

Politecnico di Torino - Facoltà di Architettura

Anno Accademico 2017/2018

Tesi di Laurea Magistrale in Restauro e Valorizzazione del Patrimonio

IMPARARE DAI TERREMOTI

L'USO DEL CEMENTO ARMATO NELLA RICOSTRUZIONE FRIULANA POST 1976.

Il caso del duomo di Gemona



Candidata
Monica Del Fabro

Relatore
Cesare Tocci



IMPARARE DAI TERREMOTI

L'USO DEL CEMENTO ARMATO NELLA RICOSTRUZIONE
FRIULANA POST 1976.

Il caso del duomo di Gemona



**POLITECNICO
DI TORINO**

Candidata
Monica Del Fabro

Relatore
Cesare Tocci



INDICE

1 Il terremoto del 1976 in Friuli Venezia Giulia

- 1.1 L'area interessata dell'evento sismico pag 9
- 1.2 Il "Modello Friuli per la ricostruzione pag 15
- 1.3 La Normativa Tecnica per il Patrimonio Monumentale in zona sismica pag 19

2 Il Duomo di Gemona del Friuli prima del 1976

- 2.1 Lo sviluppo urbanistico di Gemona del Friuli pag 29
- 2.2 Indagine storica del manufatto pag 35
- 2.3 Confronto tra la facciata originale e la facciata attuale pag 39
- 2.4 Analisi del rilievo storico del 1952 di Roberto Elia pag 47

3 Il Duomo di Gemona dopo il terremoto del 1976

- 3.1 Analisi del danno e individuazione dei meccanismi pag 61
- 3.2 Analisi delle proposte di progetto e miglioramento pag 69
- 3.3 La ricostruzione del Duomo, le tecniche di consolidamento pag 83

4 Proposte di Intervento

- 4.1 Introduzione pag 103
- 4.2 Ipotesi di miglioramento della configurazione attuale pag 107
- 4.3 Simulazione progettuale sulla configurazione post 1976 pag 111

5 Allegati

- 1 Analisi dell'evento sismico pag 117
- 2 Analisi storica pag 118
- 3-4 Rilievo storico pag 119
- 5 Rilievo del danno pag 121
- 6 Progetto di restauro pag 122
- 7 Rilievo dello stato di fatto pag 123
- 8-9 Rilievo degli interventi di consolidamento pag 124
- 10 Ipotesi di progetto pag 126

Premessa

L'obiettivo che questa tesi si pone è l'analisi delle tecniche di rinforzo in cemento armato utilizzate per i beni monumentali in Friuli- Venezia- Giulia nella ricostruzione successiva al terremoto del 1976. In particolar modo questa indagine si è concentrata sul caso studio del Duomo di Gemona, comune situato in prossimità dell'epicentro. Il 6 Maggio 1976 il Friuli fu colpito da un violento terremoto di magnitudo Richter 6.5 (X grado della scala MCS) questo fu l'evento principale di una sequenza sismica che coinvolse la regione per diversi mesi. Infatti seguirono due ulteriori scosse l'11 e il 15 settembre, entrambe con valori di magnitudo superiori al 5 grado. Il Duomo di Gemona è stato scelto per affrontare questa analisi poiché collocato all'interno di uno dei comuni più colpiti della regione e perché pur avendo subito gravi danni e dissesti post sisma, non era totalmente crollato.

In una prima fase è stata effettuata un'attenta analisi della normativa vigente a fine anni '70; la sintesi del quadro normativo dell'epoca ha permesso di comprendere tramite quali atti legislativi la ricostruzione Friulana fosse avvenuta. Venne creato il cosiddetto "Modello Friuli", un sistema basato in particolar modo su tre decreti legislativi (La legge n.17 del 7 Giugno del 1976, La legge Regionale n.546 dell'Agosto 1977 e la Legge n.63 del 1977) e sulla totale collaborazione tra lo stato e gli enti comunali. Questi ultimi durante la ricostruzione presero pieno potere gestionale e organizzativo, abbattendo così i tempi di ricostruzione. Per quanto riguarda l'aspetto tecnico venne redatta un'ulteriore legge regionale, la n.30 del 1977, con lo scopo di fornire le linee guida per procedere alla ricostruzione. Questa rap-

presentò una grande innovazione poiché mediante la documentazione allegata, venivano fornite precise disposizioni di intervento. Al DT8 "Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici di cui l'art.8 della LR 30/1977 aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l'architettura locale" in particolare va riconosciuto il merito di aver messo in dubbio per la prima volta la correttezza di un'unica normativa valida per tutte le tipologie edilizie, sia di valore storico artistico che di nuova costruzione. Esso andò a definire dettagliatamente il quadro degli interventi ritenuti idonei a seconda della diverse tipologie edilizie. Ampliando il campo di ricerca alla situazione nazionale, si è analizzato quale fosse il comportamento da tenere nei confronti dei beni di carattere storico-artistico situati in zone sismiche dagli anni '70 fino ad oggi.

L'analisi della legislazione ha permesso di comprendere il motivo e il momento storico in cui il cemento armato non venne più ritenuto idoneo ad essere un materiale di consolidamento sismico per i beni storici. Al contrario, nel caso studio preso in esame, la ricostruzione è stata fondamentalmente basata su massicci interventi in cemento armato; per questo motivo si è scelto di analizzare le diverse tecniche di rinforzo.

Tramite il rilievo fotografico post sisma, si è potuto avere un quadro più chiaro di quella che era la situazione di danno in cui versava il duomo nonché ipotizzare i meccanismi di ribaltamento che hanno interessato le porzioni murarie. La navata destra e gli elementi annessi risultavano completamente crollati, eccezion fatta per piccole porzioni murarie.

La copertura dell'abside poligonale crollò completamente, coinvolgendo anche parte della parete della cappella adiacente. La facciata e la navata sinistra non subirono gravi danni: la prima vide il crollo della parte terminale del timpano, mentre la seconda subì unicamente azioni di contraccolpo dovute al crollo della navata destra. Le colonne della navata centrale subirono un fuori piombo di 67 cm che le portò al limite del collasso. L'analisi della dinamica del danno e l'individuazione dei crolli hanno permesso di identificare la possibile vulnerabilità dell'edificio; in questo caso molte delle pareti crollate ribaltarono seguendo il meccanismo di primo modo, azione comune all'interno degli edifici storici, il che implica però l'assenza, nelle porzioni murarie crollate, di un adeguato collegamento tra le stesse o la mancanza di tirantature che ne limitino l'uscita dal piano.

I disegni di progetto degli anni 80 hanno permesso di effettuare una panoramica sugli interventi eseguiti all'interno del Duomo e sugli obiettivi imposti ai progettisti.

Gli interventi più significativi nell'opera di ricostruzione vennero effettuati sulla navata destra, completamente riedificata in cemento armato. I solai delle porzioni superstiti vennero sostituiti da elementi in latero cemento, mentre il fuori piombo del colonnato principale fu mantenuto tramite l'inserimento, avvenuto per perforazione delle colonne, di tubi d'acciaio posti in profondità fino alle fondazioni. Le murature delle navate superstiti furono consolidate mediante cuciture armate. Il problema principale di questi interventi non fu solamente l'invasività degli stessi nei confronti del bene ma anche la irreversibile alterazione del compor-

tamento strutturale che essi determinarono. Al di là delle note questioni di compatibilità fisica, chimica e meccanica si intende qui sottolineare un aspetto non sempre facile da interpretare ovvero il diverso comportamento dinamico di due materiali come la muratura tradizionale superstita e gli elementi ricostruiti in cemento armato.

Il primo ha un comportamento dinamico di tipo rigido, ed è sostanzialmente indifferente al fenomeno della risonanza, che invece rappresenta uno dei pericoli maggiori per le strutture elastiche in c.a.

In seguito a queste analisi e considerazioni l'obiettivo finale è stato quello di ipotizzare due soluzioni progettuali. La prima parte dell'osservazione determina che non sia conveniente, né forse possibile de-restaurare il Duomo, rimuovendo gli interventi storici in c.a., e si propone di mitigare la vulnerabilità nella condizione attuale.

Gli interventi di miglioramento sismico non modificano, dunque, gli elementi in cemento armato derivanti dalla ricostruzione ne l'impianto planimetrico, ma si concentrano: (i) sul miglioramento delle connessioni esistenti, eseguite nei punti che possono risultare più carenti; (ii) sulla divisione fisica dei due materiali (muratura e cemento armato) nei punti in cui risultano legati. Questo viene effettuato mediante la separazione dei solai dalle pareti e l'inserimento di dissipatori viscosi, elementi che consentono di disaccoppiare il comportamento dinamico delle due strutture.

La seconda soluzione propone una simulazione progettuale immaginando di intervenire, con tecnica muraria, sul Duomo immediatamente dopo il terremoto del 1976. In

questo caso l'ipotesi progettuale prevede la ricostruzione delle pareti crollate con l'utilizzo di laterizio tradizionale, la creazione di nuove cordolature in muratura che aumentano la stabilità delle connessioni e la sostituzione degli elementi danneggiati. A livello delle fondazioni, quasi totalmente assenti prima del sisma, si è ipotizzato l'utilizzo del meccanismo ad archi rovesci in modo tale da permettere lo scarico del peso della muratura e delle spinte degli archi soprastanti in maniera più corretta. Il fuori piombo del colonnato, tramite smontaggio, verrebbe eliminato con la sola sostituzione degli elementi lapidei danneggiati.



IL TERREMOTO DEL 1976 IN FRIULI VENEZIA GIULIA

- 1.1 L'area interessata dell'evento sismico
- 1.2 Il "Modello Friuli per la ricostruzione
- 1.3 La Normativa Tecnica per il Patrimonio Monumentale in zona sismica

1.1 L'area interessata dall'evento sismico

Il 6 Maggio 1976, verso le 21:00, una violenta scossa della durata di circa 1 minuto coinvolse totalmente la regione Friuli Venezia Giulia, altre due scosse si verificarono nel mese di Settembre (11- 15) anch'esse di elevata intensità. Le scosse coinvolsero 137 comuni, distribuiti tra la provincia di Udine e Pordenone, comprendendo un'area geografica di 5.700 Km². L'epicentro della prima scossa venne localizzato sotto il monte San Simeone, nel comune di Venzone ad una profondità di 13-15 Km e registrato con una magnitudo di 6.5 della scala Richter e del X grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg (MCS).¹

La seconda scossa registrata l'11 settembre del 1976, si sviluppò in due tempi con valori di magnitudo in entrambi i casi superiori a 5. La terza scossa, avvenuta il 15 settembre si sviluppò anch'essa in due tempi distinti con magnitudo 6. Osservando lo sviluppo delle scosse nelle tre date significative si può notare, mediante la mappatura dell'INGV, come la posizione degli epicentri di settembre fosse spostata verso Est rispetto a quella di maggio, a causa della probabile attivazione dei sistemi di faglia adiacenti.² Comparando le 3 mappe (fig.1) possiamo comunque notare come la zona maggiormente colpita sia la medesima, ovvero quella che comprende i comuni di Arterga, Gemona e Venzone. La seconda scossa anche se di grado inferiore tende a riconfermare l'azione di quella di Maggio andando a ricalcare l'area tra le provincie di Udine e Pordenone. La scossa del 15 settembre invece ha una diversa propagazione, essa è orientata verso Trieste e la Slovenia senza distogliere però la massima intensità dal territorio epicentrale precedente.³

Localizzazione

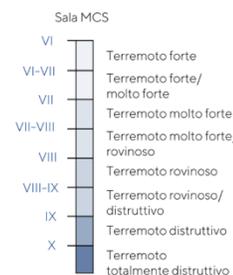


¹ Baiutti G., *Friuli 1976-2016 Dalla ricostruzione al nuovo modello di sviluppo*, Udine, Forum, 2016, p. 27.

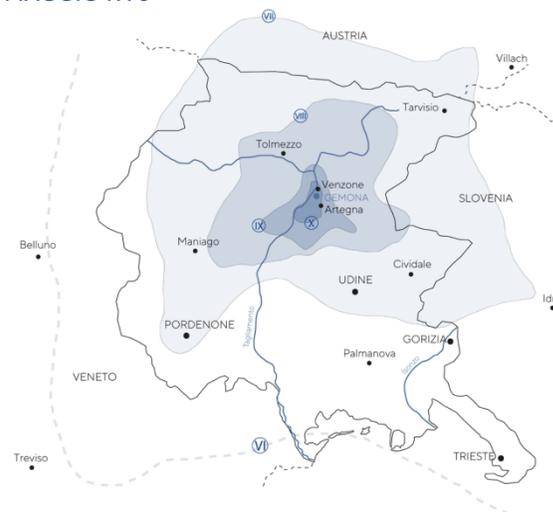
² "I terremoti del Friuli del 1976 e le sequenze multiple di terremoti", da <https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/05/06/i-terremoti-del-friuli-del-1976-e-le-sequenze-multiple-di-terremoti/>, consultato il 15/02/2018

³ "Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, epicentri ed intensità dei terremoti", da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/, consultato il 05/04/201

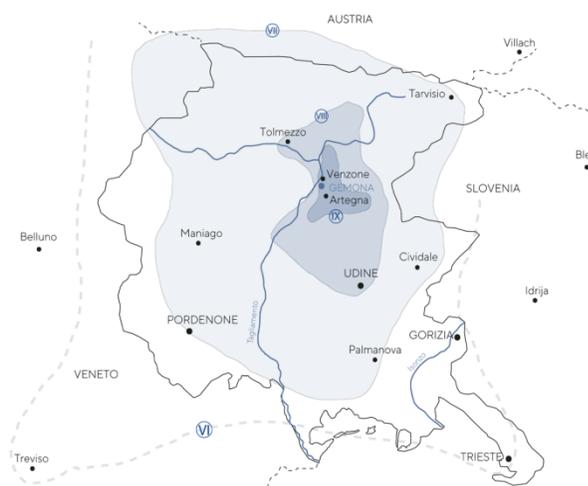
(fig.1)
Rappresentazione mediante isosiste dell'intensità secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg
Area Friulana colpita dal terremoto



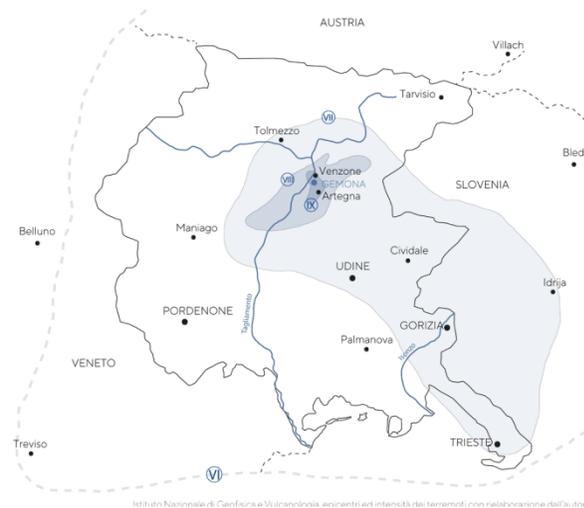
6 MAGGIO 1976



11 SETTEMBRE 1976

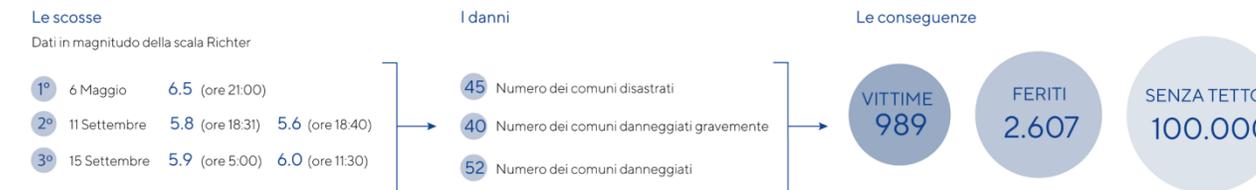


15 SETTEMBRE 1976



137 comuni vennero colpiti da questi tre eventi, 45 furono classificati come "disastrati", in particolar modo i comuni di Gemona Venzone e Artegn, 40 riconosciuti come "gravemente danneggiati" e 52 come "danneggiati". Nonostante l'area maggiormente colpita fosse riconosciuta nella Valle del Fiume Tagliamento e nei comuni limitrofi, l'intero territorio Friulano subì danni significativi infatti altri 119 comuni, non riconosciuti all'interno della classificazione generale subirono lievi danneggiamenti.⁴ La scossa principale fu talmente violenta da essere percepita in più parti d'Italia, in diverse città del Nord Est quali Trieste, Venezia e Padova, dove venne registrata con un'intensità pari al VIII MCS anche ad una distanza di 150km. In città come Trento, Ravenna Brescia e Rimini venne registrata al VII grado (MCS) fino a raggiungere Roma dove comunque

rimase alta la segnalazione fino ad un livello del II e del III grado.⁵ Nonostante la sismicità della regione fosse conosciuta, soprattutto nell'area tra la pianura ed i rilievi montuosi, la maggior parte dei comuni danneggiati in maniera grave, come Gemona stessa, non erano classificati e di conseguenza non erano stati considerati come soggetti legislativamente interessati all'applicazione di norme antisismiche specifiche per le costruzioni. Il patrimonio edilizio subì gravi danni e l'impatto sull'economia friulana fu considerato disastroso, 1500 lavoratori a causa del crollo delle fabbriche persero il lavoro, oltre il 60% degli edifici in prossimità dell'epicentro crollò completamente o rimase danneggiato in maniera irrimediabile e si stimarono circa 989 morti e 2.607 feriti, 100.000 persone risultarono senza tetto. ⁶ (fig.2)



(fig.2)
Sintesi degli eventi sismici e delle conseguenze generate in Friuli nel 1976

⁴ Baiutti G., op. cit alla nota 1,p. 75.

⁵ AA.VV, *Friuli Ricostruzione 1976-1986*, Brola, Roma, 1977, p. 30

⁶ Marino F., *La memoria di un evento*, Udine, 2014.

Con la cessazione totale dei servizi primari quali l'acqua, l'energia elettrica e la comunicazione telefonica, la situazione si aggravò ulteriormente. Non solo venne compromessa la comunicazione tra le famiglie, ma furono enormemente limitate le richieste di soccorso e le comunicazioni tra la Protezione Civile e le amministrazioni, come con il Ministero dell'Interno a Roma. Ci vollero due ore per ricevere le prime segnalazioni, che giunsero solamente dai centri più rilevanti collocati ai margini dell'area disastrosa. In questa situazione di totale assenza di comunicazione, un'enorme contributo alla diffusione delle informazioni sul territorio provenne dai radio amatori, i quali trasmettendo a diverse

frequenze riuscirono a generare una rete di comunicazione a grandi distanze.⁷

Anche la presenza militare ebbe grande importanza poiché consentì che le operazioni di soccorso risultassero più rapide ed efficaci. L'esercito intervenne soprattutto nelle operazioni di prima emergenza quali lo sgombero delle macerie, l'allestimento di ricoveri provvisori e il salvataggio dei superstiti al di sotto delle macerie.⁸

Alle prime luci dell'alba vennero effettuati i primi voli ricognitivi che permisero di identificare la reale portata dei danni, stimando che l'area interessata era situata a 20 chilometri a Nord di Udine e aveva un raggio di espansione di altret-

tanti 20 chilometri. Ovviamente i danni risultavano minori allontanandosi dall'epicentro, tuttavia anche i comuni più distanti ebbero danni notevoli.

I sistemi di distribuzione idrica delle maggiori città, Udine e Pordenone non risultarono gravemente compromessi nonostante la regione rimase priva di acqua potabile. La rete stradale subì diverse interruzioni a causa dei crolli, soprattutto nella zona montana ma rimase comunque nel complesso agibile, anche i ponti rimasti integri o poco lesionati non causarono importanti interruzioni nella viabilità, ad esclusione di piccoli centri montani dove già la viabilità quotidiana risultava compromessa. La rete ferroviaria al contrario subì gravi danni, il crollo di alcuni fabbricati portò all'interruzione, o al danneggiamento di alcuni tratti della linea e quindi all'impossibilità di agevolare gli interventi.⁹

Analizzando in particolare le condizioni del patrimonio edilizio dei tre comuni vicini all'epicentro si evince come la percentuale di distruzione sia sempre superiore al 60%, comprendendo sia edifici del patrimonio storico sia edifici pubblici. Venzone risultò essere il comune con l'80% di edifici distrutti, valore confermato dal rapporto tra il numero degli abitanti e delle persone rimaste senza tetto. Artegna, utilizzando il medesimo procedimento risultò avere il 70% degli edifici distrutti o non recuperabili, Gemona infine, nonostante risultasse avere il valore più basso dei tre raggiungeva comunque il 60% e l'area colpita maggiormente comprendeva il centro storico e i beni monumentali.¹⁰ (fig.3) Dopo la stima dei danni generali si rese necessaria una pianificazione degli interventi di soccorso, basata sulla grav-

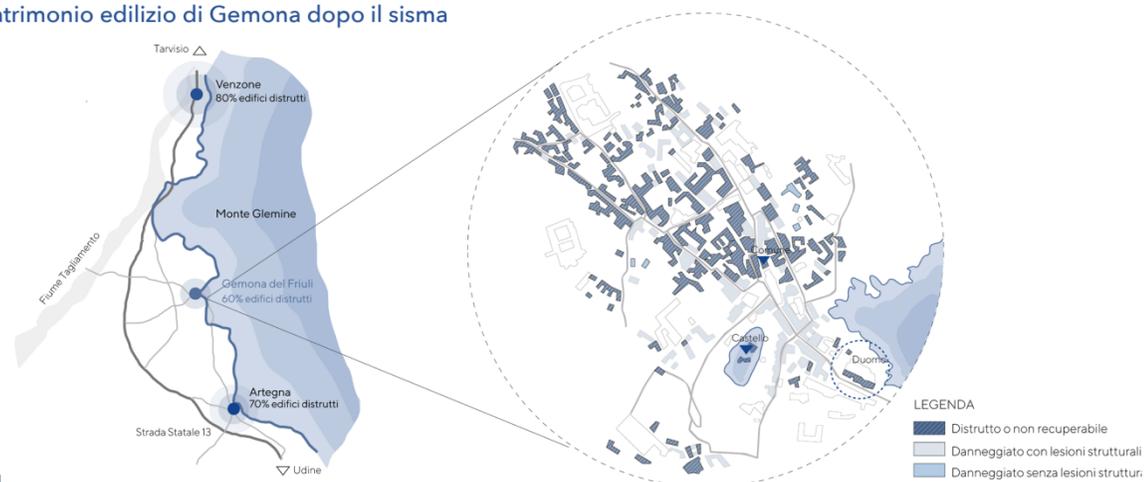
ità dei danni. Essa permise di generare una classificazione delle zone aventi la massima priorità e ad un'identificazione degli immobili più lesionati.

Molti palazzi con funzione pubblica furono coinvolti, municipi, ospedali e caserme, essenziali per il recupero della quotidianità cittadina. Ingentissimi risultarono i danni al patrimonio storico, i castelli del Friuli centrale e della Carnia ebbero gravi danni, il Duomo di Venzone risultò quasi totalmente distrutto e il Duomo di Gemona parzialmente distrutto. Edifici simbolo della storia friulana sopravvissuti in buone condizioni dal medioevo fino alla Seconda Guerra Mondiale, in pochi secondi vennero cancellati, creando così un totale mutamento del patrimonio e del panorama Friulano, non solo da un punto di vista formale ma anche simbolico, i Friulani temevano di aver perso completamente la loro identità.¹¹

Risultarono irriconoscibili anche la torre di Mels, ridotta a mucchi di pietre, il castello di Gemona anch'esso completamente distrutto, la Torre di Artegna sventrata e la Loggia di Prampero, significativa per la sua localizzazione che risultò completamente scomparsa.

Per quanto riguarda l'entità del danno al settore produttivo fu difficile calcolare una prima stima, il 40% delle industrie, in provincia di Udine, ebbero danni che comportarono il totale fermo dell'attività produttiva. Non appena fu possibile accertare un livello di vita stabile, mediante l'uso delle tendopoli da parte della popolazione, l'attività lavorativa venne immediatamente ripresa anche se con livelli di produzione notevolmente più bassi.¹²

Condizione del patrimonio edilizio di Gemona dopo il sisma



(fig.3) Rielaborazione grafica del livello di danno del comune di Gemona

⁷ AA.VV, *Friuli un popolo fra le macerie, vol. I-II*, Arti Grafiche Friulane, Udine, 1988, p. 40.

⁸ Baiutti G., op. cit. alla nota 1, p.80.

⁹ AA.VV, op. cit. alla nota 7, p.45.

¹⁰ Baiutti G. op. cit. alla nota 1, p.81.

¹¹ AA.VV, op. cit. alla nota 5, p. 50.

¹² Azzolini C., Carbonara G., *Ricostruire la memoria*, Udine, 2016.

Risultò invece più immediata la stima dei danni nei confronti del settore artigianale e commerciale, la ripresa fù molto più lenta rispetto al settore industriale, a causa del fatto che la gran parte di queste attività erano svolte all'interno di locali abitativi e quindi strettamente legate alle tempistiche della ricostruzione cittadina. Anche le attività commerciali risultarono fortemente colpite, 5000 fabbriche divennero inattive e di conseguenza venne a mancare totalmente il sistema di distribuzione locale. Il sisma colpì duramente anche il settore agricolo; il danneggiamento delle aziende più grandi portò anche ad aggravare la situazione delle piccole aziende familiari poiché ne bloccarono le operazioni di vendita, non potendo più rifornirle.¹³

1.2 Il “Modello Friuli” per la ricostruzione

Il popolo Friulano già dai primi giorni dopo la catastrofe pensava già alla ricostruzione, nonostante non fosse ancora terminata la ricerca dei sopravvissuti e la sepoltura dei morti. Fin da subito il Friuli ricevette aiuti non solo dall'Italia, ma dall'intera comunità internazionale; rientrarono alcuni friulani emigrati all'estero e giunsero militari europei ed extra-europei per prestare i primi soccorsi. Il giorno seguente al disastro il Presidente della Repubblica Leone, assieme al Ministro degli Interni Cossiga fecero visita alle popolazioni terremotate e nei giorni successivi raggiunsero il Friuli altre personalità di rilievo, come il Ministro dell'Istruzione Malfatti e Nelson Rockefeller, al tempo vice presidente degli Stati Uniti.¹⁴

La nomina dell'onorevole Giuseppe Zamberletti a commissario straordinario del governo per il coordinamento dei soccorsi, avvenuta il 15 Settembre 1976, rappresentò il primo passo per un'eccellente organizzazione amministrativa. Egli, con l'aiuto dei fondi statali e collaborando con le amministrazioni locali, realizzò il cosiddetto “Modello Friuli”, un programma di interventi ampio ed articolato che coinvolse tutte le amministrazioni locali, in particolar modo quelle comunali. Grazie a questo modello, interi paesi furono ricostruiti in circa dieci anni. Tale processo di ricostruzione fu elogiato sotto diversi punti di vista, sia per la metodologia, sia per ciò che riguarda la gestione delle risorse economiche. L'organizzazione si basava fondamentalmente su una stretta correlazione tra i diversi soggetti coinvolti, i quali avevano il medesimo obiettivo, ovvero la ricostruzione e la valorizzazione dei Beni Culturali.¹⁵ (fig.4)

Per comprendere al meglio il motivo del grande successo di questo modello, bisogna procedere ad un'analisi dei decreti legge su cui si basava, in particolare tre atti:

- La Legge n.17 del 7 Giugno del 1976
- La Legge Regionale n.546 dell'Agosto 1977
- La Legge Regionale n.63 del 1977

La Legge Regionale n.17 del 7 Giugno 1976 (perfezionata in seguito dalla legge regionale n.30 del 1988) diede inizio ad un'ampia azione di recupero, dal punto di vista statico e funzionale, del patrimonio edilizio danneggiato non gravemente. Questa fu un'iniziativa che mirava a limitare nell'immediato la necessità di insediamenti provvisori e in seguito ad evitare un nuova edilizia residenziale; tuttavia l'obiettivo principale era la salvaguardia di un patrimonio di importante valore storico, testimone di un'identità culturale che rischiava di andare perduta; questo fu il principio alla base dell'opera di ricostruzione. Attuando questo progetto e grazie ad un ampio lavoro di documentazione e di divulgazione, delle tecniche adottate per gli interventi, oltre 15.000 abitazioni vennero recuperate nell'arco di due anni, permettendo la reintegrazione funzionale di numerosi insediamenti danneggiati.¹⁶

Dal secondo atto legislativo (la legge regionale n.546 dell'8 agosto 1977) emerge chiaramente come la ricostruzione sia stata impostata da subito come un'azione estremamente articolata, mirata ad un più ampio programma di sviluppo regionale, che non si limitasse a ricostruire il preesistente

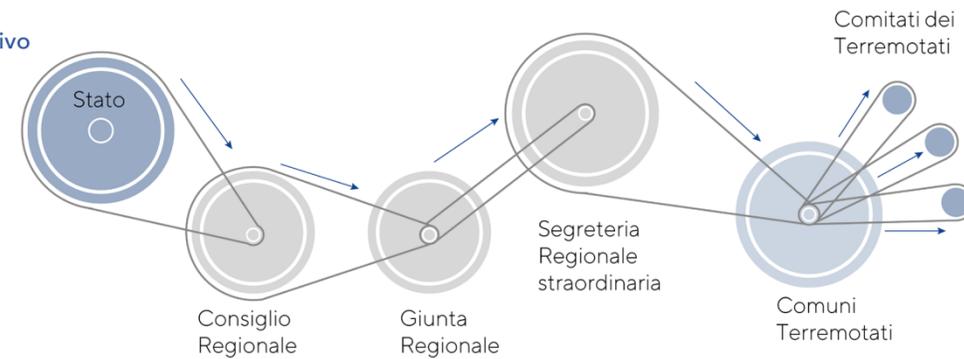
¹³ AA.VV, *Terre a Nordest- Friuli Venezia Giulia 1996 a vent'anni dal terremoto*, Pordenone, 1996, p.25.

¹⁴ AA.VV, op. cit. alla nota 5, p.10.

¹⁵ AA.VV, op. cit. alla nota 13, p. 40.

¹⁶ Ivi p. 60.

Processo tecnico-amministrativo



(fig.4)
Diagramma semplificato
rappresentante gli enti
collaboranti all'interno
del "Modello Friuli"

con finalità puramente risarcitorie del danno. Un altro aspetto da considerare è il ruolo centrale acquisito dalle autorità locali, in particolare dall'amministrazione regionale, la quale ebbe l'onere di definire il quadro normativo e tecnico-organizzativo, con l'obiettivo di concretizzare interventi mirati ad una ricomposizione spaziale che fosse funzionale al territorio. Venne sottolineata l'importanza della collaborazione da parte della politica e delle risorse umane ed istituzionali, affinché questo programma di ricostruzione portasse ad un vero e proprio sviluppo delle zone terremotate. Mentre i comuni assunsero il compito di riorganizzare fisicamente e funzionalmente gli insediamenti, l'amministrazione regionale ebbe un ruolo determinante nell'avvio immediato dell'opera di ricostruzione; infatti quest'ultima, tramite un'iniziativa legislativa e tecnico-amministrativa, iniziò sin dai primi mesi dopo l'evento sismico ad attuare un programma di recupero del patrimonio edilizio. Inoltre va ricordato l'eccellente intervento dell'amministrazione regionale nella fase dell'emergenza, in cui vennero predisposti

20.000 alloggi provvisori, in modo tale da dare ricovero a 75.000 persone.¹⁷

L'ultimo atto che consolidò questa metodologia di intervento fu la legge regionale n.63 del 1977, in cui vennero definite con maggior chiarezza tutte le linee guida dell'opera di ricostruzione, prestando particolare attenzione nei confronti dell'urbanistica, dell'edilizia e dei lavori pubblici. Inoltre venne delineato un quadro organizzativo degli strumenti finanziari e tecnico-amministrativi che, per circa un decennio, ha guidato le attività di ricostruzione degli insediamenti e di riqualificazione del territorio.

In sintesi, la ricostruzione fu concepita fin da subito come uno strumento finalizzato al rilancio dello sviluppo regionale, ponendo maggiore attenzione ai seguenti aspetti: l'equilibrio idrologico, il consolidamento delle base produttiva e l'ammodernamento della struttura urbana, sempre recuperando, per quanto possibile, il patrimonio edilizio preesistente. Inoltre fu rivoluzionato il sistema infrastrutturale regionale, completandolo e rendendolo più moderno,

al fine di inserire il Friuli tra le principali direttrici di sviluppo a livello europeo.¹⁸

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, un'altra legge fondamentale venne redatta allo scopo di fornire le linee guida per procedere alla ricostruzione, la Legge Regionale n.30 del 1977 "Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici". Questa legge costituì un momento di innovazione nel processo di ricostruzione i cui contenuti più importanti sono consegnati alla Documentazione Tecnica Allegata. Questa consisteva in 10 documenti all'interno dei quali venivano indicate precise disposizioni di intervento. Di particolare importanza il DT8 "Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici di cui l'art8 della LR 30/1977, aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l'architettura locale", che riconosce esplicitamente l'impossibilità di creare un'unica normativa valida per tutte le tipologie edilizie sia quelle di valore storico artistico che quelle di nuova costruzione, in quanto esse possiedono differenti comportamenti e caratteristiche statiche e di conseguenza richiedono interventi calibrati. Questa distinzione rivoluzionò il metodo di intervento nei casi di consolidamento sismico, poiché in precedenza tutti gli edifici, con valenza storica o meno venivano raggruppati nella categoria "Riparazioni" e quindi gli interventi che subivano erano i medesimi.¹⁹

La conoscenza del manufatto viene posta come principale criterio della corretta esecuzione e impone di redigere una serie di elaborati grafici a scala diversa fondamentali per il confronto tra lo stato di fatto e il progetto.

