

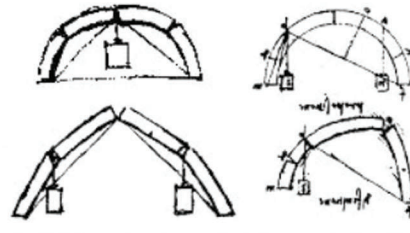
## Sintesi

In questo lavoro ci si è proposti di esplorare l'influenza di Leonardo da Vinci sullo sviluppo della figura professionale dell'architetto "vulgo ingegnere" a Napoli e nel Mezzogiorno, dal Rinascimento ai giorni nostri.

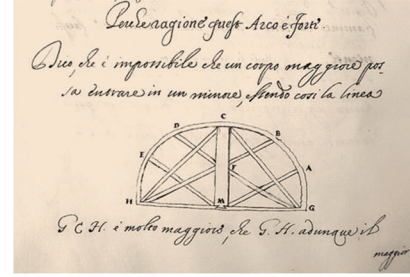
L'evoluzione della professione nei secoli è stata interrelata ad un'applicazione contemporanea dei principi vinciani di intersezione tra *ragione e esperienza*: seguendo lo spirito di unione tra studi teorici e riscontri pratici, è stato attuato un progetto di miglioramento sismico della Chiesa di Santa Caterina a Formiello; nella fase di analisi dello stato di fatto è stato adottato un procedimento di statica grafica per valutare l'assetto statico della cupola.

La chiesa di Santa Caterina a Formiello emerge come *testimonianza fisica del nodo* da cui si dipana il processo studiato. In particolare, ci si è occupati di attribuire l'opera ad Antonio Marchesi da Settignano, tra le prime figure di sintesi nell'applicazione del metodo vinciano nella professione ed uno dei primi ingegneri-architetti di Stato del Mezzogiorno.

La permanenza degli influssi vinciani a Napoli nei secoli si associa nel Novecento a un clima di crescenti spinte scissionistiche tra ingegneri e architetti. Con Luigi Cosenza si assiste ad una nuova traccia di sensibilità verso la produzione architettonica degli ingegneri, confluita nel 2002 nel Corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Ingegneria Edile-Architettura.



Studi di Leonardo sui meccanismi di rottura degli archi (Codice di Madrid)



Studi della statica di un arco (Codice Corazza)



Prospetto principale della chiesa di S. Caterina a Formiello (Petreschi, 1991)

## Premesse culturali: il genio vinciano e la capitale aragonese

### Leonardo da Vinci scienziato-artista 1452-1519

La formazione di Leonardo si colloca pienamente all'interno dei moti culturali dell'Umanesimo e della nascita del Rinascimento. Instradato inizialmente verso la pittura, nasce nel Vinci un'attrazione verso la scienza e la tecnica.

Nel 1482 il genio si trasferisce alla corte sforzesca di Milano; Leonardo sviluppa in questo periodo diversi studi di natura statica, idraulica, meccanica e bellica e inizia una florida attività sul piano tecnico. Per ampliare le proprie conoscenze, nel periodo milanese il Vinci incontra diversi studiosi attivi anche a Napoli.

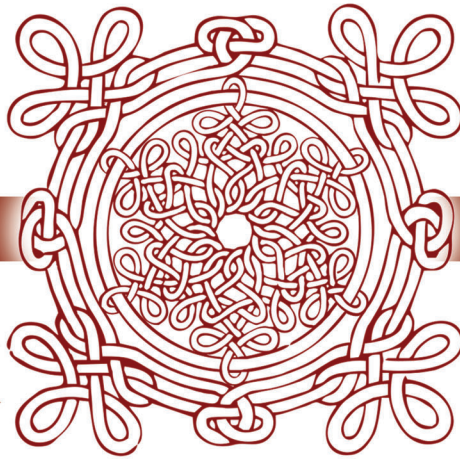
Agli albori del Cinquecento inizia la fase *errante* di Leonardo. A Milano, il genio si afferma come studioso poliedrico di diverse discipline, formandosi compiutamente come *scienziato-artista* e sviluppando il proprio metodo di indagine, precursore del metodo sperimentale e fondato su una continua alternanza tra induzione e deduzione, una continua intersezione tra ragione e *sperienza*.



Il paesaggio del Valdarno (1473)

Studi vinciani del funzionamento del Teatro di Curio

Studi di lunule vinciane riprodotti da Roberto Marcolongo nel 1939



### Il Rinascimento a Napoli 1443-1550

Con la conquista aragonese della città si assiste ad un importante rinnovamento culturale, artistico, urbanistico e architettonico di Napoli: si intensificano le attività accademiche, si ricostruisce Castel Nuovo... Complici i contatti con il governo fiorentino, si assiste all'attività di diversi tecnici ed artisti toscani nelle principali opere architettoniche della capitale. Parallelamente, si sperimentano le prime teorie di fortificazione *alla moderna*, con un ampliamento del versante occidentale delle mura di città e la realizzazione di un sistema di antemurali per Castel Nuovo.

Gli interventi di matrice fiorentina si concentrano nel centro antico e sono perlopiù collocabili nel regno di Alfonso II duca di Calabria, alleatosi a fine Quattrocento con Lorenzo de' Medici; particolarmente intenso è il rinnovamento urbano nei decumani.



L'arco di trionfo di Alfonso il Magnanimo

La 'sacrestia vecchia' in Sant'Anna dei Lombardi

Palazzo Beccadelli

Palazzo Penne

### Antonio Marchesi da Settignano 1451-1522

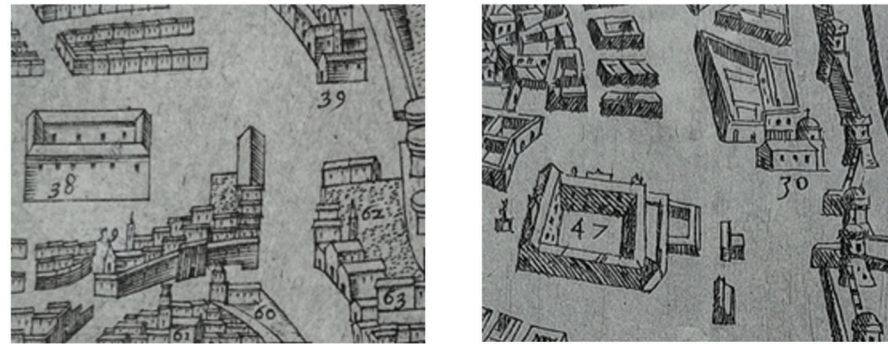
Antonio Marchesi, anche noto come *Antonio Fiorentino* e *Antonio Fiorentino della Cava*, è oggi riconosciuto come uno dei primi scienziati-artisti dell'età moderna, nonché uno dei primi ad applicare la lezione vinciana, presumibilmente appresa a Milano a fine Quattrocento.

I primi anni di attività del settignanese lo vedono impegnato nella realizzazione di di notevole complessità tecnica. Impegnato al servizio della signoria fiorentina, viene chiamato a Napoli per la prima volta nel 1489, stabilendosi nella città a partire dall'anno successivo. Tra il 1518 e il 1519 è nuovamente attivo in Toscana; al suo ritorno nel Mezzogiorno si occupa probabilmente del Bastione del Parco di Castel Nuovo. Dopo un ulteriore ritorno in area fiorentina ed un nuovo monitoraggio dei lavori del bastione napoletano nel 1520, Marchesi si spegne a Settignano nel 1522.

### Santa Caterina a Formiello 1513-1593

Fondamentale testimonianza per comprendere il contesto storico e artistico della città, la Chiesa di Santa Caterina a Formiello si presenta come un esemplare raro di rinnovamento architettonico e culturale nel XV secolo. Nata come chiesa di quartiere in una zona inizialmente esterna alla città per poi essere riprogettata da Francesco di Giorgio Martini e realizzata da Antonio Marchesi da Settignano sul volgare del XVI secolo, la chiesa si rivela un affascinante palinsesto delle influenze rinascimentali fiorentine che hanno plasmato la città di Napoli tra il Quattrocento e il Cinquecento.

#### Le prime rappresentazioni cartografiche



La chiesa (39) nella veduta di Carlo Theti del 1560

La chiesa (30) nella veduta di Lafrière e Duperac del 1566

#### Cronistoria sintetica della chiesa

- VII-X secolo – Realizzazione di una piccola chiesa *extra moenia* dedicata a Santa Caterina;
- 1478 – Realizzazione di un convento per la chiesa di primo impianto;
- 1489 – Inclusionione della chiesa nel perimetro urbano;
- 1513 – Avvio dei lavori di rinnovamento della chiesa in forme monumentali;
- 1523 – Completamento del corpo basilicale;
- 1577 – Completamento della struttura;
- 1593 – Realizzazione del campanile;
- 1683 – Crollo della lanterna in piperno per sisma e sua ricostruzione in mattoni di tufo;
- 1688 – Interventi di scuci e cuci a seguito di importanti lesioni da sisma sulla cupola;
- 1697 – Cerchiatura della cupola a seguito del terremoto del 1694;
- 1815 – Adattamento del monastero a nuovi usi dopo la soppressione dell'ordine domenicano;
- 1824-1869 – Trasformazioni del complesso legate all'attività del lanificio Sava;
- 1942 – Interventi di consolidamento a seguito del bombardamento dell'11 novembre 1941;
- 1967 – Chiusura al culto per lesioni da schiacciamento nei pilastri della navata laterale;
- 1976 – Lavori di consolidamento e restauro finanziati dalla Cassa del Mezzogiorno;
- 1980 – Ingenti danni dovuti al terremoto dell'Irpinia e puntellamento di emergenza della cupola;
- 1981 – Ulteriori danni da sisma e sgombero del fabbricato;
- 1991 – Parziale riapertura al culto a seguito di una significativa campagna di consolidamento;
- 1997 – Danni da impatto da fulmine sull'estradosso della cupola;
- 2007 – Restauro della cupola.

#### Attività professionale nel Mezzogiorno

- 1489 – Lavori alla rocca di Gaeta e campagna di riassetto delle fortificazioni costiere;
- 1490 – Interventi sulle fortificazioni settentrionali del Regno;
- 1491 – Trasferimento stabile a Napoli e nomina di Ingegnere reale;
- 1495 – Progetto e scoppio della prima mina dell'età moderna per la cattura di Castel Nuovo;
- 1497 – Nomina di Ingegnere Maggiore e Primo Architetto del Regno;
- 1513 – Inizio dei lavori di rinnovamento della chiesa di Santa Caterina a Formiello;
- 1519 – Interventi sul Bastione del Parco;
- 1520 – Ultimo soggiorno a Napoli.

#### Interventi documentati a Napoli



Il sistema di antemurali e il bastione 'alla moderna' di Castel Nuovo

Lavori di sistemazione nella villa principesca di Poggioreale

La chiesa monumentale di Santa Caterina a Formiello

#### Attribuzioni dibattute



La cappella Pontano

Il palazzo Carafa di Santaseverina

La cappella di S. Giacomo della Marca in S. Maria la Nova

Palazzo Como





Cinquecento

Prime influenze vinciane nel Mezzogiorno  
Gli scienziati-artisti e la trattatistica

Il secolo si apre con scambi reciproci tra Leonardo e diversi studiosi attivi nel Mezzogiorno tra cui emerge Francesco di Giorgio Martini, attivo a Napoli sin dal 1478-1480 e autore di due importanti trattati di architettura e ingegneria militare; parallelamente, sui cantieri il Martini redige grafici e modelli utili per trasmettere le proprie competenze alle maestranze locali.

Questa spinta culturale avvia una prima stagione di realizzazione di manuali tecnici e di consultazione mirati alla nobilitazione di una professione ancora legata a dinamiche corporative e connessa all'artigianato; spiccano per importanza i lavori degli ingegneri e architetti Carlo Theti, Domenico Fontana, Giovanni Antonio Nigrone, Giovan Battista Della Porta, Bartolomeo Picchiatti, Colantonio Stigliola.

