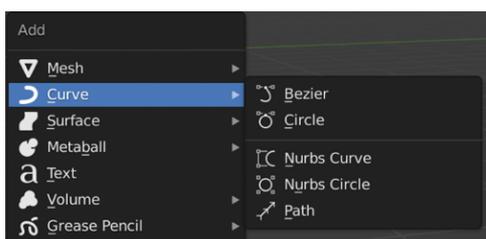


Figura 13a: pannello di aggiunta "Curve" di Blender

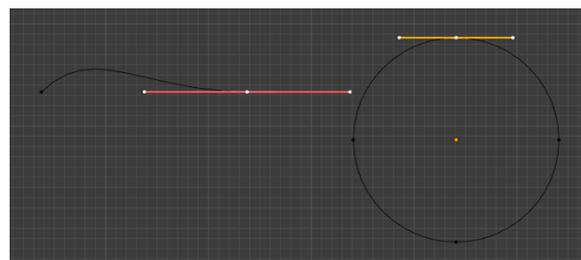


Figura 13b: alcune curve primitive di Blender

Empty

Oggetti null di cui non viene eseguito il rendering, utili per controllare la posizione o il movimento di altri oggetti.

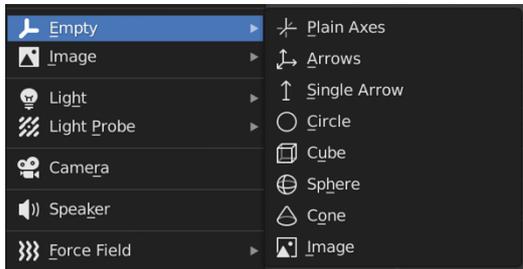


Figura 14a: pannello di aggiunta di oggetti "Empty" di Blender

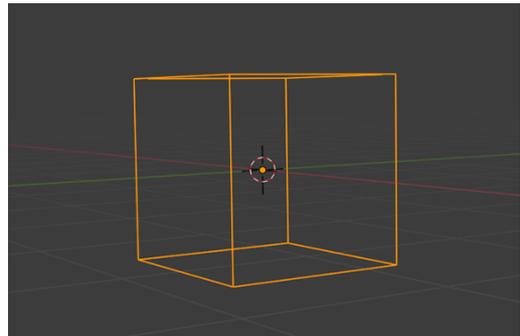


Figura 14b: un cubo empty

Luci

Oggetti vuoti che emettono luce e vengono utilizzati per illuminare la scena nei rendering.

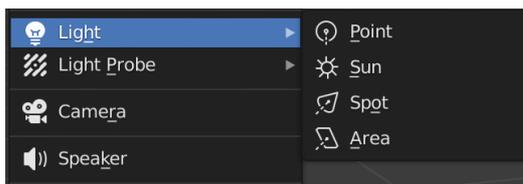


Figura 15a: pannello di aggiunta "light" in Blender

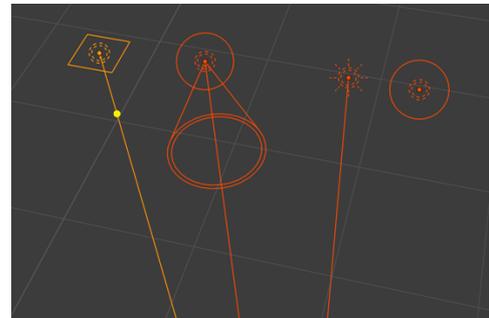


Figura 15b: gli oggetti di tipo "light" di Blender

Camera

La telecamera virtuale utilizzata per determinare cosa appare nel rendering.

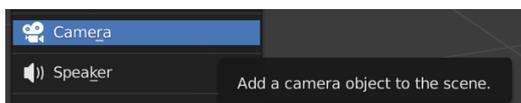


Figura 2a: pannello di aggiunta "Camera" in Blender

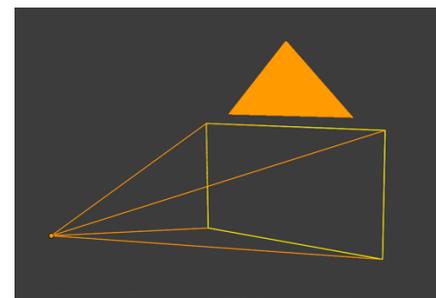


Figura 16b: le mesh primitive di Blender

2.1.3 Modificatori

Blender fornisce una varietà di strumenti per modificare le mesh, azioni predefinite che possono essere applicate ad un oggetto, regolando i relativi parametri, in modo simile ai metodi nella programmazione ad oggetti.

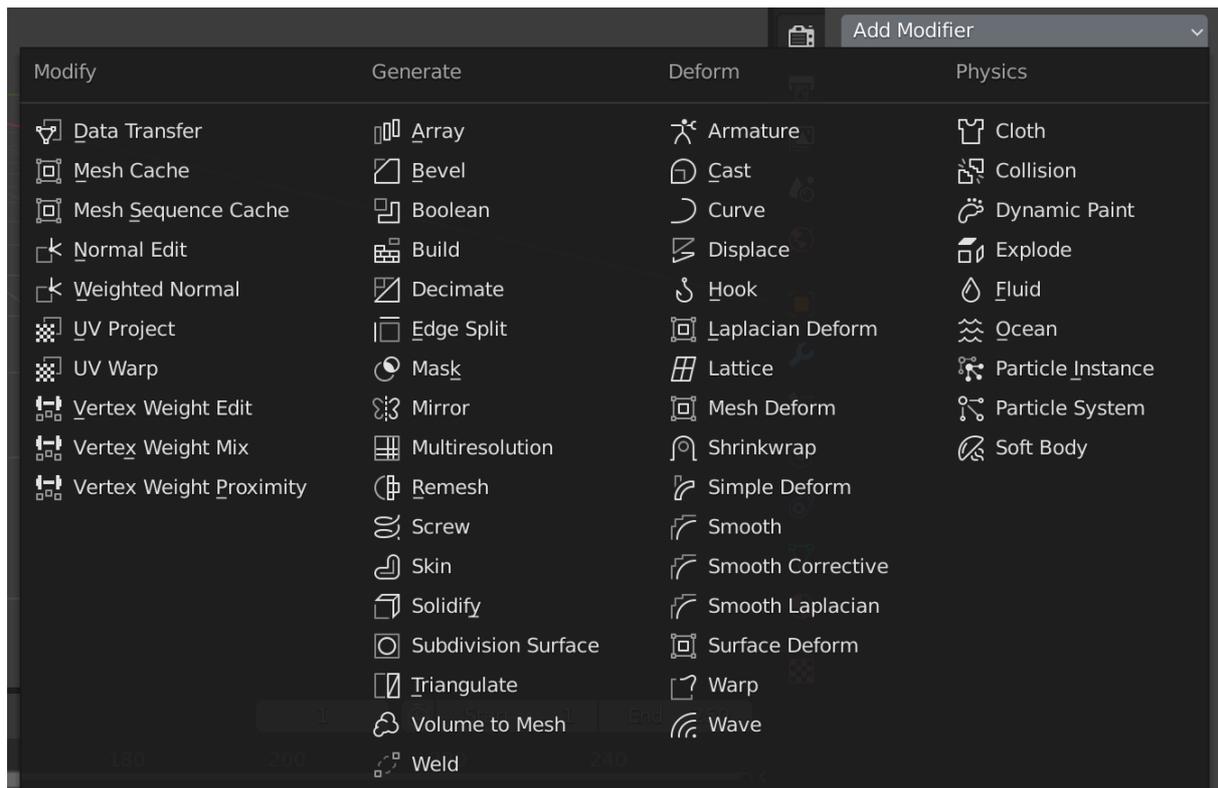


Figura 3: pannello di selezione dei "modifier" in Blender

Tra i modificatori utilizzati nel progetto vi sono:⁹

Mirror

Specchia un oggetto lungo un asse a scelta: in questo modo, ogni operazione (in qualsiasi modalità) viene riportata nella parte riflessa.

Boolean

Permette di effettuare un'operazione "booleana" tra oggetti, ovvero intersezione, unione o differenza. Nel caso del lavoro è stato utile soprattutto per congiungere oggetti diversi in uno solo, rendendo possibile la modellazione modulare di varie parti, poi assemblate tra loro.

-Intersect

Tutto all'interno della mesh di destinazione e della mesh modificata viene mantenuto. Se l'obiettivo è una raccolta, viene mantenuto solo l'interno di tutte le mesh.

⁹ <http://docs.blender.org/manual/en/latest/>

-Union

La mesh o la raccolta di destinazione viene aggiunta alla mesh modificata, rimuovendo tutte le facce interne.

-Difference

La mesh di destinazione, o raccolta di mesh, viene sottratta dalla mesh modificata (tutto ciò che è al di fuori della mesh o raccolta di destinazione viene mantenuto).

Solidify

Aggiunge profondità e spessore ad un oggetto. È stato impiegato, ad esempio, per rendere più realistici alcuni dettagli decorativi.

Array

Il modificatore Array crea un array di copie dell'oggetto di base, con ogni copia spostata dalla precedente in uno dei tanti modi possibili. I vertici nelle copie adiacenti possono essere uniti se sono vicini.

Questo modificatore si è rivelato utile per creare forme ripetitive complesse.

3. DESCRIZIONE DEL LAVORO

3.1 La struttura

Il lavoro è stato organizzato in vari step, acquisendo di volta in volta nuove nozioni e maggiore familiarità con il programma e le funzionalità che offre.

La parte centrale del lavoro è consistita nella realizzazione del modello 3D della struttura base del primo ordine utilizzando gli strumenti di modellazione di mesh primitive di cui si è già parlato nel capitolo precedente.