"lo scopo che si persegue è quello di identificare, nel più corretto dei modi, la natura intrinseca dell'edificio, sia osservato in se stesso, sia osservato in relazione al contesto ambientale che lo circonda; l'identificazione deve avvenire anche attraverso le operazioni di rilievo condotte in modo da poter successivamente ricavare, attraverso l'analisi che si suggerisce, un chiaro indirizzo di progettazione".²⁰

Gli interventi ammessi vengono classificati in due macro categorie, gli interventi di restauro e quelli di adeguamento funzionale; gli uni non escludono gli altri, anzi il DT8 punta principalmente ad una loro applicazione associata. All'interno della prima categoria lo scopo è quello di sottolineare la necessità di creare un consolidamento statico dell'edificio riportandolo alla configurazione originale accettando comunque successive modifiche purchè conformi al mantenimento del bene e del suo valore.²¹

La norma ammette l'utilizzo di materiali diversi da quelli originari anche in caso di bene monumentale, sulla base di un approccio che appariva naturale all'epoca ma sul quale sussistono oggi ampi margini di scetticismo. Il comportamento esibito in occasione dei recenti terremoti da edifici consolidati con cordoli in cemento armato, iniezioni armate, reti elettrosaldate e l'inserimento di fondazioni su micropali ha infatti dimostrato, come quelle tecniche sono spesso inefficaci quanto non addirittura dannose.

In ogni caso, lasciando per il momento da parte il giudizio sulle tecniche, il modello Friuli e la normativa tecnica generata in questo caso hanno permesso una rapida ricostruz-

¹⁷ Baiutti G., Dominici R., *Atti e documenti sulla ricostruzione delle zone terremotate del Friuli*, Udine, 2016 p. 34

¹⁸ AA.VV., op. cit. alla nota 13, p. 65

¹⁹ Ballardini R., *Il Restauro Architettonico nella ricostruzione del Friuli- Valutazioni critiche per un consuntivo*, Udine, 1990 p.32.

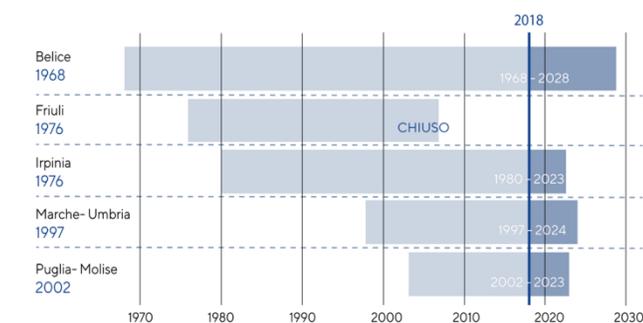
²⁰ Legge Regionale n.30 1977, art.8 "Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici"

²¹ Idem

ione, l'unico obiettivo che la Regione si era posta. Da una valutazione iniziale, che vedeva 18.000 edifici distrutti e 75.000 edifici danneggiati la ricostruzione totale ha richiesto solo 10 anni, in particolar modo 1.659 furono gli edifici di pregio ricostruiti.²²

Ad oggi il Modello Friuli viene considerato l'unico modello realmente efficace; infatti tra i diversi sismi che hanno colpito l'Italia dal 1968 al 2002, il caso friulano è il solo ad essere considerato "chiuso". Negli altri casi la ricostruzione non è ancora stata terminata. Ad esempio il Belice dovrà aspettare il 2028 per veder completata la ricostruzione, nonostante il sisma si sia verificato nel 1968, in Irpinia le previsioni fissano come termine di chiusura della ricostruzione il 2023 così come in altre regioni italiane quali le Marche, l'Umbria, la Puglia e il Molise ci sono ancora problematiche. L'unico caso di emergenza risolto risulta essere quello Friulano, ogni muro è stato ricostruito com'era, grazie alle scelte politiche prese e lo stanziamento di fondi adeguati che sono stati investiti nel recupero delle città e dei borghi. Il 2023 così come in altre regioni italiane quali le Marche, l'Umbria, la Puglia e il Molise ci sono ancora problematiche. L'unico caso di emergenza risolto risulta essere quello Friulano, ogni muro è stato ricostruito com'era, grazie alle scelte politiche prese e lo stanziamento di fondi adeguati che sono stati investiti nel recupero delle città e dei borghi.²³

Periodi di ricostruzione dei principali sismi italiani



(fig.5) Situazione attuale del processo di ricostruzione dei terremoti italiani, grafico rielaborato dalla "stampa"

1.3 La Normativa Tecnica per il Patrimonio Monumentale in zona sismica

Gli interventi edilizi effettuati in seguito al terremoto del 1976 hanno portato i legislatori a porre maggiore attenzione e maggiore consapevolezza nei confronti del comportamento da tenere in caso di emergenze dovute ad eventi sismici ed in particolar modo su come intervenire nella ricostruzione di beni monumentali. In questa occasione venne a dimostrarsi come il comportamento delle costruzioni antiche "rinforzate" con l'uso di iniezioni di cemento, reticoli cementati, pareti armate, cordoli in cemento armato e solai in laterocemento risulti inadeguato.

La Normativa Italiana sulla sismicità antecedente al 1976 nei confronti degli edifici monumentali risultava essere carente, in primis non era ancora stata definita una distinzione tra il bene storico e le nuove costruzioni. Come sosteneva Romeo Ballardini, non si era presa ancora coscienza della complessità di un organismo storico, egli infatti identificò alcune carenze nelle modalità di intervento:

- l'assenza di un'adeguata analisi dell'età del bene, con lo scopo di poterlo collocare in un adeguato periodo storico per capirne i metodi costruttivi applicati per la realizzazione.
- la mancanza di un approccio interdisciplinare, per poter garantire il totale controllo degli interventi da eseguire sia da un punto di vista tecnico che da un punto di riconoscibilità storica.
- l'aspetto tecnico degli interventi, dove veniva riconosciuta la poca chiarezza, che portò in molti casi ad effettuate diverse applicazioni improprie delle norme tecniche.²⁴

La conoscenza tecnologica e concettuale degli anni 70-80, portò all'impiego di materiali moderni all'interno delle costruzioni antiche, questo senza aver la possibilità di effettuare, mediante modelli di calcolo adeguati per le tipologie speciali, una corretta verifica di comportamento. In questi casi, i vuoti generati da tale impossibilità tecnica, sono stati colmati in maniera impropria, concependo tali consolidamenti come interventi di ristrutturazione statica, di conseguenza a ciò furono eseguiti interventi anche pesanti all'interno di beni monumentali, che vedevano l'utilizzo di materiali quali l'acciaio e il calcestruzzo armato.²⁵

Il primo cambiamento radicale venne dato dall'emanazione del Decreto Ministeriale 24.01.1986 del Ministero dei lavori Pubblici, tale decreto contiene la normativa tecnica sismica applicabile alle nuove costruzioni e gli interventi possibili sugli edifici esistenti, esso rappresenta la svolta normativa al vuoto riguardante gli edifici con caratteristiche storico artistiche. Viene presa infatti coscienza dell'invasività degli interventi effettuati in Friuli Venezia Giulia e in Irpinia, dove è stata eseguita una cementizzazione pesante. In particolar modo con il punto C9, viene stabilito un approccio diverso tra gli edifici di nuova costruzione e quelli storici, per gli edifici monumentali fu introdotto un approccio d'intervento diverso, quello di "Miglioramento". Quest'ultimo ha lo scopo di garantire un maggiore grado di sicurezza che permetta di non modificare in maniera sostanziale il comportamento globale dell'edificio.

La differenza nell'applicazione tra l'intervento di "adeguamento" e quello di "miglioramento" sta nel fatto che il primo

²² Baiutti G., Dominici Roberto, op. cit. alla nota 17, p.27.

²³ Perina F., "Ricostruzione il modello Friuli e l'unico che funziona usiamolo" da : <http://www.linkiesta.it/article/2016/08/26/ricostruzione-il-modello-friuli-e-lunico-che-funziona-usiamolo/31601/>, consultato il 12/04/2018

²⁴ Ballardini R., op. cit. alla nota 19, p. 33.

²⁵ Ivi, p.34

viene effettuato in presenza di interventi configurabili come sopraelevazioni, ristrutturazioni edilizie o comunque azioni tali da modificare in maniera sostanziale il comportamento statico e dinamico dell'organismo edilizio. L'obbiettivo invece degli interventi nei confronti del patrimonio è più assimilabile al miglioramento, lo scopo è quello di andare in primis ad aumentare la sicurezza nei confronti delle azioni sismiche senza però porre in modo rigido il problema del rispetto delle verifiche formali di progetto previste per le nuove costruzioni. Viene così redatta una linea di comportamento impostata sul ricorso agli interventi di miglioramento e su un'azione progettuale che porti riguardo al valore culturale e storico della costruzione. La norma definisce infatti:

“C.9.1.2. Intervento di miglioramento

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

*E' fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.”*²⁶

La Circolare n.1032 emanata nel medesimo anno, portò ad un cambiamento radicale, vide infatti la considerevole riduzione degli interventi massicci ed invasivi quali: le iniezioni cementizie, l'applicazione di pareti armate e la sostituzione immotivata di solai e coperture lignee con strutture in

cemento armato. Inoltre venne sollecitato l'uso di tecniche di consolidamento il più possibile compatibili con il bene, favorendo le tecniche tradizionali, limitando così le differenziazioni di materiale e l'utilizzo di tecniche moderne, in quanto non ancora verificate in termini di compatibilità.

Un'attenzione particolare venne anche imposta nei confronti delle caratteristiche storiche del bene, dai materiali ai magisteri originali, alle trasformazioni planimetriche. Queste portarono la necessità di effettuare un'attenta ricostruzione della storia sismica del bene, ponendo particolare attenzione alle eventuali riparazioni eseguite a seguito di eventi sismici passati. Viene di conseguenza reso necessario un approccio interdisciplinare in tutte le fasi progettuali con lo scopo di garantire il controllo totale dell'intervento.²⁷ Agli ultimi decenni del XX secolo si deve il momento di maggiore interesse nei confronti della nuova cultura e l'analisi delle costruzioni in muratura, questo coinvolgimento fu dovuto principalmente dagli eventi sismici che colpirono l'Umbria e le Marche nei medesimi anni.

Un' ulteriore svolta venne data dall'emanazione del Decreto Ministeriale del 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”. Quest'ultima prevedeva l'ampliamento della classificazione delle zone sismiche e poneva maggiore chiarezza sui criteri generali della progettazione, sia per quanto riguarda le verifiche statiche, sia per gli interventi di miglioramento ed adeguamento. Un altro aspetto ripreso in considerazione fu l'analisi del comportamento dell'edificio, sottolineando l'utilizzo di specifici coefficienti di risposta e protezione sismica. Venne ripresa e am-

pliata anche l'analisi dinamica della struttura, la quale deve essere effettuata attraverso l'utilizzo del metodo di verifica in campo elastico lineare e alcune verifiche tecniche come il controllo degli stati di tensione o di sollecitazione e il controllo degli spostamenti, obbligatori per tutte le costruzioni situate in zone dichiarate sismiche.

Dal punto di vista progettuale vengono differenziati i sistemi costruttivi in base alla tipologia di edificio (muratura ordinaria o armata, struttura intelaiata in cemento armato o precompresso, pannelli portanti, legno) e sulla base di questa distinzione vengono individuate le regole generali di comportamento, specifiche per ogni tipologia di fabbricato, sulle quali devono basarsi tutte le verifiche. Per quanto riguarda gli interventi di adeguamento o miglioramento vengono espresse specifiche richieste progettuali come: planimetrie, sezioni, particolari tecnici e la relazione progettuale. Tutti questi elementi permettono di ottenere un quadro più completo e una maggiore consapevolezza del tipo di intervento da eseguire. Infine vengono elencati i provvedimenti tecnici ritenuti idonei sia per i sistemi costruttivi tradizionali, sia per le nuove tipologie costruttive. Il fine è quello di ridurre gli effetti sismici e di aumentare la resistenza delle strutture, andando ad inserire, dove necessario, nuovi elementi o sistemi collaboranti a quelli esistenti. I possibili interventi alle strutture comprendono l'iniezione di miscele leganti, l'inserimento di pilastrini o tirantature, sia orizzontali che verticali, e l'applicazione di lastre in cemento armato o reti metalliche elettrosaldate.²⁸ Nel 2003 venne emanata l'ordinanza sismica n.3274, la

quale introdusse diverse novità nell'ambito della normativa tecnica, prendendo in considerazione tre aspetti diversi di essa, ovvero: la conoscenza e le indagini, i modelli di calcolo e le tecniche di intervento.

Per quanto riguarda il primo punto, vengono identificati diversi livelli di conoscenza (LC1,LC2,LC3) definiti in base al numero e alla tipologia di indagini eseguite. Definito il livello di conoscenza raggiunto, viene determinato un fattore di confidenza (FC), attraverso il quale si modificano i coefficienti di sicurezza da utilizzare.

Un altro elemento fondamentale introdotto dall'ordinanza è l'utilizzo di modelli di calcolo che risultino il più vicino possibile al comportamento reale. Questi modelli permisero di analizzare le costruzioni nello stato effettivo, a differenza di ciò che avveniva negli anni '80 e '90, quando gli interventi eseguiti erano imposti in base a dei modelli predefiniti. La verifica col metodo POR infatti, determinava che l'elemento architettonico non si lesionasse nelle fasce di piano e considerava i solai come elementi infinitamente rigidi. Di conseguenza gli interventi non erano eseguiti in funzione di un calcolo ma effettuati a priori con lo scopo di rendere l'elemento calcolabile. Da tale metodologia ne deriva l'inserimento sistematico di cordoli in breccia e la sostituzione di solai lignee co rigide solette in cemento armato.

Successivamente si comprese che per ottenere un comportamento strutturale buono non ci si doveva limitare ad aumentare la rigidezza e la resistenza, ma si doveva garantire alla costruzione la capacità di deformarsi. L'ultimo punto (allegato E), mediante un esame critico, fornisce le tecniche

²⁶ Decreto Ministeriale 24.01.1986, art.C.9

²⁷ Ballardini R., op. cit. alla nota 19, p.33.

²⁸ Decreto Ministeriale n.29 del 16 gennaio 1996,“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

d'intervento adeguate per il consolidamento sismico, sistemi di rinforzo basati sulle vulnerabilità riconosciute dell'elemento. Le tecniche pesanti d'intervento in c.a., delle precedenti normative vennero riconosciute come inadeguate o dannose per le costruzioni a carattere storico artistico. Ciò venne accentuato successivamente anche nelle "Direttive tecniche" del 18/01/1999.²⁹

Il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC) definisce i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, identificando i requisiti essenziali di resistenza meccanica, stabilità e durabilità da rispettare, anche in caso di incendio. Fornisce i criteri generali di sicurezza precisando le azioni da seguire in ambito progettuale, le caratteristiche da considerare nei materiali e la sicurezza strutturale dell'opera. Ribadisce inoltre l'importanza fondamentale della conoscenza dell'architettura storica, prima di intervenire su tali murature, presupposto indispensabile per generare una valutazione attendibile sulla sicurezza sismica e per effettuare una scelta corretta di intervento. Questa conoscenza viene conseguita anche per mezzo d'indagini che portano alla definizione di un modello interpretativo, questo terrà conto della qualità del funzionamento strutturale e dell'analisi strutturale.

Dal punto di vista della sicurezza delle prestazioni amplia l'analisi agli stati limite e determina che esse devono essere valutate in relazione agli eventi che si possono verificare all'interno della vita nominale dell'edificio. Tale decreto vede l'introduzione della vita nominale che rappresenta il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usa-

ta allo scopo al quale è destinata, mentre lo stato limite rappresenta la condizione che se superata l'opera non soddisfa più le esigenze per cui è stata progettata (SLU, SLE). Tali verifiche vengono espresse all'interno della norma per ogni tipologia di costruzione e variano a seconda del materiale utilizzato, dal calcestruzzo, all'acciaio e alle combinazioni dei diversi materiali. Questa specifica permette di tenere un comportamento chiaro per ogni tipo di costruzione civile o industriale. Per quanto riguarda le costruzioni esistenti, in cui rientra anche la categoria monumentale, definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza, la riprogettazione e il collaudo. La valutazione della sicurezza e gli interventi dovranno tenere conto di alcuni determinati aspetti, in primis se la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione, se possono essere presenti difetti di realizzazione, visibili o meno, se possa esserci la presenza di azioni eccezionali, i cui effetti non siano ancora manifestati, il degrado dei materiali e le modifiche rispetto alla condizione originaria. Inoltre in questa tipologia soprattutto, viene richiesta un'adeguata conoscenza, ricavabile mediante documentazione delle geometrie, dettagli costruttive, analisi delle proprietà meccaniche dei materiali e indagini conoscitive.

Gli interventi vedono la classificazione in "adeguamento", "miglioramento" e "riparazione o locali". I primi mantengono il medesimo obiettivo, ovvero di aumentare la sicurezza strutturale preesistente raggiungendo i livelli di sicurezza fissati. Il secondo si basa sempre sul raggiungimento della sicurezza strutturale senza però necessariamente essere

vincolati al raggiungimento del livello di sicurezza fissato dalla norma. Infine gli interventi di riparazione o locali, sono interventi che interessano singoli elementi strutturali, con lo scopo di non ridurre le condizioni di sicurezza preesistenti. Viene introdotta una procedura specifica per la valutazione e la redazione del progetto, riconoscendo che per le tipologie di edificio storico, le situazioni sono molto diverse ed è impossibile prevedere specifiche regole per tutti i casi, per questo motivo il modello di valutazione verrà definito e giustificato dal progettista stesso, in relazione al comportamento strutturale più attendibile che avrà la costruzione.³⁰ L'ultimo documento riguardante la normativa sismica viene redatto nel 2010 e si tratta della circolare n.26 del 2 dicembre denominata "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale". In essa vengono fornite le indicazioni per la riduzione e la valutazione del rischio sismico sul patrimonio, determinando che i beni situati nelle zone dichiarate a rischio sismico subiscano esclusivamente azioni di miglioramento strutturale. Inoltre si definisce nuovi requisiti di sicurezza da considerare nei beni architettonici di valore storico-artistico, aggiungendo agli stati limite già esistenti lo stato limite di danno ai beni artistici (SLA). La circolare va a sottolineare l'importanza dell'acquisizione di una conoscenza dettagliata del manufatto, mediante lo studio delle caratteristiche della fabbrica. L'obiettivo è quello di definire un modello interpretativo che consenta di effettuare l'analisi strutturale e una conseguente valutazione degli eventuali interventi da eseguire. Vengono illustrate inoltre le diverse possibilità di model-

lazione del comportamento strutturale di una costruzione storica in muratura, in particolare per la valutazione della sicurezza sismica vengono distinti tre livelli di completezza (LV1-LV2-LV3). Infine vengono descritti i criteri da seguire per il miglioramento sismico, ovvero per la riduzione della vulnerabilità riscontrate, indicando per ciascuna problematica le possibili tecniche di intervento, esaminate in relazione al loro impatto sulla conservazione del bene.³¹ Gli interventi eseguiti sul patrimonio costruito devono essere coordinati da un architetto esperto nel campo della conservazione e del restauro, il progettista avrà il compito di individuare i punti più idonei nei quali effettuare prove diagnostiche, valutare le ipotesi di intervento e scegliere tecniche d'intervento e materiali compatibili con la struttura esistente.³² La normativa più recente che affronta l'argomento sismico risale all'anno corrente, le "Norme Tecniche per le Costruzioni" 2018, un documento che va a riprendere ed ampliare il precedente NTC 2008. In questo nuovo testo per quanto riguarda la categoria delle "costruzioni esistenti" viene sottolineata la variazione in merito alle limitazioni di altezza, le prescrizioni sulla geometria e sui particolari costruttivi; per le disposizioni di carattere generale non vengono effettuate alterazioni. Anche in questo caso viene ribadita l'importanza che ha il progettista nel compito di valutare le possibili interazioni della struttura mediante l'utilizzo della verifica agli stati limite SLU e SLE, sull'intero elemento o solo su parte di esso. La valutazione della sicurezza degli interventi dovrà tenere conto, come già esposto in precedenza, di alcuni aspetti della costruzione: essa riflette lo stato delle cono-

²⁹ Ordinanza Sismica n.3274 del 2003

³⁰ Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"

³¹ Circolare n.26 del 2 Dicembre 2010, "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale"

³² Carta di Cracovia 2000, *Scopi e Metodi*, punto 3

scenze al tempo della sua realizzazione e quindi possono essere presenti difetti d'impostazione o di realizzazione non ancora manifestati e le strutture possono presentare degradi o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria. Il livello di definizione del modello strutturale dipenderà dalla documentazione disponibile e dalla qualità delle indagini svolte. Queste indagini tratteranno gli aspetti della geometria dell'edificio e i particolari costruttivi, le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni e l'analisi dei carichi permanenti. Viene mantenuto l'impiego dei fattori di confidenza, parametri variabili in relazione al livello di conoscenza delle caratteristiche del sito, precedentemente elencate. La valutazione della sicurezza della struttura esistente ha lo scopo di determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere rispettando il valore di sicurezza minimo richiesto da normativa. La relazione della valutazione deve permettere di stabilire se: l'uso della costruzione possa procedere senza interventi; se debba essere effettuato un cambio di destinazione; se sia necessario alzare il livello di sicurezza con appropriati interventi. Tale valutazione deve essere attuata soprattutto nel caso in cui si abbia una riduzione evidente della capacità resistente e deformativa dell'intera struttura, o di alcune sue parti. Dove siano presenti alterazioni derivate dal degrado o dal decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, da problemi di fondazione o danneggiamenti prodotti dalle azioni ambientali.

*“Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell’art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n.42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio”, è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza”*³³

Per la progettazione degli interventi per le costruzioni esistenti soggette ad azioni sismiche, particolare attenzione viene data agli aspetti che interessano la duttilità, infatti si dovranno fornire informazioni adatte a valutare se i dettagli costruttivi, i materiali e i meccanismi resistenti siano in grado di sostenere le sollecitazioni e le deformazioni anche in campo anelastico. Negli edifici in muratura in particolare, si possono manifestare meccanismi locali e globali. I primi riguardano i singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente fuori del loro piano medio, favoriti dall'assenza o dalla bassa efficacia dei collegamenti tra le pareti e gli orizzontamenti o tra le pareti stesse. I secondi interessano l'intera costruzione e riguardano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano medio.

³³ Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018, “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Sintesi del quadro Normativo

- **Linee-guida per la ricostruzione Friulana:**

- Legge n.546 dell'8 Agosto 1977
- Legge Regionale n.30 del 1988
- Legge n.63 del 1977

-DT8 “Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici di cui all’art 8 della LR 30/1977, aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l’architettura locale”

- **Decreti Legislativi per le zone sismiche**

- DM 3.03.1977 “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”
- DM 2.07.1981 “Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia”

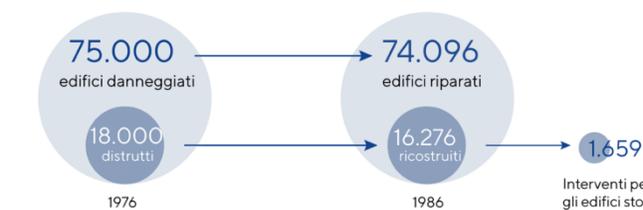
- DM 24.01.1986 “Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche. (G.U. 12.05.1986, n.108)”

- Circolare n.1032, 18.06.1986 del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali “Interventi sul Patrimonio Monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni”
- DM 20.10.1087 “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e pe il loro consolidamento”

-DM 16.01.1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

-Ordinanza n.3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

-DM 14.01.2008 “Norme tecniche per le Costruzioni” (NTC)



- Circolare n.26, 2.12.2010 “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale”

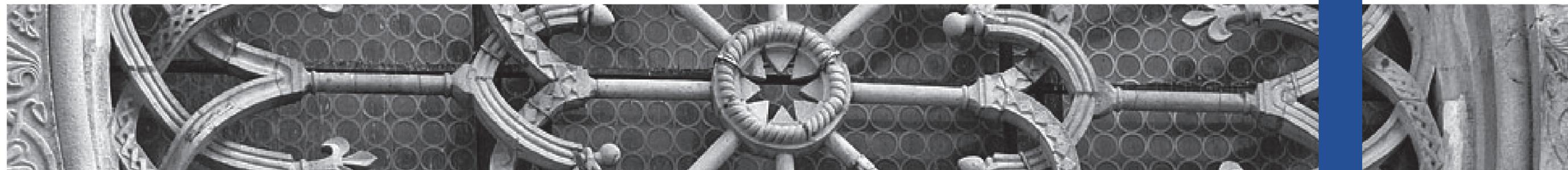
Fornisce indicazioni per la riduzione e la valutazione del rischio sismico sul patrimonio monumentale, determinando che per i beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico il restauro comprenda l'intervento di MIGLIORAMENTO STRUTTURALE.

Definisce i nuovi requisiti di sicurezza da considerare nei beni architettonici di valore storico-artistico, inserendo agli stati limite già presenti lo STATO LIMITE DI DANNO AI BENI ARTISTICI (SLA).

L'importanza dell'acquisizione di una CONOSCENZA DEL MANUFATTO, mediante lo studio delle caratteristiche della fabbrica con lo scopo di andare a definire un modello interpretativo che consenta l'analisi strutturale e una valutazione degli eventuali interventi.

Vengono illustrate le diverse possibilità di modellazione del comportamento strutturale di una costruzione storica in muratura, per la valutazione della SICUREZZA SISMICA, classificata in tre livelli di completezza. (LV1-LV2-LV3)

Descrive i criteri da seguire per il miglioramento sismico, ovvero per la riduzione della vulnerabilità, indicando per ciascuna problematica le possibili TECNICHE DI INTERVENTO esaminate in relazione al loro impatto sulla conservazione del bene.



IL DUOMO DI GEMONA DEL FRIULI PRIMA DEL 1976

- 2.1 Lo sviluppo urbanistico di Gemona del Friuli
- 2.2 Indagine storica del manufatto
- 2.3 Confronto tra la facciata originale e la facciata attuale
- 2.4 Analisi del rilievo storico del 1952 di Roberto Elia

2.1 Lo sviluppo urbanistico di Gemona del Friuli

La cittadina di Gemona del Friuli vede la sua nascita verso il 500 a.c. grazie all'insediamento di un popolo Celtico che decise di porre radici poiché in quel luogo aveva visto una posizione strategica, oltre che morfologica molto rilevante. Gemona infatti nasce ai piedi del monte Glemine all'inizio della pianura della Valle del Tagliamento, luogo di transizione di molti popoli, una motivazione fondamentale per la nascita di una cittadina autonoma.³⁴

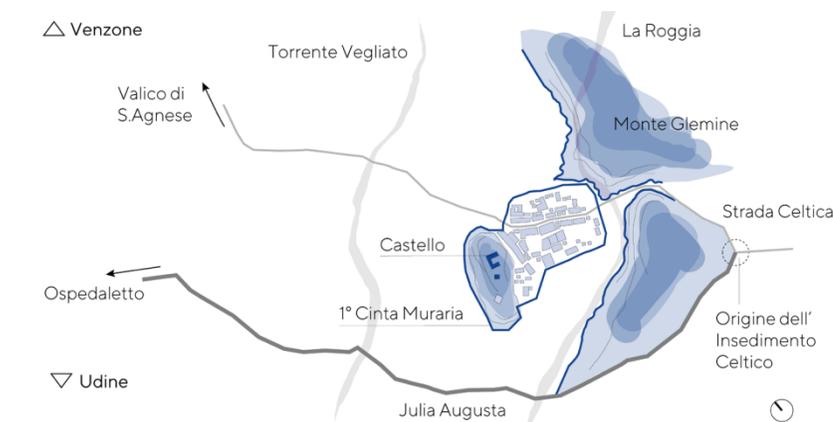
Al 186 a.c. si deve l'inizio della colonizzazione Romana del Friuli, i romani presero possesso di Gemona poiché considerato importante luogo di controllo del territorio oltre che della diffusione della romanità. A ragione di questi obiettivi andarono in primis a migliorarne la viabilità, in particolar modo sotto l'Impero di Augusto al tracciato

celtico che attraversava l'intera cittadina venne affiancato un nuovo tracciato proveniente da Artagna e denominato "Julia Augusta" su cui sorgevano due stationes. Precedentemente questa via di transito era già esistente ma venne saggiamente deviata dai Romani per Ospedaletto, una parte si dirigeva verso il passo di Monte Croce Carnico, mentre l'altra risaliva il Canal del Ferro, dando luogo ad una via che per secoli fu la principale via di transito dei popoli del Nordico. Gemona sorge su un colle alluvionale ai piedi del monte Glemine, questa sua particolare conformazione morfologica la rese una rilevante posizione strategica di controllo e per questo motivo i romani la trasformarono in un 'accampamento militare stabile'.³⁵

Dal 568 al 776 d.c. possiamo identificare il periodo Lon-

568-776 d.c. Periodo Longobardo

(fig.6)
Rappresentazione della situazione urbana alla nascita della cittadina Gemonese



³⁴ Pressinotto L., Nimis G. P., *Gemona un recupero di storia una prospettiva del futuro*, Udine, 1980 p.14

³⁵ AA.VV., *Gemona ed il suo Mandamento*, Banca popolare cooperativa di Gemona, Bologna, 1979 p.23

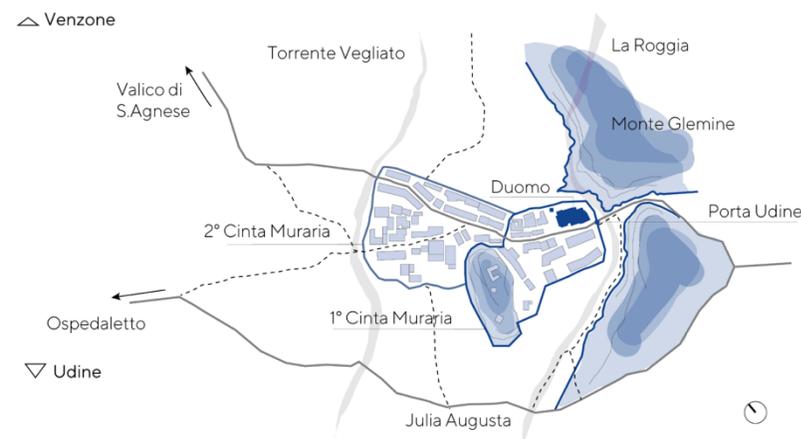
gobardo, questi invasero l'Italia provenendo dall'Ungheria ed eressero Gemona ad armania, ovvero una comunità di uomini atti al lavoro e alla difesa, che dipendevano direttamente dal re. Grazie a loro si ebbe la nascita del vero e proprio nucleo urbano, sul colle venne edificato il castello, un mastio fortificato sede dei soldati impegnati alla difesa della cittadina. I longobardi svilupparono molto la città sull'aspetto militare perché via di passaggio delle merci e quindi luogo di frequenti tentativi di invasione.³⁶ (fig.6)
 La prima testimonianza dell'esistenza di Gemona è situata all'interno dello scritto "Historia Longobardum" scritto da Paolo Diacono, nel 611 d.c. in cui si legge che il Duca del Friuli stabilì che alcune famiglie longobarde, nobili e libere, si stabilissero nel "Castrum Glemonae", il caposaldo contro

le scorrerie degli Avari, inoltre descrive il castello come uno dei luoghi inespugnabili del Friuli.³⁷
 Dopo il lungo presidio longobardo verso il 1000 d.c ebbe inizio il periodo Patriarcale che durò per quasi 400 anni. Sotto il principato ecclesiastico del Patriarca di Aquileia, feudatario del Sacro Romano Impero Germanico, Gemona ebbe il momento di massimo sviluppo e prosperità, grazie all'espansione delle attività commerciali, artigianali e finanziarie, diventando anche una delle prime cittadine ad avere un proprio statuto. Nel 1184 il patriarca Goffredo fondò il primo mercato settimanale della cittadina. Inoltre, per sottolineare la potenza patriarcale venne impedita la costruzione di qualsiasi altro mercato a Nord della città, con l'obiettivo di non sminuire in alcun modo il privilegio della città e

concentrare solo su di essa l'attività commerciale presente. L'introduzione del Niederlech, un dazio obbligatorio, portò grandi benefici economici, poiché essendo Gemona lo snodo dei commerci internazionali, obbligava la sosta delle merci in transito ed il cambio dei carriaggi. Questo rese la città un centro di primaria importanza, poiché per un lungo periodo rimase l'unica via di transito per i popoli che volevano commerciare al Nord o verso Venezia.³⁸
 Questa grande prosperità dal punto di vista economico permise anche un'espansione del nucleo abitativo. Infatti nel periodo patriarcale ci fu un' ampliamento della cinta muraria e il completamento dell'edificio simbolo della città, ovvero il Duomo.³⁹ (fig.7)