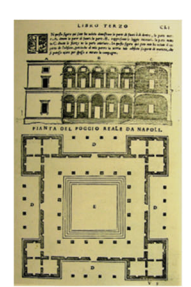
I contatti culturali tra Napoli e Leonardo - che trovano un'interessante traccia nel *Foglietto di Belvedere*, testimonianza di un incontro a Roma tra il Vinci e Antonio Marchesi - sono da collocarsi all'interno di un più ampio ruolo della capitale del vicereame nella Penisola, le cui architetture diventano talvolta esempi di assoluto interesse.



Fortificazioni a pianta stellare nel trattato del Martini



Sistemi di approvvigionamento idrico nel trattato del Nigrone



La villa di Poggioreale nel trattato di Serlio



Il 'Foglietto di Belvedere'

Seicento

Diffusione della lezione vinciana a Napoli  
Le trascrizioni sei e settecentesche

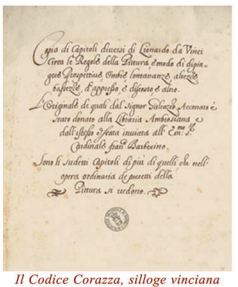
Il processo di nobilitazione della professione attraverso trattati e manuali di consultazione si interlaccia in questo secolo con una delle più importanti iniziative di diffusione del pensiero vinciano, attuata tramite la trascrizione degli scritti di Leonardo. Parallelamente, si assiste ad una prima *istituzionalizzazione* della professione di ingegnere e architetto con il rilascio delle prime *patenti* e le prime nomine di architetto *vulgo ingegnere*; la professione è perlopiù legata ad incarichi statali, alla realizzazione di opere pubbliche e all'adattamento di modelli spagnoli alle condizioni orografiche del sito di interesse.

In questo panorama opera Matteo Zaccolini, frate teatino chiamato dall'ordine per rinnovare i propri luoghi di culto nella città; nei suoi anni di attività a Napoli, il cesenate compone due dei quattro tomi del suo trattato, importante testimonianza del sapere vinciano in materia di rappresentazione.

L'interesse per Leonardo a Napoli è ancora elevato, al punto che sarà qui pubblicata la prima edizione italiana del Trattato della Pittura, nel 1733.



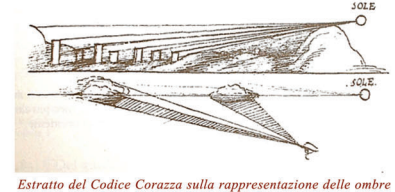
Studi di ombre nel Codice Zaccolini



Il Codice Corazza, silloge vinciana seicentesca custodita nella Biblioteca Nazionale di Napoli



La prima edizione italiana del Trattato della Pittura (Napoli, 1733)



Estratto del Codice Corazza sulla rappresentazione delle ombre nel disegno di un paesaggio

Settecento

Dalle regole dell'arte al metodo induttivo  
La nascita dello scienziato-artista contemporaneo

Con gli studi di Eulero e la nascita della Scienza delle Costruzioni, emerge un crescente dibattito tra tecnici ancora legati alla tradizione empirica del *costruttore* vitruviano e *scienziati-artisti* che abbracciano pienamente la formazione compiutamente tecnica e scientifica della figura professionale.

Il dibattito si concretizza in diverse occasioni tra cui emerge il consulto del 1769 sui dissesti della cupola del Gesù Nuovo, in cui si scontrano Vanvitelli - tra gli ultimi professionisti ostili alle nuove metodologie - e Vincenzo Lamberti, autore di un importante trattato sulla statica degli edifici. Mentre l'autore della Reggia di Caserta, fondandosi sulle teorie di Bélidor, asserisce che le lesioni della cupola siano dovute al sisma del 1688, Lamberti ritiene che i pilastri su cui si impostava la cupola fossero soggetti a cedimenti differenziali in fondazione legati alla presenza di una cisterna del precedente Palazzo Sanseverino, dimostrando un'elevata perizia nella diagnosi del dissesto e nel conseguente progetto di consolidamento. L'epilogo della disputa vede l'adozione della proposta di Ferdinando Fuga, portando all'abbattimento della cupola.



La Statica degli Edifici di Vincenzo Lamberti

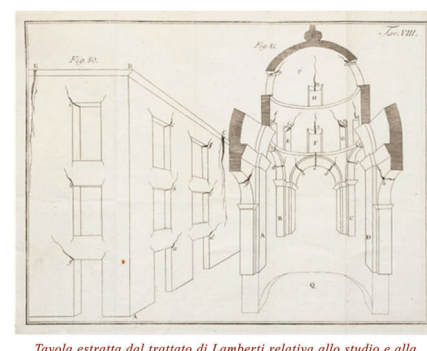


Tavola estratta dal trattato di Lamberti relativa allo studio e alla interpretazione del quadro fessurativo di edifici civili ed ecclesiastici



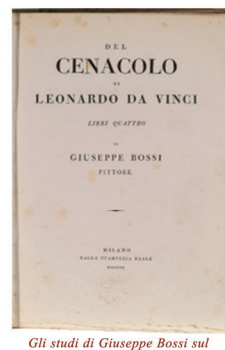
La pseudocupola a copertura della chiesa del Gesù Nuovo, esito del consulto del 1769

Ottocento

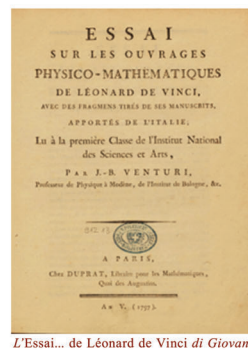
Evoluzione della figura professionale  
Gli studi vinciani e la nuova Scuola di Ingegneria

Parallelamente al significativo sviluppo dello scienziato-artista, tra fine Settecento e inizi Ottocento si assiste a nuovi risultati nella diffusione della scienza vinciana, perlopiù dovuti ad una silloge seicentesca custodita nella Biblioteca Nazionale di Napoli: a causa del trasferimento di gran parte dei codici vinciani nel corso del decennio francese, il *Codice Corazza* diventa in questo periodo il principale riferimento per lo studio degli scritti vinciani.

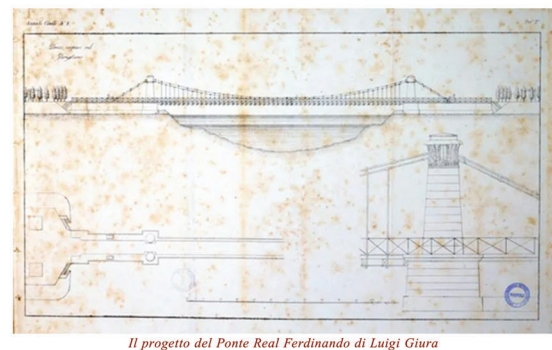
I tentativi di garantire l'antica unità del sapere tecnico e artistico si concretizzano nel decennio francese con la Scuola di Applicazione napoletana e il Corpo di Ponti e Strade, in cui si evidenzia il proposito di preservare e addirittura esigere la pluralità delle competenze per gli ingegneri-architetti che prestano servizio allo Stato. La perpetuazione di tale principio, almeno fino al primo dopoguerra, rappresenta per l'ingegneria meridionale un richiamo costante alle radici vinciane della disciplina. Questa nuova generazione di ingegneri-architetti produce rapidamente nuovi studi di respiro europeo, affiancati ad opere di assoluta innovazione nella Penisola.



Gli studi di Giuseppe Bossi sul Cenacolo



L'Essai... de Léonard de Vinci di Giovan Battista Venturi



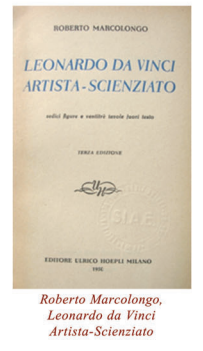
Il progetto del Ponte Real Ferdinando di Luigi Giura

Novescento

Progresso scientifico nel solco vinciano  
Il leonardismo napoletano e l'eredità vinciana negli ingegneri architetti

L'interesse per Leonardo conserva il proprio carattere di primo piano nel contesto scientifico napoletano, permeando le istituzioni accademiche e influenzando figure di spicco. Con Roberto Marcolongo si assiste ad una nuova dimensione dell'impatto degli studi vinciani sullo scenario culturale nazionale, in cui il Vinci emerge come un precursore che continua ad illuminare il cammino di una nuova generazione di scienziati-artisti.

Il XX secolo si apre con una scissione delle due anime della professione, legata all'istituzione delle facoltà di Architettura. Da questa distinzione nasce l'Architettura Tecnica, disciplina *bilanciata* tra i due aspetti della professione; al suo interno emergono figure professionali complete - tra cui Camillo Guerra - che ereditano gli influssi metodologici vinciani e anelano una nuova unione delle due anime in un'unica figura. Queste posizioni, ereditate e ulteriormente sviluppate da Luigi Cosenza, si tradurranno nell'istituzione del Corso in Ingegneria Edile-Architettura nel 2005.



Roberto Marcolongo, Leonardo da Vinci Artista-Scienziato



La mostra vinciana del 1939 a Milano, in cui si evidenzia il ruolo di Leonardo come anticipatore del metodo sperimentale