Il primo oggetto realizzato è stato un parallelepipedo rettangolo proporzionato alle dimensioni effettive dell'Arca, sulla base del quale sono poi stati posizionati e proporzionati tutti gli altri elementi che costituiscono la struttura del primo ordine. In tal senso quest'oggetto può essere visto come il cuore dell'intero progetto.

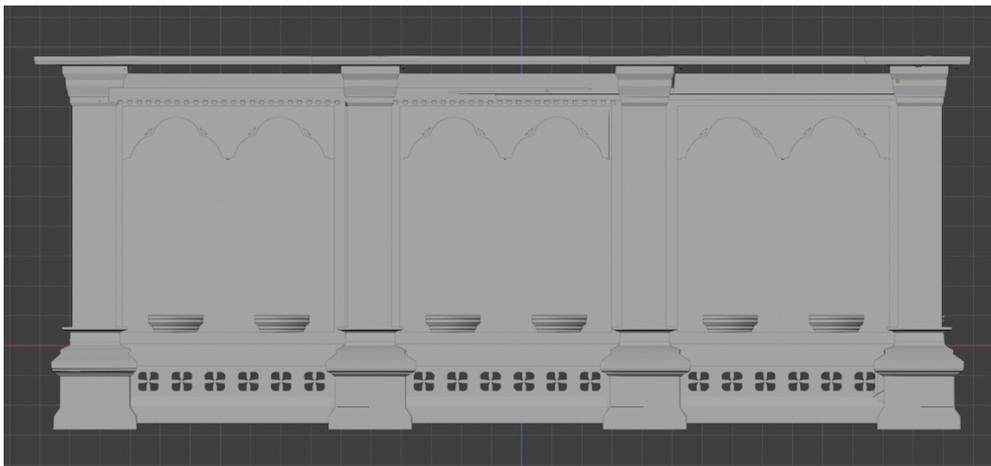


Figura 4: visuale della struttura dei lati maggiori in Object Mode

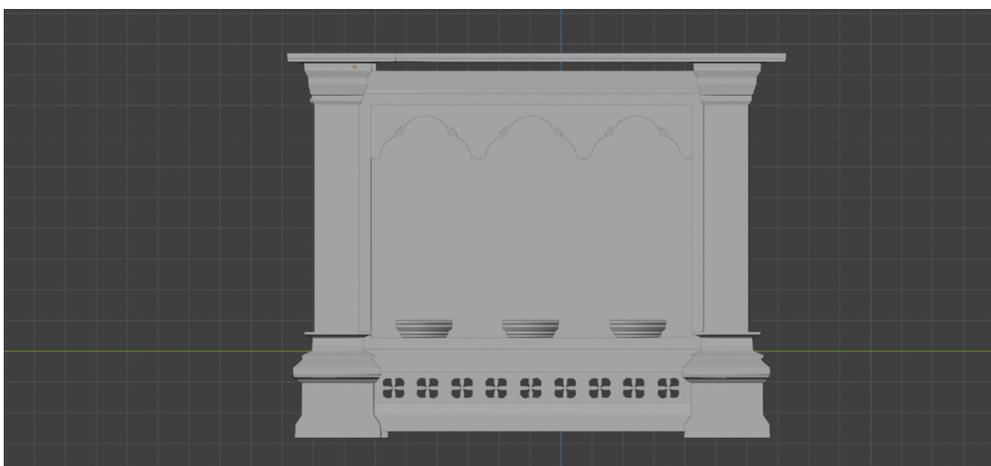


Figura 5: visuale della struttura dei lati minori in Object Mode

Questa parte del lavoro è stata sicuramente la più semplice, ma un certo livello di complessità è stato introdotto dal fatto che si è trattato del primo approccio al programma.

3.2 I DETTAGLI DECORATIVI

Lo step successivo ha riguardato la creazione dei vari dettagli decorativi.

Per questo passaggio ha rivestito un ruolo fondamentale la modellazione delle curve di Bézier, che ha permesso di realizzare forme più complesse e il più fedeli possibile alle originali.

3.2.1 Le cornici

Sono state realizzate le decorazioni che incorniciano le statue a coppie sui lati lunghi, per un totale di sei cornici.

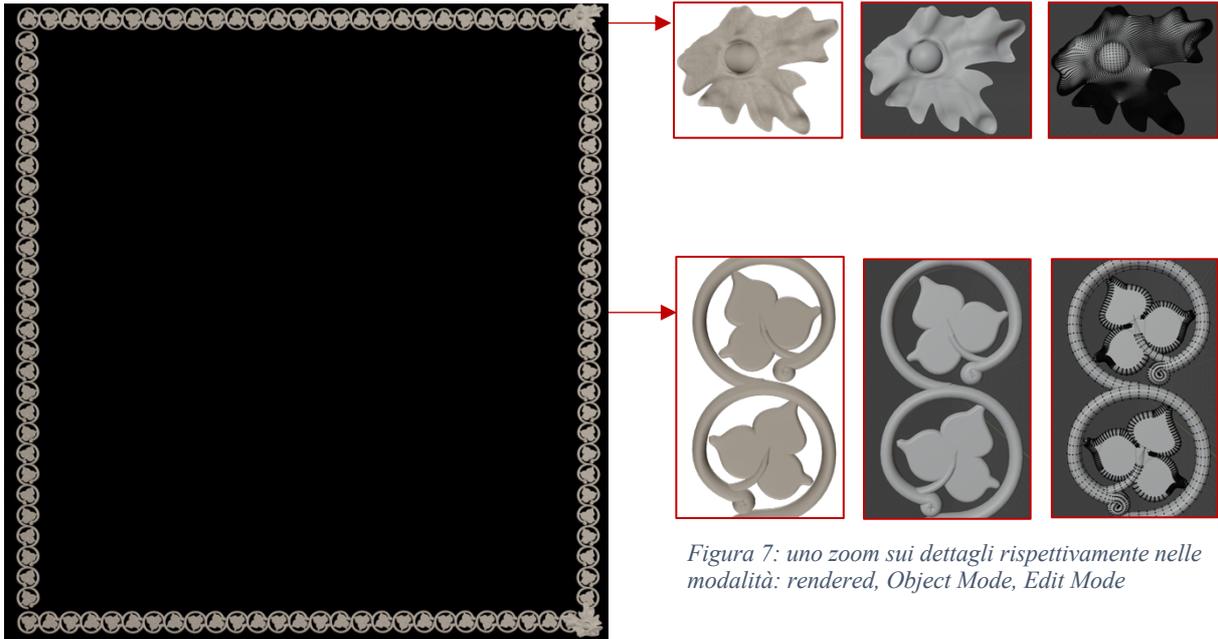


Figura 6: rendering della cornice che adorna le statue di San Pietro e san Giovanni evangelista

Figura 7: uno zoom sui dettagli rispettivamente nelle modalità: rendered, Object Mode, Edit Mode

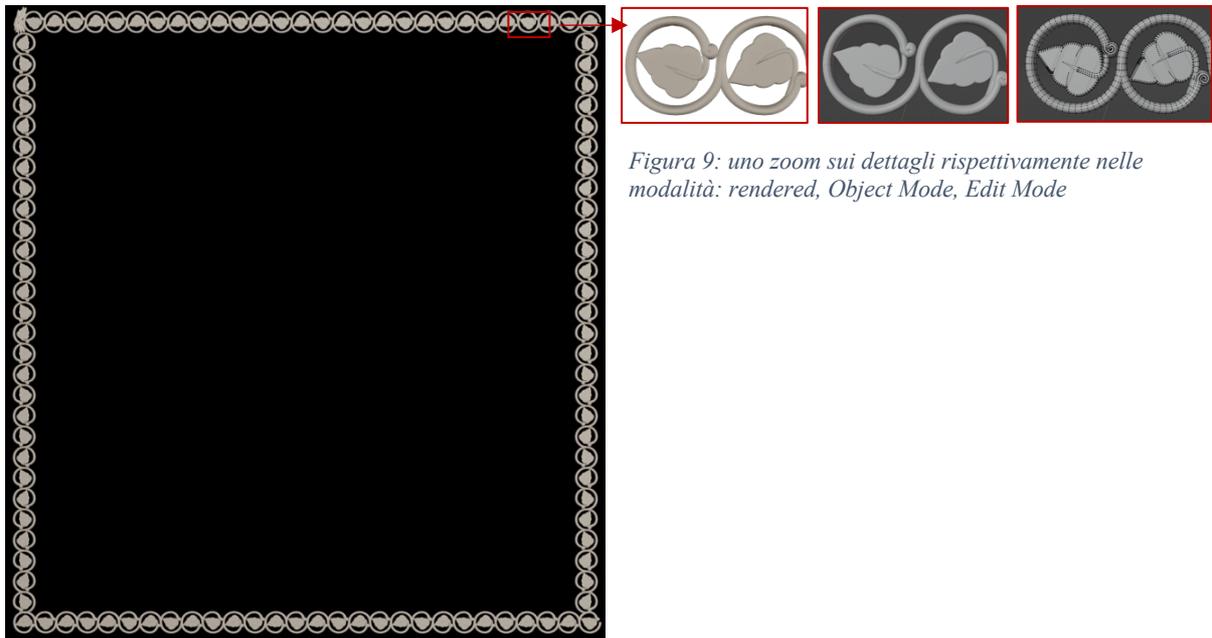


Figura 8: rendering della cornice che adorna le statue di San Giacomo e Sant'Andrea

Figura 9: uno zoom sui dettagli rispettivamente nelle modalità: rendered, Object Mode, Edit Mode