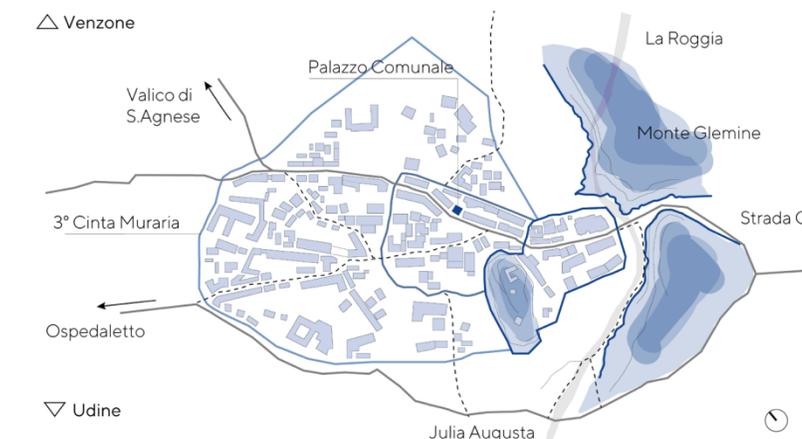
All'inizio del 400 si ebbe il passaggio effettivo dal Dominio Imperiale alla Repubblica di Venezia da parte di tutto il Friuli nei confronti del nascente "stato di terra" Veneziano, infatti i Veneziani avevano l'obiettivo di trasformare Udine nella Venezia su terra, sia da un punto di vista economico che da un punto di vista stilistico. Il dominio Veneziano in Friuli, guidato dal doge Tommaso Mocenigo, garantì 400 anni di prosperità alla cittadina, interrotta solamente per le vicende dovute alla Lega di Cambrai, grazie alla scelta di lasciare ampie autonomie locali. La patria del Friuli, con sede a Udine e un proprio Parlamento, stava diventando una contea indipendente, un protettorato che faceva riferimento a Venezia solamente per le esigenze militari e politiche.⁴⁰
 Il declino di Gemona però iniziò fondamentalmente con il

1000-1369 d.c. Periodo Patriarcale



(fig.7) Rappresentazione della situazione urbana all'inizio dello sviluppo

1400-1797 d.c. Periodo Veneziano



(fig.8) Rappresentazione della situazione urbana nel momento di massimo sviluppo

³⁶ Pressinotto L., Nimis G. P., op. cit. alla nota 34, p.14

³⁷ Diacono P., (Edizione originale 789 d.C.), *Storia dei Longobardi*, Pordenone, 1990, p.102

³⁸ Pressinotto L., Nimis G. P., op. cit. alla nota 34, p.16

³⁹ AA.VV., op. cit. alla nota 35, p.30

⁴⁰ Ivi, p.34

nuovo assetto politico poiché la grande via di transito da, e per il Nord Europa perse d'importanza in favore di altre, e quindi la cittadina non ebbe più il privilegio di essere uno snodo di transito commerciale. Nonostante questo cambiamento continuò la sua espansione andando a potenziare la propria attività artigianale e commerciale con lo scopo di diventare un punto attrattivo del commercio che si stava sviluppando su altri assi. Anche dal punto di vista urbano continuò la sua espansione andando ad edificare la terza cinta muraria ed edificando un vero e proprio palazzo comunale dedicato alla gestione politica. (fig.8)

Il 26 Marzo del 1511 una forte scossa di XI grado MCS e magnitudo 7, colpì con violenza una vasta area della Slovenia e il Nord-Est d'Italia. I centri cittadini più colpiti risultarono essere Idrija e Lubiana per la Slovenia, e le cittadine di Gemona Osoppo e Venzone per il Friuli. Il numero delle vittime e dei danni per tale evento resta imprecisato per le tensioni sociali del periodo e a causa di un'epidemia di peste.⁴¹

Le case, che in precedenza al sisma erano in stile medievale, vennero ricostruite in stile Rinascimentale prima, per poi essere concluse in stile Barocco. La causa di questo cambiamento stilistico viene attribuita alla corrente di pensiero Veneta, che si stava diffondendo sul territorio friulano. Dopo una successione di invasioni da parte degli Austriaci e dei Russi arrivò la conquista di Napoleone che portò definitivamente all'abolizione del Parlamento della Patria del Friuli, si ebbero grandi cambiamenti dal punto di vista politico ed economico, e anche Gemona subì l'assetto de-

lineato dal Trattato di Campoformio. Da qui si diede il via ad una successione continua di domini: Francesi, Austriaci e poi dei Savoia, tutti con una visione di potere fortemente concentrato il che chiaramente influì ancora di più sulla posizione del potere di Gemona ormai diventata cittadina di coronamento e non più di posizione. Dal punto di vista urbano Napoleone impose la demolizione di tutte le mura medievali e di conseguenza Gemona perse l'originale assetto difensivo, venne mantenuta un'unica porta, collocata ai piedi del duomo, denominata Porta Udine.⁴²

Nell'800 venne introdotta una importante innovazione, la ferrovia, che come nuovo mezzo di trasporto sia commerciale che di svago, cambiò tutta l'impostazione della viabilità e tutto il concetto di commercio. La ferrovia in questo caso non era affiancata alla cittadina ma era posizionata in assetto centrale rispetto al territorio friulano, lo scopo era quello di velocizzare i commerci con gli stati nordici senza soffermarsi in luoghi secondari, di conseguenza con questa premessa vennero allontanati ancora di più i possibili scali delle merci da Gemona.⁴³

Nella carta più antica, risalente al 1895, il nucleo principale di Gemona si trova posizionato a ridosso dei monti e vede la presenza di alcuni borghi inferiori disposti attorno al perimetro di essa; altri sono nati al di sotto dell'antica strada Pontebbana, altri sono posti lungo la nuova Pontebbana, arteria fondamentale della viabilità utilizzata in questo caso anche come limite per l'espansione. I Casali disposti lungo i principali percorsi che scendono da Gemona risultano essere numerosi e posti a distanze regolari. A sud infine possi-

amo identificare la fascia delle Risorgive, che divide in due parti la pianura.⁴⁴

Solo nel 1913 troviamo un ulteriore rilevamento dove si identifica la costruzione del primo tratto del canale Ledra-Tagliamento, e la nascita di alcune imprese significative come il cotonificio Morgante e la Filatura Veneta di Campollesi. Anche i borghi nei pressi del centro risultano aumentare e i casali aumentano di numero e lungo la statale viene a crearsi il primo vero e proprio filamento di edifici.

Negli anni 20 e 30 del novecento furono realizzate nuove infrastrutture, in primis il nuovo tratto ferroviario per Osoppo, nuovi ponti e la strada variante della statale. Anche il nucleo centrale vede la variazione di una significativa infrastruttura denominata la nuova via Dante Alighieri, che dal centro di Gemona porta alla stazione ferroviaria, dove attorno ad essa ha iniziato a formarsi una densa edificazione.⁴⁵

Dopo la Seconda Guerra mondiale si ebbe un miglioramento dello stato italiano in generale, grazie al boom industriale, e anche Gemona riuscì ad averne una conseguenza positiva, il processo lento ma costante della diffusione dell'edificato continuò, aumentarono le case lungo le direttrici fondamentali sia quelle uscenti dal nucleo storico che quelle esterne principali come la Pontebbana e la Ferrovia. La situazione continuò fino al maggio del 1976, mese in cui avvenne il secondo evento sismico significativo che portò alla distruzione quasi totale della città e costrinse i Gemonesi a ricominciare di nuovo. Più del 60% dell'edilizia di Gemona risultò completamente distrutta o gravemente danneggiata, situazione che aggravò la precedente economica. Da

un ridisegno della carta IGM del 1982, (fig.9) emerge come a circa dieci anni dal sisma i vuoti urbani, dovuti ai crolli, si stessero risanando e l'edificato locale risultasse sempre più omogeneo. I filamenti stradali si erano trasformati in vere e proprie fasce urbanizzate, a valle si collocavano grandi elementi edilizi come l'ospedale e le grandi fabbriche, una scelta derivante dall'emergenza appena affrontata. La statale acquisì sempre più valore diventando una "strada mercato", luogo sul quale sono presenti molteplici capannoni artigianali e commerciali.⁴⁶



(fig.9) Ridisegno della carta IGM, Situazione di urbanizzazione al 1982

⁴¹ "La geologia dei terremoti, il terremoto del 26 Marzo 1511" da <https://ingvterremoti.wordpress.com/2014/04/09/speciale-la-geologia-dei-terremoti-il-terremoto-del-26-marzo-1511-al-confine-tra-italia-e-la-slovenia/>, consultato il 17/05/2018

⁴² Pressinotto L, Nimis G. P., op. cit. alla nota 34, p.22 .

⁴³ AA.VV, op. cit. alla nota 35, p.45

⁴⁴ Costantini E., *Glemone*, Società Filologica Friulana, Udine, 2001 p 57

⁴⁵ Ivi, p 59

⁴⁶ AA.VV, *La forza di rinascere - Gemona e il Friuli 1976-2001*, Udine, 2001 p 25

2.2 Indagine storica del manufatto.

Il Duomo di Gemona venne edificato all'interno della prima cinta muraria, in un luogo dove in precedenza erano state edificate già altre chiese tra il X-XI secolo. Venne collocato ai piedi del Monte Glemine al punto d'ingresso della cittadina, al di sopra della Porta Udine, porta che collegava Gemona con il centro del Friuli. La costruzione iniziò nel 1290 mediante l'ampliamento di una chiesa precedente dedicata a Santa Maria della Pieve, chiesa di cui si ha testimonianza grazie ad un documento dell'archivio capitolare del 1190 che accenna alla sua esistenza. Una ulteriore documentazione, che attesta la precedente chiesa è datata 1204, e consiste in un atto di matrimonio tra il Marchese Azzo VI d'Este e Alisia figlia di Rinaldo principe d'Antocchia, uno dei primi matrimoni celebrati di cui si ha documentazione.⁴⁷

La nascita del Duomo attuale, viene attribuita all'architetto scultore Maestro Giovannoni, il quale lascia memoria di sé per mezzo di un'epigrafe datata 1290, collocata al di sopra del portale principale. Egli fu costruire il nuovo impianto sul luogo di sedime di una precedente chiesa Romanica. Il maestro fu affiancato nella creazione dell'opera da numerosi scultori e pittori specializzati, in primis Maestro Griglio e il figlio, che tra 1331-32 ebbero l'incarico di eseguire la scultura di 5 metri del San Cristoforo posto in facciata, (fig.10) e il Maestro Nicolò di Marcuccio che dipinse attorno ad esso le scene della vita quotidiana del santo, intervento ricordato dall'iscrizione presente sulla facciata stessa, poichè ad oggi tali pitture non sono più visibili. Tra il 1334-36 si affiancò nei lavori il Maestro scultore Buceta che ebbe il compito di eseguire il rosone centrale, un blocco scolpito interamente

fatto di pietra piacentina.⁴⁸ Nel 1337, nel giorno di pentecoste, il Duomo completato venne consacrato dal vescovo di Parenzo, delegato dal Patriarca Bertrando. All'epoca l'impianto si presentava con tre navate, divise tra loro da due file di pilastri, sette per lato, e un presbiterio rettangolare. Dopo pochi anni furono eseguiti alcuni lavori di rifinitura, la copertura in piombo venne completata e vennero aperte alcune finestre nell'area del presbiterio dove, Maestro Zuanutto nel 1371 ebbe l'incarico di dipingere l'Annunziata.⁴⁹ Nel 1429 si ebbe la prima significativa variazione planimetrica, il presbiterio duecentesco venne ampliato di 10m, e si eresse la cupola al di sopra del nuovo abside di forma semi poligonale. La parte anteriore del presbiterio invece mantenne la gradinata d'accesso e l'iconostasi con le statue del crocifisso e dei dodici apostoli. A tali modifiche si aggiunse anche la disposizione interna, l'altare maggiore venne trasportato all'interno del nuovo abside e nei muri laterali del coro venne consentita l'apertura di due nuovi ingressi.⁵⁰ Tra il 1450-57 si fecero dei grandi rimaneggiamenti, sia nella disposizione interna, sia nella parte strutturale. La direzione dei lavori fu assegnata a due architetti e lapicidi luganesi, il Maestro Elia e il Maestro Bernardo.(fig. 11) Durante questi lavori furono apportate importanti modifiche, si effettuò la sopraelevazione del pavimento, portandolo ad un metro e mezzo al di sopra dei muri perimetrali e vennero erette due ulteriori file di colonne verso il presbiterio. All'interno della chiesa possiamo ritrovare le date che attestano l'esecuzione di questi interventi, scolpite in rilievo sulle paraste che si impostano al di sopra delle prime colonne. Ulteriore vari-

⁴⁷ Pressinotto L, Nimis G. P., op. cit. alla nota, p.72

⁴⁸ Marini G., *Storia del Duomo* in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona ,1987 p.11

⁴⁹ Azzolini C., Carbonara G. op. cit. alla nota 12, p.25

⁵⁰ Marini G., op. cit. alla nota 48,p.50

azione venne data dalla costruzione di tre cappelle, La cappella della Beata Vergine degli Angeli, a spese di Cristoforo da Latisana, posta sulla navata destra, La cappella del Santissimo Sacramento posta frontalmente alla prima ma sulla navata sinistra, su commissione della famiglia Elti, e infine la Cappella dei Re magi, nettamente più piccola collocata all'inizio della navata sinistra.⁵¹

Il 26 Marzo del 1511, data significativa per la cittadina di Gemona, avvenne la prima scossa di terremoto, un terremoto di magnitudo 7 Richter e X grado MCS, con epicentro rilevato al confine con la Slovenia. Non si hanno documentazioni che attestino lo stato di danno effettivo subito dal duomo, ma si ha qualche accenno sul castello che subì gravi danni.⁵² (fig.12)

Le prime documentazioni post-sisma sono dovute ai lavori svolti tra il 1579- 1587, anni in cui venne eseguito il restauro radicale del tetto mediante il rinnovo della copertura in piombo.⁵³

Dal 1639 al 1654 si ebbero nuovi importanti lavori di modifica, per volontà della famiglia nobile dei Locatelli. La direzione dei lavori venne consegnata ad Antonio Sardi, proto di Venezia, che con l'aiuto del tagliapietre Giorgio Spadaro, diede inizio alla seconda significativa variazione planimetrica, il vecchio presbiterio venne demolito e ridotto alle dimensioni attuali e furono innalzate due nuove colonne a chiusura della navata centrale. Successivamente nel 1742, seguendo lo stile Barocco che segnava l'architettura di quel periodo, le capriate a vista delle tre navate furono coperte da leggere volte a crociera, le monofore gotiche

presenti sulla navata centrale furono sostituite da finestre rettangolari e infine l'arco trionfale di accesso al presbiterio, con le due arcate delle cappelle laterali furono rivestite da elementi decorativi in stucco, eseguiti dal Maestro Nicolò Forgiarini e dai Pischiutti, stocchi che saranno poi rimossi alla fine dell'ottocento. Anche la pavimentazione del presbiterio subì un nuovo cambiamento, venne ribassata poiché considerata troppo alta, e ridotta ad una gradinata di accesso di soli 13 scalini.⁵⁴

Tra il 1825 e il 1827, fu effettuato l'intervento di rifacimento della facciata romanico- lombarda, ritenuto necessario poiché il duomo fu riconosciuto in una situazione di pericolo. A causa di una maggiore contropinta generata dalle arcate più ampie, l'edificio stava iniziando a pendere verso un lato, rischiando il crollo. Il progetto d'intervento sulla facciata venne seguito inizialmente dall'ingegnere Boni, per poi essere sostituito dall'architetto Valentino Presani. Quest'ultimo propose una ristrutturazione radicale, basata sulla simmetria degli elementi e sulla corretta distribuzione dei carichi. La facciata venne suddivisa in tre porzioni verticali, corrispondenti alle navate retrostanti. Questa scansione venne ulteriormente sottolineata dall'inserimento di paraste corinzie e dallo spostamento di alcuni elementi dell'apparato scultoreo. Questo fu l'ultimo intervento di restauro pesante eseguito sulla fabbrica.⁵⁵

Nel 1922 la copertura, già precedentemente rivista e ristrutturata, venne rifatta, tale rifacimento fu dovuto alle invasioni subite nella prima guerra mondiale che videro l'asporto di parte della copertura in piombo per la creazione

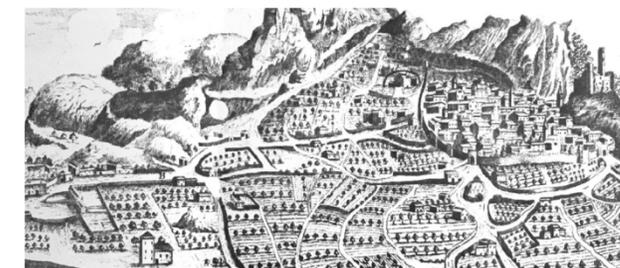
di armi. Inizialmente le porzioni mancanti furono sostituite con lastre di eternit che negli anni a seguire vennero eliminate, in modo tale da ripristinare la copertura originale in piombo. Questo fu l'ultimo intervento effettuato sul Duomo fino all'evento sismico del 6 maggio 1976, data in cui avvenne la prima scossa di terremoto con magnitudo pari a 6 Richter. La scossa provocò gravissimi danni al complesso del duomo, l'intera navata destra crollò, a causa soprattutto dallo smottamento del terreno e le colonne della navata centrale si inclinarono di 67 cm verso la parte mancante. La navata sinistra invece subì solo azioni di contraccolpo e rimase integra con lesioni non rilevanti, il campanile invece venne completamente distrutto.⁵⁶ I lavori di progettazione e ricostruzione iniziarono nel 1980, anno riportato all'interno dei disegni progettuali dell'ingegnere Brisighella e dell'architetto Franca che si occuparono, per commissione della Soprintendenza dei Beni Culturali, della ricostruzione del Duomo. Il 5 Gennaio 1986, dopo 10 anni dal sisma si ebbe l'inaugurazione del duomo ricostruito che venne riconsegnato alla città.⁵⁷



(fig.10) Veduta di Gemona, Fonte: Costantini Enos, *Glemone*



(fig.11) San Cristoforo, Fonte: Marcheletti Giuseppe, *Il mito di Maestro Griglio*



(fig.12) Veduta di Gemona, Fonte: AA.VV. *Gemona un recupero di storia*

⁵¹ Marini G., op. cit. alla nota 48, p.14

⁵² "La geologia dei terremoti" da <https://ingvterremoti.wordpress.com/2014/04/09/speciale-la-geologia-dei-terremoti-il-terremoto-del-26-marzo-1511-al-confine-tra-italia-e-la-slovenia/>, consultato il 19/05/2018.

⁵³ Clonfero G., *Gemona Del Friuli. Guida Storico Artistica*, Udine, 1975 p.40

⁵⁴ Ivi, p.39

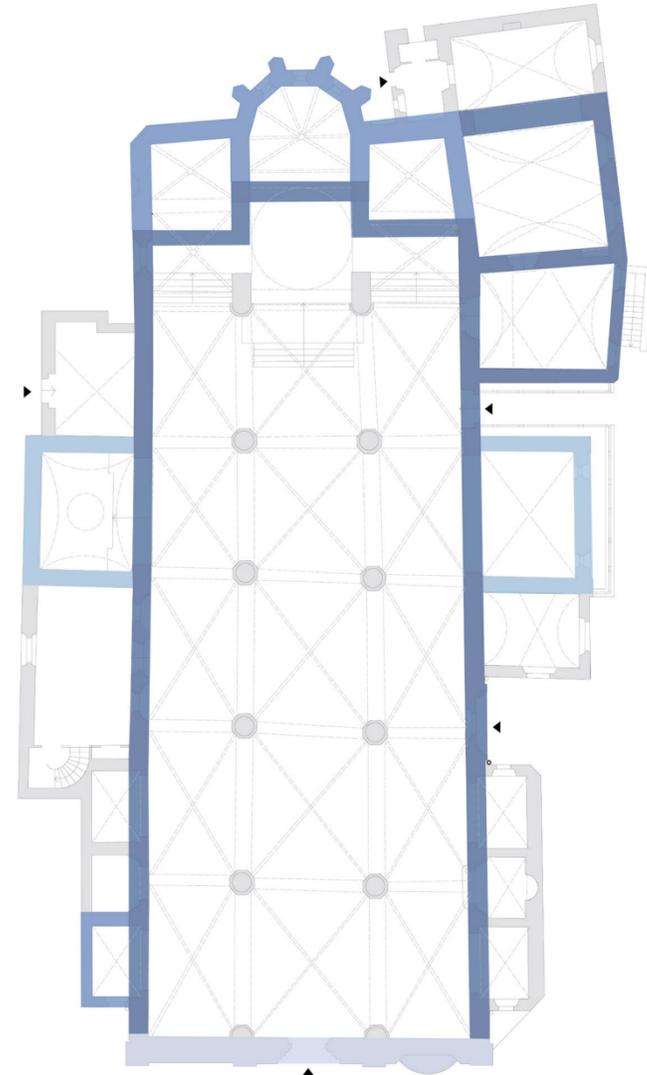
⁵⁵ Clonfero G., *Note cronologiche*, in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona, 1987 p.10

⁵⁶ Baiutti G., op. cit. alla nota 1, p.27.

⁵⁷ Clonfero G., op. cit. alla nota 55, p.11

Regesto storico del Duomo

1190	Documento dell'Archivio capitolare in cui si nomina una chiesa di Santa Maria della Pieve Matrimonio tra il Marchese Azzo VI d'Este ed Alisia figlia di Rinaldo principe d'Antocchia
1290	Ricostruzione dell'edificio sotto la guida dell'Architetto - Scultore Maestro Giovanni sul luogo di una precedente chiesa Romanica Maestro Griglio e figlio eseguono il San Cristoforo posto in facciata Rosone eseguito dal Maestro Buceta in pietra piacentina Consacrazione da parte del Vescovo di Parenzo
1429	Presbiterio duecentesco ampliato di 10m. Edificazione della cupola e dell'abside semipoligonale.
1450 - 57	Erette le Cappelle della Beata Vergine degli Angeli, del Santissimo Sacramento e dei Re Magi a direzione dell'Architetto Elia e dell'Architetto Bernardo
1511	Scossa di terremoto del 26 Marzo, Magnitudo 6.9, epicentro localizzato al confine tra Italia e Slovenia
1639 - 54	Demolito il vecchio presbiterio e coperta la navata principale con volte a crociera in incannucciato. Monofore in facciata sostituite con finestre rettangolari.
1822	Rilievo dell'Ingegnere Boni che ha permesso la documentazione dell'aspetto medievale della facciata e l'individuazione di un grave pericolo di crollo. La Deputazione Comunale e la Fabbriceria analizzano la perizia del Boni, ma nonostante l'intervento fosse necessario la proposta progettuale risultò essere troppo costosa e quindi venne bocciata.
1824	Vennero approvate le proposte di consolidamento dell'architetto Presani, ma fu necessaria una seconda perizia di rilevamento dei danni prima di poter intervenire poché le condizioni di degrado della facciata erano peggiorate.
1828	L'intervento di restauro venne concluso, la facciata staticamente venne ripristinata. Lo stile Gotico non ebbe nuove aggiunte, vennero ricolocati in maniera più simmetrica gli ornamenti precedenti. Ripristinata la copertura asportata durante l'invasione del 1917-18 sostituita in Eternit. Esecuzione del rilievo dello stato attuale da parte dell'Architetto Roberto Elia
1976	Prima scossa: 6 Maggio, Magnitudo 6.5, epicentro localizzato nel comune di Venzone Seconda scossa: 11 Settembre, Magnitudo 5.8 Terza scossa: 15 Settembre, Magnitudo 6.0 Inizio dei lavori di ricostruzione e consolidamento ad opera dell'Ingegnere Brisighella e dell'Architetto Giuseppe Franca Fine dei lavori di ricostruzione del Duomo e inaugurazione



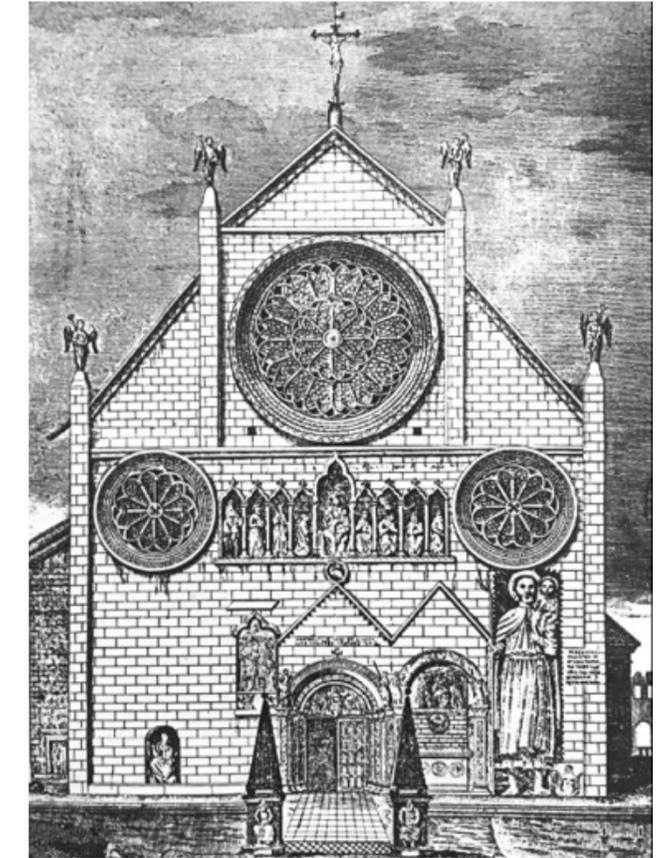
2.3 Confronto tra la facciata originale e la facciata attuale

La facciata attuale, dovuta ad una ricostruzione approvata il 13 settembre 1823, è stata terminata nel 1828 ad opera di Valentino Presani.⁵⁸

Come fosse originalmente la facciata prima dell'importante restauro lo riconosciamo mediante un rilievo dell'ingegnere Boni del 1822, che permette di documentare in maniera dettagliata l'aspetto medievale.(fig.13)⁵⁹

La facciata a salienti presentava una guglia centrale, la quale era sorretta dalla muratura laterale e da due paraste che si interrompevano all'altezza della cornice tra il primo ed il secondo ordine. Al centro sorgeva il portale principale, incorporato all'interno di un protiro ed affiancato da un secondo protiro contenente un sarcofago. Il primo presentava una cuspide, oltrepassata da un elemento circolare contenente l'Angelo Mistico mentre al di sopra di essa, all'interno di una fascia orizzontale, era presente un'incisione. Fu grazie al ritrovamento di questa documentazione che fu possibile testimoniare la presenza dei due protiri, elementi, che nei disegni precedenti risultavano non essere presenti.⁶⁰

Nella parte centrale e ai lati, erano collocati i rosoni, realizzati in breccia, quello centrale presentava dimensioni notevolmente più ampie di quelli laterali, mentre tra di essi era collocata una galleria di nove nicchie cinte da archi acuti, dove all'interno furono collocate nove statue raffiguranti l'Epifania. All'estremità destra era situata una monumentale statua di San Cristoforo, mentre nella parte inferiore dell'ala opposta erano collocate asimmetricamente, una statua raffigurante il Pantocrate e un bassorilievo rappresentante la Crocefissione.⁶¹



(fig.13) Incisione dell'ingegner D. Boni, Facciata originale del Duomo
Fonte: AA.VV., Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona, Ufficio Beni Culturali Gemona

⁵⁸ Bucco G., *Arte in Friuli- Arte a Trieste*, Udine 1976 p.91

⁵⁹ Liruti G. G., (Edizione originale 1771) *Notizie di Gemona*, Venezia, 1990, p 34

⁶⁰ Archivio di Gemona, *Cartolare n.50 delle deliberazioni consiliari della terra di Gemona*, 1822-1834 p.26 nota 7

⁶¹ Marchetti G., *Il mito di Maestro Griglio*, Udine, 1943 p.18

La decisione di intervenire sulla facciata medievale risale al 1822, quando pervenne alla Deputazione Comunale una richiesta d'intervento da parte della Fabbriceria del Duomo. In una lettera datata 17 Aprile 1822 la parrocchia di Gemona sosteneva che senza un pronto e sollecito restauro la copertura e la facciata del Duomo sarebbero crollati. Questa segnalazione convinse i Consiglieri ad intervenire effettuando un'adeguata perizia del danno. L'incarico di eseguire tale perizia fu affidato all'ingegner Boni che ne identificò l'effettivo pericolo di crollo. La metà superiore della facciata risultava essere in fuori piombo e il punto di inizio dello strapiombo era visibile nella metà della galleria centrale. Inizialmente si ipotizzò che la causa di tutto questo fosse l'immenso peso della copertura, associato alla maggiore contropinta prodotta dalle arcate, piuttosto che da un movimento spontaneo del terreno.⁶²

Le problematiche rilevate però avevano avuto effetti anche sulle murature laterali, sia esternamente che internamente, infatti le spaccature risultavano essere talmente profonde da aver spezzato un cuneo della prima arcata interna. Questa ispezione permise di capire che, se la facciata fosse crollata, malgrado la resistenza del coperto, avrebbe trascinato con sé anche parte delle murature laterali. Il legname della copertura risultò marcio e se le arpe in violentissima tensione ad esse infisse avessero ceduto, la facciata sarebbe in gran parte crollata.⁶³ Anche il timpano presentava degli spostamenti evidenti, generati probabilmente da un movimento in proiezione orizzontale. La parte destra di esso tendeva a rientrare,

mentre la parte sinistra risultava flettersi. Inoltre effettuando un secondo sopralluogo si riscontrò che i piedritti angolari minacciavano di crollare, poiché completamente distaccati dalla muratura.⁶⁴ L'ingegner Boni, in seguito a queste ispezioni, propose di intervenire demolendo parzialmente la facciata e sottolineò l'importanza della ricollocazione degli elementi smontati nella posizione originale. Era consentito solamente il rifacimento dei pezzi che non risultassero più utilizzabili o mancanti.

*“Si passerà poscia a demolire la facciata della Chiesa della sua sommità fino al punto inferiore, ove arriva lo strapiombo, marcato dalla linea in rosso; in tale demolizione si deve usare ogni attenzione, con l'avvertenza di levare le pietre di prospetto, colonnelli, statue, con tutta la precauzione, ponendo il tutto a parte nel cimitero, marcando dove occorra le varie parti che la compongono, per non sbagliare nella ricostruzione e connessione delle parti stesse,”*⁶⁵

Il 12 settembre 1823 la Deputazione Comunale e la Fabbriceria analizzarono i primi accertamenti dell'ingegner Boni e nonostante l'intervento fosse necessario, la proposta progettuale risultò essere troppo costosa per la commissione che la contestò perché a lor ragione non teneva conto delle condizioni locali, non graduava gli interventi secondo l'urgenza e non distingueva ciò che era solo “ornamento” da ciò che era indifferibile. Il progetto venne di conseguenza revisionato da una commissione di esperti, decisa dalle

amministrazioni stesse, che avrebbe avuto il compito di verificare le opere di intervento e i materiali di utilizzo previsti. Il compito era di portare opportuni accorgimenti dove possibile, con lo scopo di abbassare il costo dell'intervento. Il 1824 fu dedicato alla revisione progettuale mentre il restauro vero e proprio iniziò solamente nel 1825.⁶⁶ Dopo l'ispezione da parte della Commissione prescelta dall'Amministrazione, Boni perse il suo incarico che venne affidato agli ingegneri del luogo. Implicitamente così vennero a perdersi tutte le linee di precauzione prese per la salvaguardia del materiale. Le due autorità sovrintendenti che presero l'incarico del restauro furono Valentino Presani e Giacomo Ostermann. Questi durante la riunione della commissione su come poter intervenire per poter sostenere le spese dell'appalto, proposero in primis il recupero di alcune pietre dalle rovine dell'antica Torre Comunale e di demolire la chiesa di Santa Caterina. Ostermann sosteneva che nella cittadina di Gemona vi fossero troppe piccole chiese di cui nessuno si curava, e che quest'ultima fosse anche urbanisticamente un ingombro per la viabilità cittadina.⁶⁷ Le proposte del nuovo intervento vennero approvate e la sottoscrizione del restauro fu effettuata il 9 Novembre del 1824 dai notabili di Gemona. Tuttavia a causa dei molteplici ripensamenti da parte dell'amministrazione, il livello di degrado della facciata era aumentato notevolmente.