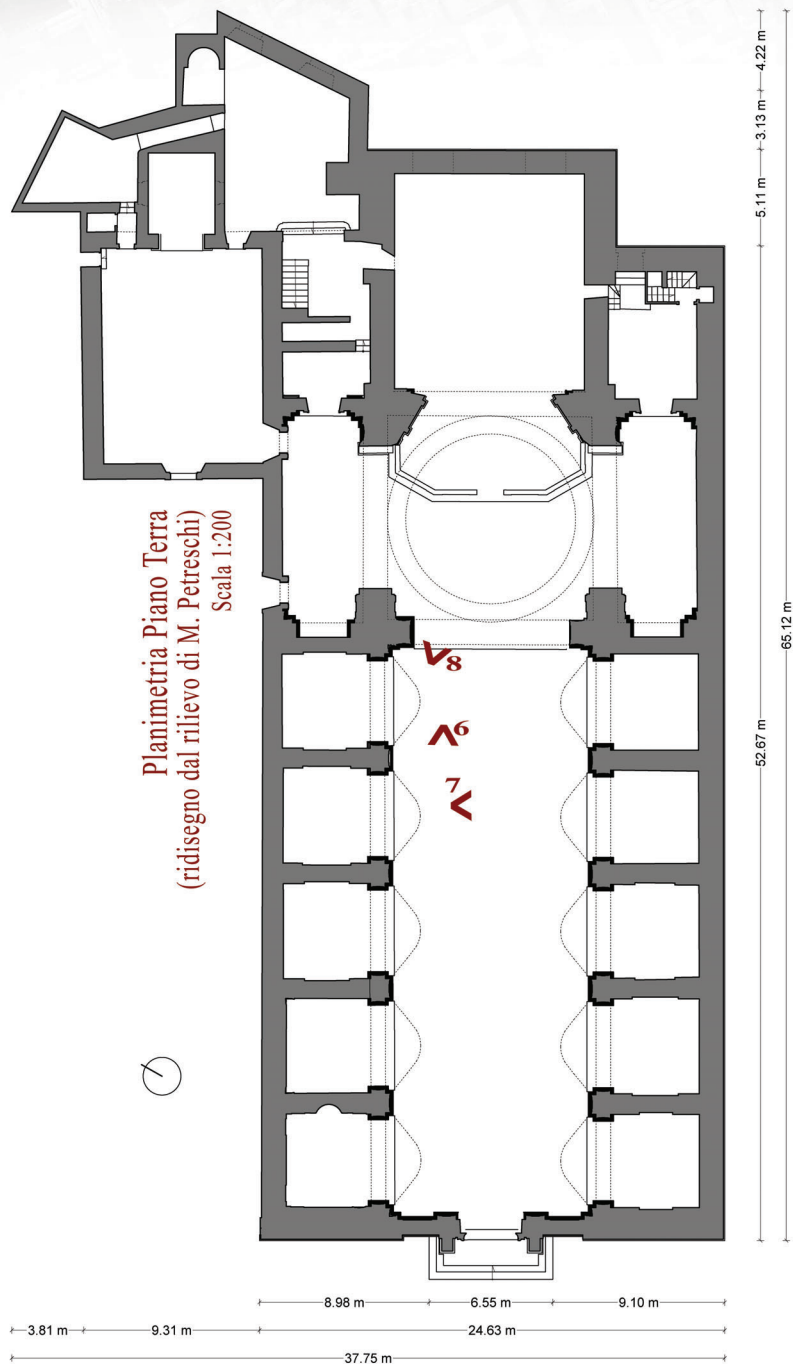


Il manuale di Architettura Tecnica di Camillo Guerra

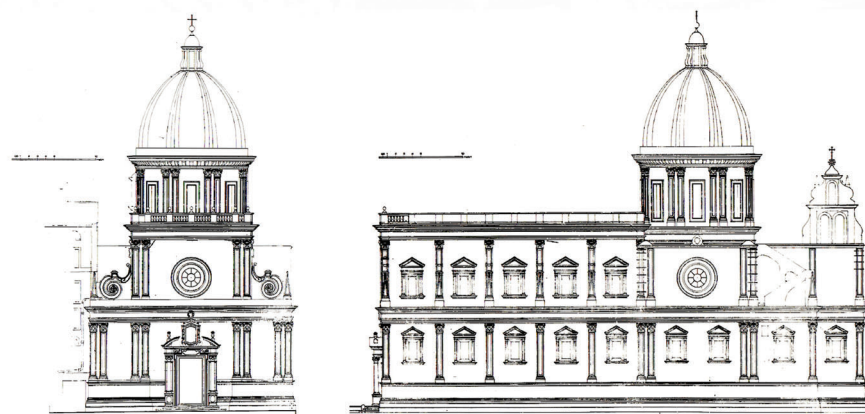


Luigi Cosenza





La Chiesa di S. Caterina a Formiello rappresenta sin dalla sua realizzazione un punto di riferimento di uno degli spazi più rappresentativi della città aragonese, contribuendo ad inquadrare il più importante ingresso urbano, culmine del principale asse di collegamento con il sistema collinare di Poggioreale e Capodichino e le province del regno, e ben collegato alla zona del mercato.



I prospetti della chiesa nel rilievo di Petreschi

### Evoluzioni dell'aspetto esterno della fabbrica



1. Pasquale Mattei, Mercato a Porta Capuana con chiesa di Santa Caterina Napoli, 1845, collezione privata



2. Fotografia degli anni Venti di piazza Enrico De Nicola, già piazza de' Tribunali



5. Le facciate principali dell'organismo architettonico al 3 marzo 2024

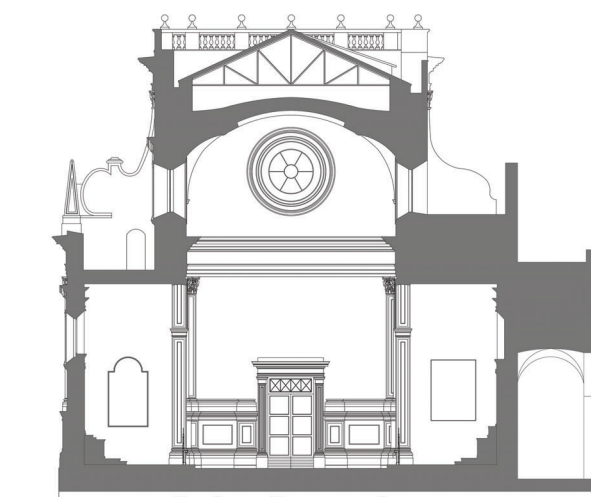


3. Cartolina del 1957 con veduta dell'abside a seguito dell'intervento di liberazione degli anni Venti.



4. Il volume absidale e la cupola estradossata al 3 marzo 2024

### Gli ambienti interni della chiesa



Sezione Trasversale vista verso la controfacciata Scala 1:200



6. Vista della controfacciata, della volta a botte a copertura della navata centrale e delle testate delle volte a botte delle cappelle laterali



7. Le cappelle laterali e l'ordine superiore di finestre in affaccio su piazza De Nicola



8. La crociera e la volta a botte dell'abside

### Analisi comparata:

#### Santa Maria delle Grazie al Calcinaiolo

La Chiesa di Santa Maria delle Grazie al Calcinaiolo, realizzata a Cortona da Francesco di Giorgio Martini, rappresenta un modello cui la Chiesa napoletana si ispira nelle sue linee fondamentali, particolarmente in relazione alle similitudini nell'impianto, all'organizzazione delle facciate ed a diversi dettagli tipologico-formali, testimonianze di una diretta influenza figurativa che contribuisce a confermare l'ipotesi attribuitiva riguardante la Chiesa di Santa Caterina a Formiello come opera di Antonio Marchesi da Settignano, allievo e collaboratore del Martini.



La testata del transetto



La finestra circolare



La finestra a tabernacolo



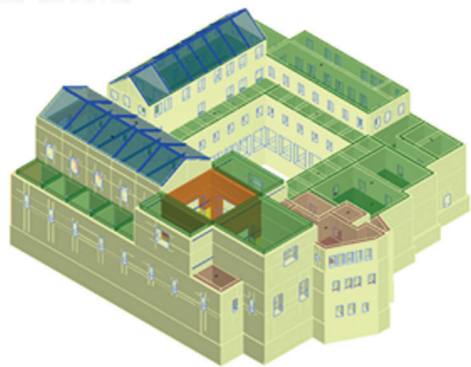
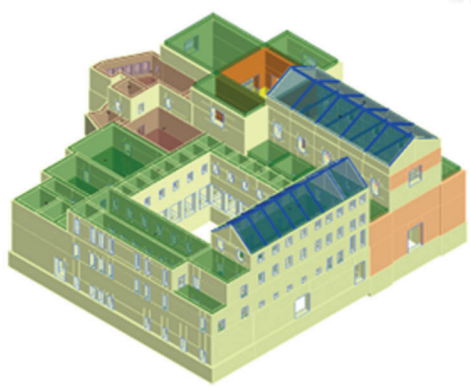
La soluzione d'angolo



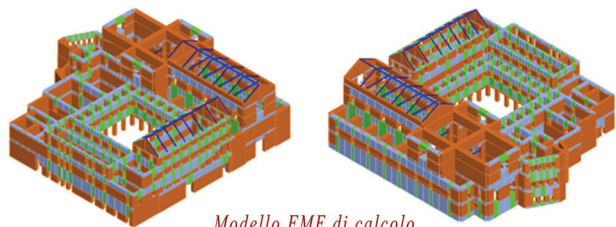
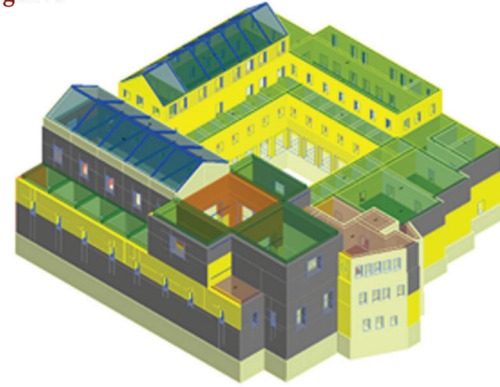
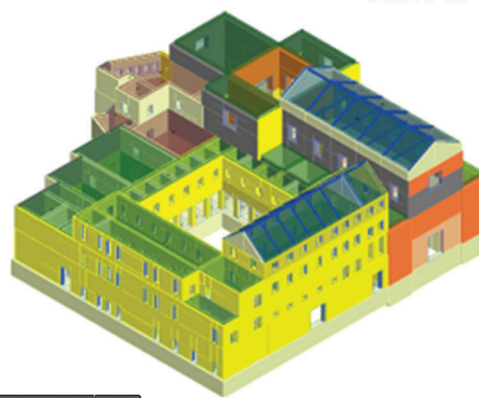
Progetto di miglioramento sismico ai sensi delle N.T.C. 2018 e del D.P.C.M. 9 febbraio 2011

Stato di fatto

Stato di progetto

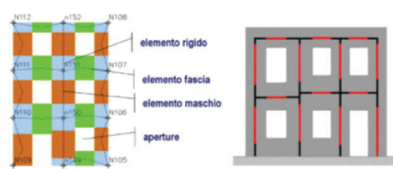


Modello ai macroelementi



Modello FME di calcolo

Nome	Tipo	Colore
Tufo	Muratura	
S 275 (t <= 40mm)	Acciaio strutturale	
S 355	Acciaio strutturale	
Tufo armato (barre acciaio)	Muratura	
Tufo armato con iniezioni	Muratura	
Tufo con iniezioni	Muratura	
Tufo_intonacoArmato	Muratura	
Tufo armato (barre acciaio)_intonacoArmato	Muratura	
Tufo con iniezioni_intonacoArmato	Muratura	



La modellazione *Frame by Macro Element* (FME) prevede la schematizzazione delle pareti di un aggregato in un telaio equivalente, composto da tre tipologie di elementi: nodi rigidi (elementi tendenzialmente non soggetti a lesioni prima del collasso della struttura), elementi maschio (soggetti essenzialmente a pressoflessione) ed elementi fascia (soggetti a flessione). Ne risulta un modello semplificato utile per valutare la risposta sismica dell'aggregato.

Classe di rischio IS-V			
Stato Limite	PGA <sub>c</sub>	PGA <sub>d</sub>	IS-V (PGA <sub>c</sub> /PGA <sub>d</sub> )
SLV	0.725	3.21	0.226

Classe di rischio PAM			
Stato Limite	CR (%)	T <sub>RC</sub> (SL)	λ <sub>SL</sub> =1/T <sub>RC</sub> (SL)
SLR	100%	884	0.0011
SLC	80%	884	0.0011
SLV	50%	392	0.0026
SLD	15%	69	0.0145
SLO	7%	36	0.0275
SLID	0%	36	0.0275

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	α SLC	α SLV	α SLD	α SLO
1	+X	Uniforme	0,0	0.423	0.407	0.688	0.600
2	+X	Forze statiche	0,0	0.378	0.365	0.710	0.619
3	-X	Uniforme	0,0	0.410	0.395	0.796	0.695
4	-X	Forze statiche	0,0	0.407	0.391	0.715	0.624
5	+Y	Uniforme	0,0	0.664	0.568	0.484	0.422
6	+Y	Forze statiche	0,0	0.346	0.308	0.447	0.391
7	-Y	Uniforme	0,0	0.648	0.554	0.391	0.341
8	-Y	Forze statiche	0,0	0.337	0.301	0.378	0.329
9	+X	Uniforme	180,3	0.522	0.487	0.729	0.636
10	+X	Uniforme	-180,3	0.404	0.393	0.831	0.725
11	+X	Forze statiche	180,3	0.479	0.447	0.737	0.643
12	+X	Forze statiche	-180,3	0.387	0.373	0.698	0.609
13	-X	Uniforme	180,3	0.517	0.484	0.633	0.552
14	-X	Uniforme	-180,3	0.397	0.388	0.845	0.737
15	-X	Forze statiche	180,3	0.396	0.378	0.653	0.570
16	-X	Forze statiche	-180,3	0.329	0.322	0.622	0.543
17	+Y	Uniforme	317,0	0.291	0.262	0.404	0.353
18	+Y	Uniforme	-317,0	0.394	0.356	0.451	0.394
19	+Y	Forze statiche	317,0	0.317	0.282	0.423	0.369
20	+Y	Forze statiche	-317,0	0.223	0.204	0.390	0.341
21	-Y	Uniforme	317,0	0.572	0.489	0.417	0.364
22	-Y	Uniforme	-317,0	0.301	0.276	0.452	0.395
23	-Y	Forze statiche	317,0	0.283	0.253	0.364	0.318
24	-Y	Forze statiche	-317,0	0.244	0.222	0.394	0.344