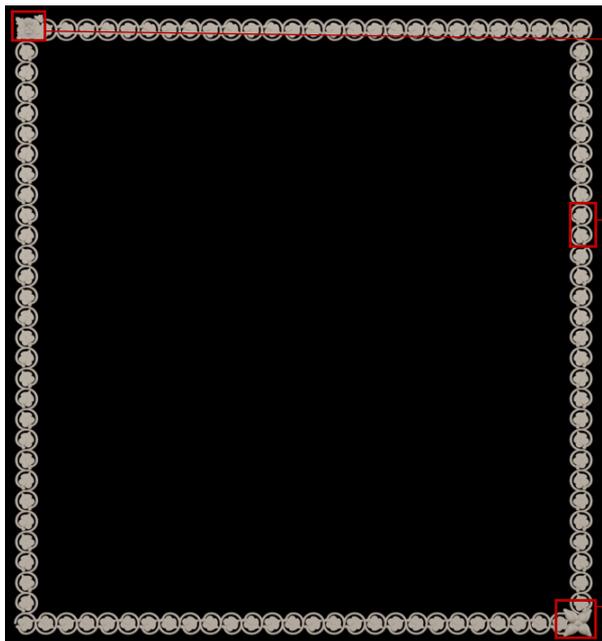


Figura 25: rendering della cornice che adorna le statue degli Apostoli Tommaso e Bartolomeo

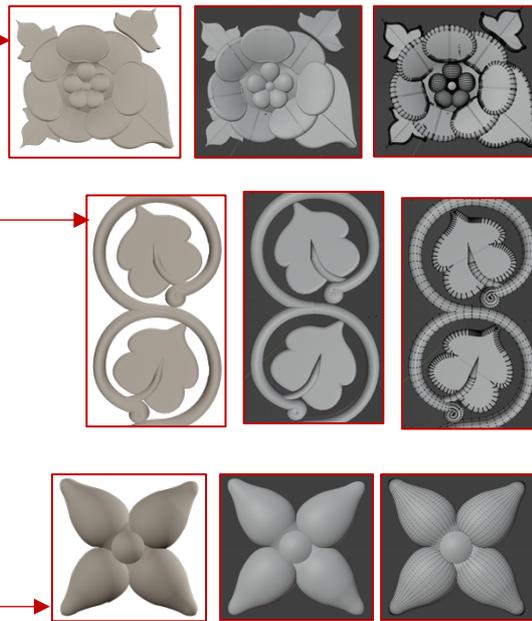


Figura 26: uno zoom sui dettagli rispettivamente: rendered, in Object Mode, in Edit Mode

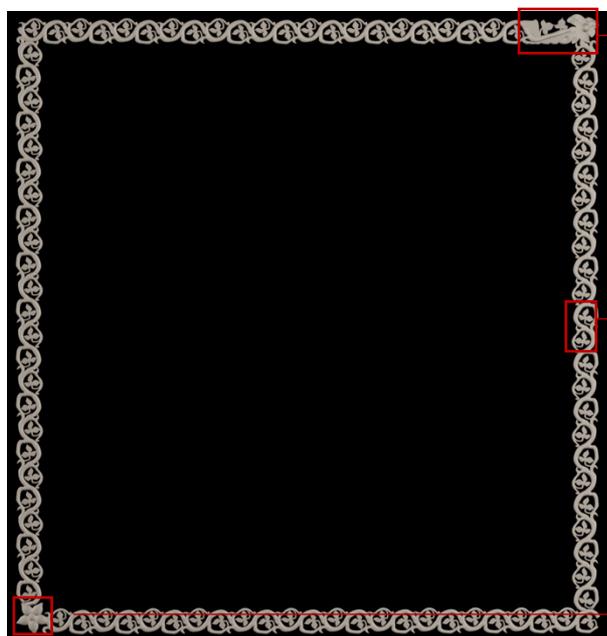


Figura 27: rendering della cornice che adorna le statue degli Apostoli Filippo e Matteo

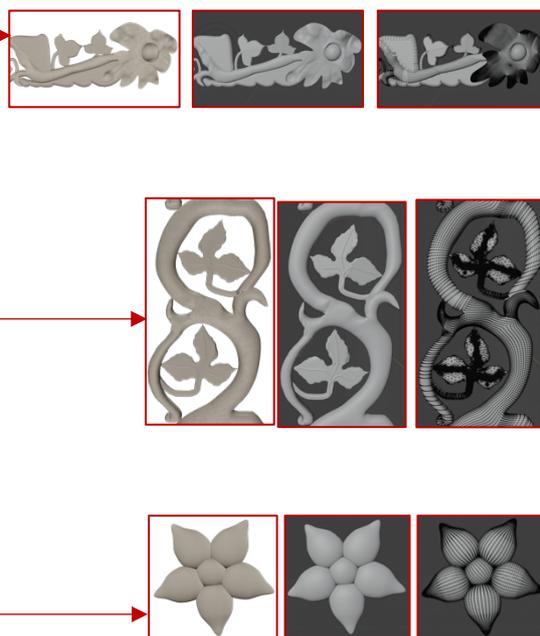


Figura 28: uno zoom sui dettagli rispettivamente: rendered, in Object Mode, in Edit Mode

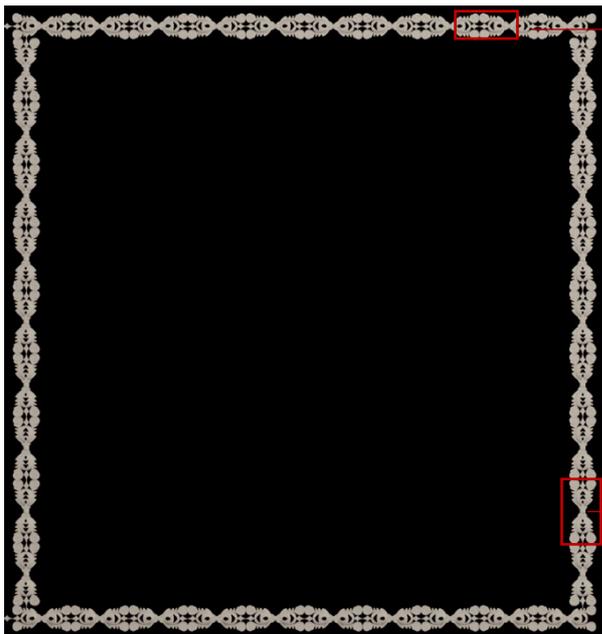


Figura 29: rendering della cornice che adorna le statue degli Apostoli Giacomo di Alfeo e Simone

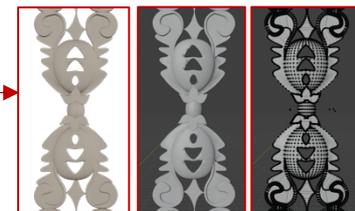
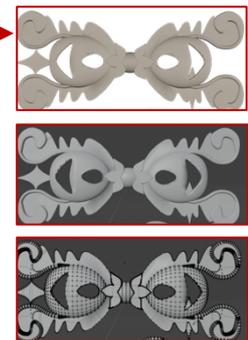


Figura 30: uno zoom sui dettagli rispettivamente: rendered, in Object Mode, in Edit Mode

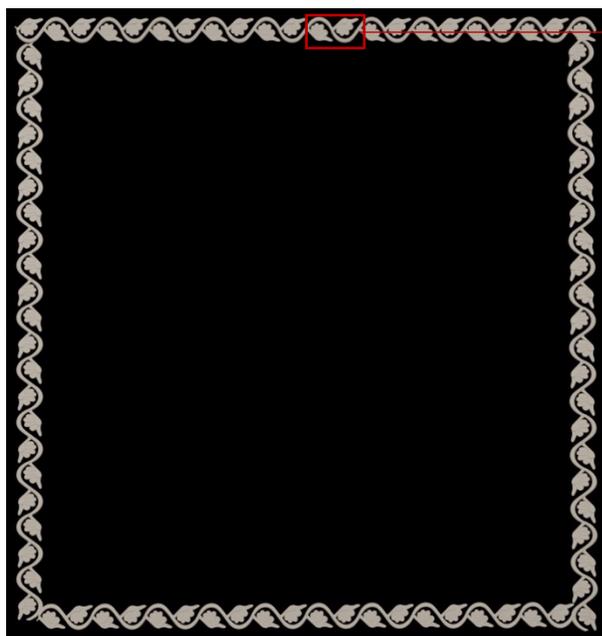


Figura 31: rendering della cornice che adorna le statue degli Apostoli Taddeo e Mattia

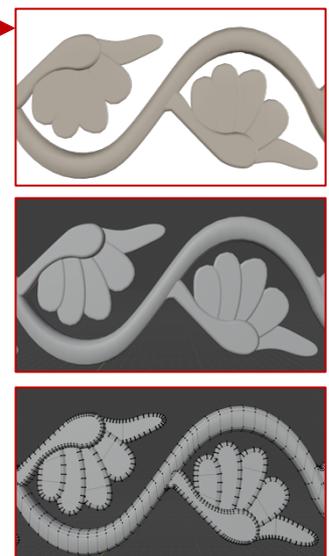


Figura 32: uno zoom sui dettagli rispettivamente: rendered, in Object Mode, in Edit Mode

Il motivo presente sulle cornici dei lati corti (uguale in entrambi i lati) è stato invece realizzato da altri studenti, ma sono comunque state apportate delle opportune correzioni al modello.