Il Presani rappresentava il più importante esponente del movimento neo-classico in Regione e fu colui che diede la svolta decisiva ai lavori di progetto; egli ordinò una demolizione totale, non più parziale, introducendo però

criteri operativi diversi rispetto a quelli proposti in precedenza dal Boni. Durante il suo sopralluogo egli notò che lo strapiombo in realtà cominciava dalle fondamenta e si rispecchiava anche nelle mura interne, sugli archi e sulle colonne. La muratura della facciata non era per nulla solida, al di sotto dei rosoni e della galleria centrale, effettuando degli scavi, il Presani aveva notato che nella composizione muraria le pietre non avevano più alcun punto di coesione tra loro. Esse erano unite da cemento a base di calce mista e sabbia argillacea, ormai polverizzato. Dopo la demolizione fino alle fondamenta, si notò che esse risultavano completamente assenti dall'angolo Nord-Est fino al portale d'ingresso, tale mancanza fu senza dubbio la maggiore giustificazione al cedimento che stava avvenendo nel Duomo.⁶⁸ Il primo intervento strutturale fu di conseguenza l'edificazione delle fondazioni, ad una profondità adeguata per garantire la solidità della struttura (2 metri), il secondo l'edificazione dei quattro pilastri in sostituzione dei piedritti cadenti. Dal punto di vista materico Presani sosteneva che il materiale ormai era talmente degradato da poterne utilizzare ben poco delle parti dell'originale facciata e che quindi fosse necessaria una quasi totale ricostruzione che portò a modificare stilisticamente l'aspetto della facciata verso una moda più neo-classica ma che non vedeva l'inserimento di alcun nuovo elemento decorativo, solo una ricomposizione.⁶⁹ Confrontando la perizia effettuata dal Boni e il rilievo dello stato attuale, si osserva facilmente che vi sono state delle piccole aggiunte e variazioni derivanti dalla scultura medievale già esistente e delle modifiche o rimozioni puramente

⁶² Marini G., op. cit. alla nota 48, p. 48

⁶³ Ivi, p. 50

⁶⁴ Ivi, p. 55

⁶⁵ Archivio di Gemona, *Cartolare n.50 delle deliberazioni consiliari della terra di Gemona*, 1822-1834 p.30 nota 9

⁶⁶ Archivio di Gemona, *Cartolare n.50 delle deliberazioni consiliari della terra di Gemona*, 1822-1834 p.33 nota 11

⁶⁷ Baldissera V., *Degli Uomini degni di ricordanza in Gemona- Note Bibliografiche*, Udine 1888 p.25

⁶⁸ Ivi, p.27

⁶⁹ Marini G., op. cit. alla nota 48, p.59

compositive. Come sottoscritto dal perito Giacomo Ostermann:

*“Le sculture, per così dire, incerte poste alla rinfusa, e senza ordine di sorte alcuna sulla facciata saranno adattate in tutta l'integrità, e col più bel modo, nei luoghi designati a voce, e in quelli che verranno indicati”*⁷⁰

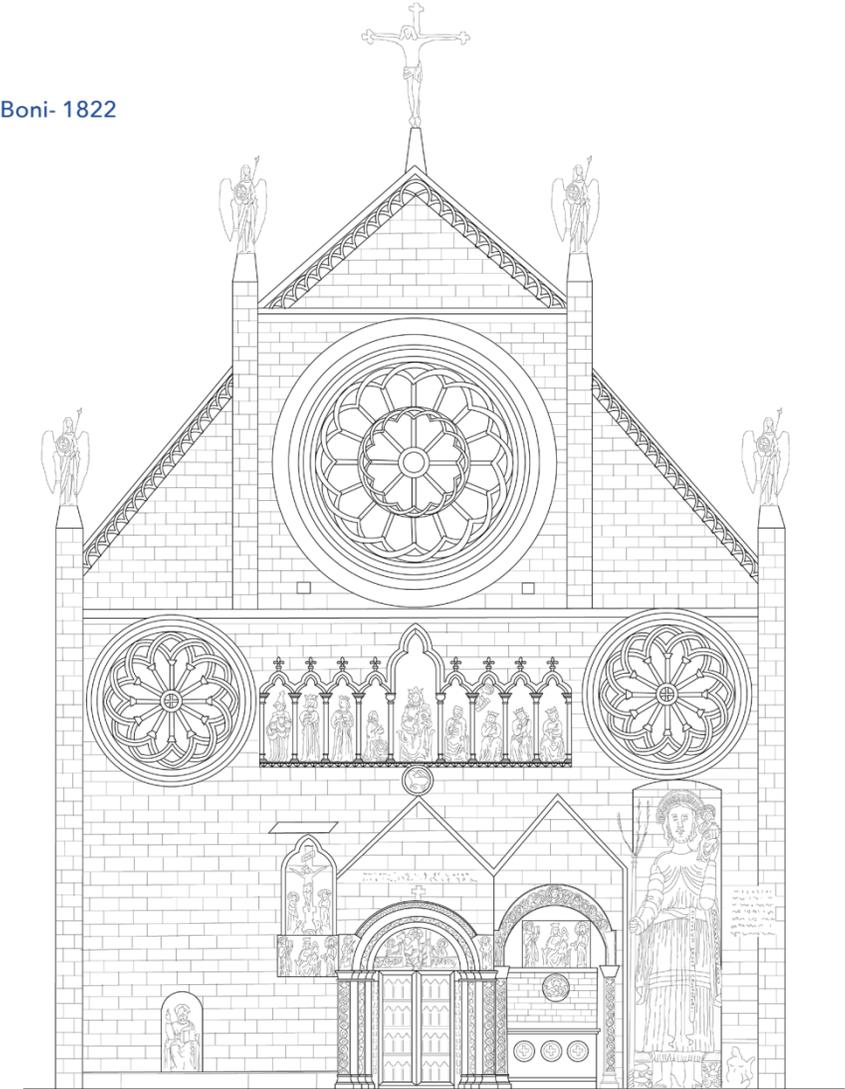
La prima modifica vede l'inserimento di una fascia contenete i dodici apostoli di origine medievale, che poteva appartenere all'interno, collocata al di sotto della galleria centrale e alcuni tondi contenenti profeti. Nessuna delle pietre originarie della copertura fu riutilizzata, quindi non furono sufficienti le pietre derivanti dalla demolizione della chiesa di Santa Caterina ma si dovette attingere anche alle cave vicine. L'iniziativa di generare una nuova facciata con impostazione più regolare e simmetrica, venne esaltata dalla Direzione e dalla Comunità, ma si ritenne di dover mantenere lo stile Gotico caratteristico dell'architettura, ridisponendo in modo più ordinato gli ornamenti che precedentemente erano in apparente ordine sparso.⁷¹

L'impostazione Romanica venne mantenuta, i tre rosoni vennero ricollocati con dimensioni ridimensionate per l'inserimento fra i nuovi pilastri strutturali. Il portale d'ingresso perse il protiro e il secondo adiacente, contenente il sarcofago venne eliminato. Il San Cristoforo rimase nella medesima posizione e la galleria cambiò solamente l'arcata delle nicchie. Gli elementi ornamentali più piccoli vennero spostati nella parte sinistra e allineati in modo tale da gen-

erare una nuova simmetria e un nuovo equilibrio anche dal punto di vista statico. Lo stile neo-classico si riscontra in particolar modo nei capitelli delle nuove colonne e nella cornice orizzontale.⁷² (fig.15)

I lavori di Restauro della facciata furono ufficialmente completati nel Febbraio del 1828.

La facciata originale D. Boni- 1822



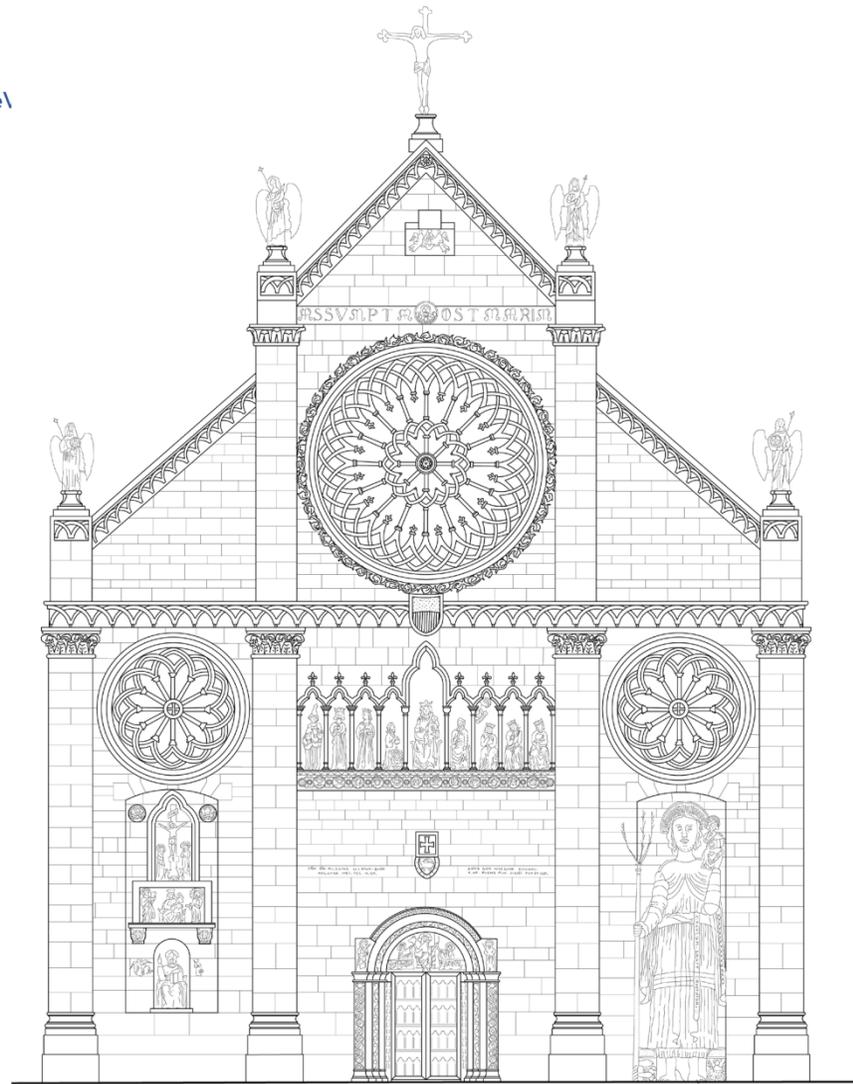
(fig.14)
Ricostruzione grafica
dell'incisione del ingegner
Boni

⁷⁰ Archivio di Gemona, *Cartolare n.50 delle deliberazioni consigliari della terra di Gemona, 1822-1834* p.30

⁷¹Ivi, p.59

⁷² Bucco G.,op. cit. alla nota 58, p.90

Il Progetto di ricostruzione\



(fig.15)
Ricostruzione grafica del
progetto di V. Presani

1822 D. Boni

Interpretazione dei danni

Grave pericolo di crollo: la metà superiore della facciata risultava essere uscita di piombo, si ipotizzò fosse causato dal peso della parte superiore. Le lesioni erano visibili esternamente e risultavano essere molto profonde. Se la facciata fosse crollata, in fuori piombo avrebbero ceduto anche le pareti longitudinali

Ipotesi Progettuale (non realizzata)

Demolizione parziale della facciata con totale cautela nel trattamento dei materiali smontati e una ricollocazione fedele di essi, non solo per quanto riguardava gli elementi scultorei ma anche per le pietre di rivestimento. Si prevedeva solamente il rifacimento dei pezzi che non risultassero più utilizzabili o mancanti. Alleggerimento della parte superiore con diversa distribuzione dei carichi.

1824-28 V. Presani

Interpretazione dei danni

Lo strapiombo cominciava dalle fondamenta e si rispecchiava anche nelle mura interne. La muratura della facciata non era solida né al di sotto dei rosoni né della galleria centrale. Le fondamenta risultarono assenti dall'angolo Nord-Est fino al portale d'ingresso, tale mancanza portò all'inclinazione della facciata.

Soluzione Progettuale (realizzata)

Il primo intervento fu la demolizione della facciata in seguito vennero edificate le fondamenta, ad una profondità adatta a garantire la solidità del suolo e della struttura. Successivamente vennero sostituiti i piedritti cadenti, ed infine l'intera facciata fu elevata rispetto al piano precedente. Dal punto di vista materico il materiale era totalmente degradato da non poterlo riutilizzare.

Confronto tra la facciata originale e quella restaurata

Il progetto dell'ingegner Bon prevedeva la ricollocazione fedele di tutti gli elementi scultorei mantenendo la composizione nell'originale stile Gotico. Non era prevista nessuna modifica compositiva. IL Presani al contrario, oltre che agli interventi strutturali di tutela della facciata, eseguì aggiunte e variazioni derivanti dalla scultura medievale già esistente. Le modifiche o rimozioni avevano scopo puramente compositive. Il primo cambiamento vide l'inserimento di una fascia lapidea, contenete i dodici apostoli, al di sotto della galleria centrale e alcuni tondi contenenti profeti. Il secondo protiro venne eliminato e alcune parti di esso vennero ricollocate sui prospetti laterali. L'obbiettivo fu di generare una nuova facciata con impostazione più regolare e simmetrica, mantenendone lo stile Gotico, caratteristico dell'architettura, ricollocando nel miglior modo possibile gli ornamenti che precedentemente erano in apparente ordine sparso. Lo stile neoclassico del periodo, venne inserito solamente nei capitelli delle paraste.

2.4 Analisi del rilievo storico del 1952 di Roberto Elia

Una delle prime documentazioni grafiche del Duomo di Gemona risale al 1952, realizzata dall'Architetto Roberto Elia, colui che disegnò i rilievi su incarico della Fabbrica del Duomo, dal 1937 al 1957. Il manufatto venne rappresentato originariamente in 60 tavole, ad oggi non tutte esistenti, contenenti: planimetrie, piante, prospetti e sezioni quotati e rappresentati a diversa scala. Questi disegni rappresentano uno dei primi elementi grafici, se non l'unico, che fornisce informazioni compositive ma anche informazioni dimensionali, risalenti a prima della ricostruzione del 1976.⁷³ (fig16-22)

La planimetria del Duomo di Santa Maria Assunta si configura come un aula a tre navate di impostazione romanica e priva di transetto. Ciascuna navata termina in un'abside di cui quella centrale, di forma poligonale e preceduta da un arco trionfale, è coperta da una volta a costoloni. Nell'abside principale inoltre la struttura in pietra da taglio rossa di S. Agnese e di pietra calcarea bianca è stata lasciata a vista e posata in opera a corsi regolari, generando quattro speroni di contrafforte. Tre finestre oblunghe ogivali, alte 7,50 metri e larghe 60 cm, interrompono la continuità materica lapidea dell'abside.⁷⁴

Le due absidi laterali a pianta quadrata presentano invece volte a crociera. Queste ultime sono presenti anche nelle navate laterali e nelle cappelle. La Cappella del Santissimo Sacramento presenta invece una volta a vela in cui è inserito centralmente un lucernario circolare, mentre i locali della Sagrestia e la cappella del Cristo sono caratterizzate da volte a botte lunettate.⁷⁵

Le cappelle maggiori sono la Cappella della Beata Vergine degli Angeli e la Cappella del Santissimo Sacramento, immediatamente riconoscibili vista la collocazione simmetrica tra loro e le medesime dimensioni; le cappelle minori invece presentano dimensioni variabili.

La copertura originaria del Duomo prevedeva una struttura lignea, ad oggi in laterocemento. Quali elementi lignei di copertura originali rimangono invece una sequenza di capriate presenti nella navata centrale.⁷⁶

Il presbiterio, insieme con gli adiacenti Altare dell'Annunziata e cappella di San Michele, risultano rialzati rispetto al piano di calpestio rispettivamente di 1,35 metri e 0,75 metri. La sommità dell'area presbiteriale invece è sormontata da una cupola a doppia calotta, sorretta da un tiburio finestrato e rivestita esternamente in piombo. Tale rivestimento è presente anche sulle coperture della navata centrale e di quella laterale destra. Nel complesso, il Duomo in pianta raggiunge una lunghezza di 49 metri ed una larghezza di 16 metri di cui la navata centrale è larga solamente 6,40 metri. Quest'ultimo elemento risulta significativo in quanto eccezione rispetto ai moduli planimetrici tradizionali romanici che ne prevedono una larghezza doppia.⁷⁷

⁷³ Ballardini R., op. cit. alla nota 19, p.87

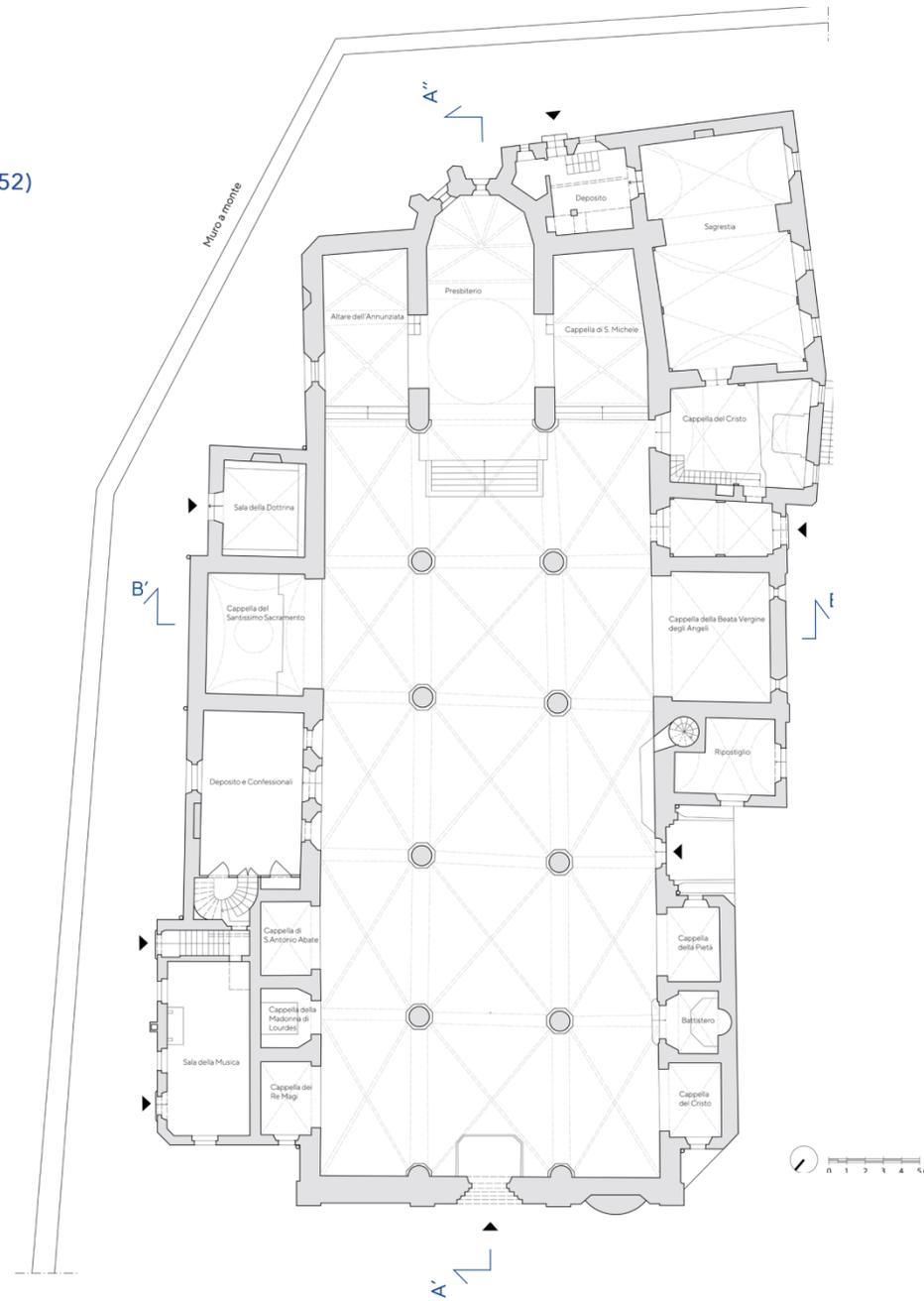
⁷⁴ Marini G., op. cit. alla nota 48, p.159

⁷⁵ Azzolini C., Carbonara G, op. cit. allanota 12, p.30

⁷⁶ Franca G., *Cronistoria del restauro* in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona ,1987 p.120

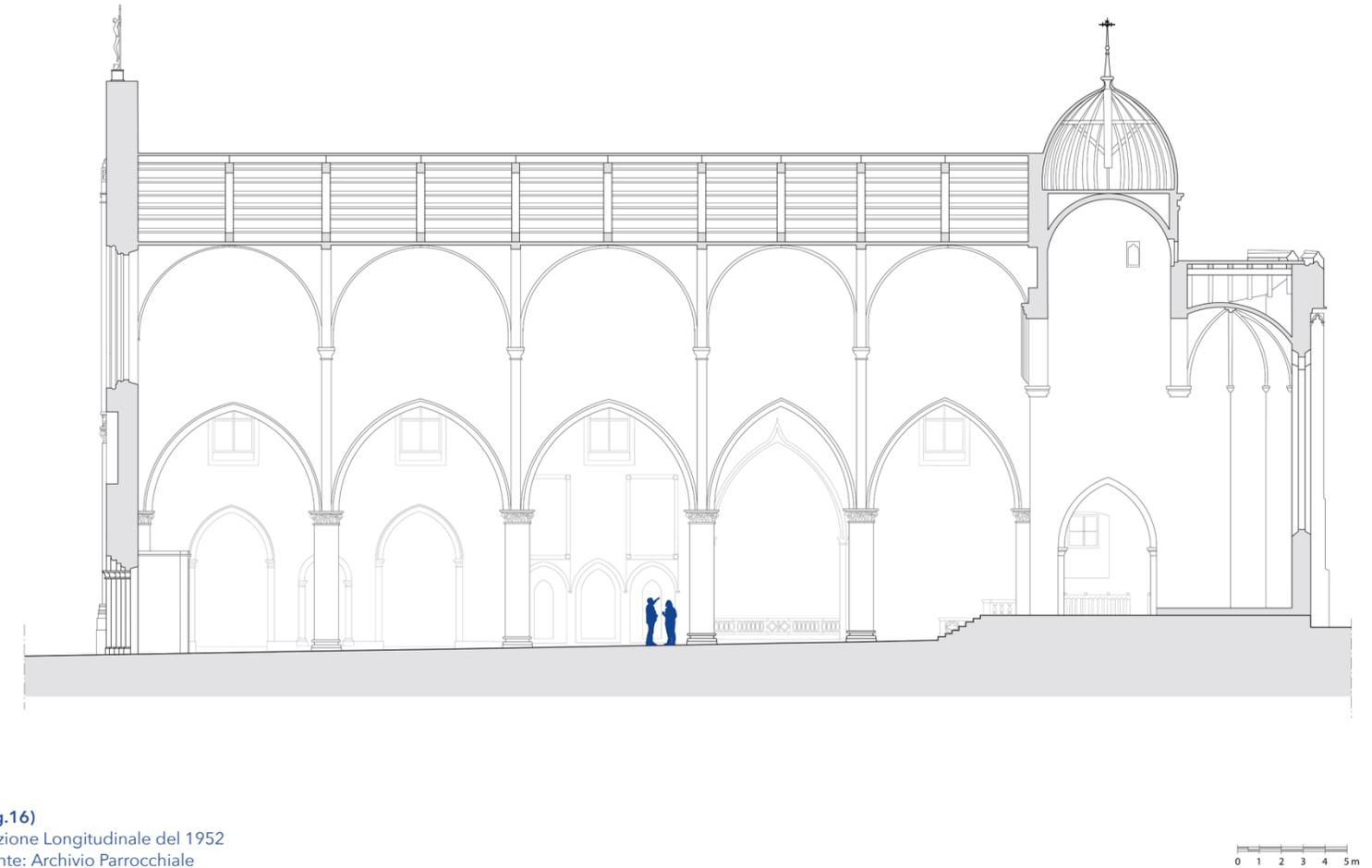
⁷⁷ Ivi, p.124

Rilievo storico, R. Elia (Luglio 1952)



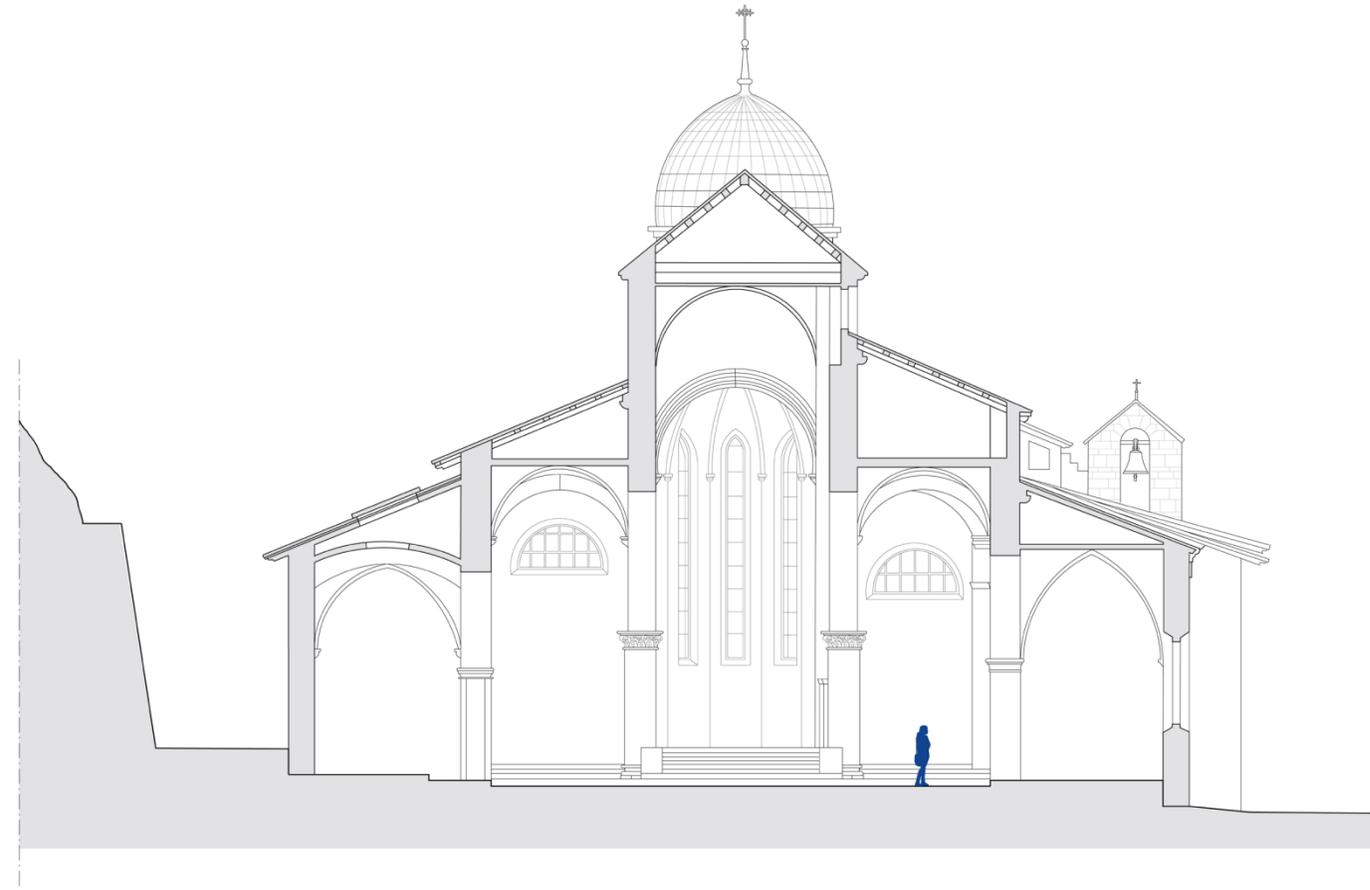
(fig.15)
Ricostruzione planime
del 1952
Fonte: Archivio Parroc

Sezione A'-A''



(fig.16)
Sezione Longitudinale del 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale

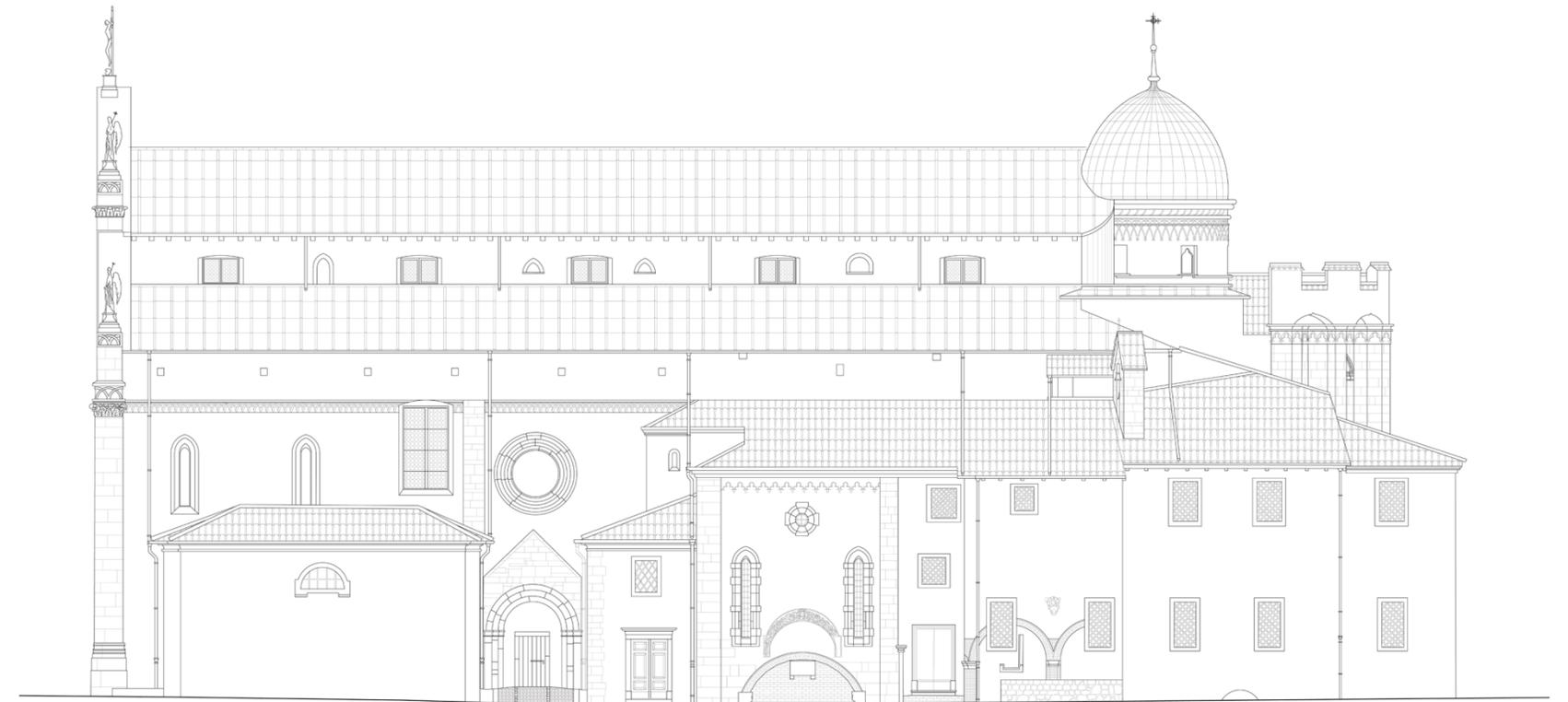
Sezione B'-B''



(fig.17)
Sezione Trasversale del 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale



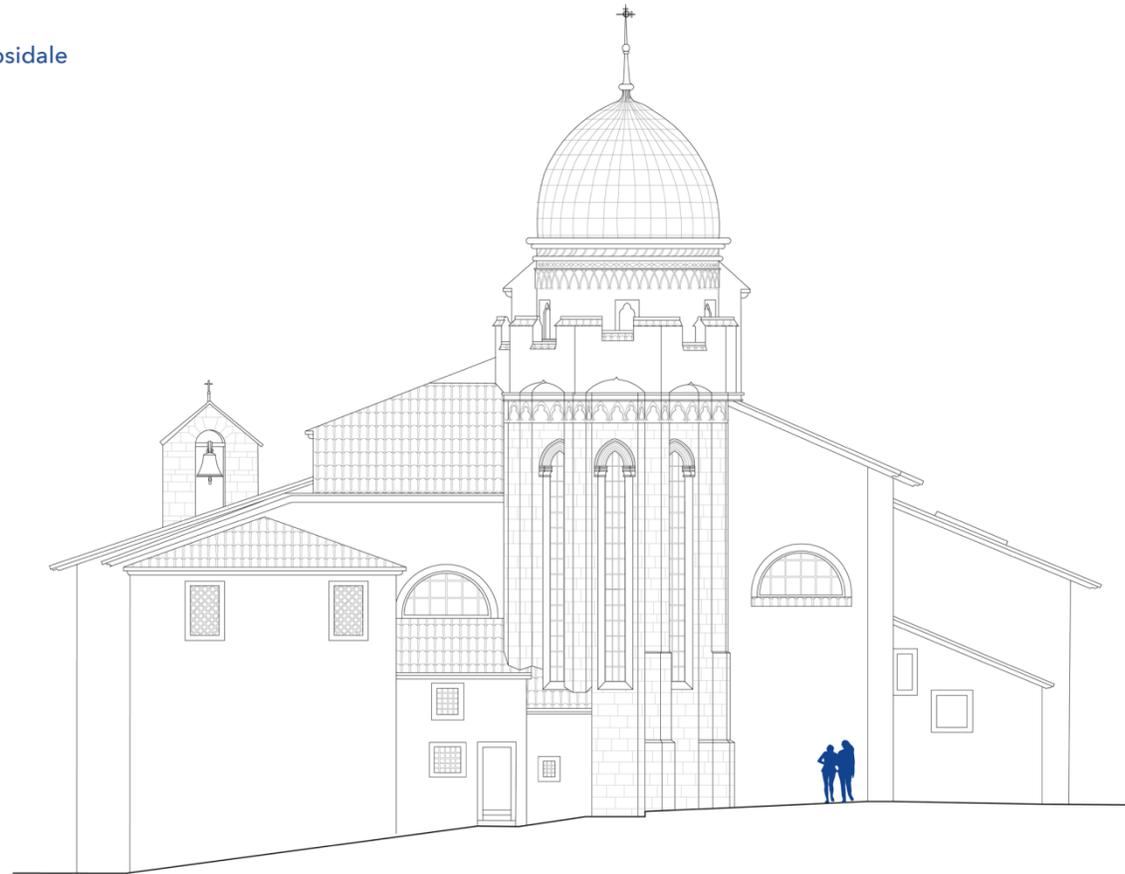
Prospetto Est- Navata Destra



(fig.18)
Rielaborazione grafica della navata destra, risalente al 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale



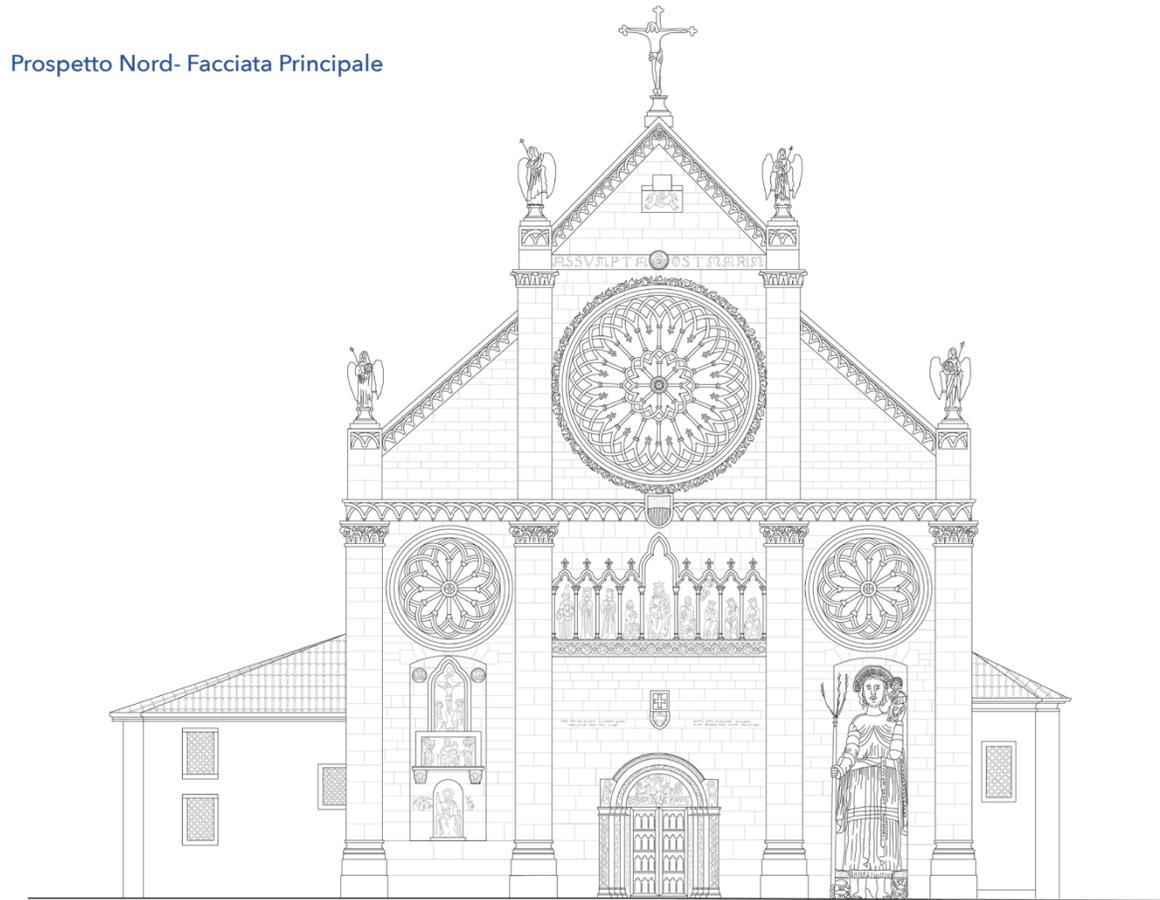
Prospetto Sud- Facciata Absidale



(fig.19)
Rielaborazione grafica dell'Abside, risalente al 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale



Prospetto Nord- Facciata Principale



(fig.20)
Rielaborazione grafica della Facciata principale, risalente al 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale



Prospetto Ovest- Navata Sinistra



(fig.21)
Rielaborazione grafica della navata sinistra, risalente al 1952
Fonte: Archivio Parrocchiale

0 1 2 3 4 5m

Le navate sono scandite da colonne di ordine corinzio, costituite da conci di pietra a taglio chiara disposti circolarmente e un nucleo di materiale a sacco, sormontate da archi a sesto acuto. Le colonne si prolungano in semipilastri che congiungendosi ad archi a tutto sesto vanno a ritmare le cinque campate.⁷⁸

Stilisticamente i motivi del Duomo sono riconducibili a due determinate correnti architettoniche, il Romano e il Gotico, con la netta prevalenza del secondo. Alcuni motivi romani possono essere individuati all'interno del portale, negli stipiti, dove sono presenti elementi decorativi lineari paralleli, tipici dello stile, che proseguono nelle ghiera a tutto sesto e in chiusura della lunetta. Altri sono individuabili nell'articolazione della massa muraria, in particolare nel robusto colonnato esterno. Al contrario le volte a crociera interne, pur evocando modelli romanici, non sono riconducibili a quel periodo poiché, seguendo lo spirito barocco del tempo, non furono realizzate in muratura, bensì in incannucciato intonacato, rinforzato dall'utilizzo dell'orditura lignea di supporto. Questo intervento fu realizzato nel restauro settecentesco, un restauro commissionato dalla famiglia nobile dei Locatelli che ebbe un fine puramente estetico, fu eseguito dal maestro Nicolò Forgiarino e dai Peschiutti, che ebbero l'incarico di creare le volte e rifinire le intonacature interne.⁷⁹

Molti motivi gotici sono presenti in facciata, i più evidenti risultano essere il profilo a salienti della facciata e il timpano acuto. Il materiale di rivestimento risulta essere in pietra di taglio chiara. Lo stile goticeggiante viene accentuato so-

prattutto negli elementi scultorei e decorativi, in particolare, nella galleria centrale, in cui si rileva la presenza di archi trilobati. Nella decorazione dei tre rosoni, quello centrale in particolare modo, è presente un'articolata trama, impostata su due registri a raggera, conclusi con archi intrecciati. Questi elementi decorativi vengono riproposti, con caratteri più semplificati, anche nei rosoni laterali. Lo slancio verticale, sempre presente nell'ideologia delle cattedrali gotiche, in questo caso è dato dalla statua a mezzotondo del San Cristoforo, alta 7 metri e collocata al di sotto del rosone destro.⁸⁰

Internamente la gran parte delle superfici risultano essere intonacate, intonaco ricollegabile agli anni precedenti al 1915, ad eccezione delle sovrastrutture settecentesche in stucco. Originariamente l'interno era affrescato, ma il passare del tempo e il sisma hanno portato alla perdita della gran parte delle opere pittoriche presenti. Gli affreschi più antichi, ad oggi ancora visibili, risalgono alla prima metà del quattrocento, sono presenti in piccola porzione al di sopra dell'ingresso del battistero. All'interno della Cappella della Beata Vergine, nel soffitto a crociera sono ancora riconoscibili quattro medaglioni datati 1854. Infine nel catino absidale e sulla volta della cupola sono presenti affreschi riconducibili al 1805 e firmati da G.G. Fantoni. (fig.22-26)

⁷⁸ Pavan G., *Il restauro metodo e ricerche* in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona, 1987 p.120

⁷⁹ Clonfero G., op. cit. alla nota 53, p.38

⁸⁰ Zanetti A., *Il Duomo* in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona, 1987 p.120



(fig.22)
Vista interna della navata centrale verso il presbitero che ne evidenzia il fuori piombo del colonnato e l'assenza di affreschi sulle volte

(fig.23)
Arco trionfale precedente al presbitero con presenza di porzioni di affresco

(fig.24)
Vista della facciata principale ad oggi

(fig.25)
Affreschi superstiti della Cappella della Madonna

(fig.26)
Cristo del presbiterio originale restaurato e ricollocato all'interno della Cappella del risto





IL DUOMO DI GEMONA DOPO IL TERREMOTO DEL 1976

- 3.1 Analisi del danno e individuazione dei meccanismi
- 3.2 Analisi delle proposte di progetto e miglioramento
- 3.3 La ricostruzione del Duomo, le tecniche di consolidamento

3

3.1 Analisi del danno e individuazione dei meccanismi

Il Duomo resistette nel complesso con efficacia all'azione sismica del 6 maggio 1976 nonostante i gravi danni riportati. Lo smottamento del terreno causò la maggiore criticità ai danni della navata destra, la copertura della quale riportò danni e cedimenti in alcune porzioni, mentre le cappelle e le sacrestie crollarono parzialmente.⁸¹

In seguito alle due ulteriori scosse del 15 settembre dello stesso anno, la situazione si aggravò a causa dello smottamento del terreno che determinò il cedimento del muro di contenimento a valle, coinvolgendo nel crollo l'intera navata destra e i volumi annessi. (fig.26) Tale cedimento coinvolse i corpi delle cappelle e il volume delle Sacrestie, lasciando indenni solamente alcune porzioni delle pareti della cappella della Santa Maria degli Angeli.⁸²

I volumi danneggiati in precedenza crollarono completamente, oltre alla copertura della navata destra, delle absidi e alcune porzioni della navata sinistra. L'assenza della navata destra generò una forte mancanza strutturale tale da creare un grave fuori piombo per la navata centrale, il cui colonnato risultò di 67 cm spostato rispetto alla posizione originaria, mentre le lesioni presenti alla base di tali pilastri denunciarono una situazione al limite della rottura.⁸³

La navata sinistra subì danni minori, quali ridotti fuori piombo in senso inverso generatisi per contraccolpo alla principale. Per quanto concerne la facciata, i danni si limitarono alla caduta dell'elemento terminale del timpano.⁸⁴



(fig.26)

Stato di danno del Duomo al 15 Settembre 1976

⁸¹ Franca G, *Il Recupero del Duomo di Gemona, ad opera della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici del Friuli Venezia Giulia (1977-1986)*, Bozza di intervento per conferenza Trieste 2012

⁸² Franca G., op. cit alla nota 76, p.120

⁸³ Idem

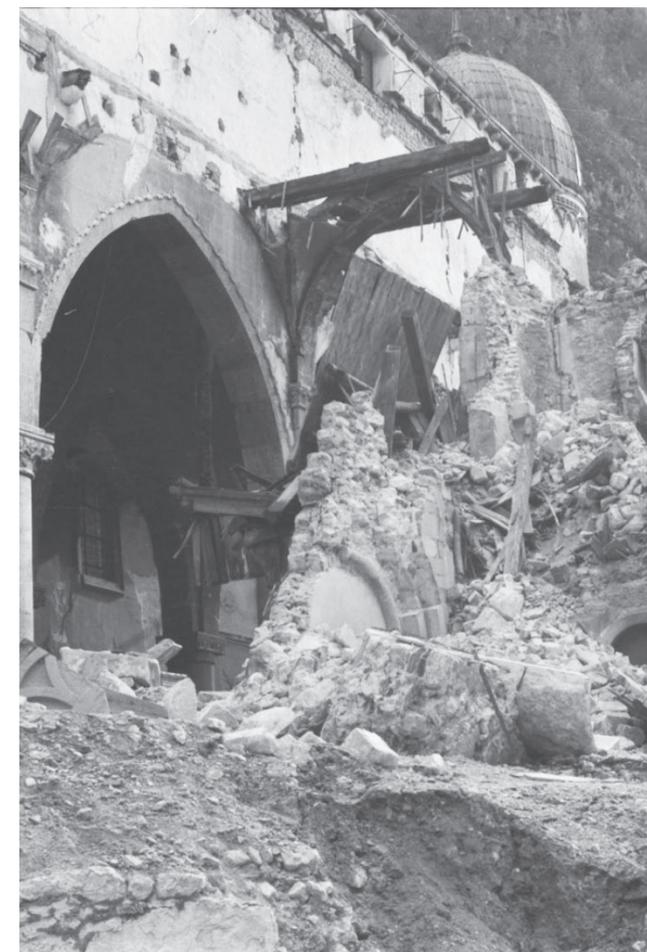
⁸⁴ Giuffrè A., *Leggendo il libro delle antiche architetture- Aspetti statici del restauro saggi 1985-1997*, Roma, 2010, p. 24



(fig.27)
Porzione muraria
superstite della Cap-
pella della Madonna,
15 Settembre 1976.
Fonte: Soprintenden-
za archeologia, belle
arti e paesaggio del
Friuli Venezia Giulia



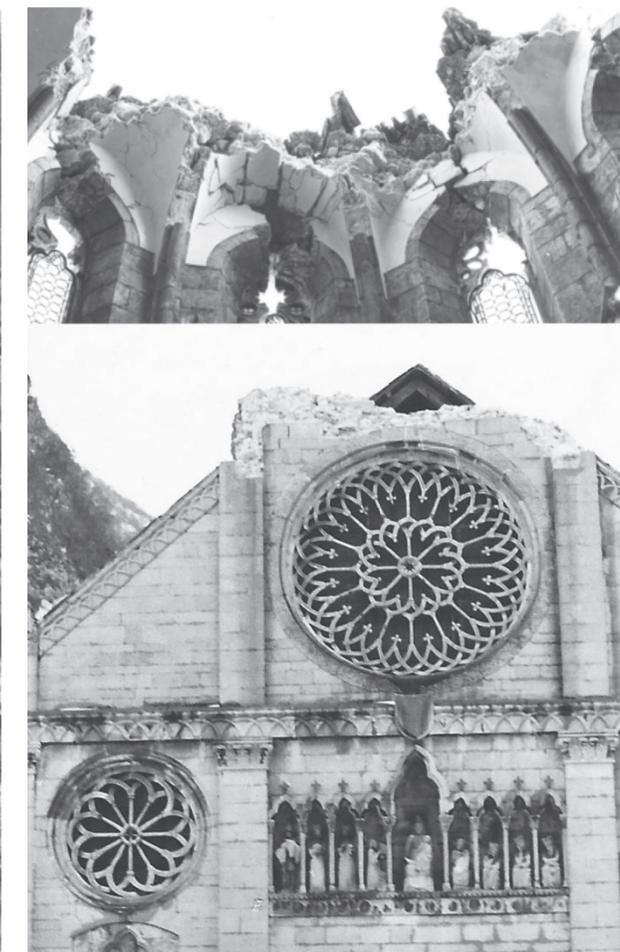
(fig.28)
Porzione superstite
della Navata destra
15 Settembre 1976.
Fonte: Soprintenden-
za archeologia, belle
arti e paesaggio del
Friuli Venezia Giulia



(fig.29)
Crollo della Navata
destra con uniche
porzioni murarie
superstiti (Cappella
della Madonna), 15
Settembre 1976
Fonte: Soprintenden-
za archeologia, belle
arti e paesaggio del
Friuli Venezia Giulia

(fig.30)
Stato di danno della
facciata al 15 Settem-
bre 1976.
Fonte: Archivio Parroc-
chiale

(fig.31)
Stato di danno della
copertura absidale al
15 Settembre 1976.
Fonte: Archivio Parroc-
chiale



L'analisi del danno ha permesso di ipotizzare i possibili meccanismi di distacco prodotti dalle accelerazioni sismiche sull'edificio. Ogni tipologia di fabbricato possiede una propria resistenza alle azioni orizzontali che dipende dallo stato delle connessioni e della sua consistenza interna.⁸⁵

Una fondamentale analisi è relativa all'azione di meccanismi di primo e secondo modo. I primi, più frequenti negli edifici storici, consistono in cinematismi di collasso legati al comportamento delle pareti fuori dal proprio piano, con movimento flessionale o di ribaltamento, e sono generalmente condizionati dalla presenza di elementi spingenti (volte, coperture) o di elementi di trattenimento (catene, tiranti). I cinematismi di secondo modo, invece, sono legati alla risposta della parete nel proprio piano e generano danneggiamenti per taglio o flessione, che permettono alla parete di rimanere su se stessa capace di sopportare ancora l'azione dei carichi.⁸⁶

Il comportamento dei volumi può essere associato ai due meccanismi per comprendere la tipologia di risposta sismica del duomo: in particolare, le pareti delle cappelle e delle sacrestie hanno subito un ribaltamento composto con il distacco delle pareti verticali lungo lo spigolo. Le cause di questo movimento possono essere ricondotte ad un ammortamento inefficace o alla presenza di discontinuità fra le parti.⁸⁷

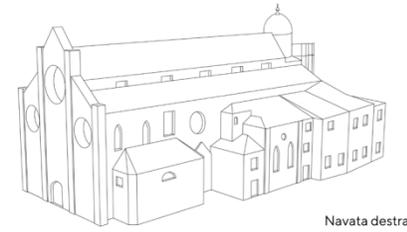
Il comportamento della parete centrale della navata destra è assimilabile ad una rotazione parabolica fuori

⁸⁵ Giuffrè A.op. cit. nella nota 84, p.24

⁸⁶ Ivi, p. 65

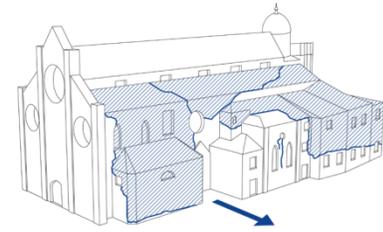
⁸⁷ Ivi, p. 66

Stato di fatto pre sisma

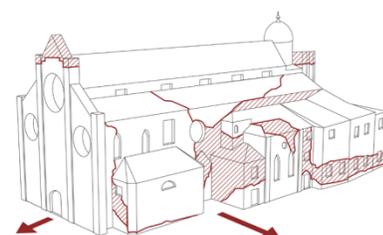


Navata destra

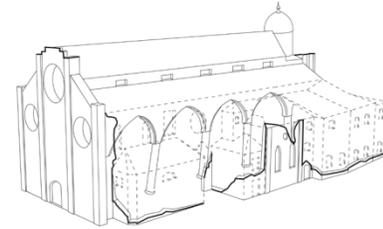
Crolli dovuti al sisma del 6 Maggio 1976



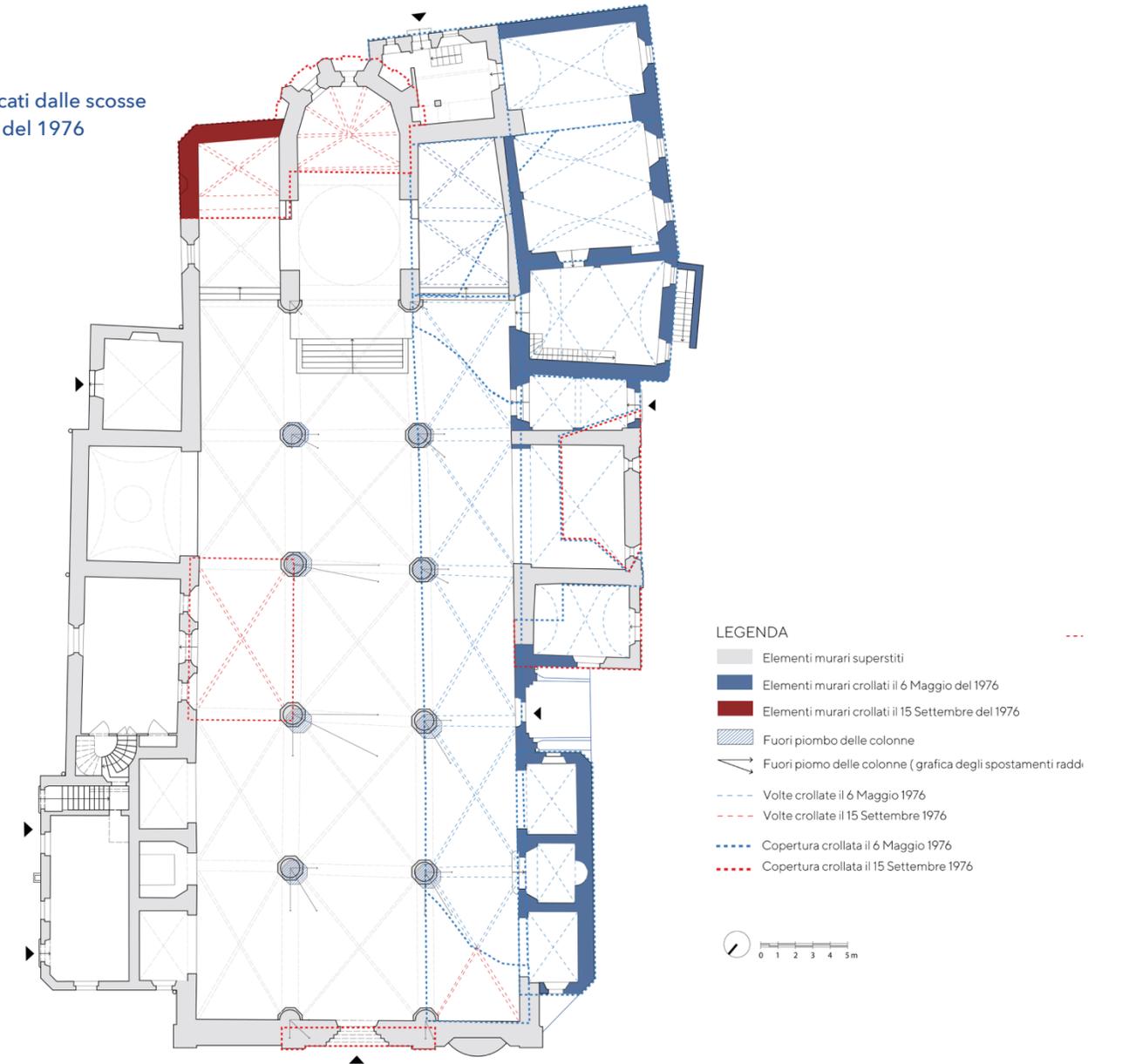
Crolli dovuti al sisma del 15 Settembre 1976



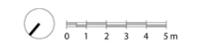
Rappresentazione totale del crollo



Rilievo dei danni provocati dalle scosse di Maggio e Settembre del 1976



- LEGENDA
- Elementi murari superstiti
 - Elementi murari crollati il 6 Maggio del 1976
 - Elementi murari crollati il 15 Settembre del 1976
 - ▨ Fuori piombo delle colonne
 - ↔ Fuori piombo delle colonne (grafica degli spostamenti radd)
 - - - Volte crollate il 6 Maggio 1976
 - - - Volte crollate il 15 Settembre 1976
 - - - Copertura crollata il 6 Maggio 1976
 - - - Copertura crollata il 15 Settembre 1976



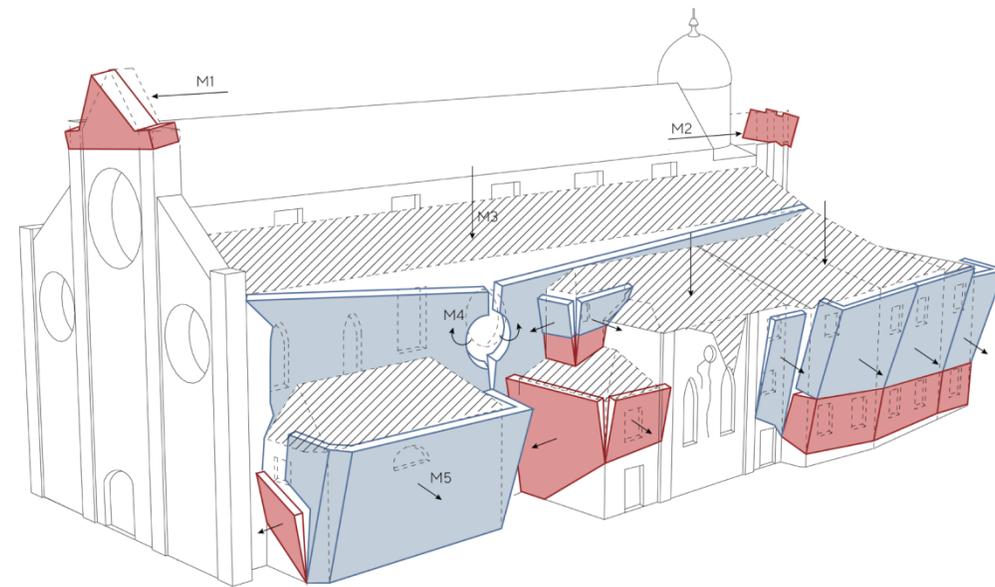
Meccanismi di collasso

Meccanismi di Primo Modo

Cinematismi di collasso legati al comportamento delle pareti fuori dal proprio piano, quindi con comportamento FLESSIONALE o di RIBALTAMENTO. Sono condizionati dalla presenza di elementi spingenti (volte, coperture) o di elementi di trattenimento (catene, tiranti).

Meccanismi di Secondo Modo

Cinematismi di collasso legati alla risposta della parete nel proprio piano, quindi con danneggiamenti per TAGLIO o FLESSIONE. Comportano spostamenti notevoli poichè derivanti da azioni parallele al piano medio.



LEGENDA

- Meccanismi attivati dal sisma del 6 Maggio del 1976
- Meccanismi attivati dal sisma del 15 Settembre del 1976

M1	Ribaltamento del timpano	Il meccanismo viene provocato dall'azione ciclica di martellamento della trave di colmo che provoca lo sfondamento del timpano con conseguente rottura e rotazione della porzione muraria più elevata.	
M2	Collasso della copertura Absidale	Il meccanismo è generato dal movimento o collasso delle pareti di imposta.	
M3	Collasso della copertura voltata.	Il meccanismo è generato dal movimento o collasso delle pareti di imposta.	
M4	Rotazione parabolica fuori piano della parete con formazione di e cerniere cilindriche.	Il meccanismo è facilitato dalla presenza di una foratura nella parte centrale della parete. Le lesioni che ne evidenziano l'attivazione sono simmetriche rispetto all'asse centrale. Nella progressione del cinematismo si possono formare cerniere oblique secondarie che coinvolgono anche la parte sottostante.	
M5	Ribaltamento composto con formazione di cerniera cilindrica orizzontale.	Il meccanismo presuppone la sconnessione delle pareti che può manifestarsi o con la rottura delle pareti laterali o con il distacco lungo lo spigolo verticale provocato da un ammorramento inefficace o dalla presenza di discontinuità fra le parti.	
M6	Fuori piombo del colonnato della navata centrale	Il meccanismo è conseguenza del generale movimento trasversale della chiesa che ha determinato il collasso della parete laterale esterna e il fuori piombo residuo del colonnato.	

piano, agevolata, in questo caso, dalla presenza di una foratura nella parte centrale. Le lesioni riportate risultano essere simmetriche rispetto all'asse centrale.⁸⁸

La copertura dell'abside poligonale realizzò invece un meccanismo flessionale fino al completo distacco, dovuto al movimento o al collasso delle pareti di imposta.⁸⁹

Il timpano effettuò un ribaltamento, dovuto all'azione ciclica di martellamento della trave di colmo che provocò lo sfondamento con conseguente cedimento e rotazione della porzione muraria più elevata.⁹⁰

Il fuori piombo del colonnato, infine, fu una conseguenza del movimento trasversale della chiesa che determinò anche il collasso della parete laterale esterna.⁹¹

3.2 Analisi delle proposte di progetto e miglioramento

Tutti i comuni che hanno subito gravi danni dovuti al sisma hanno adottato i cosiddetti “Piani di Ricostruzione” per procedere con una riedificazione ordinata. Questi piani, mediante una normativa unitaria, sono indirizzati da generali categorie basate su prescrizioni estese a tutta l'area dell'unità d'intervento. I singoli corpi edilizi, componenti il complesso dell'area, vengono differenziati in categorie specifiche.

Gli interventi furono suddivisi in tre classi d'intervento: il “Restauro”, il “Ripristino” e la “Ricostruzione”. Il primo assicura la conservazione fisica dei manufatti superstiti e ne consente la leggibilità della propria evoluzione storica. La seconda, rappresenta la ricostruzione dello stato di fatto precedente al 1976 attraverso l'anastilosi delle parti recuperate e il completamento di quelle mancanti. Infine l'ultimo punto tratta la ricostruzione con due diverse metodologie, una che basta sul rifacimento del volume preesistente mediante la ricomposizione critica, derivante dalla documentazione esistente. L'altra prevede invece una razionalizzazione dell'impianto edilizio esistente, basandosi su schemi tipologici che tengono conto anche della morfologia dell'isolato.⁹²

Il comune di Gemona, nello specifico, ha utilizzato un Piano Particolareggiato che ha suddiviso l'area interessata dal danno, in settori le cui dimensioni e conformazioni sono definite dalla viabilità esistente, quella di progetto e dalle zone d'intervento.

“Il Piano Particolareggiato si profila articolato secondo momenti di massima conservazione, per gli aspetti di alta valenza ambientale, prevedendo invece, a carico del rimanente

*patrimonio edilizio, interventi di ordine fisico, funzionale ed ambientale, fino alla ristrutturazione o alla sostituzione parziale o totale, pur sempre nel rispetto della matrice planimetrica e della continuità figurale ottenuta anche attraverso un processo di unificazione costruttiva”*⁹³

Dopo questa premessa, che esplica il ragionamento e gli strumenti attuati per poter procedere alla ricostruzione, analizziamo, mediante il rilievo parziale effettuato da Romeo Ballardini, come il piano si sia attuato nei confronti del restauro del Duomo di Gemona. I paramenti murari rappresentarono un caso che generò un divario consistente di opinioni relative alle scelte progettuali prese. Ad esempio nel prospetto rivolto su via Bini, gli intonaci vennero totalmente rifatti al civile a tre strati, lasciando a vista solamente gli elementi in pietra sbazzata presenti al piano terra. Questi divennero elementi visibili grazie ai crolli del sisma, a seguito del distacco dell'intonaco. Gli intonaci superstiti sono stati distaccati, demoliti e rifatti per tutte le navate, mentre per la Cupola, dopo lo scrostamento, si è proceduto con un trattamento a rinzaffo di malta cementizia additiva con lo scopo di migliorare l'aderenza dell'intonaco finito. In questo caso la critica si espresse in forma negativa poiché sosteneva che la sostituzione generalizzata si sarebbe dovuta evitare e che sarebbe stato più consona conservare le parti superstiti stuccandole e rappezzandone le lacune dove necessario. Inoltre questa osservazione venne avvalorata dal piano, poiché esso andava a distinguere tre tipologie di intonaco. Questa diversificazione aveva riscontro nelle prin-

⁸⁸ Doglioni F., Moretti A., Petrini V., *Le chiese e il terremoto - Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Trieste, 1994, p. 42

⁸⁹ Idem

⁹⁰ Ivi, p. 45

⁹¹ Idem

⁹² R. Ballardini, *Il piano e la ricostruzione. Problemi teorici ed operativi*, in *Restauro e città*, Venezia, p. 146

⁹³ G. P. Nimis, *Friuli dopo il Terremoto. Gemona, Artegna, Magnano: fisica e metafisica di una ricostruzione*, Venezia, 1978, p. 269

cipali fasi di evoluzione del manufatto. Il primo venne identificato come un intonaco semigrezzo non dipinto, risalente alla fase feudale-comunale; il secondo riconosciuto nel periodo Veneziano, costituito da un intonaco rasato a calce. Il terzo, un intonaco dipinto a fresco in latte di calce e terre coloranti venne collegato al periodo ottocentesco.⁹⁴

Per quanto riguarda le porzioni affrescate, queste sono state distaccate e collocate nei depositi, dove eseguiti gli adeguati restauri, vennero ricollocate in sito. In questo caso, grazie al terremoto, con il distacco di alcune porzioni d'intonaco vennero portati alla luce numerosi lacerti di affreschi, restaurati opportunamente e ricollocati in sito.