Analisi pushover

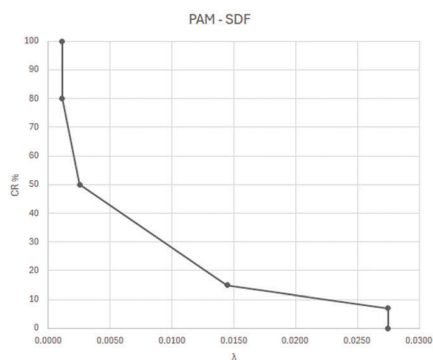
Valutazione di PAM e IS-V

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	α SLC	α SLV	α SLD	α SLO
1	+X	Uniforme	0,0	0.619	0.578	0.683	0.596
2	+X	Forze statiche	0,0	0.680	0.623	0.792	0.691
3	-X	Uniforme	0,0	0.580	0.544	0.838	0.731
4	-X	Forze statiche	0,0	0.609	0.560	0.764	0.667
5	+Y	Uniforme	0,0	0.512	0.474	0.645	0.563
6	+Y	Forze statiche	0,0	0.499	0.458	0.569	0.497
7	-Y	Uniforme	0,0	0.508	0.469	0.584	0.510
8	-Y	Forze statiche	0,0	0.529	0.482	0.584	0.510
9	+X	Uniforme	309,3	0.540	0.508	0.801	0.699
10	+X	Uniforme	-309,3	0.736	0.675	0.806	0.704
11	+X	Forze statiche	309,3	0.517	0.481	0.763	0.666
12	+X	Forze statiche	-309,3	0.681	0.626	0.828	0.722
13	-X	Uniforme	309,3	0.523	0.493	0.795	0.693
14	-X	Uniforme	-309,3	0.613	0.572	0.688	0.600
15	-X	Forze statiche	309,3	0.523	0.485	0.732	0.639
16	-X	Forze statiche	-309,3	0.807	0.730	0.771	0.673
17	+Y	Uniforme	317,0	0.479	0.443	0.686	0.599
18	+Y	Uniforme	-317,0	0.555	0.512	0.664	0.580
19	+Y	Forze statiche	317,0	0.430	0.397	0.563	0.491
20	+Y	Forze statiche	-317,0	0.440	0.407	0.606	0.529
21	-Y	Uniforme	317,0	0.459	0.423	0.630	0.549
22	-Y	Uniforme	-317,0	0.550	0.507	0.755	0.658
23	-Y	Forze statiche	317,0	0.559	0.506	0.551	0.481
24	-Y	Forze statiche	-317,0	0.415	0.384	0.570	0.497

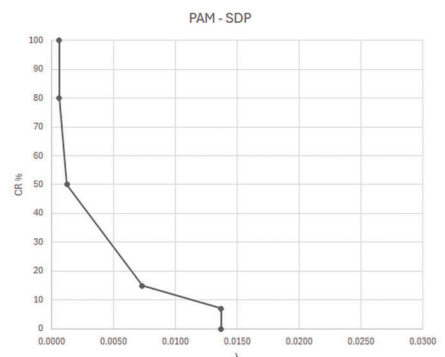
Classe di rischio IS-V			
Stato Limite	PGA <sub>c</sub>	PGA <sub>d</sub>	IS-V (PGA <sub>c</sub> /PGA <sub>d</sub> )
SLV	0.8907	1.88	0.473

Classe di rischio PAM			
Stato Limite	CR (%)	T <sub>RC</sub> (SL)	λ <sub>SL</sub> =1/T <sub>RC</sub> (SL)
SLR	100%	1668	0.0006
SLC	80%	1668	0.0006
SLV	50%	822	0.0012
SLD	15%	137	0.0073
SLO	7%	73	0.0137
SLID	0%	73	0.0137



Classe PAM: G | Classe IS-V: E  
Classe di rischio complessiva: G



Classe PAM: G | Classe IS-V: D  
Classe di rischio complessiva: G

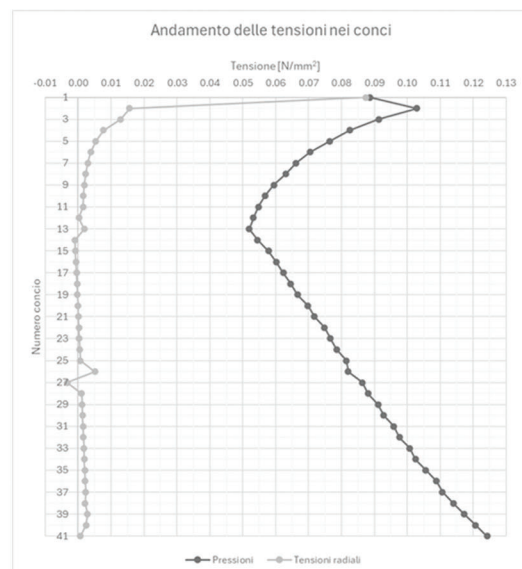
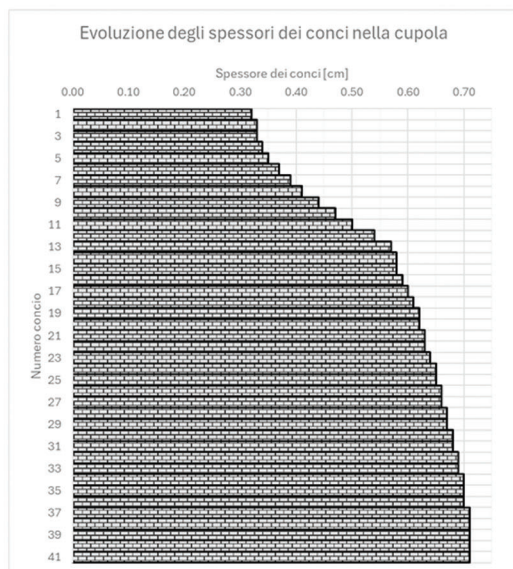
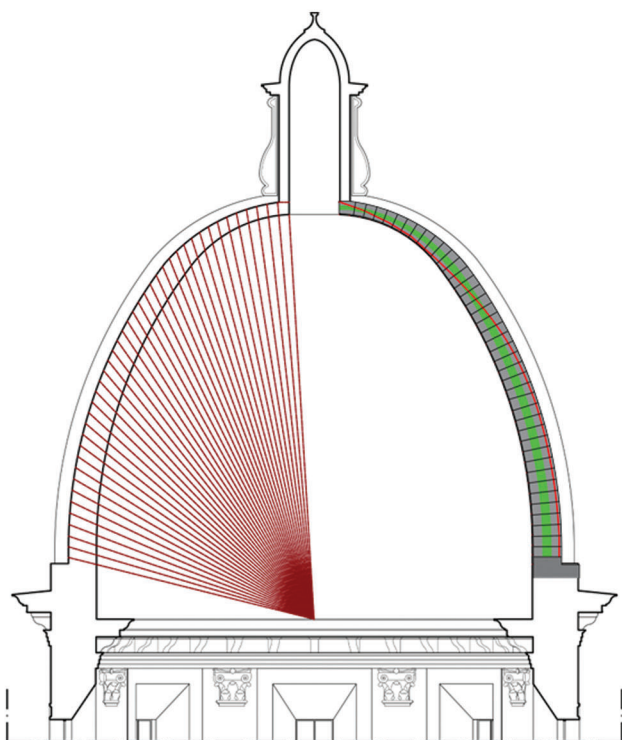
Per la valutazione della classe di rischio, per il caso in esame, è stato adoperato il metodo convenzionale di cui si descrivono brevemente le fasi operative. Per determinare la classe di rischio si fa riferimento a due parametri, il primo economico e il secondo di sicurezza: la Perdita Annua Media attesa (PAM), che tiene conto delle perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e no, e riferite al costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto; l'indice di sicurezza (IS-V) della struttura, definito come il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA, Peak Ground Acceleration) che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e rappresenta la PGAC di capacità, e la PGA che la norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio, PGAD (di domanda).

La classe di rischio si determina mettendo in relazione questi due parametri e privilegiando, nel confronto, la classe di rischio minore, ovvero quella corrispondente al rischio maggiore. Il parametro PAM può essere assimilato al costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione. Esso può essere valutato, così come previsto per l'applicazione del metodo convenzionale, come l'area sottesa alla curva rappresentante le perdite economiche dirette, in funzione della frequenza media annua di superamento (pari all'inverso del periodo medio di ritorno) degli eventi che provocano il raggiungimento di uno stato limite per la struttura. Tale curva, in assenza di dati più precisi, può essere discretizzata mediante una spezzata. Minore sarà l'area sottesa da tale curva, minore sarà la perdita media annua attesa (PAM).

I valori di riferimento dell'indice di sicurezza da cui derivare la Classe IS-V sono invece legati alla salvaguardia della vita umana.

Per la valutazione della Classe PAM e della Classe IS-V, necessarie per l'individuazione della Classe di Rischio, è sufficiente fare uso dei metodi indicati dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni e riportati al paragrafo 8.8.1 della Tesi.

Analisi statica grafica della cupola



A partire dal XVII secolo, lo studio dell'equilibrio di archi, volte e cupole segue due direttrici di ricerca: quella inaugurata da Leonardo, sulla stabilità e le verifiche di sicurezza, e quella geometrica, fondata sulla natura del materiale e sulle sue proprietà, ricercando la forma migliore per garantire la stabilità della struttura. Anche in questo caso, gli studi vinciani rappresentano un punto cardine per l'evoluzione della professione e degli studi in materia.

La teoria elastica codificata tra Sette e Ottocento per calcolare gli sforzi interni alle strutture - legata all'interrelazione di equazioni di equilibrio e congruenza con le leggi del legame costitutivo elastico lineare - pur essendo in grado di definire una soluzione unica e confrontabile con i valori ammissibili di resistenza dei materiali non consente quindi di valutare appieno l'equilibrio statico delle strutture voltate in muratura, essendo vincolata ad ipotesi estremamente semplificate per il materiale. In questo contesto interviene Jacques Heyman, con una teoria dell'equilibrio che schematizza la muratura come un materiale infinitamente resistente a compressione, con resistenza nulla a trazione e non soggetto a fenomeni di collasso per taglio. Nello studio delle strutture ad arco, è possibile valutarne la sicurezza strutturale tramite l'individuazione di una delle infinite curve delle pressioni possibili: quando detta curva tocca l'intradosso o l'estradosso dell'arco si crea una cerniera plastica; atteso che tre cerniere rendono il sistema isostatico, il collasso della struttura si verifica non appena si riscontra la presenza di una quarta labilizzazione. In particolare, Heyman afferma che se è possibile trovare un sistema interno di forze in equilibrio con i carichi applicati ad un arco, la struttura non crollerà; con questa affermazione, i teoremi fondamentali della Scienza delle Costruzioni possono essere tradotti anche nelle strutture in muratura, essendo possibile calcolarne la sicurezza, ancora oggi legata a considerazioni di natura geometrica.

Slicing, suddivisione in conci e definizione della curva delle pressioni interna a una sezione meridiana della cupola

Nota: per l'applicazione del metodo, sono state assunte come condizioni al contorno l'applicazione di un carico orizzontale in testa coincidente con il peso della lanterna e una reazione verticale alla base coincidente con il peso complessivo di cupola e lanterna.





Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA)  
Corso di Laurea Magistrale a Ciclo unico in Ingegneria Edile - Architettura

Tesi di Laurea in Storia dell'Architettura

Anno Accademico 2023 - 2024

Radici e continuità dell'architetto "vulgo ingegnere" nel Mezzogiorno  
all'insegna di Leonardo.

L'opera di Antonio Marchesi per Santa Caterina a Formiello.