Figura 33: rendering della cornice che adorna le statue situate sui lati minori: Santo Stefano, Paolo eremita e San Lorenzo a destra, l'Evangelista Marco, San Paolo e l'Evangelista Luca a sinistra



Figura 34: uno zoom sui dettagli rispettivamente: rendered, in Object Mode, in Edit Mode

Una volta realizzati i diversi motivi delle cornici, mediante il modificatore Array già discusso al capitolo 2.2.4, sono state ottenute le cornici effettive, proporzionate alle dimensioni della struttura.

3.2.1 Decorazione delle colonne

Dalla struttura base della colonna sono state ricavate sei cavità rettangolari su ciascuno dei lati in mostra delle colonne. Gli spazi sono poi stati coperti - come in figura - dalle decorazioni realizzate mediante la manipolazione di curve di Bézier, così da poter creare forme più complesse, successivamente convertite in mesh in modo da potervi applicare i modificatori propri di quest'ultime.

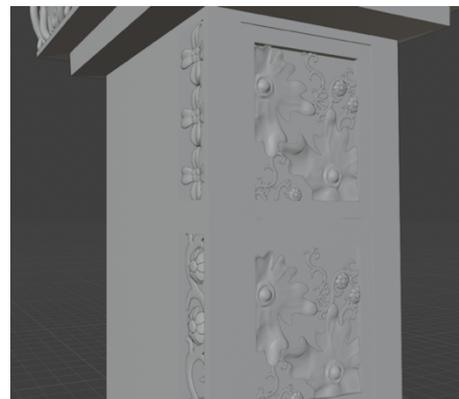


Figura 35: decorazione sulle colonne

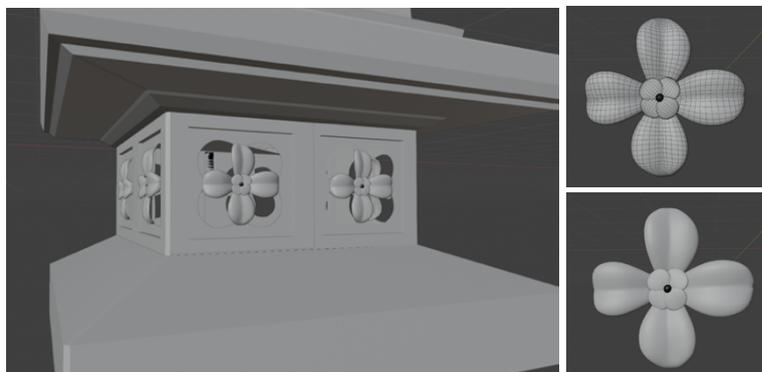


Figura 36: decorazione alla base della colonna

La cavità presente sulla parte in basso della colonna era già stata realizzata, ma si è deciso di aggiungere un dettaglio tridimensionale di fiore a quattro petali per mantenere una fedeltà con il modello originale.

È stata poi realizzata la decorazione del capitello, motivo ripetuto sulla parte alta di ciascun lato della struttura.

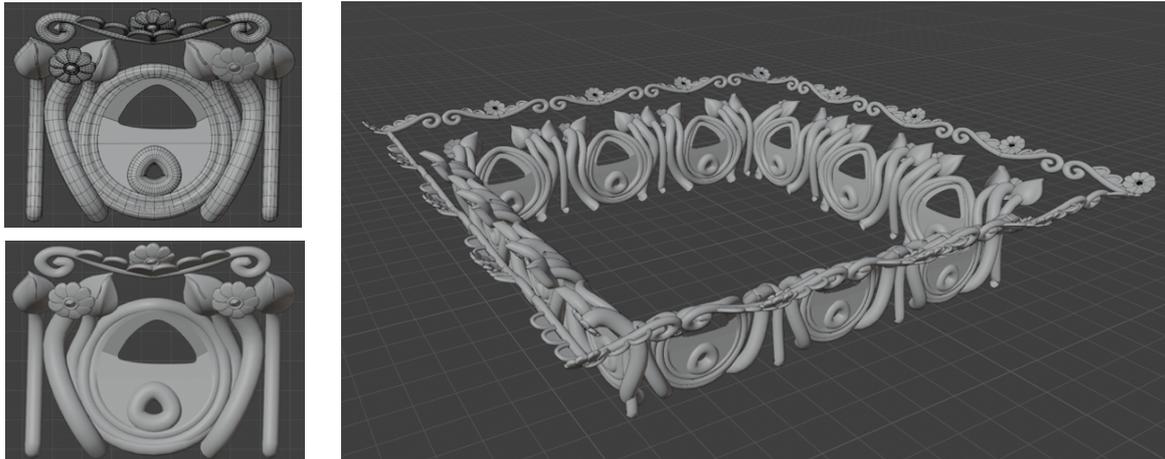


Figura 37: decorazione sul capitello delle colonne

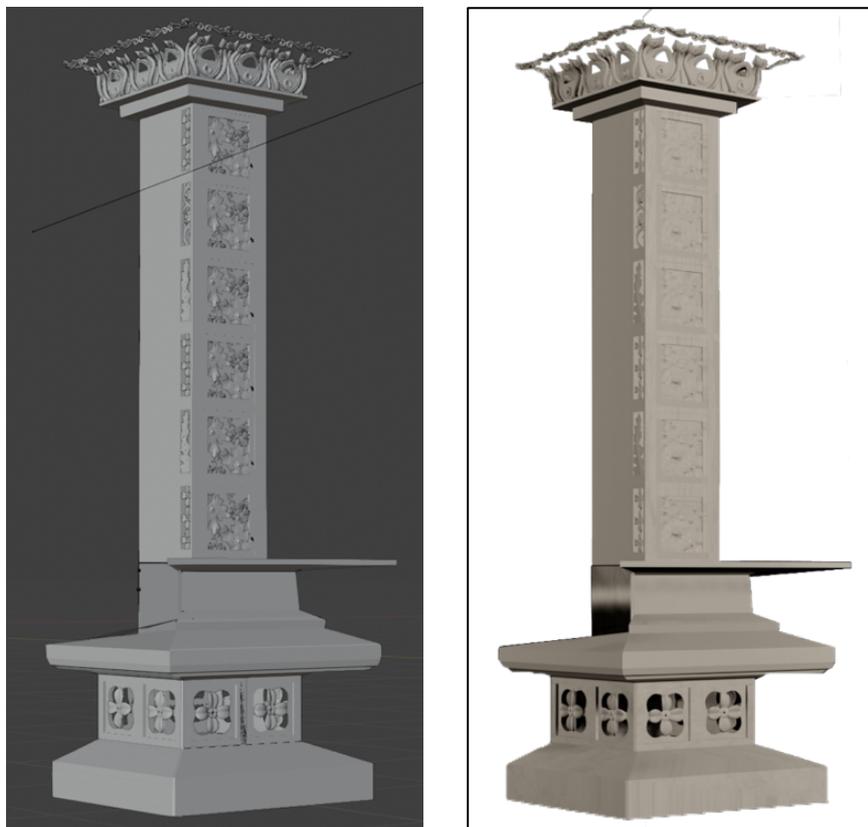


Figura 38: colonna finale rispettivamente in Object mode e in Edit mode

3.3 Composizione

Il passo successivo è stato l'assemblaggio opportuno di tutti i modelli in modo da ricostruire l'intero primo ordine, inserendo i dettagli decorativi realizzati ed infine includendo nel modello le statue delle Virtù, dei Santi e degli Evangelisti, realizzate in precedenza da altri studenti.

Modellazione e Rendering 3D del Primo Ordine dell'Arca di Sant'Agostino



Figura 39: visuale in Object Mode rispettivamente dei lati: frontale, posteriore, destro e sinistro

3.4 Le statue

Le modifiche apportate alle statue includono, oltre al ridimensionamento, l'applicazione del materiale e l'inserimento delle scritte sulle pergamene¹⁰.

Segue una descrizione delle statue presenti sui lati del primo ordine del monumento.¹¹

3.4.1 Le Virtù

- La **Fede** stringe una croce e un calice, i simboli maggiori di Gesù della religione cristiana. La croce è tenuta come una spada come a voler difendere la propria fede.



Figura 40: la statua della Fede, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Speranza** porta nella mano destra la Palma del martirio, simbolo di speranza.

¹⁰ Tutto ciò verrà approfondito al capitolo 3.4.

¹¹ Ci si basa sulle descrizioni contenute nel sito web idealizzato e sviluppato da Gianni Cattagni, "Curiosità di Pavia e Dintorni - L'Arca di Sant'Agostino".



Figura 41: la statua della Speranza, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

Il suo significato è quello della vittoria, dell'ascesa, della rinascita e dell'immortalità. La palma, infatti, produce un'infiorescenza quando sembra ormai morta, così come i martiri, durante la morte, sperano di entrare nel regno dei Cieli.

- La **Carità** è rappresentata come nell'iconografia classica da una donna intenta ad allattare due bimbi al seno, immagine che simboleggia generosità e amore. Nella mano destra ha un cuore.



Figura 42: la statua della Carità, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Religione**, interpretata anche come "Perseveranza", ha i piedi sprofondati in uno scoglio – ovvero solide fondamenta – e stringe una palma e un papiro, a simboleggiare le Scritture su cui si fonda.



Figura 43: la statua della Religione, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Prudenza** è rappresentata con 3 volti, a simboleggiare il sospetto, la sua continua circospezione.



Figura 44: la statua della Prudenza, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Giustizia** è coronata e regge una spada e la bilancia, simbolo tradizionale di parità e quindi giustizia.



Figura 45: la statua della Giustizia, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Temperanza** è raffigurata nell'atto di trasformare l'acqua in vino, rovesciandola da un recipiente in un altro. Il gesto simboleggia il voler appunto temperare due aspetti del carattere o della personalità, rappresentati dall'acqua e dal vino.