Per quanto riguarda gli elementi lapidei sagomati, sulle tavole progettuali non erano presenti indicazioni di ricollocazione degli elementi recuperati, ma avvenne una catalogazione improvvisata in cantiere. Eseguita, non solo per gli elementi con figura, ma anche per gli elementi squadrati componenti le murature. Dalle documentazioni di cantiere è emerso che la mancanza di un'adeguata catalogazione portò a generare alcuni sbagli nella fase di ricollocazione.

“Nel caso del portale i pochi elementi recuperati sono stati invertiti, oltre che ribaltati rispetto alla giacitura e verso originario: il piedritto più esterno del fascio polistilo di destra che sostiene l'archivolto è stato collocato nel verso contrario al posto di quello di sinistra e viceversa... Stessa cosa per la colonnina più interna di destra che pur mantenendo il verso originario, ha subito una leggera rotazione su se stessa per finire al posto di quella di sinistra. Da notare che il crollo

*arrecato dal secondo terremoto non aveva interessato tutto il portale anzi, aveva risparmiato proprio i tre pilastri di destra, che sono stati smontati in un momento successivo. Pochissimi sono i conci ricollocati nel paramento murario soprastante l'archivolto, che comunque hanno subito una totale rilavorazione nella dimensione e nella battitura della superficie”*⁹⁵

Nel caso specifico del timpano, i conci trapezoidali sono stati ricollocati in posizione originale perché facilmente riconoscibili ma gli altri, oltre a non essere stati ricollocati in posizione originaria sono stati ribaltati e invertiti. Per quanto riguarda gli elementi di nuovo apporto, questi sono stati lavorati in superficie con la tecnica a rigatino, mentre quelli che erano conservati in buone condizioni, sono stati ricollocati in diversa posizione e adattati alla dimensione della nuova collocazione, senza però dichiarare il nuovo componente, con diverso trattamento di superficie. Le puliture degli elementi lapidei sono state eseguite sia mediate spray ad acqua a bassa pressione e spazzole di saggina, sia in maniera più “pesante”, utilizzando spazzole di ferro e sabbiatrici, oppure raschiando a secco il rivestimento e la patina. Anche in questo caso la seconda metodologia di pulitura è stata ampiamente contestata soprattutto per il principio della patina del tempo, questo elemento tendenzialmente non viene mai asportato poiché ritenuto componente essenziale della storicità del bene, senza di questa l'elemento avrebbe un aspetto nuovo non associabile ad un periodo storico.⁹⁶

Non è stata data grande importanza al recupero degli elementi lignei quali: serramenti, architravi e travi dei solai di copertura, infatti questi sono stati tutti sostituiti integralmente, mantenendo lo stesso materiale quando le esigenze funzionali lo richiedevano e quelle economiche lo permettevano. Nel caso contrario, sono stati alterati anche materialmente oltre che nelle forma. Gli elementi in ferro battuto al contrario, sono stati quasi totalmente recuperati e ricollocati. La pulitura ha previsto la raschiatura della ruggine e la riverniciatura. Dove risultarono assenti venne eseguito un rifacimento di forma seguendo le dimensioni e l'aspetto originale.

L'ennesima osservazione venne fatta all'assenza di una linea di differenziazione tra la parte superstite e la parte nuova, non vi è presente nessuna forma di distanza tra “momento creativo” e il “momento di rifacimento”

*“così da non distinguersene e da abolire o ridurre al minimo l'intervallo di tempo che ne distacca i due momenti, “e inoltre” l'azione di restauro.. non dovrà porsi come segreta e quasi fuori del tempo, ma dar modo di essere puntualizzata come evento storico quale essa è, per il fatto di essere azione umana e di inserirsi nel processo di trasmissione dell'opera d'arte al futuro”*⁹⁷

L'urgenza della ricostruzione non ha permesso di agire mediante un'accurata definizione di dettaglio grafico, di fornire delle adeguate indicazioni che diano importanza alle previsioni di conservazione e di recupero. A causa di ciò lo smon-

taggio e ricollocazione del materiale non seguì i principi fondamentali del corretto restauro.

⁹⁴ Ballardini R., op. cit. alla nota 92, p.87

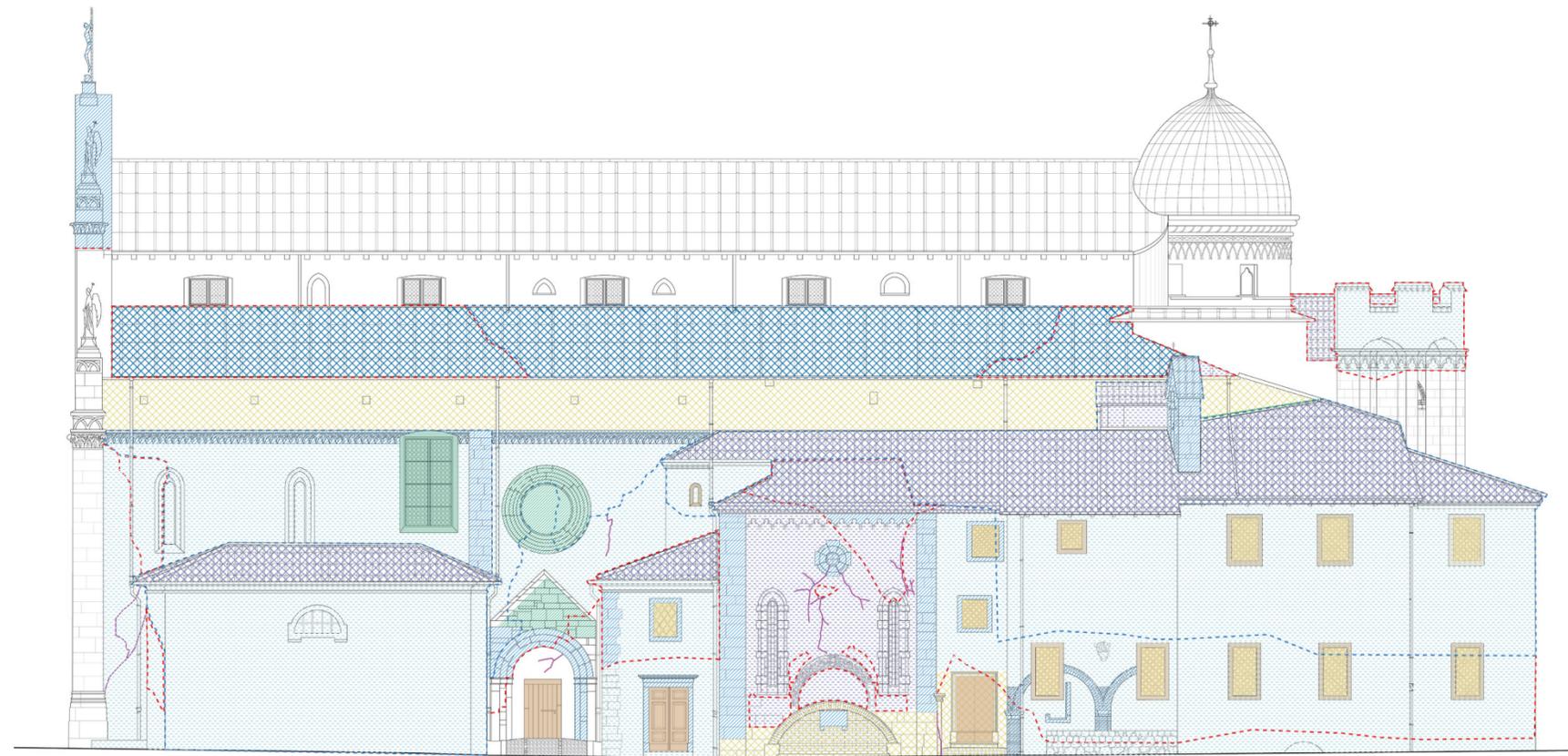
⁹⁵ Bellina A., *Alcuni interventi di restauro realizzati in Friuli dopo il sisma del 1976. Un ripensamento sull'anastilosi*, in *Restauro e città*, Venezia p. 154

⁹⁶ Ballardini R., op. cit. alla nota 19, p.88

⁹⁷ Brandi C., *Teoria del restauro*, Torino, 1997, p. 267

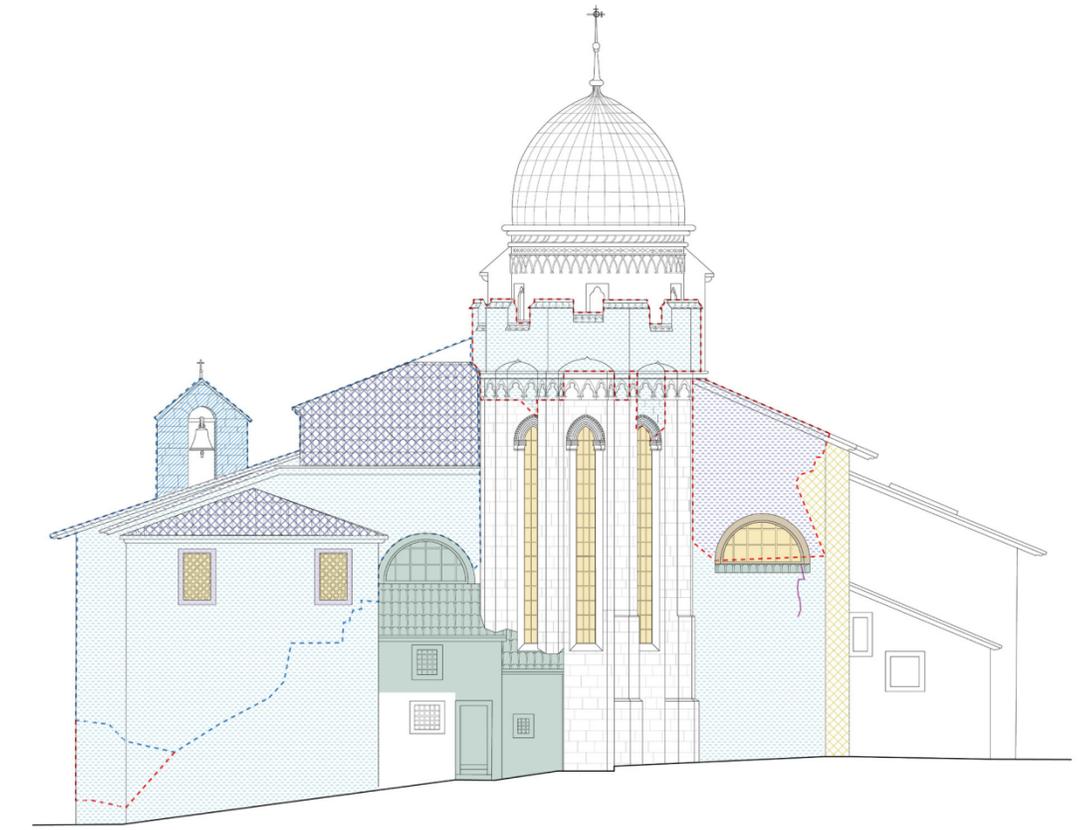
Progetto di Restauro architettonico, R. Ballardini (1977)

Prospetto Est- Navata Destra



(fig.32)
Rielaborazione grafica dei restauri della navata destra, 1977
Fonte: Rilievi di Ballardini R.

Prospetto Sud- Facciata Absidale



(fig.33)
Rielaborazione grafica dei restauri dell'Abside, 1977
Fonte: Rilievo di Ballardini R.

Prospetto Ovest- Navata Sinistra



(fig.34)
Rielaborazione grafica dei restauri della navata sinistra, 1977
Fonte: Rilievo di Ballardini R.

0 1 2 3 4 5m

Prospetto Nord- Facciata Principale



(fig.35)
Rielaborazione grafica del danno della Facciata principale, 1977
Fonte: Rilievo di Ballardini R.

0 1 2 3 4 5m

Danni causati dal sisma

- - - - - Linea di crollo conseguente al sisma del 6 Maggio 1976
- - - - - Linea di crollo conseguente al sisma del 15 Settembre 1976
- Lesioni

Soluzioni di progetto

Elementi CROLLATI	Elementi SUPERSTITI
<p>COPERTURE</p> <p>Manto di Copertura in piombo</p>  <p>Ricostruite dove possibile mediante recupero e ricollocazione del materiale originale (Porzione della navata destra)</p> <p>Manto di Copertura in coppi</p>  <p>Ricostruite mediante l'apporto di nuovo materiale (Cappelle della navata destra)</p>	
<p>PARETI DI ELEVAZIONE</p> <p>Murature</p>  <p>Ricostruite in cemento armato seguendo documentazione fotografica e d'archivio (Navata laterale destra)</p>	<p>Murature</p>  <p>Risarcite in alcune porzioni da materiale cementizio (Cappella della navata destra)</p>  <p>Demolite da ragioni statiche o funzionali (Sala della musica e deposito)</p>
	<p>Aperture</p>  <p>Di nuova costruzione motivate da ragioni statiche o statiche (finestre nelle murature pre zona absidale)</p>  <p>Preesistenti murate per ragioni statiche o storiche (finestra quattrocentesca)</p>
	<p>Superfici intonacate</p>  <p>Conservate con messa in luce di strati precedenti anche privi di intonaco (Pareti nei pressi della zona absidale)</p>

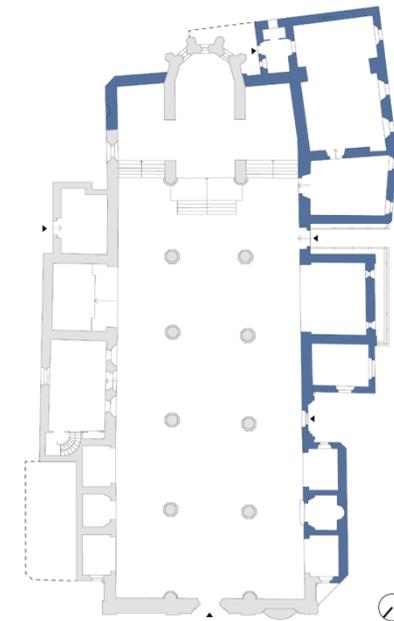
Elementi CROLLATI	Elementi SUPERSTITI
<p>FINITURE</p> <p>Elementi in pietra</p>  <p>Recuperati e ricollocati in posizione originaria in base alla documentazione fotografica e d'archivio (timpano della facciata e elementi lapidei a vista)</p>  <p>Recuperati e ricollocati in posizione diversa dall'originale (cornice delle finestra circolare parte decorativa del secondo ingresso)</p>  <p>Di nuovo apporto con differenziazione di lavorazione (rigatino/ liscia/ bocciardata)</p>	
<p>Elementi lignei</p>  <p>Ricostruiti senza seguire forma e dimensione originale (porte di accesso all'edificio)</p>	
<p>Elementi in ferro</p>  <p>Ricostruiti senza seguire forma e dimensione originale (Inferriate delle finestre)</p>	

Gli interventi sugli elementi presi in esame sono stati accertati attraverso rilievi fotografici, materiale d'archivio e fonti bibliografiche. La seguente legenda, mediante l'uso della cromia, tratta il ripristino e il consolidamento delle porzioni del Duomo che hanno subito i danni più gravi. Le parti prive di colore non rappresentano l'assenza di interventi ma si ipotizza l'esecuzione diffusa di interventi quali puliture o consolidamenti localizzati. Per tali interventi non sono stati rinvenuti documenti d'archivio o bibliografici.

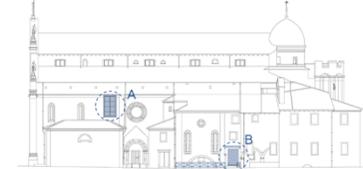
Confronto pre e post sisma

LEGENDA

-  Elementi murari originali
-  Elementi murari ricostruiti
-  Elementi murari demoliti

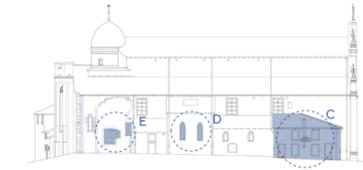


Navata Destra



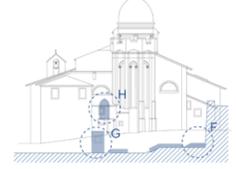
Non sono stati effettuati sulla navata gravemente danneggiata interventi pesanti, è stata murata una finestra quattrocentesca (A) e sono state inserite delle balaustre a protezione dei reperti archeologici del Duomo. Infine è stato indietreggiato (B) il secondo ingresso in modo da consentire la visione completa della parte archeologica.

Navata Sinistra



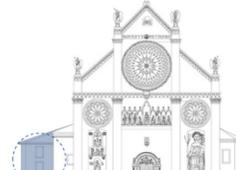
La navata sinistra, nonostante abbia subito danni inferiori, presenta un intervento pesante, la demolizione della sala della musica, scelta della soprintendenza, motivata da ragioni statiche ed estetiche (C). Dal punto di vista archeologico sono state messe in luce delle finestre ogive, (D) precedentemente nascoste dallo strato di intonaco, ed infine la parete precedente alla parte absidale vede la scelta di lasciare a vista la muratura storica e il recupero delle originali finestrate (E).

Facciata Absidale



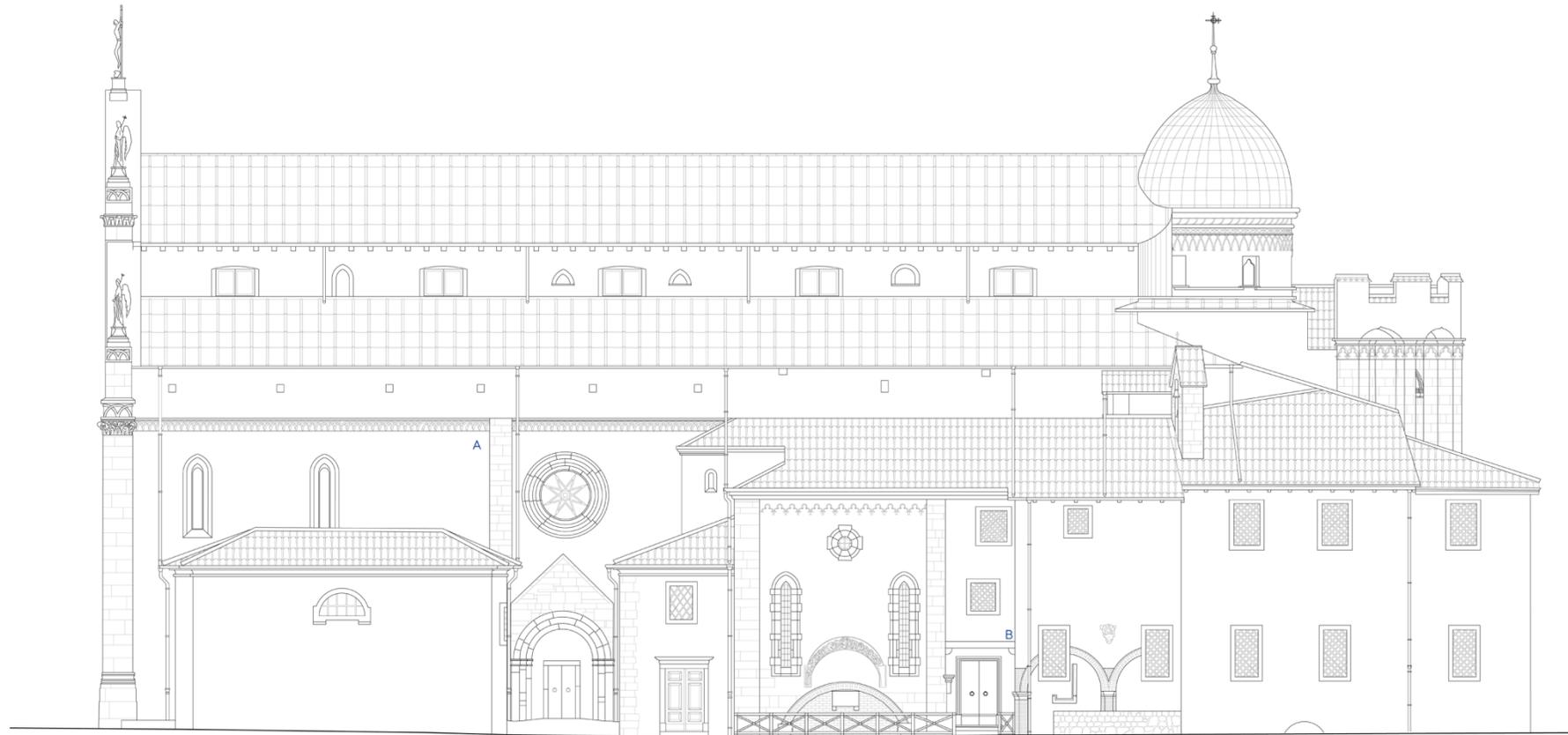
La facciata absidale ha subito una importante trasformazione di quota, è stato liberato l'abside di 2 metri rispetto alla quota del terreno precedente, andando così anche a creare una zona percorribile (F). Il deposito è stato limitato in altezza e l'accesso variato (G). Infine è stata variata la forma di una delle tue finestre precedentemente speculari (H).

Facciata Principale



La facciata principale presenta un unico intervento significativo, la demolizione della sala della musica (I).

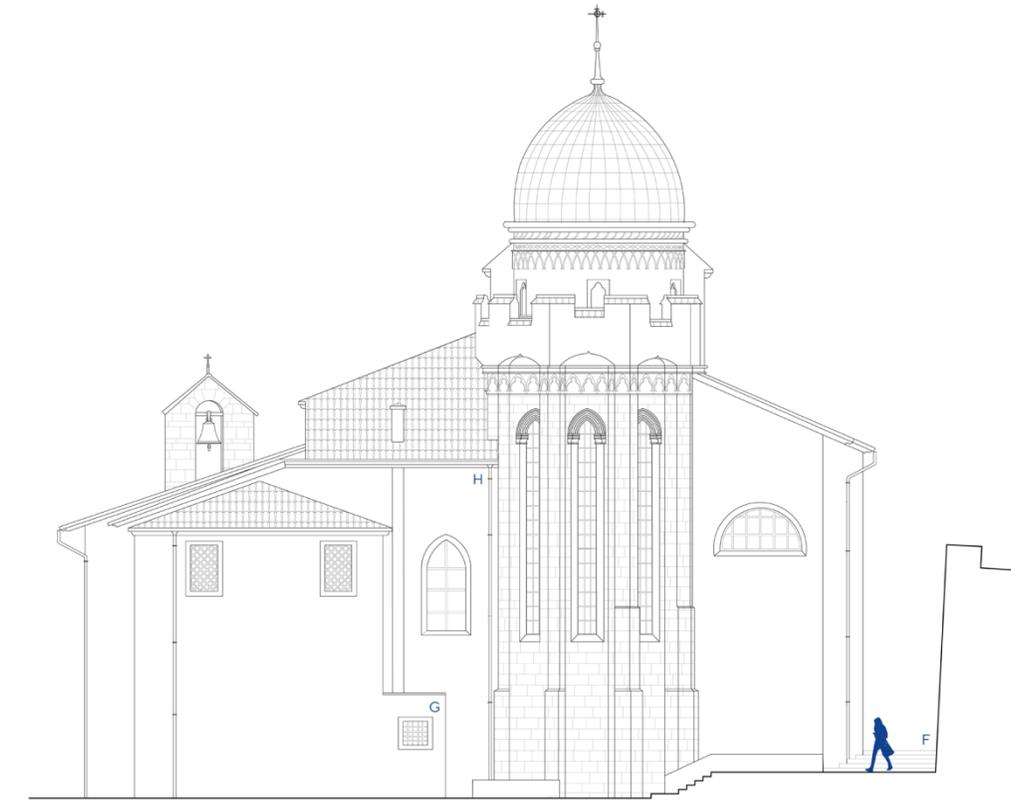
Prospetto Ovest- Navata Sinistra



(fig.36)
Rielaborazione grafica della navata destra, a partire dal rilievo storico di R. Elia del 1952

0 1 2 3 4 5m

Prospetto Sud- Facciata Absidale



(fig.37)
Rielaborazione grafica dell'abside, a partire dal rilievo storico di R. Elia del 1952

0 1 2 3 4 5m

Prospetto Ovest- Navata Sinistra



(fig.38)
Rielaborazione grafica della navata sinistra, a partire dal rilievo storico di R. Elia del 1952



Prospetto Nord- Facciata Principale



(fig.39)
Rielaborazione grafica della facciata principale, a partire dal rilievo storico di R. Elia del 1952



3.3 La ricostruzione del Duomo, le tecniche di consolidamento

Il progetto di ricostruzione a partire dal 1977 venne curato dalla Soprintendenza Archeologica e per i Beni Ambientali, Architettonici, Artistici e Storici del Friuli-Venezia Giulia. Il progetto ha compreso un'ampia varietà di interventi: dalla gestione delle opere provvisorie, alla messa in sicurezza del rudere, al consolidamento statico-antisismico fino al restauro architettonico effettivo del bene.⁹⁸ Al febbraio del 1977 risalgono le prime azioni di pronto intervento operate dall'impresa Clocchiatti S.p.A. di Udine, a seguito della rinuncia di numerose altre imprese. Sulla base di un progetto redatto dalla Soprintendenza, furono eseguiti i primi tre significativi interventi di conservazione del bene.⁹⁹ (fig.40) Le prime azioni furono rivolte al colonnato: la tamponatura degli intercolumni attraverso l'inserimento di setti in muratura di mattoni e l'aggiunta di puntellamenti alle murature soprastanti per evitare l'aggravarsi dell'inclinazione delle colonne. Questo intervento richiese una particolare attenzione dovuta alla necessità di un elemento di fondazione: fu creato un basamento di cemento, il cui involucro si rapportava direttamente con la base delle colonne, la cui stabilità era già fortemente compromessa.

In una seconda fase furono salvaguardate le murature superstiti mediante una struttura reticolare di controventamento e un'azione di puntellamento trasversale. Infine, nelle porzioni interessate dall'assenza di copertura, a causa dei crolli o di rimozioni successive dovute alla sicurezza, fu posta una copertura provvisoria.

L'obiettivo di queste azioni preliminari fu il consolidamento del bene in attesa del progetto d'intervento definitivo.¹⁰⁰

Il professor Lamberto Brisighella dell'università di Padova si occupò della fase iniziale dei lavori di ricostruzione, dopo aver svolto un'analisi preliminare dei problemi statici e geotecnici. In seguito alle analisi si decise di concentrarsi innanzitutto sulle opere di salvaguardia esterne al duomo: furono realizzati due ordini di diaframmi, uno orientato verso valle e l'altro verso monte. Lo scopo della decisione fu assicurare il contenimento dell'area verso via Bini e la prevenzione di altri smottamenti del terreno.¹⁰¹

Nel Febbraio del 1980 iniziò la ricostruzione del monumento, la cui progettazione statica fu seguita dal professor Brisighella, con la collaborazione del geometra Guido Brollo e dell'architetto Giuseppe Franca.¹⁰²

L'idea progettuale stabilita dalla Soprintendenza fu di conservare strutturalmente il bene come il terremoto l'aveva alterato, sia nelle murature che nel colonnato principale mantenendo il fuori piombo. Con questo scopo fu ricostruita in primis la navata destra per realizzare un punto di appoggio per la navata centrale, considerabile come un contrafforte. Le murature crollate furono ricostruite tramite muratura a sandwich composta di cemento armato inserito fra due cortine di mattoni pieni con funzione di cassero.¹⁰³ (fig.41)

Le fondazioni originarie, limitate ad un semplice allargamento, non erano idonee al nuovo impianto, quindi si decise per una soluzione che prevedeva l'utilizzo di micropali iniettati con cemento antiritiro Emaco e con armatura tubolare in acciaio, posti ad una profondità media di 15 metri dotati di un bulbo d'ancoraggio. Quando i micropali furono inseriti direttamente all'interno della muratura, fu posta una trave

⁹⁸ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.159

⁹⁹ Ivi, p.160

¹⁰⁰ Idem

¹⁰¹ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.160

¹⁰² Brisighella L., *Aspetti strutturali del restauro* in AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona, Ufficio Beni Culturali Gemona*, 1987 p.174

¹⁰³ Franca G., *Il Recupero del Duomo di Gemona, ad opera della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici del Friuli Venezia Giulia*

(1977/1986), Bozza di intervento per conferenza Trieste 2012

in cemento armato di connessione, con barre \varnothing 24 ad aderenza migliorata, ad interasse medio di 50 cm ad una profondità di 1,50 m.¹⁰⁴

Nel caso di variazione di orientamento dei micropali, le cordolature furono raddoppiate e poste parallelamente al muro, con traversi di collegamento. In questo caso, furono inseriti elementi metallici trasversali per aumentare la presa al getto della cordolatura in cemento armato. L'andamento planimetrico originale fu rispettato nella ricostruzione dei paramenti murari.