## T a v o l a 5

### Proposta di miglioramento sismico della Chiesa di Santa Caterina a Formiello

ANALISI DELLO STATO ATTUALE:

1) PLANIMETRIA E SEZIONI DELLA  
CHIESA

#### Relatore:

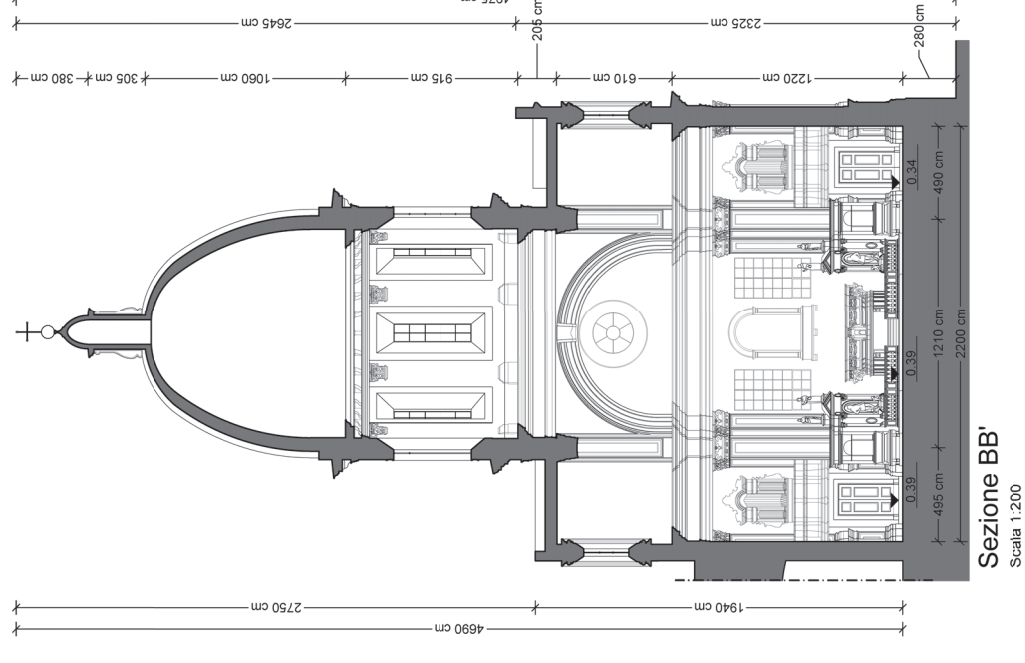
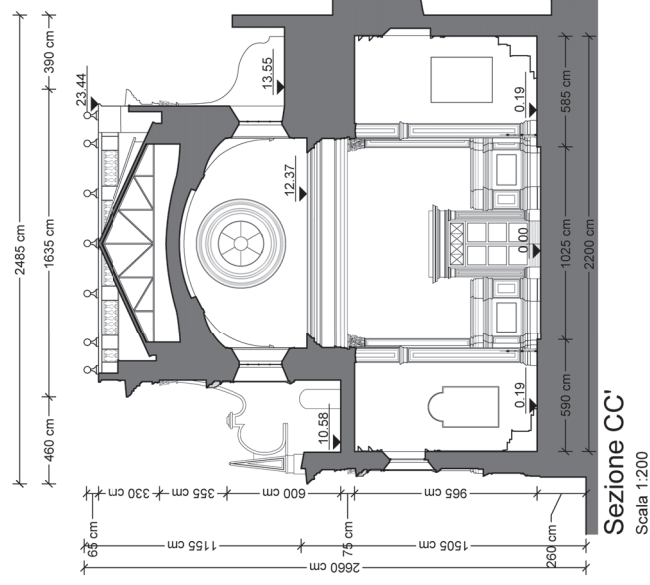
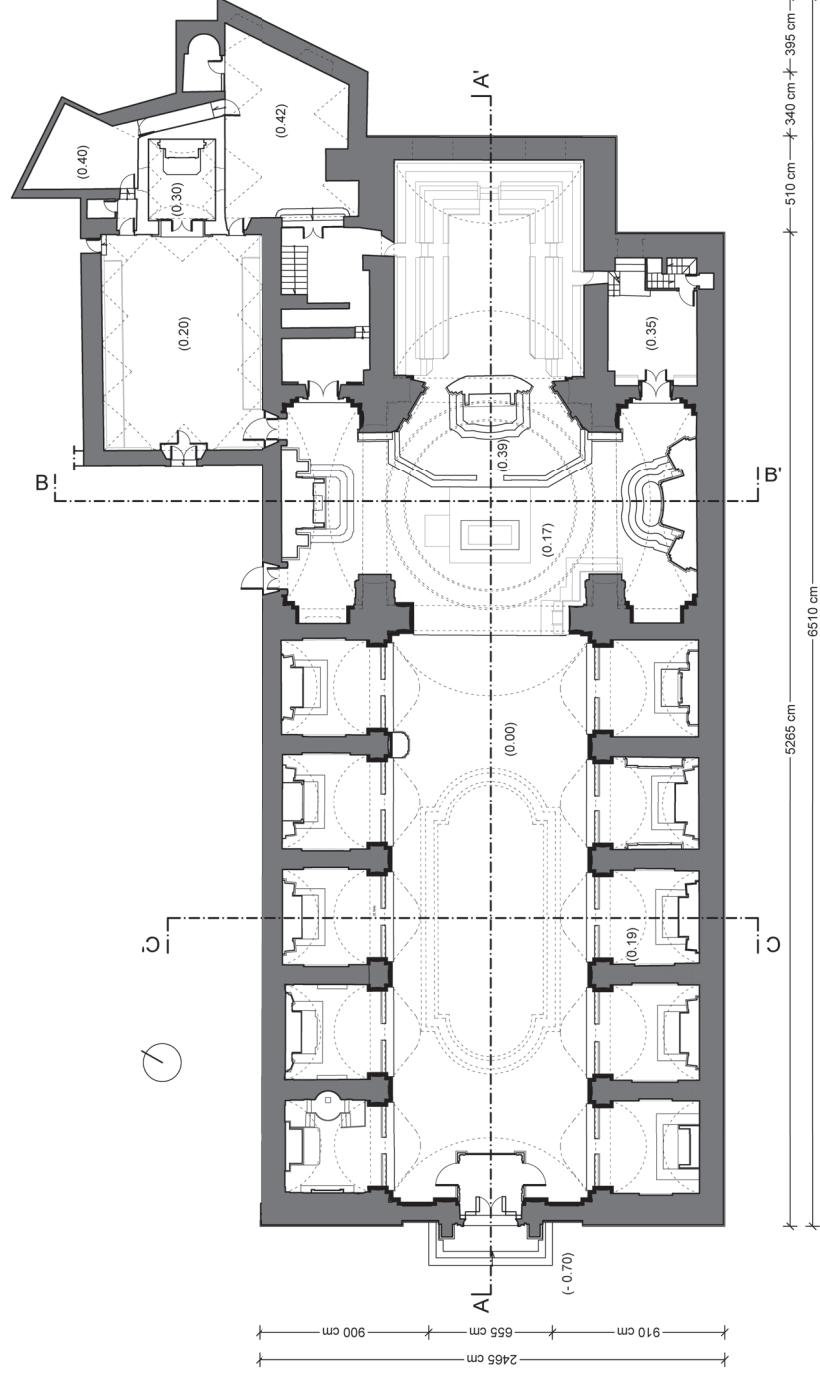
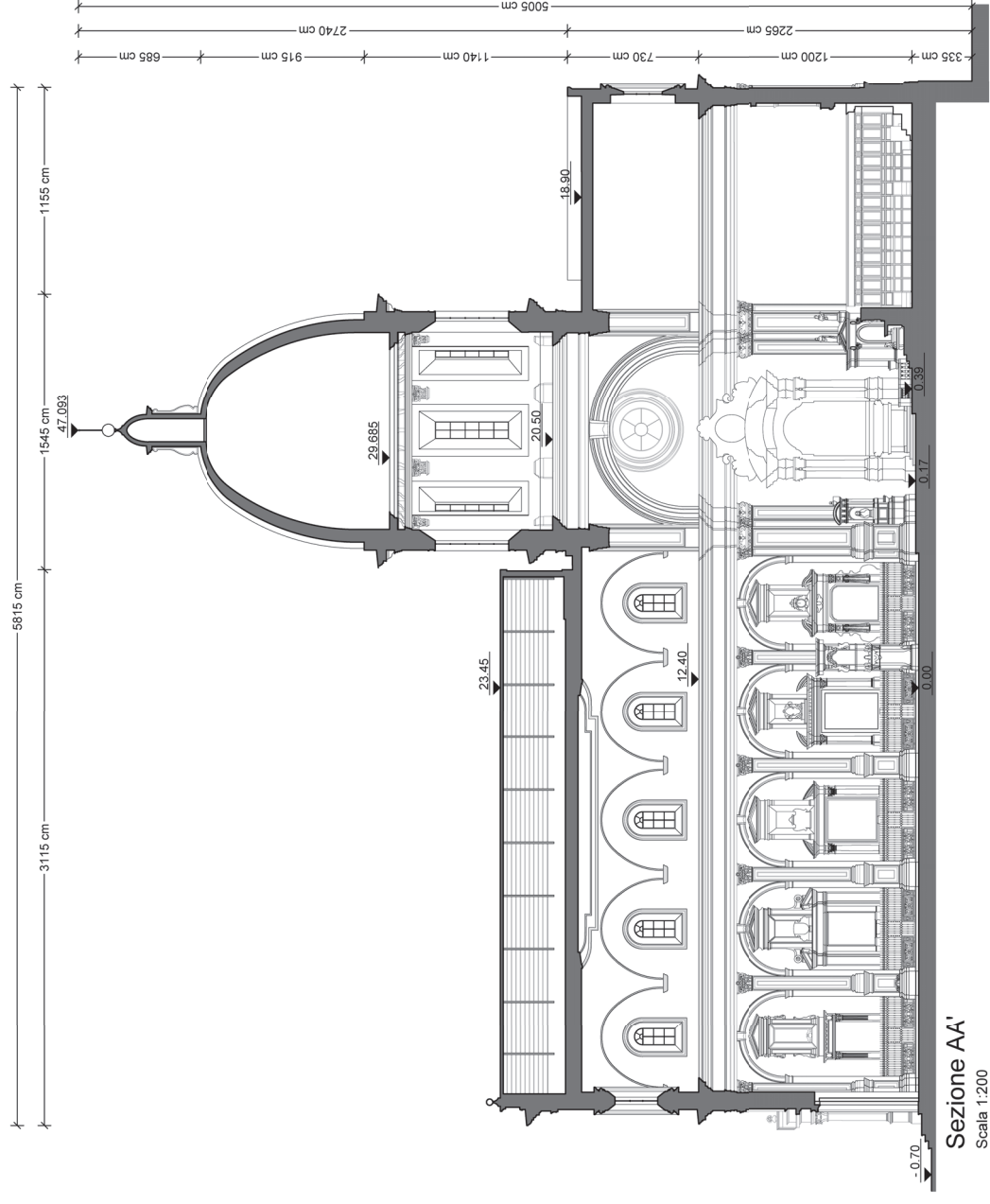
Ch.mo Prof. Alfredo Buccaro

#### Correlatore:

Ch.mo Prof. Antonio Formisano

#### Candidato:

Riccardo Maria Polidoro  
matr. N52/712







Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA)  
Corso di Laurea Magistrale a Ciclo unico in Ingegneria Edile - Architettura

Tesi di Laurea in Storia dell'Architettura  
Anno Accademico 2023 - 2024

Radici e continuità dell'architetto "vulgo ingegnere" nel Mezzogiorno  
all'insegna di Leonardo.

L'opera di Antonio Marchesi per Santa Caterina a Formiello.