Figura 46: la statua della Temperanza, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Fortezza** regge il mondo ed è coperta da pelle di leone, simbolo di forza.



Figura 47: la statua della Fortezza, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Castità** ha tra le braccia un coniglio o una lepre, che per la sua velocità simboleggia la fuga dalla tentazione.



Figura 48: la statua della Castità, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- L'**Ubbidenza** porta i gioielli sulle spalle e un dito alla bocca, per indicare il silenzio.



Figura 49: la statua dell'Ubbidenza, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Mansuetudine** o l'**Umiltà** porta tra le braccia l'agnello, simbolo di innocenza.



Figura 50: la statua della Mansuetudine o Umiltà, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

- La **Pace** è rappresentata con il tradizionale rametto di ulivo nella mano destra e con i papiri nella sinistra, probabilmente simbolo di diplomazia e pace tra i popoli. Altri studiosi ritengono si tratti della **Povertà**.



Figura 51: la statua della Pace o Povertà, messa a confronto con il suo modello renderizzato a destra

3.4.2 Gli Apostoli e altri Santi

- **San Pietro** regge le chiavi del Regno dei Cieli, mentre **San Giovanni Evangelista** ha un'aquila ai piedi.



Figura 52: le statue di San Pietro e San Giovanni, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- **San Giacomo e Sant'Andrea.**

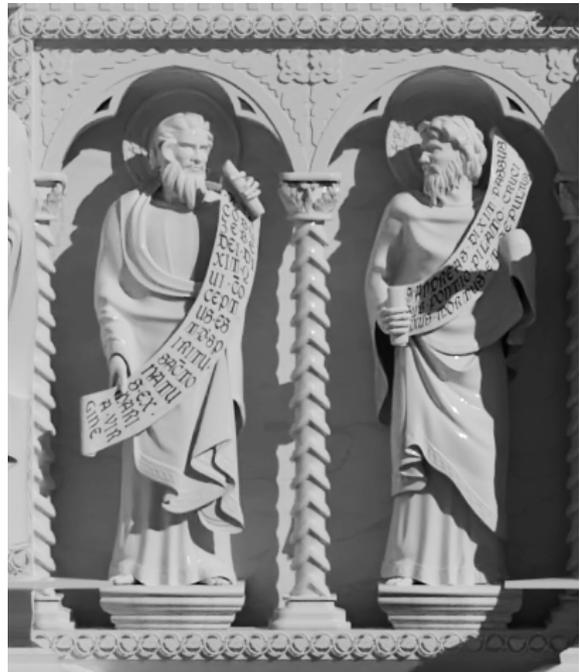


Figura 53: le statue di San Giacomo e Sant'Andrea, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- Gli Apostoli **Tommaso** e **Bartolomeo**.



Figura 54: le statue degli Apostoli Tommaso e Bartolomeo, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- Gli Apostoli **Filippo** e **Matteo**, quest'ultimo raffigurato con l'Angelo che, secondo la tradizione, ispirò il suo vangelo.



Figura 55: le statue degli Apostoli Filippo e Matteo, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- Gli Apostoli **Giacomo di Alfeo** e **Simone**.



Figura 56: le statue degli Apostoli Giacomo di Alfeo e Simone, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- Gli Apostoli **Taddeo** e **Mattia**.



Figura 57: le statue degli Apostoli Taddeo e Mattia, messe a confronto con i loro modelli renderizzati a destra

- **Santo Stefano, Paolo eremita e San Lorenzo.**



Figura 58: le statue di Santo Stefano (da sinistra), Paolo eremita e San Lorenzo



Figura 59: modello renderizzato delle statue di Santo Stefano (da sinistra), Paolo eremita e San Lorenzo

Santo Stefano sembra avere 3 oggetti intorno al capo, probabilmente si tratta di sassi poiché il suo martirio è avvenuto per lapidazione.

San Paolo, primo Eremita, è raffigurato con il saio e, nella mano destra, un bastone per camminare, tipico oggetto degli eremiti.

San Lorenzo, uno dei sette diaconi di Roma, regge con la mano destra la graticola, lo strumento con il quale venne martorizzato – fu trascinato su una graticola posta su carboni ardenti.

- L'Evangelista **Marco**, **San Paolo** e l'Evangelista **Luca**.

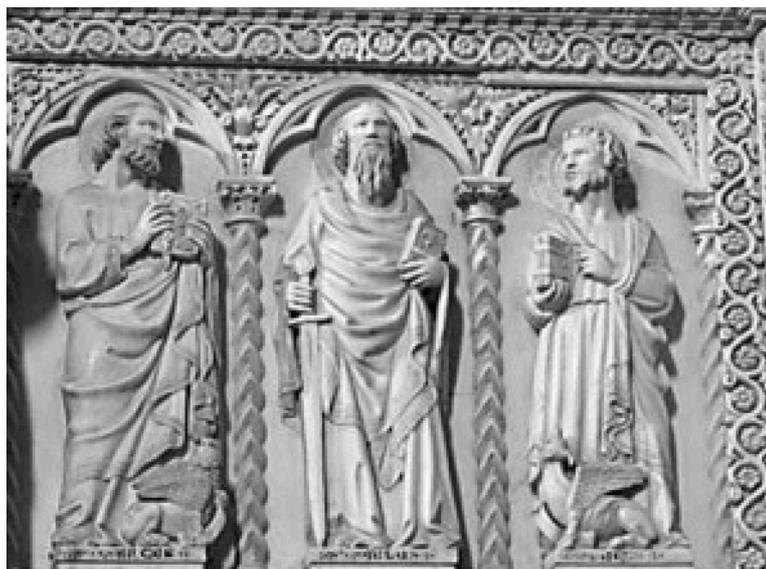


Figura 60: le statue dell'Evangelista Marco (da sinistra), di San Paolo e dell'Evangelista Luca



Figura 61: modello renderizzato delle statue dell'Evangelista Marco (da sinistra), di San Paolo e dell'Evangelista Luca

San Marco stringe tra le mani il suo Vangelo, mentre ai piedi si trova il suo simbolo tradizionale: il leone alato.

San Paolo tiene nella mano sinistra il libro e in quella destra la spada, simbolo del suo martirio avvenuto per decapitazione oppure della sua persecuzione contro i cristiani prima della decapitazione.

San Luca porta nella mano destra il suo Vangelo, mentre ai suoi piedi si trova il toro alato, il suo tradizionale simbolo.

3.5 Applicazione del materiale

I materiali sono blocchi di dati che possono essere assegnati a uno o più oggetti e materiali diversi possono essere assegnati a parti diverse delle mesh. Per ottenere immagini realistiche e quanto più fedeli all'opera originale, si è utilizzato lo "shader editor" di Blender, funzionalità che consente di comporre materiali e texture molto sofisticate mediante l'aggiunta di blocchi, detti nodi shader, con caratteristiche specifiche, connessi tra loro utilizzando i nodi Mix e Add Shader, creando una rete di nodi shader. Sono accessibili dal web diverse librerie che mettono gratuitamente a disposizione una grande varietà di textures. Un esempio è 3dtextures.me, da cui è stato possibile scaricare il file .zip contenente le quattro immagini in formato *png* corrispondenti rispettivamente a: "ambient occlusion", "base color", "normal" e "roughness". Successivamente sono state importate nello shader editor di Blender assegnandole ai corrispondenti nodi shader, combinando opportunamente i quali si è ottenuta una texture fedele a quella del Marmo di Carrara, materiale di cui è interamente costituito il monumento funebre.

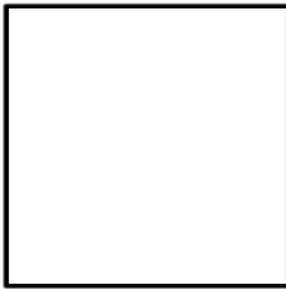


Figura 62: "Ambient Occlusion"

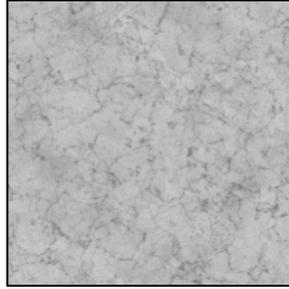


Figura 63: "Base Color"

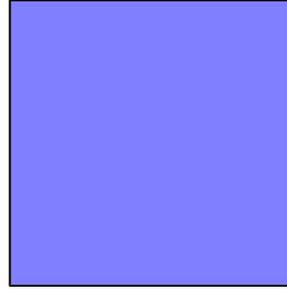


Figura 64: "Normal"

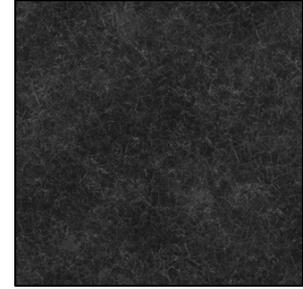


Figura 65: "Roughness"