Principalmente nella zona delle sacrestie, prima di effettuare le opere in elevazione, è stato eseguito uno scavo del terreno, realizzato a mano con difficoltà dovute soprattutto alla profondità a cui erano compiuti. Nelle porzioni murarie su cui era possibile riedificare, furono messi in opera micropali inseriti lungo linee verticali.¹⁰⁵

In un secondo momento fu realizzata la copertura della navata destra, prevedendo un sistema di solai in laterocemento, composto da due elementi: uno orizzontale ed uno inclinato, il primo con funzione di controvento. Entrambi i solai furono ammortati nei muri attraverso cordolature e quelli realizzati nel lato esterno della navata centrale presentano una conformazione a coda di rondine avente lo scopo di migliorarne la presa sulla muratura.¹⁰⁶ (fig.42)

Il risanamento delle murature superstiti vide l'utilizzo di iniezioni cementizie e di cuciture. A diversi piani e diverse direzioni furono inserite le barre \varnothing 12 lunghe 1-1,50 m, con lo scopo di ottenere un reticolo armato che garantisse resistenza e compattezza omogenea. La connessione fra le

nuove pareti e le murature superstiti fu ottenuto mediante l'utilizzo di barre d'acciaio \varnothing 24 infilate a pettine poste ad una distanza variabile tra i 40-50 cm.¹⁰⁷ (fig.43)

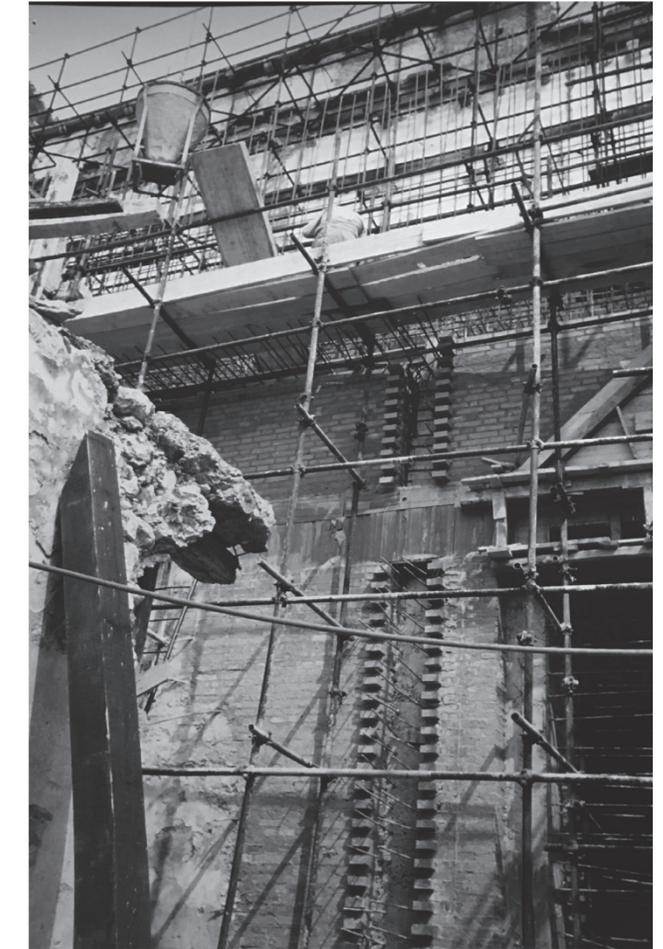
I singoli elementi architettonici in pietra che fu possibile recuperare furono fissati alla struttura mediante elementi in ottone o malta cementizia e resina. Le parti lapidee mancanti furono reintegrate alla superficie attraverso elementi in pietra trattati con una particolare striatura con lo scopo di dichiarare tali aggiunte e renderle riconoscibili dalle originali.¹⁰⁸

All'interno della navata destra la Cappella della Beata Vergine degli Angeli fu l'unica a preservare alcune porzioni murarie integre, che presentavano decorazioni affrescate, la cui salvaguardia fu la primaria preoccupazione nella fase di ricostruzione. Il muro esterno della navata destra venne ricostruito allo scopo di dare stabilità al volume della cappella annesso, che necessitava di un appoggio, e successivamente, con l'utilizzo delle le tecniche già citate, si proseguì al consolidamento. Il solaio, realizzato a soletta monolitica con doppia armatura, fu sormontato dal solaio laterocementizio di copertura.¹⁰⁹

Dal 1984, conclusa la ricostruzione della navata destra, fu eseguito il consolidamento della navata sinistra, che risultava pressochè integra. In questo caso si decise di intervenire solamente a livello strutturale, sostituendo le travi lignee con il doppio sistema di solai con cordolatura corrente, legata alla muratura sottostante mediante un'ammorsatura a coda di rondine. All'interno della muratura originale è stato generato un reticolo armato composto di barre \varnothing 12 iniettate



(fig.40)
Termine degli interventi preliminari per la tutela del bene
Fonte: Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio del Friuli Venezia Giulia



(fig.41)
Ricostruzione della navata destra, Cappella della Madonna
Fonte: Archivio Parrocchiale

¹⁰⁴ Brisighella L., op. cit. alla nota 102, p.180

¹⁰⁵ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.162

¹⁰⁶ Franca G., op. cit. alla nota 103

¹⁰⁷ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.163

¹⁰⁸ Ivi, p.165

¹⁰⁹ Idem

di cemento. L'unica ricostruzione completa su questo lato riguardò la muratura dietro l'altare della cappella dell'Annunziata, dove fu riproposta anche la finestra semicircolare preesistente. Inoltre, in questo tratto di navata furono messi in luce alcuni elementi precedentemente occultati: due finestre romaniche nella zona absidale e due finestre gotiche occluse, collocate alle spalle della Cappella del Santissimo Sacramento. Infine il prolungamento presbiteriale venne reso visibile non ricostituendo l'intonacatura. Al disopra del solaio cementizio fu stesa una guaina granulare bituminosa e le lastre di copertura vennero fissate mediante lame di rame e fissate con tasselli e viti in ottone.¹¹⁰

L'abside subì un preliminare intervento esterno, oltre al consolidamento interno. La prima scelta progettuale fu quella di abbassare il piano di calpestio di circa un metro e mezzo per mettere in luce le parti del paramento murario che non erano visibili. Eliminando questa porzione di terreno, e riducendo l'area del deposito, si riuscì a dare completa riconoscibilità alla forma poligonale e valore all'aspetto materico dell'abside.(fig.45) La presenza dei finestroni fu individuata come fragilità della struttura, identificata dalle numerose lesioni; per risolvere tale criticità i bracci del poligono subirono tre perforazioni per ogni elemento, fino ad una profondità di 20 metri. All'interno dei fori furono inseriti i trefoli con cavi in acciaio armonico intrecciati a morsetti, che avevano lo scopo di evitare sfilamenti al momento della tesatura. Il cordolo in cemento armato che seguiva l'andamento dell'abside aveva lo scopo di agganciare la testata dei trefoli, che erano fissati a loro volta alla muratura sotto-

stante mediante cuciture.¹¹¹ La centina, inserita in un secondo momento a sostegno della volta a costoloni, prevedeva un'armatura a doppia maglia, formata da tondini Ø10. La copertura a doppia falda venne ancorata attraverso cordolature ai muri perimetrali e ricoperta da una guaina granulare rullata, sopra alla quale furono disposte le lastre sagomate in piombo.¹¹²

La cupola, rivestita esternamente in piombo, non necessò di interventi massici. La calotta interna apparve la parte più danneggiata, poichè erano presenti, soprattutto in corrispondenza delle finestre del tiburio, molte lesioni che furono colmate con cuciture in ferro. All'imposta della base della cupola e del tiburio, vennero inseriti due cordoli. Il consolidamento esterno avvenne mediante cerchiature in lame di acciaio, trapassate da barre filettate che passavano per la muratura e si concludevano in corrispondenza dei due cordoli, collocati al termine della muratura contenente l'arco trionfale.¹¹³

Il ripristino della facciata fu eseguito contemporaneamente agli interventi di restauro della zona absidale. (fig.44) Essa non subì gravi danni, ad eccezione del crollo del timpano. Anche in questo caso nella superficie muraria furono inseriti micropalispinti ad una profondità di 12 metri al di sotto del livello di calpestio. Come negli interventi precedenti, gli elementi in ferro con tondino armato a spirale vennero posizionati con disposizione incrociata con lo scopo di generare una maglia armata omogenea e consistente. Le due tirantature trasversali furono inserite a diversa altezza: la prima al di sotto dei rosoni laterali, mentre la seconda al di sot-



(fig.42)
Ricostruzione dell' copertura della navata destra
Fonte: Archivio Parrocchiale



(fig.43)
Consolidamento e ancoraggio delle murature superstiti
Fonte: Archivio Parrocchiale

¹¹⁰ Brisighella L., op. cit. all'annota 102, p.176

¹¹¹ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.167

¹¹² Idem

¹¹³ Idem



(fig.44)
Ricostruzione e consolidamento della parte absidale
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.45)
Consolidamento della Facciata
Fonte: Archivio Parrocchiale

to del rosone principale. Esse sono formate da cavi con tre trefoli, fissati agli estremi da piastre di contrasto. Infine nella superficie interna si procedette all'inserimento di cuciture diffuse portate mediamente ad una decina di centimetri dal filo esterno, ancorando così totalmente il paramento in pietra squadrata. Il timpano, ricostruito con il materiale originale recuperato, fu ancorato al piano da un'anima in cemento armato.¹¹⁴

La copertura della navata centrale presenta una struttura lignea ricoperta esternamente in piombo. Essa aveva avuto buona resistenza all'azione sismica, ad eccezione dei colmi delle capriate che si erano spostati verso il frontone. Anche in questo caso, venne deciso di conservarne l'andamento modificato, come per il colonnato principale. Per mantenere tale spostamento si intervenne andando a controventare il colmo di ogni seconda capriata per mezzo di quattro puntoni, legati sulle imposte delle capriate vicine. (fig.46) Il consolidamento effettivo venne eseguito inserendo anche fazzoletti in piastre d'acciaio fissati per mezzo di viti mordenti, all'orditura originale e su quella aggiunta. Infine, al di sotto del colmo vennero inseriti Angolari in ferro 10x10.¹¹⁵ Nel gennaio del 1985, si diede inizio al consolidamento del colonnato principale, l'operazione più impegnativa di tutto il restauro. Questo intervento seguiva il principio di rispettare la posizione che esso aveva assunto post sisma. I paramenti murari della navata centrale furono consolidati effettuando la ripresa delle fessurazioni e delle lesioni mediante un opportuno reticolo di fori. Sul le porzioni di muratura considerate più critiche si provvide all'inserimento di barre

Ø 12 ad aderenza migliorata, ed fu eseguito un rinzafo in malta cementizia sulla totalità delle pareti. Per la creazione delle fondazioni vennero utilizzate macchine perforatrici con notevoli difficoltà di stabilità a causa del movimento provocato da tale azione. Tale operazione venne facilitata dall'abbattimento di alcuni setti murari. Per ogni colonna furono creati 6 pali incrociati con perforazione Ø 150 mm e messa in opera di tubifix fi 76 mm. Ogni palo venne successivamente iniettato di soluzione cementizia con indici di assorbimento molto alti. (fig.47) Nel tratto di muro in linea con l'asse delle colonne fu successivamente effettuata la demolizione in breccia. Le asole ottenute hanno permesso di effettuare l'aggancio dei cordoli dei due solai delle navate laterali. Conclusa l'operazione di demolizione, si procedette con la perforazione delle colonne ad un'altezza di 8,20 metri dal pavimento. Per ogni colonna furono effettuate tre perforazioni e in esse inseriti altrettanti tubifix Ø 78, che trapassavano le colonne nella totale altezza spinte fino a 3.50 metri di profondità nel suolo. In seguito venne effettuata la sistemazione dell'armatura dei pilastri verticali all'interno delle brecce, armatura molto fitta realizzata da barre da 24 barre Ø 16 verticali e staffe Ø 12 inserite ogni 15 cm. I cordoli laterali erano collegati ai muri mediante barre d'acciaio Ø 24 allineate verticalmente ai bordi esterni del muro.¹¹⁶ (fig.49)

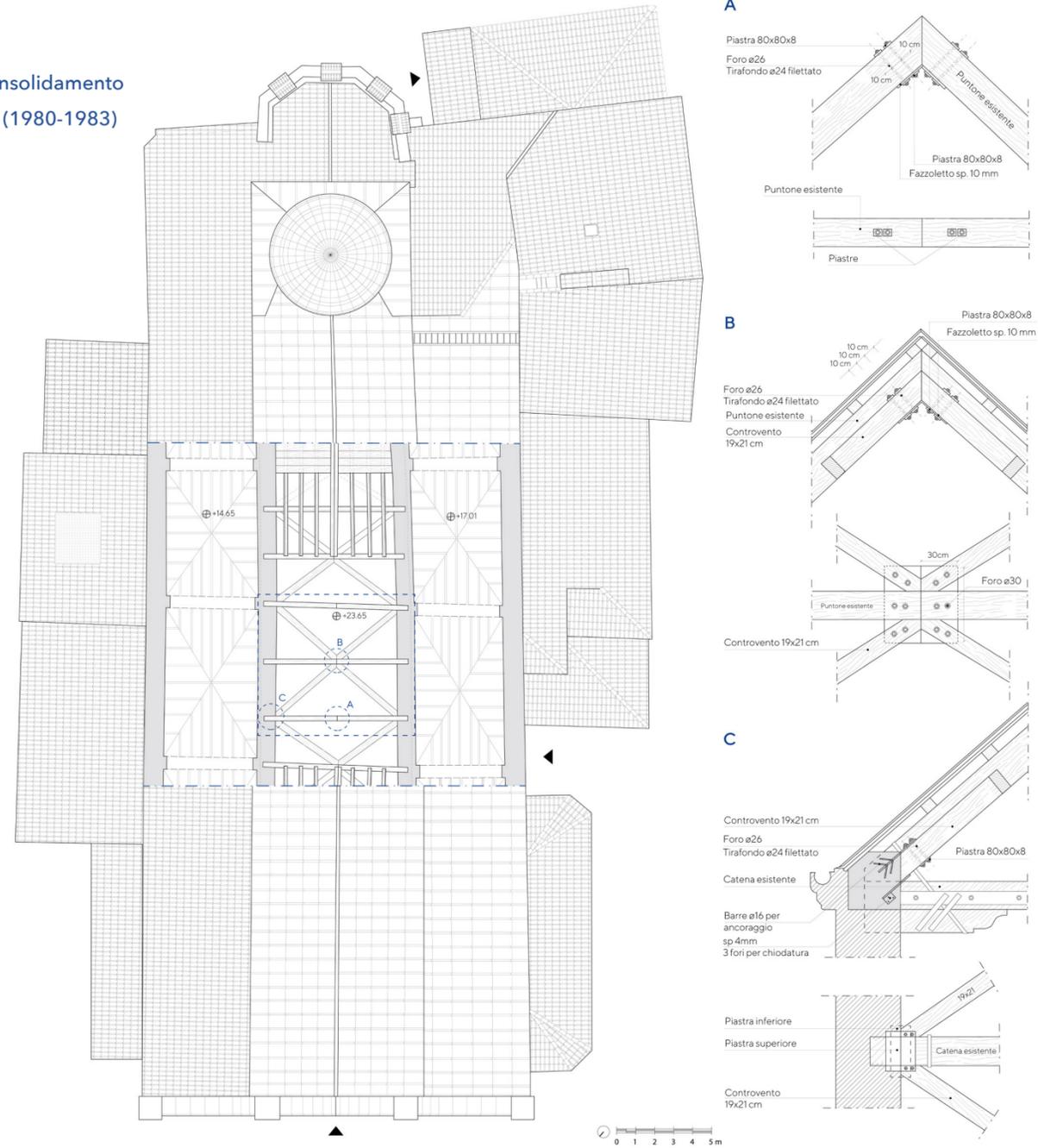
Al di sopra delle volte (fig.50) delle navate laterali vennero inseriti elementi metallici sagomati su cui si prevedeva di saldare le travi reticolari trasversali, che avevano funzione di controventamento. In particolar modo sulla navata destra,

¹¹⁴ Franca G., op. cit. alla nota 103

¹¹⁵ Franca G., op. cit. alla nota 76, p.165

¹¹⁶ Brisighella L., op. cit alla nota 102, p.178

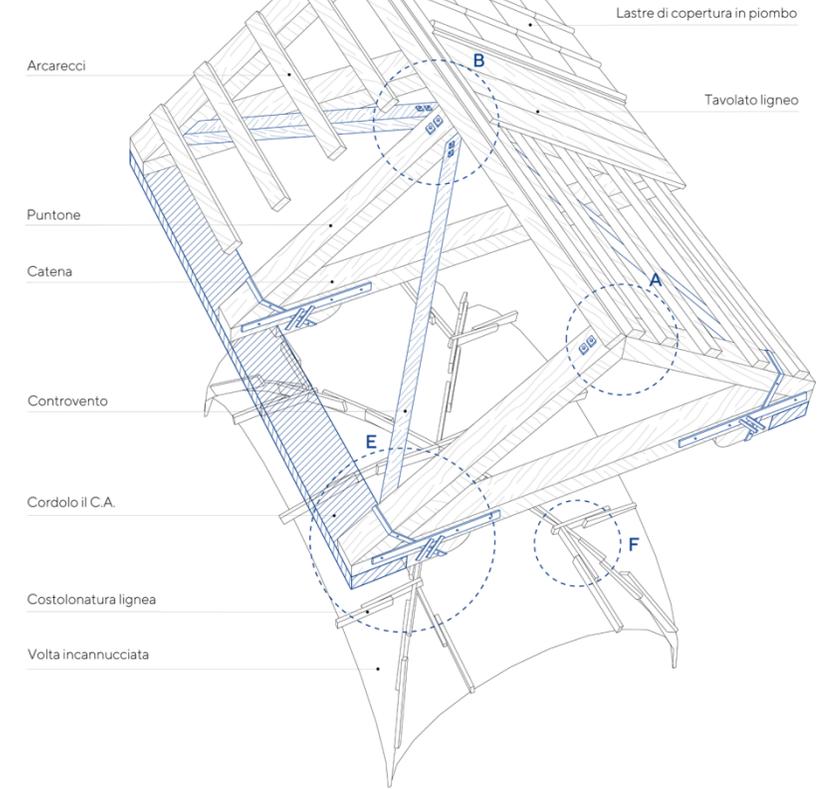
Interventi di consolidamento sulle coperture (1980-1983)



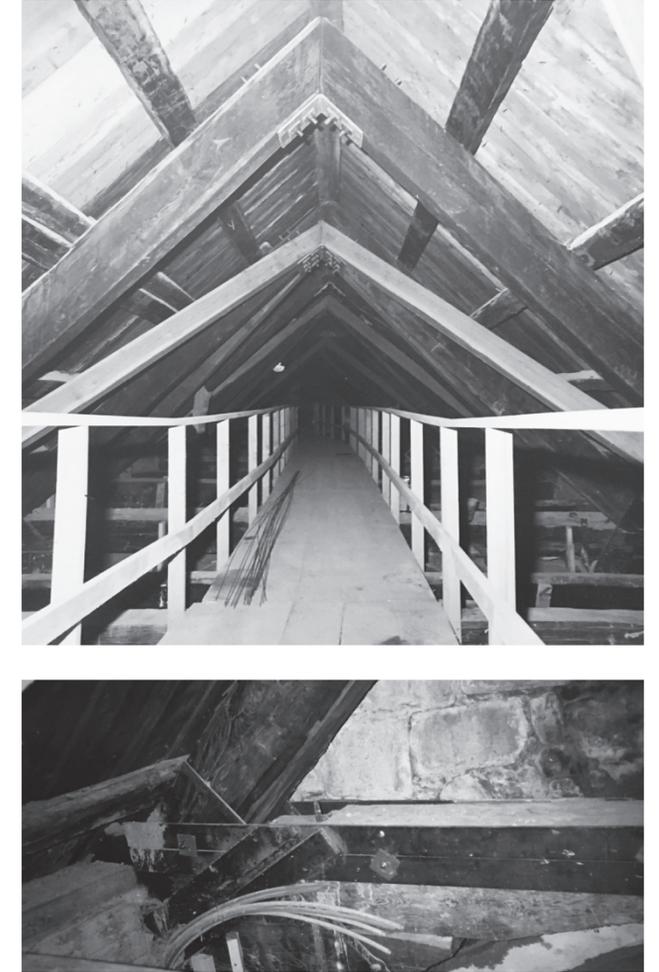
Interventi sulla copertura

LEGENDA

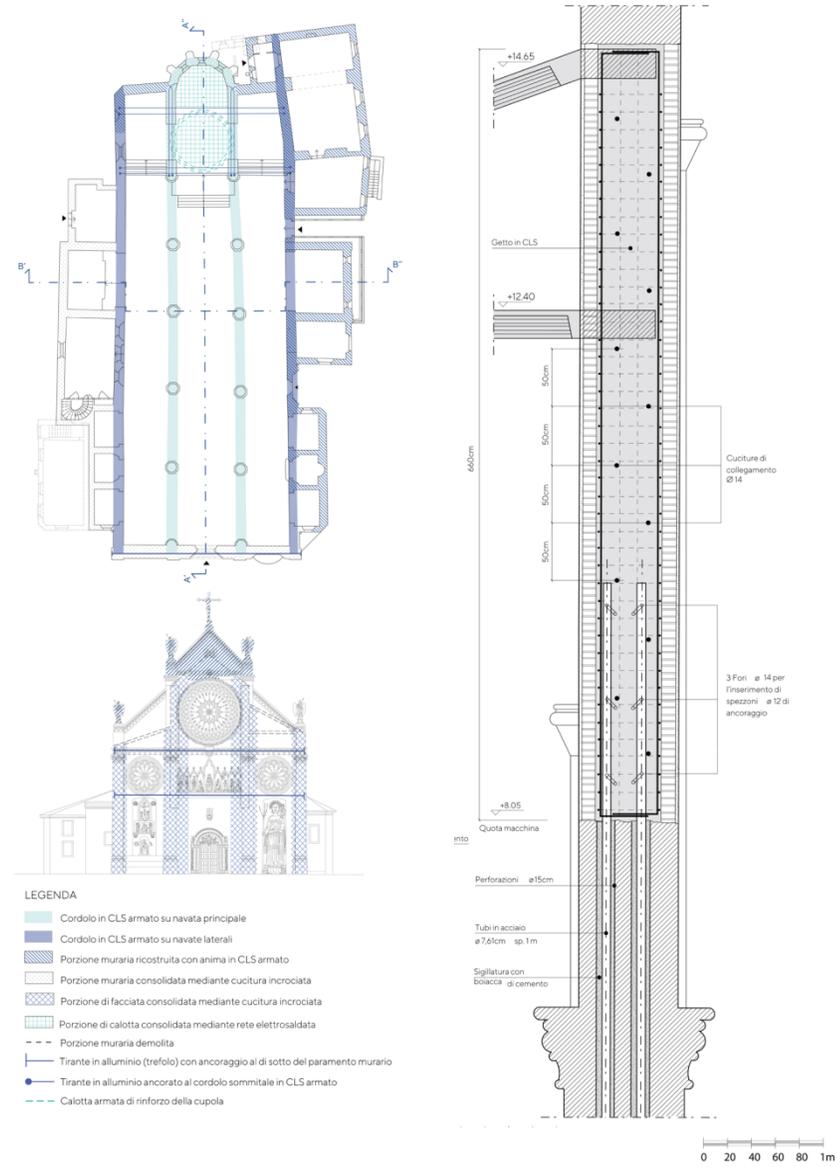
- Elementi inseriti per il consolidamento
- Elementi originari della copertura



(fig.46) Interventi di consolidamento sulle capriate della navata centrale
 Fonte: Archivio Parrocchiale



più alta, fu affiancata alla trave principale una longitudinale che dalla facciata principale raggiungeva la cappella di San Michele. I tralci metallici (fig.51) e le armature ancora esistenti permisero di effettuare un rifacimento più rapido delle volte delle navate laterali. Questi erano costituiti da ferro calandrato $\varnothing 20$, e collocati in corrispondenza alle direttrici delle crociere. Le volte furono agganciate successivamente alle travi reticolari soprastanti. Le nuove volte erano costituite da "pernevometal" in lamiera metallica, successivamente intonacate. In corrispondenza delle intersezioni delle volte, per evidenziarne al meglio la composizione delle superfici, vennero poste in opera spigolature metalliche.¹¹⁷



(fig.47)
Sintesi degli interventi effettuati in pianta e in facciata.

(fig.48)
Dettaglio costruttivo del consolidamento del colonnato centrale

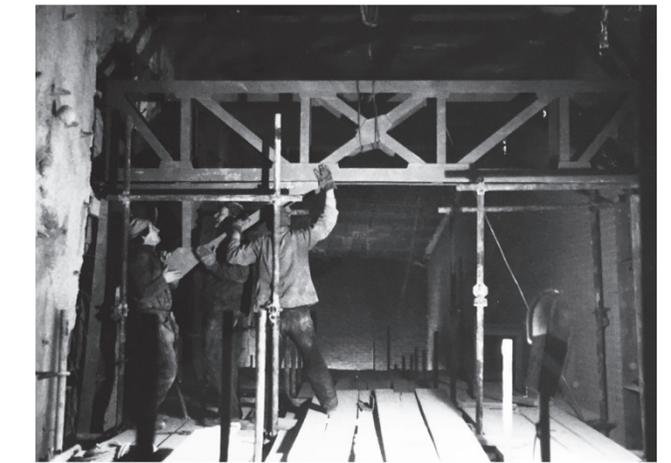
¹¹⁷ Brisighella L., op. cit. alla nota 102, p.179



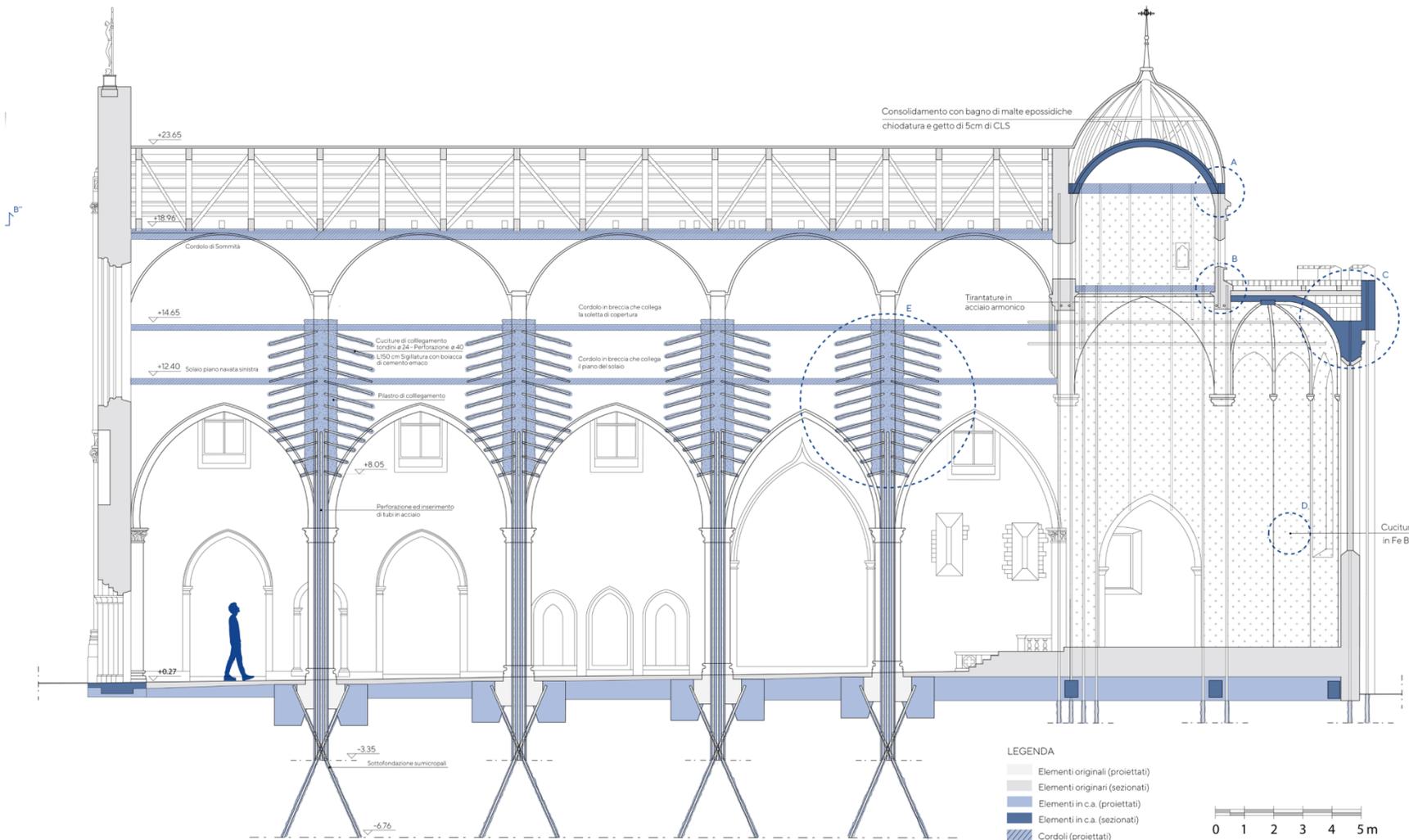
(fig.49)
Consolidamento delle colonne mediante tre tubi armati
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.50)
Nuove volte armate della navata destra
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.51)
Traliccio di collegamento al di sopra delle volte
Fonte: Archivio Parrocchiale

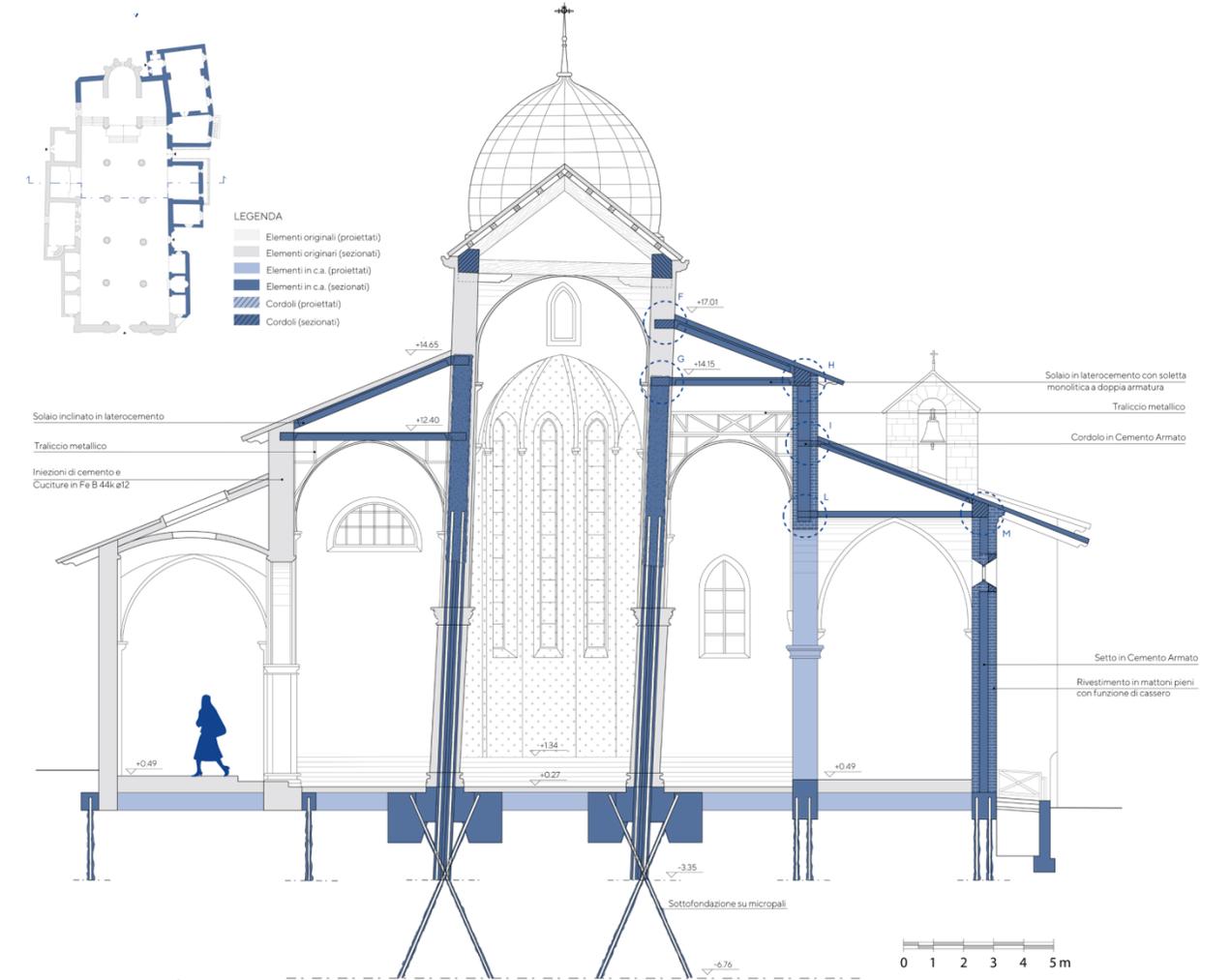


Sezione A'-A''



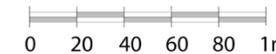
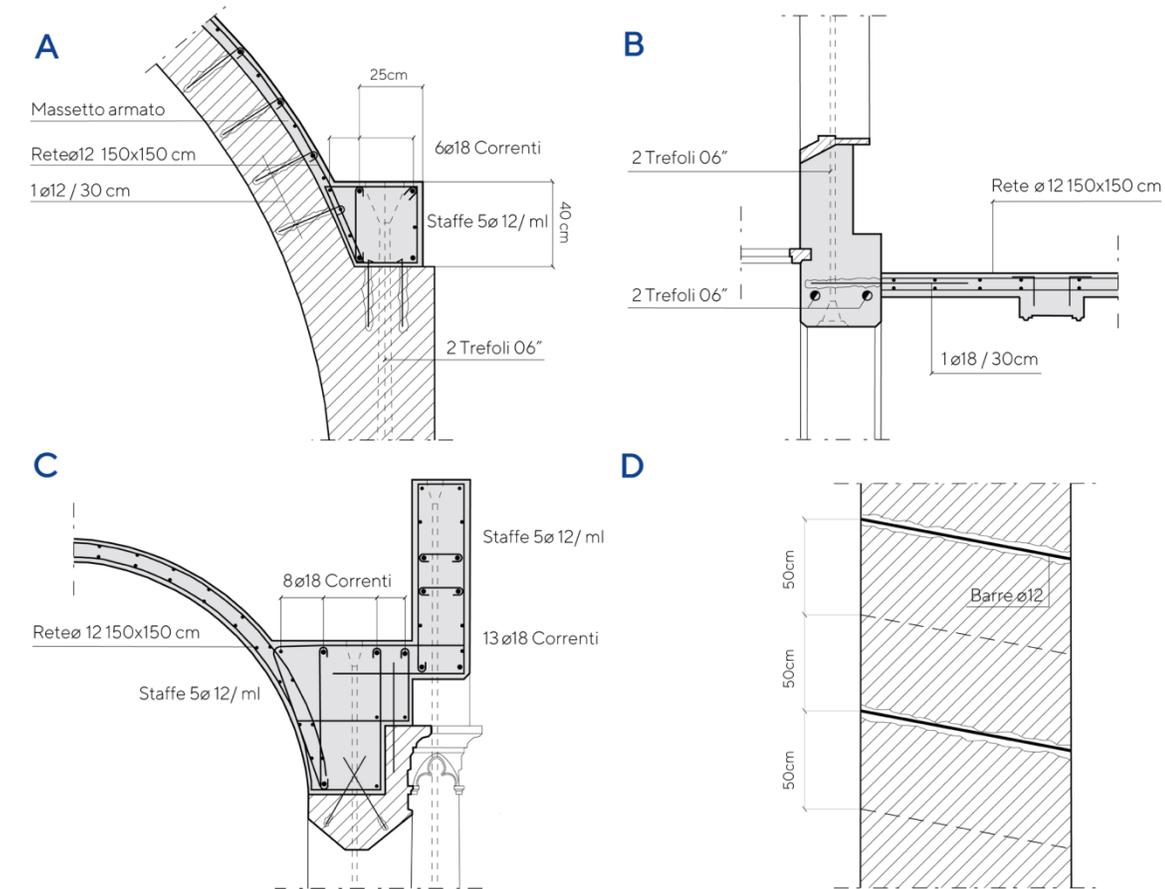
(fig.52) Rielaborazione grafica degli interventi di consolidamento effettuati sul colonnato principale e all'interno della zona absidale

Sezione B'-B''