## T a v o l a 6

### Proposta di miglioramento sismico della Chiesa di Santa Caterina a Formiello

MODELLO DI CALCOLO:

- 1) SCHEMA STRUTTURALE
- 2) CONFIGURAZIONE DEI NODI
- 3) SCHEMA DEI MATERIALI

Relatore:

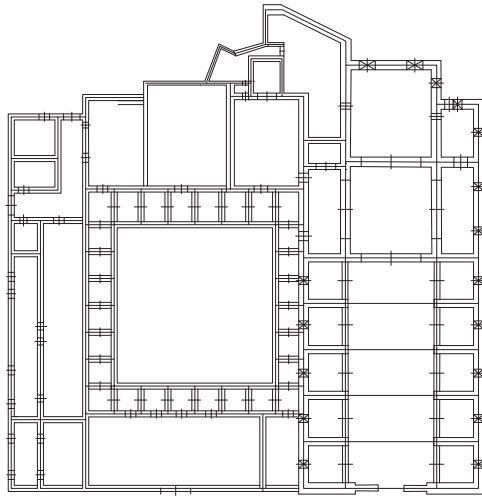
Ch.mo Prof. Alfredo Buccaro

Correlatore:

Ch.mo Prof. Antonio Formisano

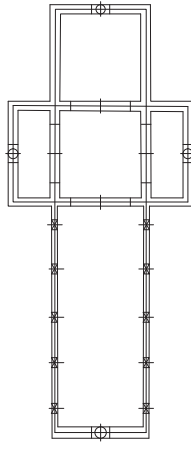
Candidato:

Riccardo Maria Polidoro  
matr. N52/712



Semplificazione della struttura - Piano terra

Scala 1:500



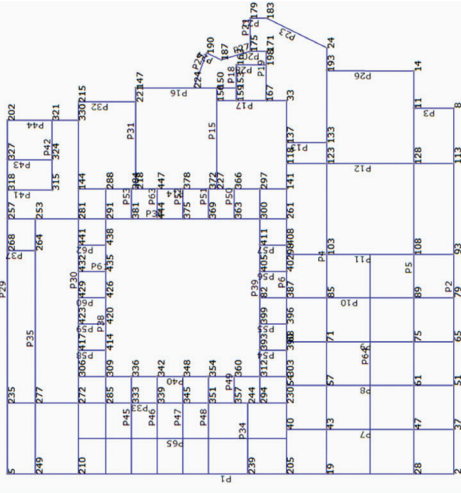
Semplificazione della struttura - Livello superiore

Scala 1:500

Partendo da un ridisegno della planimetria, sono stati realizzati i file DXF per il supporto alla costruzione del modello, in cui si sono riportate:

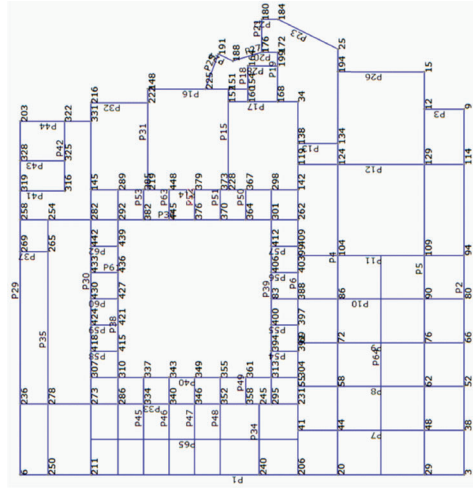
- Linee medie delle murature portanti;
  - Posizione e dimensione delle aperture.
- In ragione delle necessità costruttive del modello, sono state attuate le seguenti semplificazioni rispetto ai disegni di rilievo elaborati:
- Allineamento di pareti con relazione relativa inferiore agli 8°;
  - Determinazione di uno spessore medio per pareti a spessore variabile;
  - Definizione di pareti equivalenti a spessore intermedio per pareti adiacenti con scarto di spessore inferiore ai 20 cm;
  - Lunghezza delle aperture strombate pari alla somma tra la larghezza netta dell'infisso e la larghezza della strombatura;
  - Definizione delle finestre murate come aperture, ritenendo a vantaggio di sicurezza che la tamponatura delle stesse non abbia funzione statica;
  - Approssimazione delle finestre circolari con le aperture quadrate che le circoscrivono;
  - Assenza di pareti non collegate, scale, rampe;
  - Sostituzione di elementi architettonici complessi (volute, contrafforti, cupola) con carichi equivalenti, applicati al modello strutturale.

Nota. I riferimenti planimetrici dell'aggregato, fondamentali per definire l'effetto in termini di risposta sismica del complesso, derivano da rilievi custoditi presso l'Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Napoli.



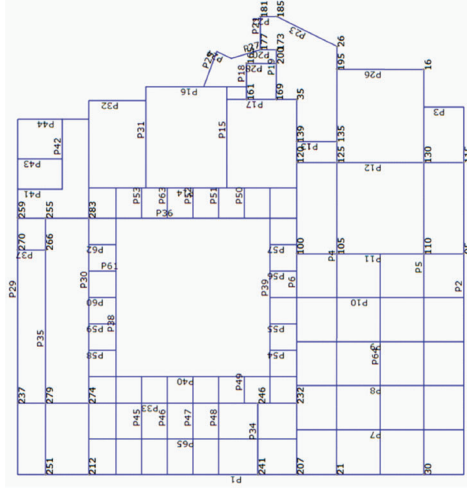
Nodi di riferimento - Primo livello

0.00-6.40 m



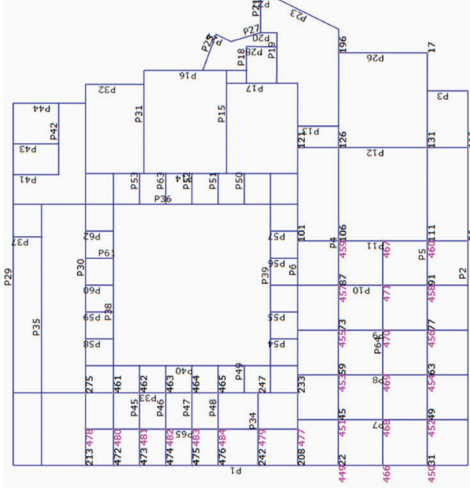
Nodi di riferimento - Secondo livello

6.40-11.00 m



Nodi di riferimento - Terzo livello

11.00-15.70 m



Nodi di riferimento - Quarto livello e copertura

15.70-18.90 m | 18.90-23.80 m (in fucsia)



Allineamenti e materiali - Primo livello

0.00-6.40 m



Allineamenti e materiali - Secondo livello

6.40-11.00 m

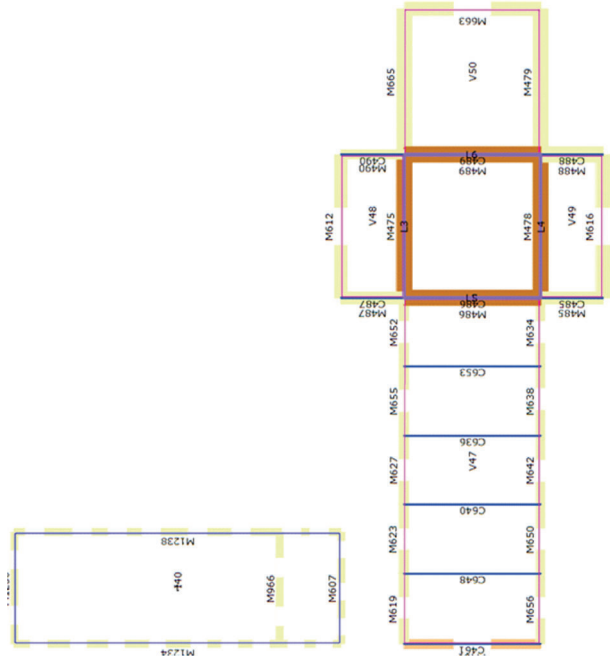
Materiali esistenti		
Nome	Tipo	Colore
Tufo	Muratura	
Tufo con iniezioni	Muratura	
Tufo armato (barre acciaio)	Muratura	
Tufo armato con iniezioni	Muratura	
S 275	Acciaio strutturale	
S 355	Acciaio strutturale	

Nota: si rimanda al paragrafo 8.5 della Tesi per la definizione del comportamento meccanico e delle resistenze dei materiali utilizzati.



Allineamenti e materiali - Terzo livello

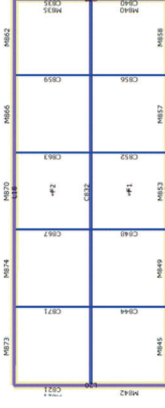
11.00-15.70 m



Allineamenti e materiali - Quarto livello

15.70-18.90 m

C122	C123	C124	C125	C126	C127	C128	C129	C130	C131	C132	C133	C134	C135	C136	C137	C138	C139	C140	C141	C142	C143	C144	C145	C146	C147	C148	C149	C150	C151	C152	C153	C154	C155	C156	C157	C158	C159	C160	C161	C162	C163	C164	C165	C166	C167	C168	C169	C170	C171	C172	C173	C174	C175	C176	C177	C178	C179	C180	C181	C182	C183	C184	C185	C186	C187	C188	C189	C190	C191	C192	C193	C194	C195	C196	C197	C198	C199	C200	C201	C202	C203	C204	C205	C206	C207	C208	C209	C210	C211	C212	C213	C214	C215	C216	C217	C218	C219	C220	C221	C222	C223	C224	C225	C226	C227	C228	C229	C230	C231	C232	C233	C234	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255	C256	C257	C258	C259	C260	C261	C262	C263	C264	C265	C266	C267	C268	C269	C270	C271	C272	C273	C274	C275	C276	C277	C278	C279	C280	C281	C282	C283	C284	C285	C286	C287	C288	C289	C290	C291	C292	C293	C294	C295	C296	C297	C298	C299	C300	C301	C302	C303	C304	C305	C306	C307	C308	C309	C310	C311	C312	C313	C314	C315	C316	C317	C318	C319	C320	C321	C322	C323	C324	C325	C326	C327	C328	C329	C330	C331	C332	C333	C334	C335	C336	C337	C338	C339	C340	C341	C342	C343	C344	C345	C346	C347	C348	C349	C350	C351	C352	C353	C354	C355	C356	C357	C358	C359	C360	C361	C362	C363	C364	C365	C366	C367	C368	C369	C370	C371	C372	C373	C374	C375	C376	C377	C378	C379	C380	C381	C382	C383	C384	C385	C386	C387	C388	C389	C390	C391	C392	C393	C394	C395	C396	C397	C398	C399	C400	C401	C402	C403	C404	C405	C406	C407	C408	C409	C410	C411	C412	C413	C414	C415	C416	C417	C418	C419	C420	C421	C422	C423	C424	C425	C426	C427	C428	C429	C430	C431	C432	C433	C434	C435	C436	C437	C438	C439	C440	C441	C442	C443	C444	C445	C446	C447	C448	C449	C450	C451	C452	C453	C454	C455	C456	C457	C458	C459	C460	C461	C462	C463	C464	C465	C466	C467	C468	C469	C470	C471	C472	C473	C474	C475	C476	C477	C478	C479	C480	C481	C482	C483	C484	C485	C486	C487	C488	C489	C490	C491	C492	C493	C494	C495	C496	C497	C498	C499	C500	C501	C502	C503	C504	C505	C506	C507	C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516	C517	C518	C519	C520	C521	C522	C523	C524	C525	C526	C527	C528	C529	C530	C531	C532	C533	C534	C535	C536	C537	C538	C539	C540	C541	C542	C543	C544	C545	C546	C547	C548	C549	C550	C551	C552	C553	C554	C555	C556	C557	C558	C559	C560	C561	C562	C563	C564	C565	C566	C567	C568	C569	C570	C571	C572	C573	C574	C575	C576	C577	C578	C579	C580	C581	C582	C583	C584	C585	C586	C587	C588	C589	C590	C591	C592	C593	C594	C595	C596	C597	C598	C599	C600	C601	C602	C603	C604	C605	C606	C607	C608	C609	C610	C611	C612	C613	C614	C615	C616	C617	C618	C619	C620	C621	C622	C623	C624	C625	C626	C627	C628	C629	C630	C631	C632	C633	C634	C635	C636	C637	C638	C639	C640	C641	C642	C643	C644	C645	C646	C647	C648	C649	C650	C651	C652	C653	C654	C655	C656	C657	C658	C659	C660	C661	C662	C663	C664	C665	C666	C667	C668	C669	C670	C671	C672	C673	C674	C675	C676	C677	C678	C679	C680	C681	C682	C683	C684	C685	C686	C687	C688	C689	C690	C691	C692	C693	C694	C695	C696	C697	C698	C699	C700	C701	C702	C703	C704	C705	C706	C707	C708	C709	C710	C711	C712	C713	C714	C715	C716	C717	C718	C719	C720	C721	C722	C723	C724	C725	C726	C727	C728	C729	C730	C731	C732	C733	C734	C735	C736	C737	C738	C739	C740	C741	C742	C743	C744	C745	C746	C747	C748	C749	C750	C751	C752	C753	C754	C755	C756	C757	C758	C759	C760	C761	C762	C763	C764	C765	C766	C767	C768	C769	C770	C771	C772	C773	C774	C775	C776	C777	C778	C779	C780	C781	C782	C783	C784	C785	C786	C787	C788	C789	C790	C791	C792	C793	C794	C795	C796	C797	C798	C799	C800	C801	C802	C803	C804	C805	C806	C807	C808	C809	C810	C811	C812	C813	C814	C815	C816	C817	C818	C819	C820	C821	C822	C823	C824	C825	C826	C827	C828	C829	C830	C831	C832	C833	C834	C835	C836	C837	C838	C839	C840	C841	C842	C843	C844	C845	C846	C847	C848	C849	C850	C851	C852	C853	C854	C855	C856	C857	C858	C859	C860	C861	C862	C863	C864	C865	C866	C867	C868	C869	C870	C871	C872	C873	C874	C875	C876	C877	C878	C879	C880	C881	C882	C883	C884	C885	C886	C887	C888	C889	C890	C891	C892	C893	C894	C895	C896	C897	C898	C899	C900	C901	C902	C903	C904	C905	C906	C907	C908	C909	C910	C911	C912	C913	C914	C915	C916	C917	C918	C919	C920	C921	C922	C923	C924	C925	C926	C927	C928	C929	C930	C931	C932	C933	C934	C935	C936	C937	C938	C939	C940	C941	C942	C943	C944	C945	C946	C947	C948	C949	C950	C951	C952	C953	C954	C955	C956	C957	C958	C959	C960	C961	C962	C963	C964	C965	C966	C967	C968	C969	C970	C971	C972	C973	C974	C975	C976	C977	C978	C979	C980	C981	C982	C983	C984	C985	C986	C987	C988	C989	C990	C991	C992	C993	C994	C995	C996	C997	C998	C999	C1000
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------



Allineamenti e materiali - Copertura

18.90-23.80 m





Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA)  
Corso di Laurea Magistrale a Ciclo unico in Ingegneria Edile - Architettura

Tesi di Laurea in Storia dell'Architettura  
Anno Accademico 2023 - 2024

Radici e continuità dell'architetto "vulgo ingegniero" nel Mezzogiorno all'insegna di Leonardo.