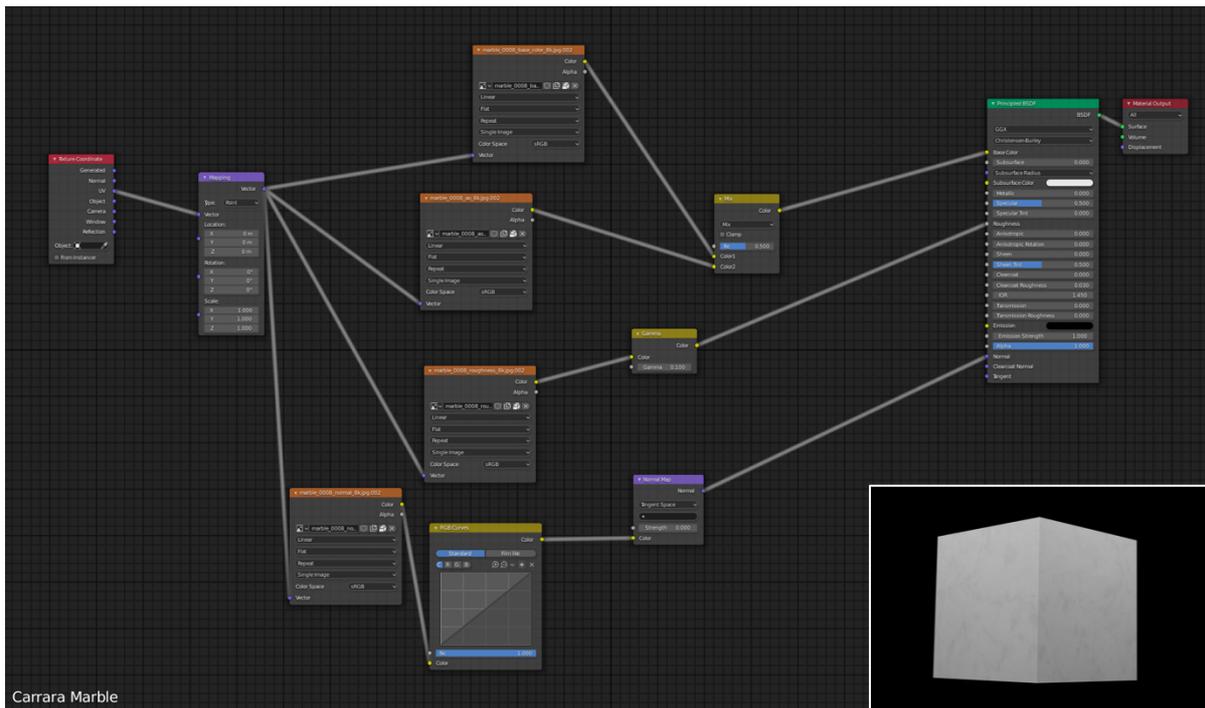


Figura 66: una visione dello "Shader Editor" di Blender, con i nodi utilizzati per ricreare il marmo di Carrara

3.5.1 Le pergamene

Per inserire le scritte sulle pergamene delle statue si è reso necessario l'arricchimento della rete utilizzata per il Marmo di Carrara con un ulteriore nodo shader per l'immagine in formato *png* contenente il testo, opportunamente modificato con la funzione "altera" offerta dal programma "Adobe Photoshop", così che si adattasse alla forma della pergamena, e collegato in maniera tale da sovrapporsi al Marmo di Carrara.

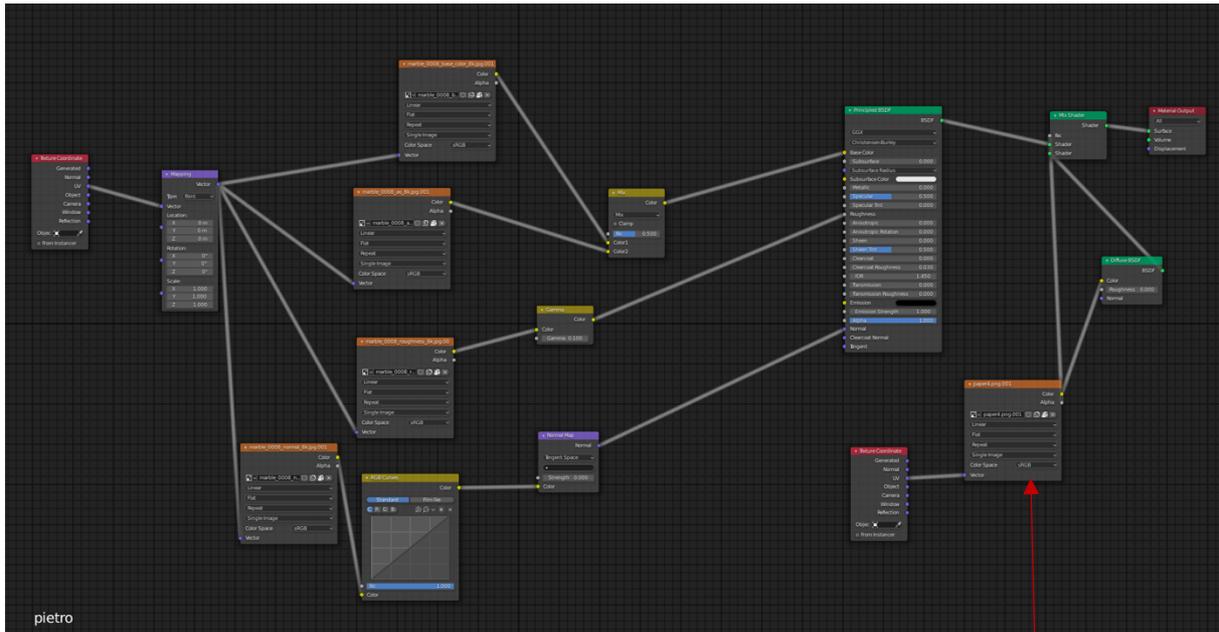


Figura 67: una visione dello "Shader Editor" di Blender, con i nodi utilizzati per sovrapporre al marmo di Carrara le scritte presenti sulle pergamene

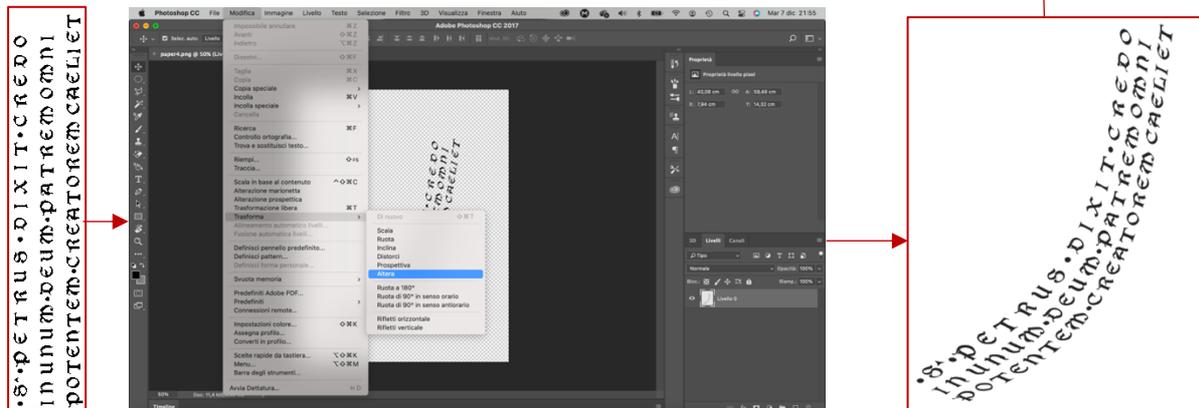


Figura 68: una visione del processo di trasformazione dell'immagine contenente la scritta sulla pergamena, mediante le funzionalità offerte da Adobe Photoshop CC utilizzate per adattare la scritta sulle pergamene

In UV Editing si è poi eseguito l'UV Unwrapping delle facce delle pergamene con impostazione "Project from View" per poter posizionare correttamente l'immagine della scritta sulla faccia frontale delle pergamene verificandone il risultato con l'anteprima visualizzabile in shading mode.