L'opera di Antonio Marchesi per Santa Caterina a Formiello.

## T a v o l a

### Proposta di miglioramento sismico della Chiesa di Santa Caterina a Formiello

#### ANALISI DEL SISTEMA DI CARICO:

- 1) ANALISI DEI CARICHI VERTICALI
- 2) ANALISI DELLE CONDIZIONI DI SITO
- 3) SPETTRI ELASTICI DI PROGETTO

Relatore: \_\_\_\_\_ Candidato: \_\_\_\_\_

Ch.mo Prof. Alfredo Buccaro Riccardo Maria Polidoro  
Coorrelatore: \_\_\_\_\_ matr. N52/712

Ch.mo Prof. Antonio Formisano

N. Falda	Posizione	Gk1 [daN/m <sup>2</sup> ]	Gk2 [daN/m <sup>2</sup> ]	Qk [daN/m <sup>2</sup> ]	Carico dominante	ψ0	ψ2
1	Livello 4 (+1.890 [cm])	133	0	200	SI	1,00	0,00
2	Livello 4 (+1.890 [cm])	133	0	200	SI	1,00	0,00
3	Livello 4 (+1.890 [cm])	72	375	200	SI	1,00	0,00
4	Livello 4 (+1.890 [cm])	72	375	200	SI	1,00	0,00

#### Analisi dei carichi - falde

N. Soletto	Posizione	Gk1 [daN/m <sup>2</sup> ]	Gk2 [daN/m <sup>2</sup> ]	Qk [daN/m <sup>2</sup> ]	Carico dominante	ψ0	ψ2
2	Livello 2 (+1.100 [cm])	37	0	200	SI	1,00	0,30
9	Livello 3 (+1.570 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
10	Livello 3 (+1.570 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
11	Livello 3 (+1.570 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
12	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
13	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
14	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
15	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
16	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
17	Livello 2 (+1.100 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
18	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
19	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
20	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
21	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
22	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
23	Livello 1 (+640 [cm])	57	200	200	SI	1,00	0,30
24	Livello 1 (+640 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
25	Livello 1 (+640 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
26	Livello 1 (+640 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
27	Livello 1 (+640 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
28	Livello 1 (+640 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
29	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
30	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
31	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
32	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
33	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
34	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
35	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
36	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
37	Livello 2 (+1.100 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
38	Livello 3 (+1.570 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
39	Livello 3 (+1.570 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30
40	Livello 3 (+1.570 [cm])	232	300	200	SI	1,00	0,30

#### Analisi dei carichi - solai

## Determinazione del coefficiente topografico

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

(NTC 2018)

In virtù del fatto che la Chiesa sorge su un dislivello di 4.17 m avente sviluppo longitudinale di 25.0 m, da elementari calcoli trigonometrici risulta un'inclinazione media entro i 10°, implicando una categoria topografica T1. Ne segue che S<sub>1</sub>=1.

## Analisi dei carichi

N. Volta	Posizione	Gk1 [daN/m <sup>2</sup> ]	Gk2 [daN/m <sup>2</sup> ]	Qk [daN/m <sup>2</sup> ]	Carico dominante	ψ0	ψ2
33	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
34	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
35	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
38	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
39	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
40	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
41	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
42	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
47	Livello 4 (+1.890 [cm])	174	0	100	SI	1,00	0,30
48	Livello 4 (+1.890 [cm])	174	0	100	SI	1,00	0,30
49	Livello 4 (+1.890 [cm])	174	0	100	SI	1,00	0,30
50	Livello 4 (+1.890 [cm])	174	0	100	SI	1,00	0,30
51	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
52	Livello 2 (+1.100 [cm])	124	0	300	SI	1,00	0,30
53	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
54	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
55	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
56	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
57	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
58	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
59	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
60	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
61	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
62	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
63	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
64	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
65	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
66	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
67	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
68	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
69	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
70	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
71	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
72	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
73	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
74	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
75	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
76	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
77	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
78	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
79	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30
80	Livello 1 (+640 [cm])	601	0	200	SI	1,00	0,30

#### Analisi dei carichi - volte

Elemento [-]	Numero elementi	Volume interno [m <sup>3</sup> ]	Volume esterno [m <sup>3</sup> ]	Peso proprio [N/m <sup>3</sup> ]	Carico [kN]	Carico tot. [kN]
Pinnacchio	4	82.45	223.65	14500	204.74	818.96
Elemento [-]	Numero elementi	Spassone stanza asse sim	Altezza/Reggio	Peso proprio [N/m <sup>3</sup> ]	Carico [kN]	Carico tot. [kN]
Tamburo	-	1.15	6.12	-	-	-
T-Fascia piena	8	1.15	6.12	10.58	14500	339.20
T-Fascia con finestra	8	1.15	6.12	6.42	14500	205.83
Cupola	1	0.52	6.12	8.86	14500	231.48
C-Cappio armato	1	0.15	-	-	25000	73.27
Lanterna	-	-	-	-	-	-
L-Tamburo	1	0.26	0.77	3.03	14500	5.53
L-Capola	1	0.24	0.77	1.1	14500	2.84
L-Centraffore	8	0.24	-	2.56	14500	2.85
L-Sfero in rame	1	-	-	0.34	87405	1.44
L-Cappio armato	1	0.15	-	-	25000	17.43
					Tot.	879.87

Nota: Si rimanda all'appendice della Tesi per l'analisi dei carichi dei 1287 manufatti murari che compongono l'aggregato.

Analisi dei carichi: contrafforti/volute					
Lunghezza [m]	Altezza [m]	Spessore [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Peso proprio [N/m <sup>3</sup> ]	Carico [kN/m]
4.7	5.5	0.8	20.68	16000	330.88
					70.4

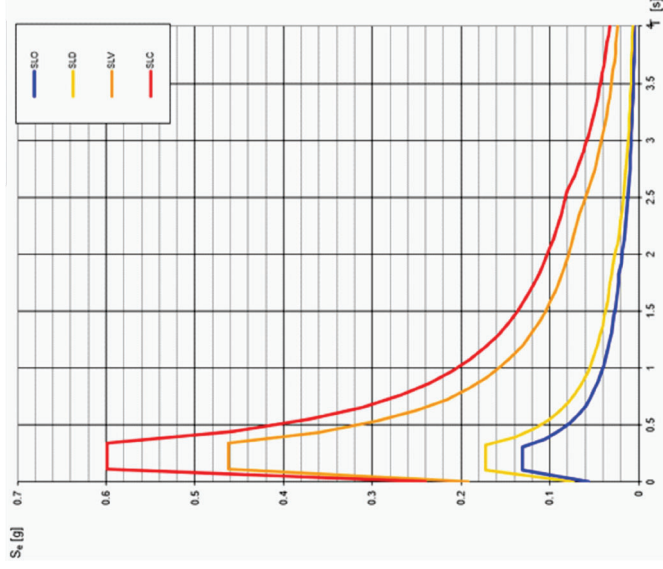
## Determinazione del coefficiente stratigrafico

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Alture basse, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
B	Pendii con inclinazione media i > 15°
C	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
D	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

(NTC 2018)

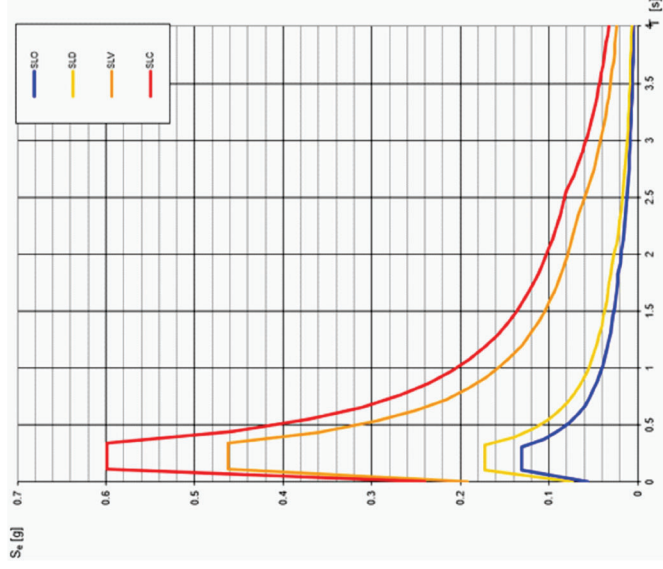
Stato n. Pericolosità	S <sub>1</sub> [m]	S <sub>2</sub> [m]	S <sub>3</sub> [m]	V <sub>1</sub> [m/s]	V <sub>2</sub> [m/s]
1	2.45	2.5	93.935		
2	4.95	3	123.242		
3	7.95	2.7	110.463		160.502
4	10.65	1.9	171.654		
5	13.55	7.45	193.324		

## Calcolo delle azioni sismiche di riferimento



#### Spettri di risposta elastici del sito al variare dei periodi di riferimento

Nota: avendo adottato una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso III, in base alle indicazioni delle NTC 2018 risulta un periodo di riferimento di 75 anni, in base al quale si definiscono i periodi di ritorno di riferimento per il calcolo delle azioni sismiche ai vari stati limite.



#### Spettri di risposta elastici ai vari stati limite

All'interno delle NTC, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali:

- Due orizzontali, contrassegnate da X e Y;
- Una verticale, contrassegnata da Z.

Le tre componenti sono da considerarsi tra loro indipendenti; quella verticale è ritenuta significativa per le tipiche opere edili solo nei siti in cui  $a_v \geq 0.15 g$ ; le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale invece sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

Lo spettro di risposta elastico in termini di accelerazione è un grafico che riporta, in funzione del periodo naturale di vibrazione di una costruzione ipotizzata a comportamento indefinitamente elastico, l'accelerazione massima che subirà quando sarà investita da un evento sismico con una data probabilità di accadimento.

La forma dello spettro di risposta e i valori delle accelerazioni sismiche dipendono dai seguenti parametri:

- Pericolosità del sito: calcolata in funzione delle sue coordinate geografiche (latitudine e longitudine). Tutti i dati sulla pericolosità sismica del sito sono contenuti negli allegati A e B delle NTC2008, riferiti ad un reticolo composto da 10751 punti che ricopre tutto il territorio nazionale;
- Categoria di sottosuolo;
- Condizioni topografiche;
- Probabilità di accadimento dell'evento sismico in funzione dello stato limite considerato (per Stato Limite di Salvaguardia della Vita il periodo di ritorno è di 475 anni per strutture ordinarie);
- Vita nominale dell'opera;
- Classe d'uso dell'opera;
- Valore dello smorzamento della costruzione (si assume convenzionalmente pari al 5% per le costruzioni in muratura).