Modellazione e Rendering 3D del Primo Ordine dell'Arca di Sant'Agostino

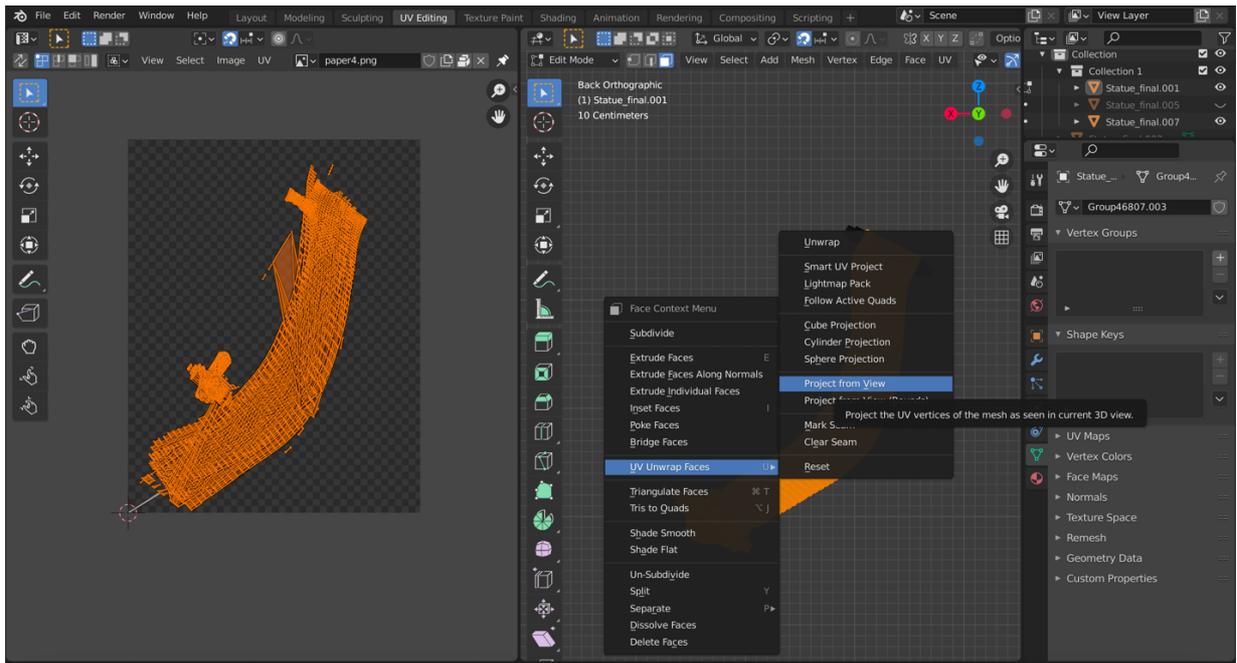


Figura 69: una visione della modalita "UV Editing" di Blender

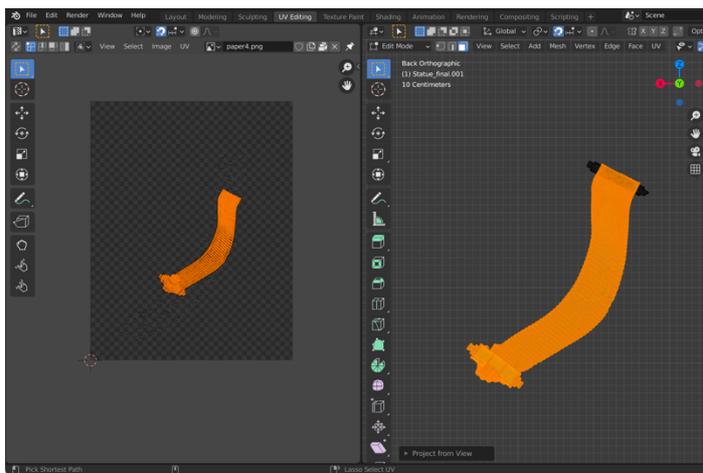


Figura 70: dopo aver eseguito l'UV Unwrapping

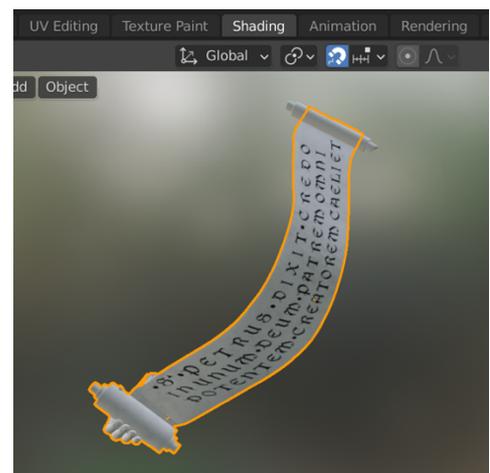


Figura 71: anteprima del materiale in "Shading Mode"

Le immagini appena viste mostrano i passi eseguiti per l'applicazione della scritta sulla pergamena di San Pietro, lo stesso procedimento è stato ripetuto su tutte le pergamene.

Di seguito sono riportate le scritte, accompagnate dai relativi modelli renderizzati delle pergamene.

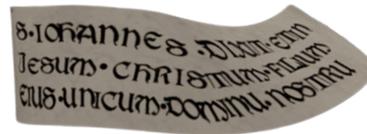
- Pergamena di San Pietro

•S•PETRUS•DIXIT•CREDO
IN UNUM•DEUM•PATREM OMNI
POTENTEM•CREATOREM CAELI ET



- Pergamena di San Giovanni

S•IOHANNES•DIXIT•ET IN
JESUM•CHRISTUM•FILIUM
EUS•UNICUM•DOMINI•NOSTRI



- Pergamena di San Giacomo

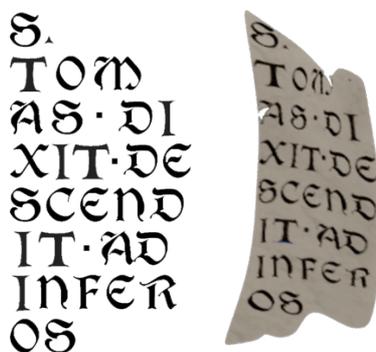


- Pergamena di Sant'Andrea

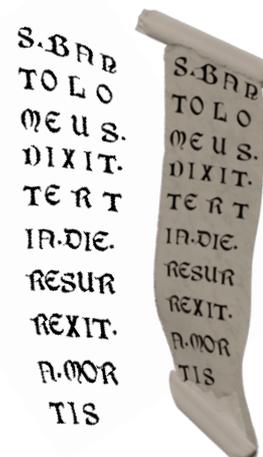
S•ANDREAS•DIXIT•PASSUS
SUB PONTIO PILATO•CRUCI
FIXUS•MORTUUS•ET SEPULTUS



- Pergamena di San Tommaso



- Pergamena di San Bartolomeo



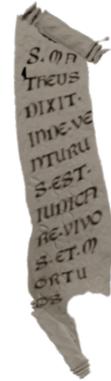
- Pergamena di San Filippo

S. FILIPPUS DIXIT ASCEN-
DIT AD CELOS SEDET
AD DEXTERAM DEI PATRIS
IS OMNIPOTENTIS



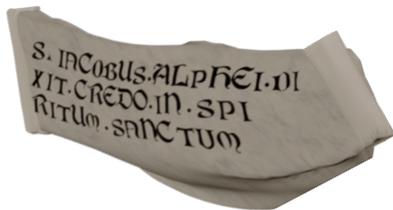
- Pergamena di San Matteo

S. MATTHEUS
DIXIT. IN DIE VEN-
TURU
S. EST. IUDICA
RE. VIVO
S. ET. M
ORTU
OS



- Pergamena di San Giacomo di Alfeo

S. IACOBUS ALPHEI DIXIT. CREDO. IN. SPI-
RITUM. SANCTUM



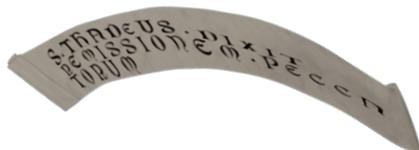
- Pergamena di San Simone

S. SIMON DIXIT. SACRAM-
ENTUM ECCLESIAE
CATHOLICAE SANCTO-
RUM COMMUNI-
ONEM



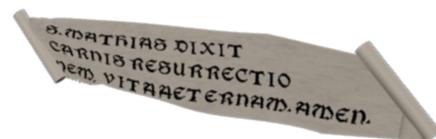
- Pergamena di San Taddeo

S. THADDEUS DIXIT
REMISSIONEM PECCATA-
TORUM



- Pergamena di San Mattia

S. MATTHIAS DIXIT
CARNIS RESURRECTIO-
NEM. VITA AETERNAM. AMEN.



3.6 Le luci

Dopo vari tentativi, per un'illuminazione adeguata dell'arca in modo tale da risaltarne i dettagli e conferire una certa profondità all'immagine, si è optato per la sistemazione di quattro luci di tipo "spot" caratterizzate da una forma conica, regolandone opportunamente il raggio e l'angolatura.

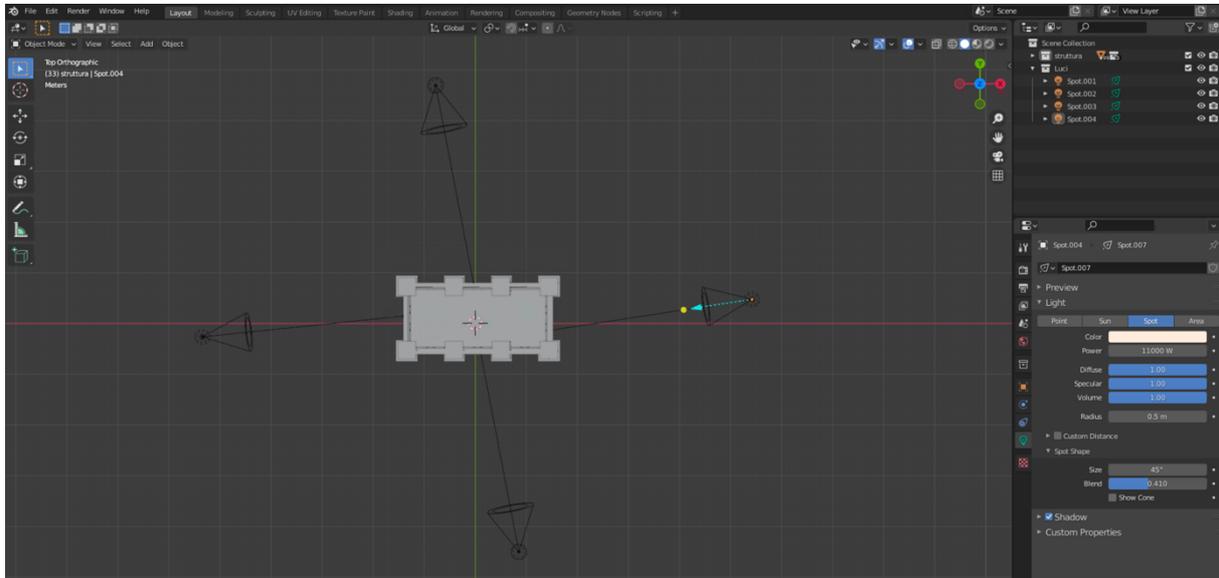


Figura 72: una visione della sistemazione delle luci nell'area di lavoro di Blender

3.7 Rendering

Per la fase di rendering si è sfruttato Cycles, il motore di rendering di produzione basato su ray-trace di Blender.

3.7.1 Ray-Tracing

Il ray-tracing è approccio di rendering globale introdotto alla fine degli anni '60. Una prima implementazione di questo approccio, detta forward-tracing, era molto inefficiente perché, rimanendo ancorato alla fisica per cui la sorgente luminosa inoltra i raggi che possono essere tracciati attraverso potenzialmente molte interazioni di scena, calcolava perciò molti percorsi di raggi inutili. Ben più efficiente è invece l'approccio detto "back-tracing", che partendo dall'occhio, calcola solo i raggi visibili ad esso.¹²

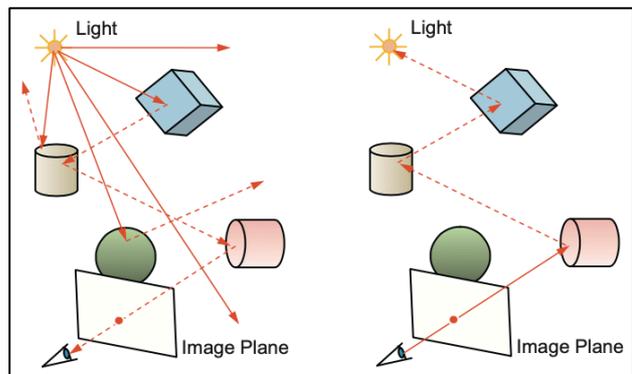


Figura 73: a sinistra uno schema illustrativo del forward-tracing, a destra il più efficiente back-tracing

¹² Virginio Cantoni, Stefano Levialdi, Bertrand Zavidovique, "3C Vision – Cues, Contexts, and Channels", 2011.

3.8 Risultato finale

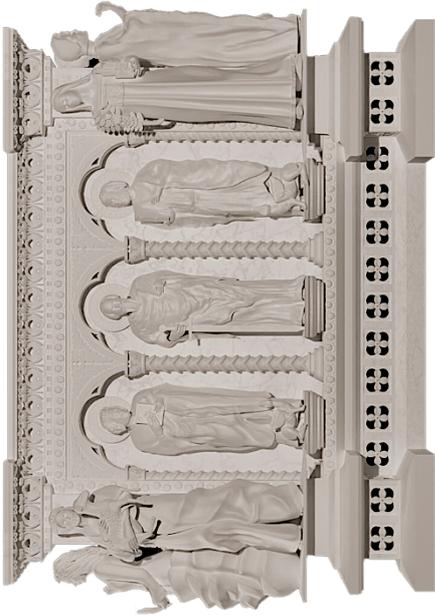


Figura 75: Prospetto del lato destro del rendering 3D del primo ordine



Figura 77: Prospetto del lato sinistro del rendering 3D del primo ordine

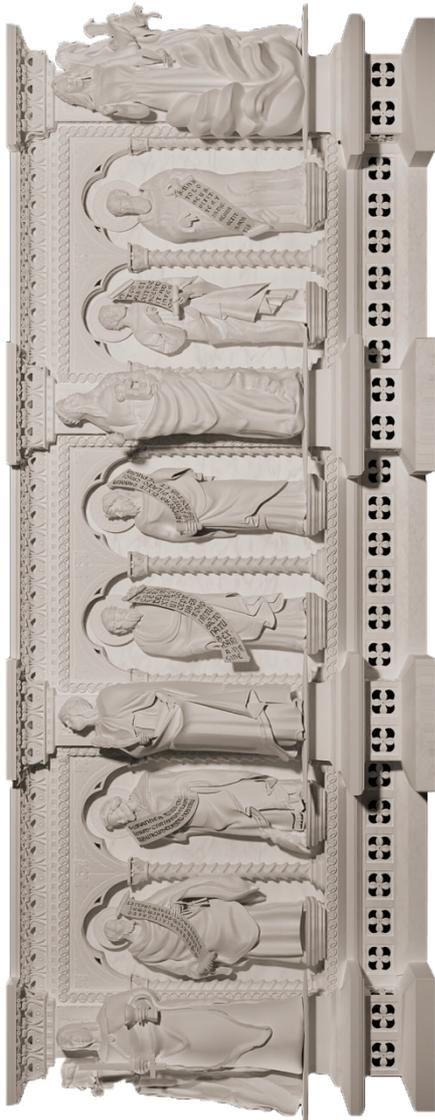


Figura 74: Prospetto del lato frontale del rendering 3D del primo ordine



Figura 76: Prospetto del lato posteriore del rendering 3D del primo ordine



Figura 78: Prospetto dell'angolazione fronte-destra del rendering 3D del primo ordine



Figura 79: Prospetto dell'angolazione retro-sinistra del rendering 3D del primo ordine

3.9 Video di presentazione del modello finale

L'ultima parte del progetto di tesi è consistita nella realizzazione di un video che permettesse di compiere una sorta di escursione virtuale del modello.

Per fare ciò si sono eseguiti i seguenti passi:

- ◇ Definizione di un NurbsPath, estrudendo una delle due terminazioni si è realizzato il percorso desiderato;
- ◇ posizionamento del cursore 3D al nodo di inizio della curva (shift+S) ed aggiunta in object mode della telecamera e di un cubo empty (shift+A > empty > cube);
- ◇ collegamento della telecamera all'empty con l'opzione "parent object";
- ◇ impostazione di follow path dell'empty sulla curva, in maniera tale da imporgli di seguire il percorso definito;
- ◇ aggiunta dei keyframe, ovvero fotogrammi, tramite l'editor "timeline" in corrispondenza di qualsiasi prospettiva e disposizione degli oggetti della scena desiderate.

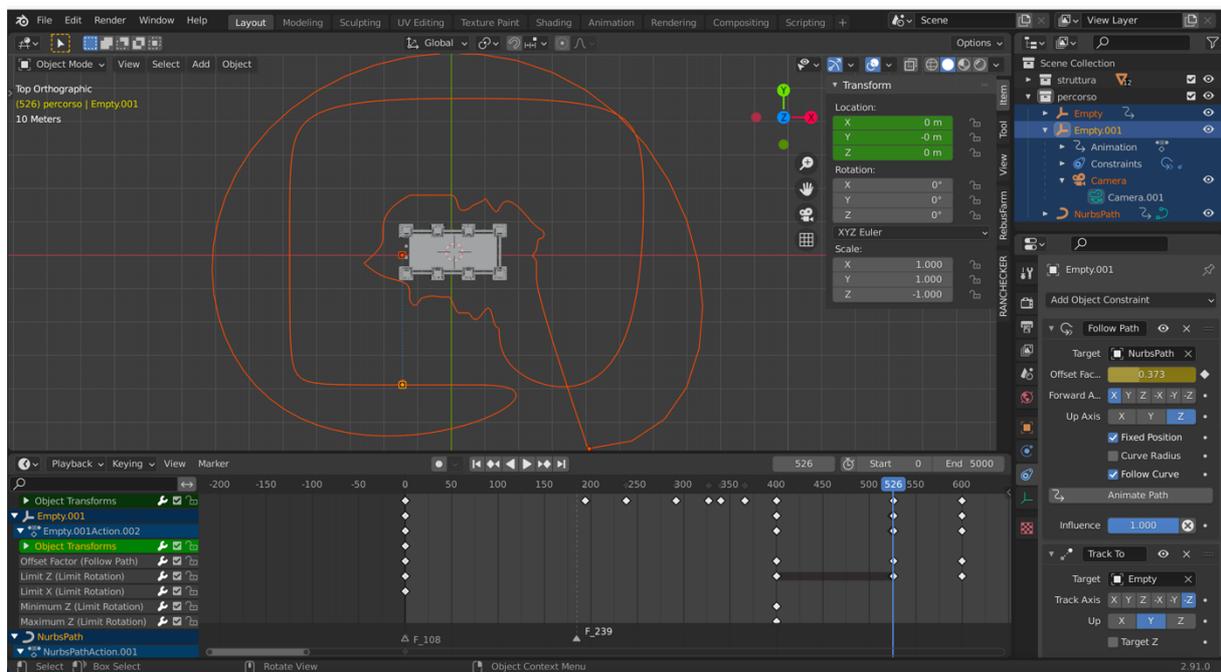


Figura 80: Visuale del percorso tracciato e dell'editor Timeline

4. CONCLUSIONI

Grazie alla digitalizzazione dell'Arca di Sant'Agostino si ha la possibilità di una comoda fruizione dell'opera, seguendo la sua intenzione originaria di esposizione per immagini della vita e delle opere del Doctor Ecclesiae, tradita invece dal fatto che l'Arca, collocata troppo in alto, è stata snaturata in un incombente e inaccessibile monumento.

Un sentito ringraziamento va al professore Virginio Cantoni per l'opportunità concessa, per le dritte indispensabili e per la sua infinita disponibilità e tempestività ad ogni richiesta. Si ringrazia, inoltre, il professore Luca Lombardi per le accurate indicazioni e la gentilissima Alessandra Setti per il supporto costante.

Riferimenti

Defendente Sacchi, "Agostino e la sua Arca. Il pensiero e la gloria", Autori Vari, Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia, 2000.

Rodolfo Majocchi, "L'autore dell'Arca di Sant'Agostino in San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia", Premiata Tipografia Fratelli Fusi, Pavia, 1901.

Rodolfo Majocchi, "L'Arca di Sant'Agostino in S. Pietro in Ciel d'Oro", Pavia, Premiata Tipografia Fratelli Fusi, 1900.

Defendente Sacchi, "L'Arca di Sant'Agostino - Monumento in marmo del sec. XIV", Pavia, presso Fusi e C. Stamp. Vesc., 1833.

Gianni Cattagni, "Curiosità di Pavia e dintorni - l'Arca di Sant'Agostino", <http://www.paviaedintorni.it>

Virginio Cantoni, Stefano Leviaidi, Bertrand Zavidovique, "3C Vision - Cues, Contexts, and Channels", 2011.

Blender:

<https://www.blender.org>

<https://docs.blender.org/manual/en/latest/>