Una volta noti tutti i parametri elencati, è possibile utilizzare le formule proposte dalla Normativa Tecnica per calcolare lo spettro di risposta elastico.

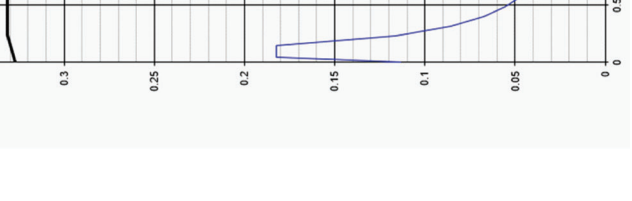
La definizione degli spettri di risposta di riferimento è stata condotta in questa applicazione attraverso il foglio di calcolo **Spettri NTC**, reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che applica le prescrizioni normative interpolando gli spettri in base a un reticolo a maglie quadrate di apertura 5 km, ai cui vertici sono definiti gli spettri di riferimento; inserendo le coordinate del sito in esame, è quindi possibile ricavare gli spettri elastici di riferimento per il progetto.

Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
STATO LIMITE			
S <sub>1</sub>	0.074 g	S	1.800
F <sub>1</sub>	2.324	T <sub>1</sub>	0.420
T <sub>1</sub>	0.325 s	T <sub>2</sub>	0.215 s
S <sub>2</sub>	1.800	T <sub>3</sub>	0.100 s
S <sub>3</sub>	2.258	T <sub>4</sub>	1.824 s
C <sub>1</sub>	2.203		
S <sub>1</sub>	1.000		
q	2.360		

Parametri dello spettro di risposta orizzontale a SLD

Parametri dello spettro di risposta orizzontale a SLC

Parametri dello spettro di risposta orizzontale a SLO



#### Spettro di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale) a SLV













Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
 Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
 Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA)  
 Corso di Laurea Magistrale a Ciclo unico in Ingegneria Edile - Architettura

Tesi di Laurea in Storia dell'Architettura  
 Anno Accademico 2023 - 2024

Radici e continuità dell'architetto "vulgo ingegnere" nel Mezzogiorno  
 all'insegna di Leonardo.

L'opera di Antonio Marchesi per Santa Caterina a Formiello.

## T a v o l a 10

### Proposta di miglioramento sismico della Chiesa di Santa Caterina a Formiello

STATO ATTUALE: VERIFICA  
 STATICA GRAFICA DI UNA SEZIONE  
 MERIDIANA DELLA CUPOLA

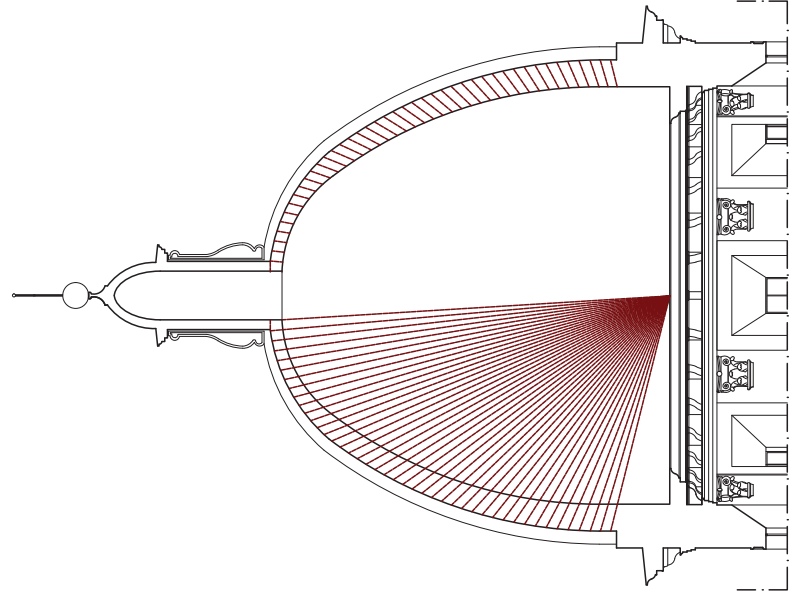
- 1) SLICING E POLIGONO DELLE FORZE
- 2) EQUILIBRIO DEI CONCI
- 3) TENSIONI RADIALI E MERIDIANE
- 4) VERIFICA PROFILO A SEZIONE VARIATA

Relatore: \_\_\_\_\_ Candidato: \_\_\_\_\_

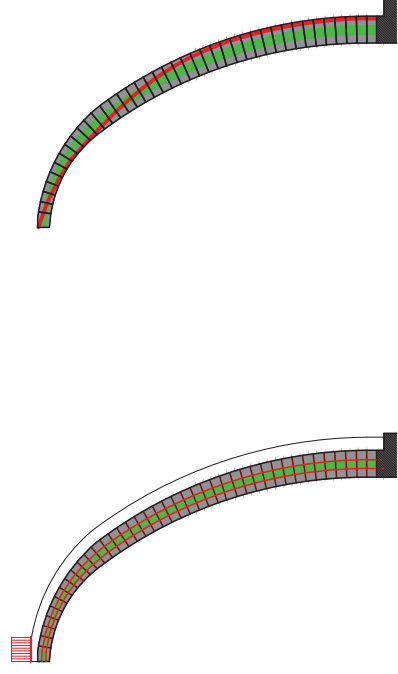
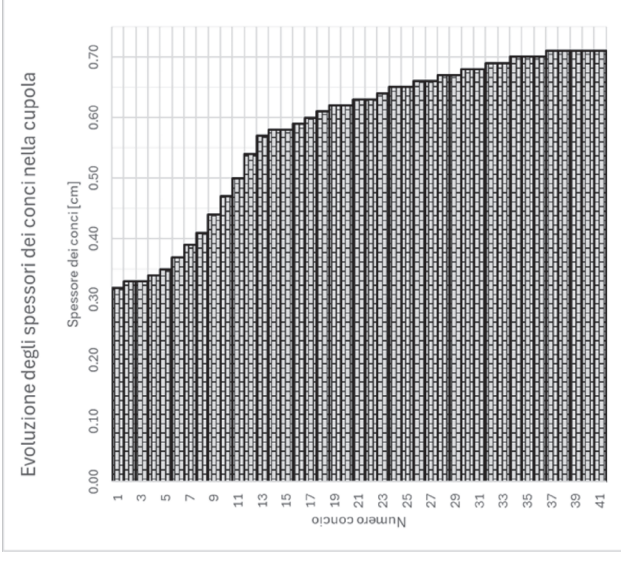
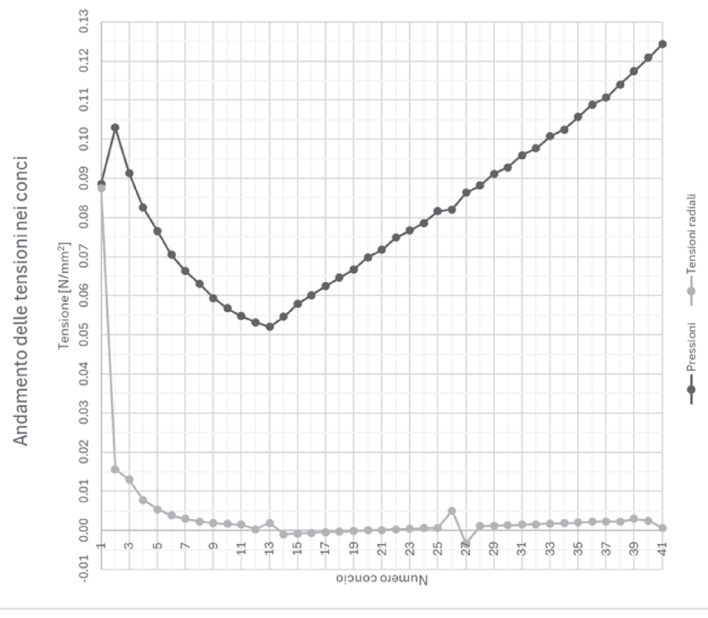
Ch.mo Prof. Alfredo Buccaro Riccardo Maria Polidoro  
 matr. N52/712

Correlatore: \_\_\_\_\_

Ch.mo Prof. Antonio Formisano

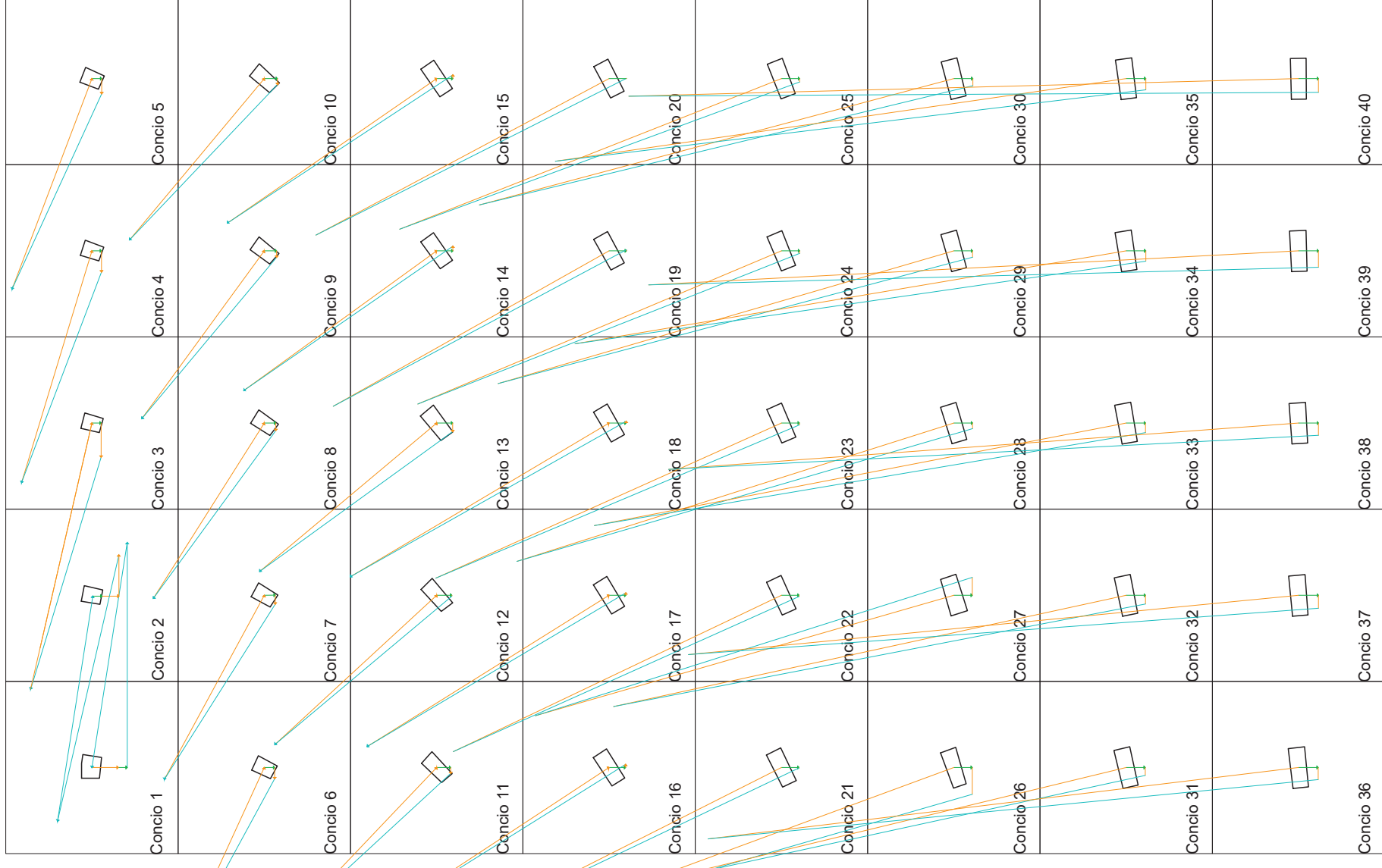


Slicing della cupola (sp. 70 cm)  
 Scala 1:100



Suddivisione in conci e  
 condizioni al contorno  
 Scala 1:100

Definizione della curva delle pressioni  
 Scala 1:100



Equilibrio dei conci  
 Scala 1:50