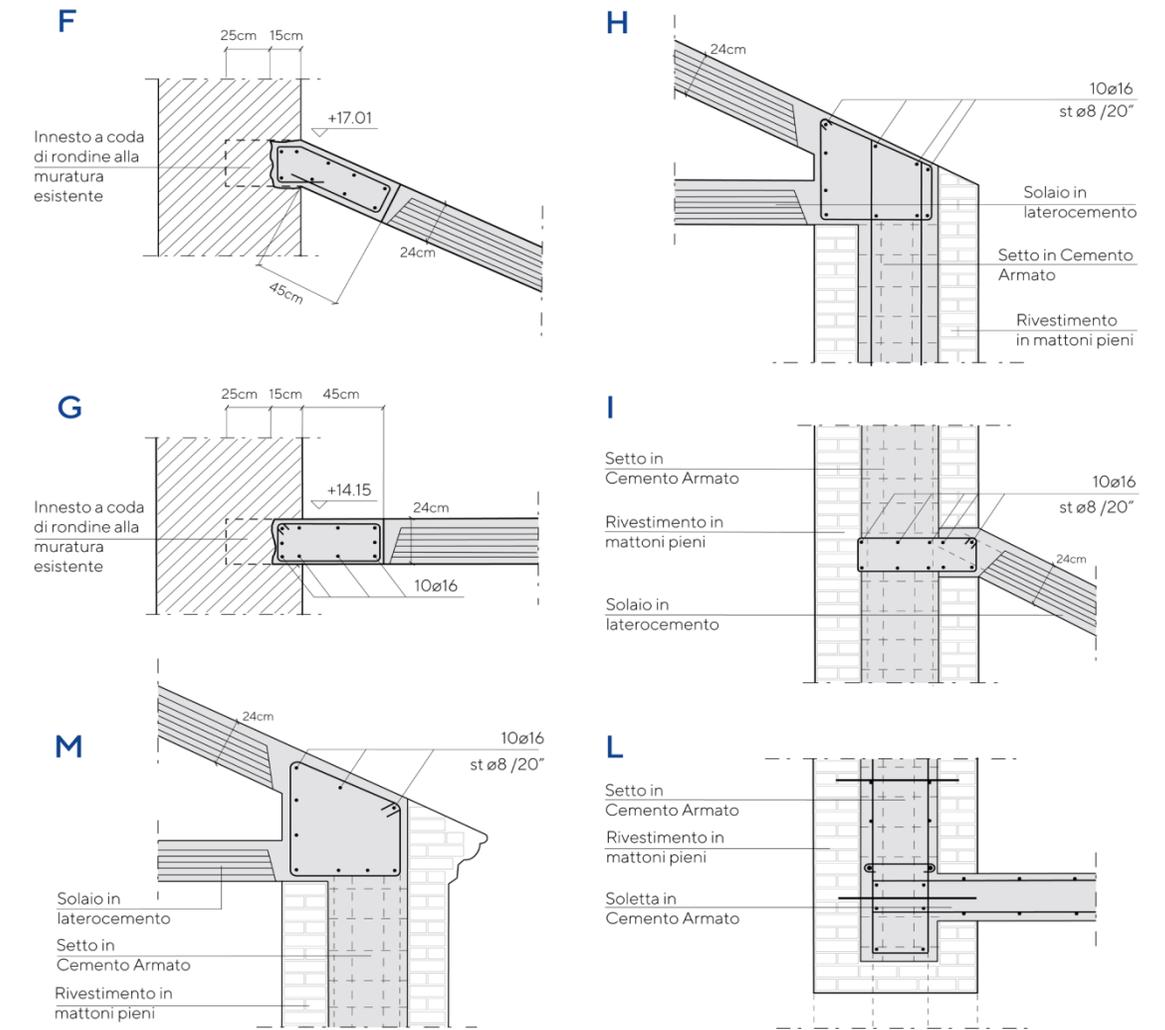


(fig.53) Rielaborazione grafica degli interventi di consolidamento effettuati sul colonnato principale e all'interno delle murature

Dettagli zona Absidale-Sezione A'-A''



Dettagli Navata Destra-Sezione B'-B''





(fig.54)
Ricostruzione della
navata destra
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.55)
Ricostruzione delle
volte
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.56)
Cantiere vicino alla
conclusione
Fonte: Archivio Parrocchiale



(fig.57)
Ricostruzione e con-
solidamento Cappella
della Madonna
Fonte: Archivio Parrocchiale



(fig.58)
ricostruzione della
navata destra e del
timpano della facciata
Fonte: Archivio Parrocchiale

(fig.59)
Facciata principale al
termine del restauro
Fonte: Archivio Parrocchiale





4

PROPOSTE D'INTERVENTO

- 4.1 Introduzione
- 4.2 Ipotesi di prevenzione
- 4.3 Ipotesi di consolidamento

4.1 Introduzione

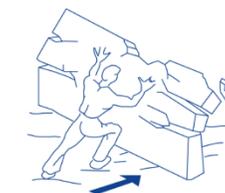
L'edificio murario storico è costituito dall'assemblaggio di elementi strutturali semplici, legati tra loro in modo isostatico attraverso contatti monolaterali e attritivi. Questa concezione strutturale, in caso di azione sismica, determina peculiari modalità di danneggiamento, con i danni che non coinvolgono in maniera generalizzata l'intero edificio ma solo gli elementi più deboli, (a differenza di quanto succede nelle moderne strutture pluriconnesse in cemento armato o in acciaio).¹¹⁸

*"Il sisma non disintegra in modo disordinato le case ma seleziona le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli provocando danni o collassi mediante meccanismi definibili in anticipo. A differenza di quanto avviene negli edifici concepiti e costruiti come un'unica struttura continua, la mancanza di connessione tra le parti che caratterizza le costruzioni in muratura permette il verificarsi di collassi parziali. Solo la parte più debole della costruzione cede al sisma, senza trascinare con sé le porzioni adiacenti"*¹¹⁹

L'azione del sisma sulla struttura muraria storica si manifesta mediante la sconnessione dei singoli elementi che la compongono. Tali sconnessioni comportano, la riduzione dell'efficacia dei vincoli originali e portano alla nascita di problemi di equilibrio negli elementi strutturali con l'innescarsi di meccanismi cinematici di ribaltamento. La sconnessione più frequente all'interno delle tipologie edilizie murarie è il così-

detto "meccanismo di primo modo", che si manifesta con il ribaltamento verso l'esterno delle pareti esposte. Nel caso in cui il ribaltamento verso l'esterno è impedito o trattenuto, l'azione viene trasferita alle pareti di controvento che, a seguito del superamento della loro resistenza, si lesionano diagonalmente, generando i "meccanismi di secondo modo".¹²⁰ (fig.60)

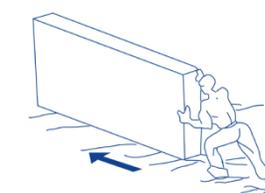
Meccanismo di Primo Modo



È la sconnessione più comuni che il terremoto induce nelle costruzioni murarie. È rappresentato dal ribaltamento verso l'esterno delle pareti esterne dell'edificio.

(Ridiseño da P. Touliatos, 1996)

Meccanismo di Secondo Modo



Si generano quando il moto verso l'esterno è impedito e l'azione sismica viene trasferita alle pareti di controvento che si trovano diagonalmente quando la loro resistenza viene superata.

(fig.60)
Ridiseño del comportamiento dei cinematici di primo e secondo modo da P. Touliatos, 1996

¹¹⁸ Materiale fornito dalla didattica, Tocci C., "Arte del costruire e cultura del terremoto", p.1

¹¹⁹ Giuffrè A., "Sicurezza e Conservazione dei centri Storici, il caso di Ortigia", 1993, p.133

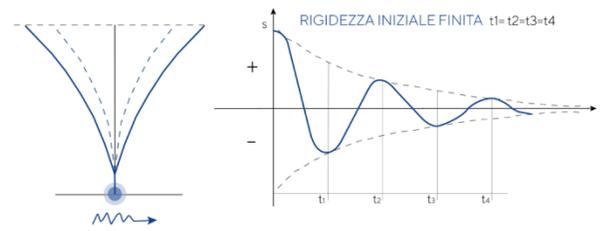
¹²⁰ Materiale fornito dalla didattica, Tocci C., op. cit. nella nota 118, p.6

Oltre che per le modalità di danneggiamento (locale o globale) le strutture murarie tradizionali e quelle moderne in cemento armato differiscono per il diverso comportamento dinamico. Queste ultime sono caratterizzate dalla presenza di un periodo naturale di oscillazione (il tempo necessario a compiere una oscillazione completa, nel caso delle vibrazioni libere, è costante) e dunque dalla possibilità di entrare in risonanza (fig. 61) con le vibrazioni sismiche qualora si verifichi la coincidenza tra il periodo della struttura e il periodo dell'azione esterna, con conseguente (a volte drammatica) amplificazione delle sollecitazioni.¹²¹ (fig.62) Per le strutture murarie, al contrario, non è possibile definire un periodo proprio (il tempo necessario a compiere una oscillazione completa, nel caso di vibrazioni libere, dipende dall'ampiezza dell'oscillazione) e ciò le rende insensibili al fenomeno della risonanza.¹²² (fig.63)



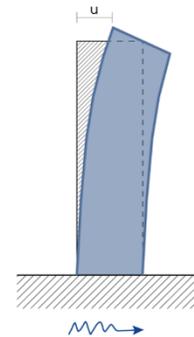
(fig.61) Spiegazione della risonanza mediante l'esempio dell'altalena di G. Torraca, 2009

Modello elastico



L'oscillatore elastico (struttura in c.a.)

In questo caso viene riconosciuto nel comportamento delle murature in Cemento Armato ricostruite a seguito del crollo dovuto al sisma. Tale comportamento può risultare problematico poiché sottoposto all'azione orizzontale del sisma oscilla in maniera completamente diversa rispetto alla muratura tradizionale, il che comporta un danneggiamento della struttura se inserito all'interno di un sistema storico.



OSCILLAZIONI LIBERE = Il movimento del corpo generato nel momento in cui il sistema viene spostato dalla posizione di originale equilibrio, e quindi risulta libero di oscillare in entrambe le direzioni.

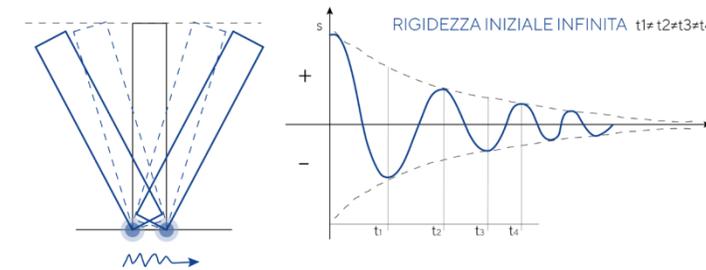
SMORZAMENTO = Il fenomeno dissipativo per cui l'ampiezza dell'oscillazione risulta essere caratterizzata da un decadimento esponenziale.

PERIODO NATURALE SMORZATO = Il tempo costante, necessario per compiere un'oscillazione completa per tutta la durata del moto.

FENOMENO DELLA RISONANZA = Essendo dotate di un periodo proprio di oscillazione il sistema elastico risente della risonanza che si verifica quando i due periodi coincidono.

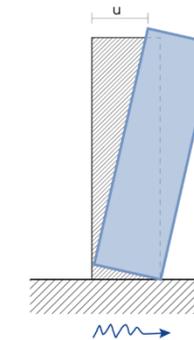
(fig.62) Oscillazioni libere di un modello elastico

Modello Rigido



Il modello rigido (struttura in muratura)

In questo caso viene riconosciuto nel comportamento delle murature tradizionali rimaste integre dopo il sisma del 1976. Tale comportamento può risultare non compatibile nei confronti dell'oscillazione delle porzioni in cemento armato poiché aventi diversa risposta all'azione orizzontale del sisma.

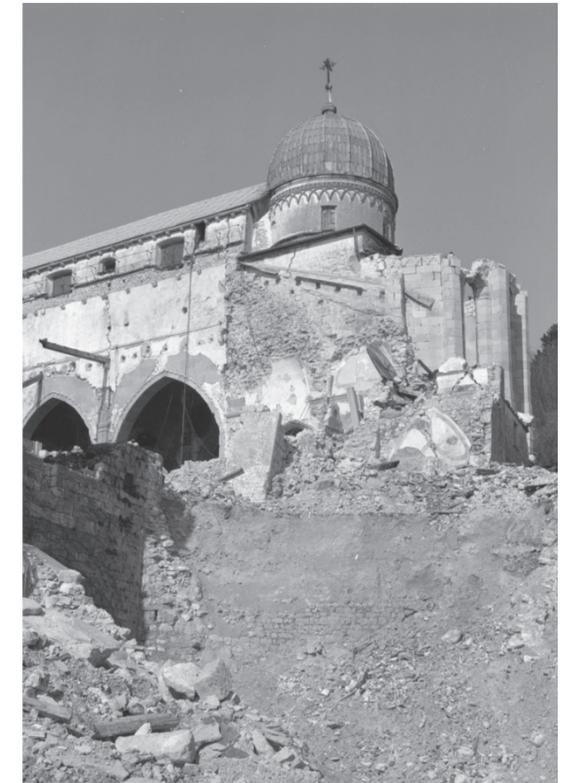


MODELLO DI HOUSNER = Un blocco parallelepipedo rigido appoggiato, oscillante alternativamente sui due spigoli di base se soggetto ad una forza esterna.

DISSIPAZIONE DI ENERGIA CINETICA = L'ampiezza delle oscillazioni si riduce a ogni urto con la base

FENOMENO DELLA RISONANZA = In assenza di un periodo proprio di oscillazione il sistema a blocchi non risente della cosiddetta risonanza, ovvero la coincidenza tra il periodo della forza esterna e il periodo della struttura. Quando si verifica questa condizione il periodo naturale di oscillazione della struttura varia andando a coincidere con quella della forza esterna.

(fig.63) Oscillazioni libere di un modello rigido



(fig.63) Crollo delle navate destra zona sagrestie e abside
Fonte: Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio del Friuli Venezia Giulia

¹²¹ Materiale fornito dalla didattica, Tocci C., "Cenni di dinamica: sistemi elastici vs sistemi rigidi", p.8

¹²² Ivi, p.35

4.2 Ipotesi di miglioramento della configurazione attuale

La prima ipotesi progettuale ha lo scopo di andare a migliorare sismicamente la condizione attuale dell'edificio. Questa risulta essere alterata dall'irreversibilità e dall'invasività degli interventi effettuati nella ricostruzione, che ne hanno alterato il comportamento strutturale. Al di là delle problematiche di compatibilità fisica, chimica e meccanica, mediante questa ipotesi, si intende sottolineare il diverso comportamento dinamico dei due materiali diversi che sono stati associati, la muratura tradizionale e la muratura in c.a.. La prima, possiede un comportamento dinamico di tipo rigido, e risulta indifferente al fenomeno di risonanza, quest'ultimo invece rappresenta il pericolo maggiore per le strutture in cemento armato.

L'ipotesi progettuale ha la finalità di disaccoppiare il comportamento dinamico delle porzioni realizzate con tecnica diversa migliorando le connessioni all'interno di ciascuna di esse. Il disaccoppiamento viene effettuato mediante la separazione dei solai dalle pareti e l'inserimento di dissipatori viscosi alle loro interfacce (fig.64).

Il miglioramento delle connessioni viene effettuato sui cordoli della navata centrale e di quella sinistra approfondendone il piano di appoggio sulle parti e ricavando, al di sotto della cordolatura cementizia esistente, un apposito incavo in breccia, all'interno del quale si alloggia l'armatura dove successivamente si effettuerà il getto di calcestruzzo.¹²³

Il tirafondo $\varnothing 10$ viene inserito mediante perforazione e viene ancorato alla barra sottostante $\varnothing 20$ che percorre l'intera porzione muraria. La nuova barra metallica, posizionata all'interno degli elementi laterizi percorre l'intera lunghezza

della parete. Il tirafondo invece va a legare, mediante una piastra, il cordolo cementizio. Il nuovo cordolo ha dimensioni maggiori (50cm) e risulta avere migliore conformità materica con la muratura esistente, poichè la presenza della superficie in laterizio risulta essere maggiore rispetto a quella in calcestruzzo. (fig.65)

Nelle murature delle cappelle superstiti, vengono inseriti dei tiranti metallici ai piedi delle volte. Questi hanno lo scopo di limitare i meccanismi di spinta presenti all'interno di un sistema voltato, il capochiave viene inserito all'interno della muratura, in modo da non renderlo visibile esternamente e mantenendo inalterato l'aspetto della facciata. (fig.66)

L'intervento più significativo dell'ipotesi è dato dal disaccoppiamento dei solai della navata sinistra, sostituiti in laterocemento durante la ricostruzione. Essi poggiano sulla muratura del colonnato della navata centrale mediante cordoli in c.a. I solai vengono separati dal cordolo, che rimane all'interno della muratura esistente, mediante l'inserimento di un dissipatore viscoso, ancorato alla muratura e al solaio. I dissipatori sono composti da un pistone in acciaio inossidabile inserito all'interno di un cilindro a tenuta stagna, dov'è presente il fluido altamente viscoso. Lo scopo di questo elemento è quello di contribuire a modificare la risposta sismica, limitando la forza trasmessa alla struttura, in forma permanente.¹²⁴ (fig.67)

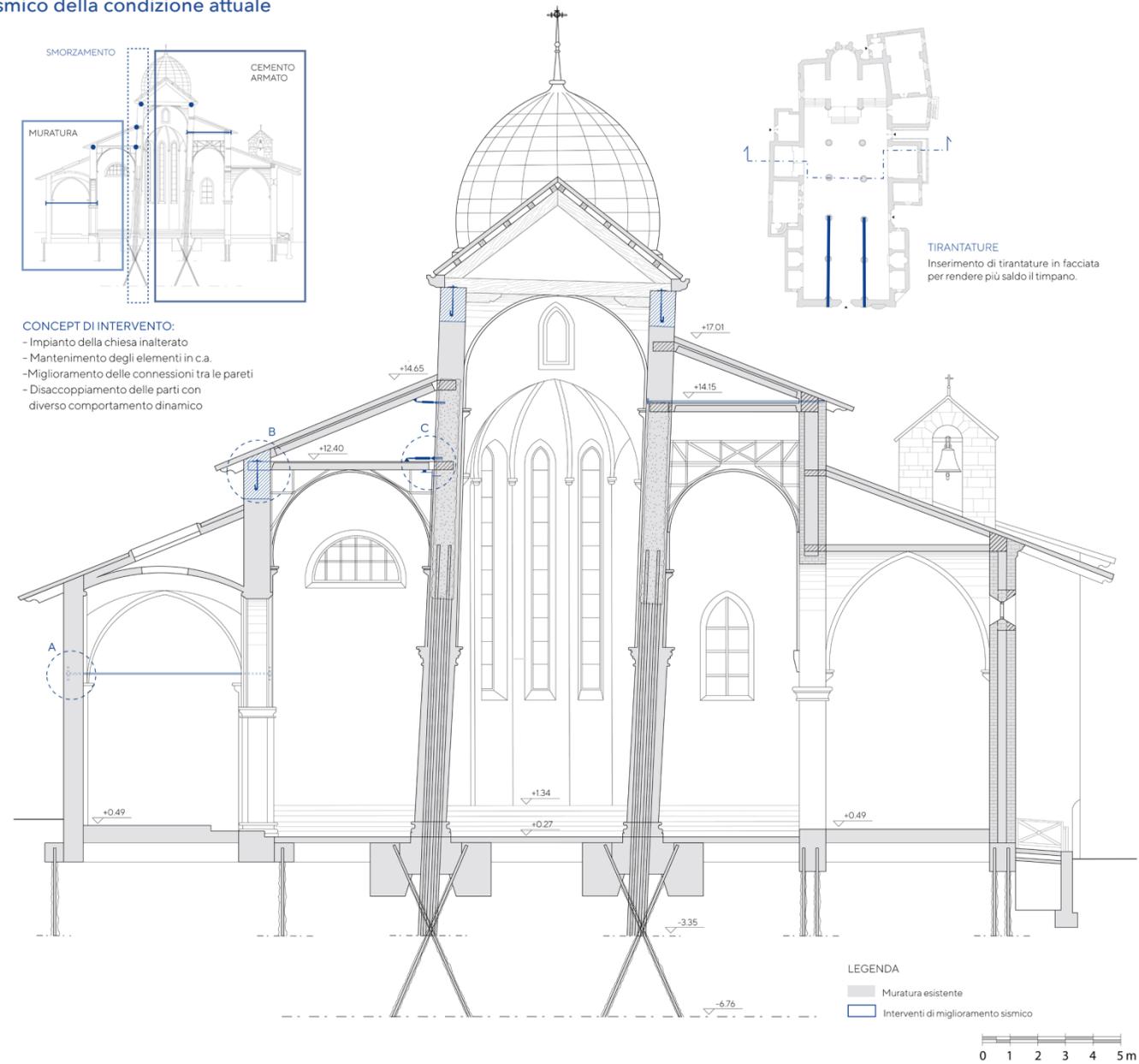
Il solaio non più collegato alla parte centrale viene sorretto da profili metallici ancorati alla parte stessa con sovrapposti appoggi elastomerici.¹²⁵

¹²³ Giuffrè A., *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia*, Bari 1993.p.174

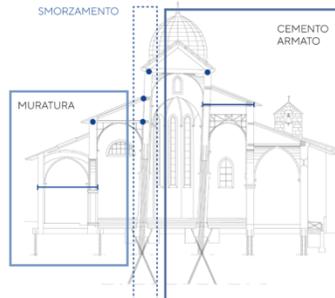
¹²⁴ AA.VV., *Isolatori sismici per edifici esistenti e di nuova costruzione. Principi fondamentali, criteri di progettazione, dettagli costruttivi*, Roma, 2011, p.200

¹²⁵ Idem

Miglioramento sismico della condizione attuale



(fig.64) Rappresentazione grafica dell'ipotesi di miglioramento sismico



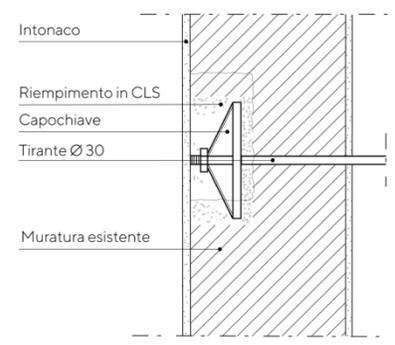
CONCEPT DI INTERVENTO:
 - Impianto della chiesa inalterato
 - Mantenimento degli elementi in c.a.
 - Miglioramento delle connessioni tra le pareti
 - Disaccoppiamento delle parti con diverso comportamento dinamico

TIRANTATURE
 Inserimento di tirantature in facciata per rendere più saldo il timpano.

LEGENDA
 ■ Muratura esistente
 □ Interventi di miglioramento sismico

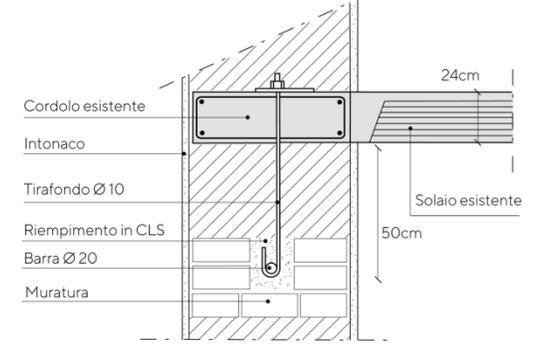
Dettagli del miglioramento sismico

A - Tirantatura



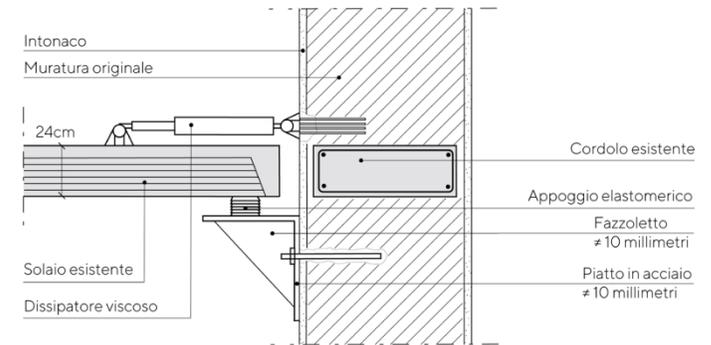
Perforazione della muratura esistente con inserimento di un tirante in acciaio Ø 30. Creazione in breccia della sede che conterrà il capochiave in acciaio e successiva rimurazione.

B- Cordolatura navata sinistra

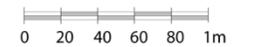


Creazione di un'apertura in breccia al di sotto del cordolo, con inserimento di una barra longitudinale Ø20 (per l'intero perimetro) collegata al cordolo mediante tirafondo Ø 10.

C- Dissipatore viscoso

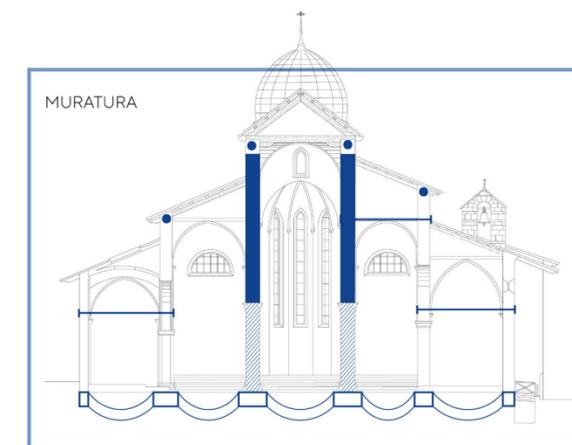


Disaccoppiamento del solaio in c.a dalla muratura esistente mediante un taglio dell'elemento e inserimento di un dissipatore viscoso, per il controllo della risposta dinamica. Il solaio è sorretto da una struttura metallica ancorata alla parete previa interposizione di un appoggio elastomerico.



4.3 Simulazione progettuale sulla configurazione post 1976

La seconda soluzione, partendo dall'assunto che l'uso del cemento armato va limitato negli edifici storici, propone una simulazione progettuale immaginando di intervenire nell'edificio così come si presentava dopo il 15 settembre 1976, ricostruendo o riparando con tecnica muraria omogenea con l'originale - ciò che era crollato o danneggiato. In questo caso l'ipotesi progettuale prevede la ricostruzione delle pareti crollate con l'utilizzo di laterizio tradizionale, senza andare ad alterare la planimetria originale. Prevede il miglioramento generalizzato delle connessioni, risultate inadeguate in precedenza, con la creazione di nuove cordolature in muratura, che aumentino la stabilità della struttura. (fig.65)



I nuovi cordoli verranno inseriti alla sommità delle murature delle tre navate, quelli della navata centrale ancoreranno le catene esistenti mediante un tirafondo $\varnothing 10$, che perforerà la nuova porzione muraria ed andrà ad agganciarsi ad una barra d'acciaio $\varnothing 30$, la quale percorre l'intera lunghezza della navata. I cordoli in muratura delle navate laterali ancoreranno le nuove travi lignee di copertura. L'armatura in entrambi i casi viene stabilizzata all'interno del cordolo mediante un riempimento in cls. La funzione principale dei cordoli sommitali delle navate è quella di perseguire il comportamento scatolare dell'edificio, impedendo il ribaltamento delle pareti, cosa che in precedenza non è stata impedita, ostacolando inoltre lo sfilamento delle capriate dalle loro sedi e ripartendo più uniformemente le sollecitazioni. I cordoli in muratura armata risultano idonei a questo tipo di intervento poiché possiedono una rigidità paragonabile a quella di una muratura in pietra e con l'inserimento dell'armatura sono in grado di resistere molto bene a trazione, flessione e taglio. Infine risultano pienamente compatibili con i materiali e le tecniche costruttive dell'edilizia tradizionale.¹²⁶

Per quanto riguarda la ricostruzione in muratura delle cappelle della navata destra, le dimensioni e le forme vengono riprese dall'originale, ma alle imposte degli archi in incannucciato, vengono inseriti dei tiranti $\varnothing 30$, fissati al muro mediante ancoraggi fissi con capochiave inserito nella muratura. Lo scopo di questo intervento, oltre alla distribuzione corretta del carico, sarà quello di evitare le azioni di ribaltamento che le pareti medesime hanno subito durante il sisma del 1976.¹²⁷

¹²⁶ Giuffrè A., op. cit. alla nota 127, p.174

¹²⁷ Ivi, p.174

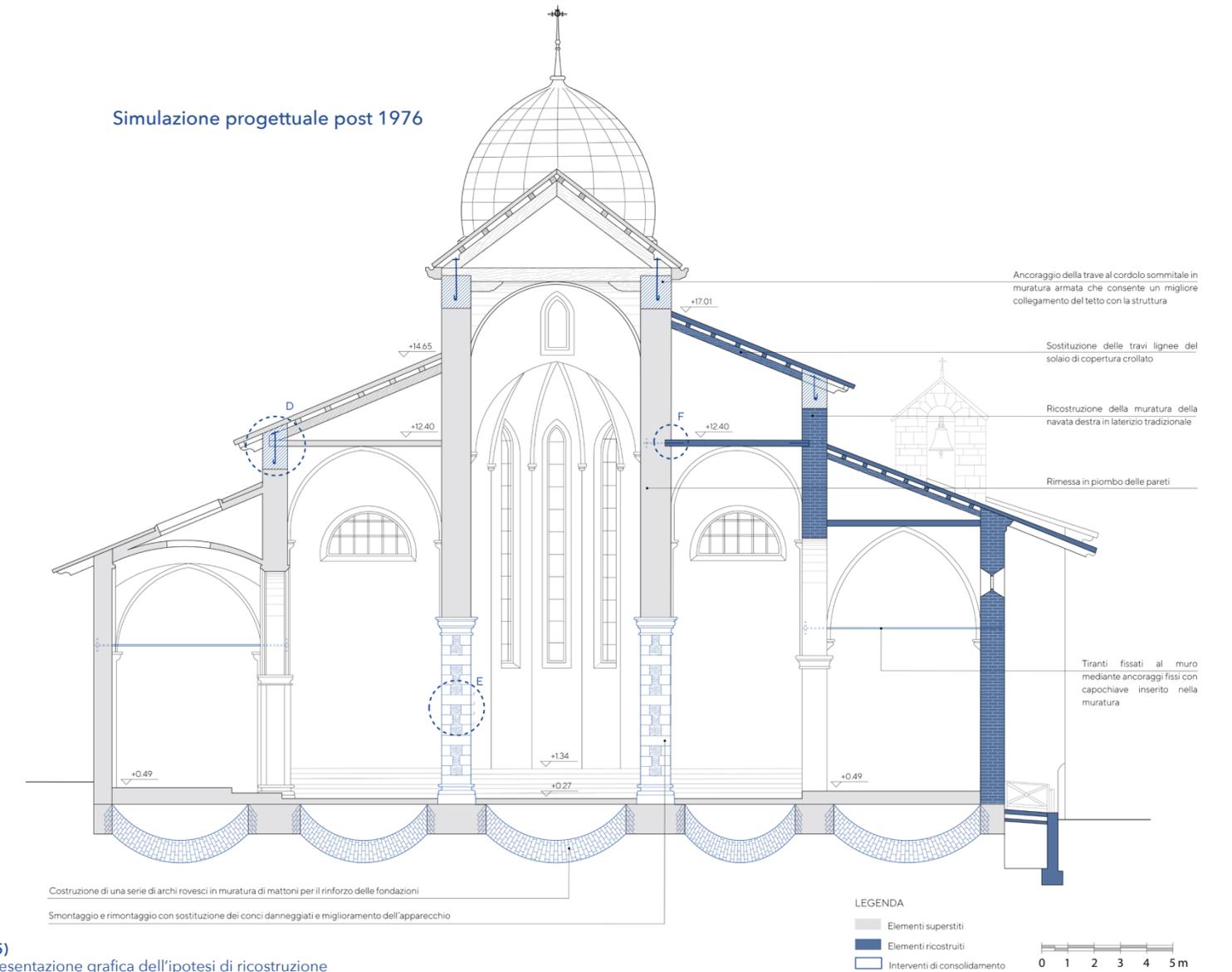
I nuovi solai lignei vengono legati alla muratura mediante tirantature, al fine di aumentare la resistenza della trave. L'elemento in acciaio viene ancorato alla testa della trave, che rientra in parte all'interno della muratura, questa è stabilizzata dalla presenza di reggette. Il tirante $\varnothing 30$, composto da un capochiave metallico inserito all'interno della muratura, viene stabilizzato da un riempimento in cls.

A livello delle fondazioni, quasi totalmente assenti prima del sisma, si è ipotizzato l'utilizzo di un sistema ad archi rovesci, che consentono di avere una più ampia e continua area di contatto col terreno, in modo tale da permettere lo scarico del peso della muratura e delle spinte degli archi soprastanti in maniera più corretta.¹²⁸

Il fuori piombo del colonnato, tramite smontaggio, viene eliminato e le porzioni di colonna danneggiate vengono sostituite mediante sostituzioni lapidee nelle porzioni di colonna danneggiate. Le parti in pietra squadrata costituiranno la cerchiatura esterna, mentre i conci verranno disposti in modo da evitare la sovrapposizione verticale dei giunti, con lo scopo di raggiungere la massima superficie di contatto. La colonna viene consolidata ad intervalli regolari mediante legamenti interni in pietra squadrata passantia per l'intera sezione. Questi accorgimenti permetteranno di avere una colonna coerente con la struttura originale e idonea ad assolvere le funzioni di sostegno.¹²⁹

¹²⁸ Rocchi P., Piccirilli C., *Manuale del consolidamento - contributo alla nascente trattatistica*, Bologna, 1991, p.40

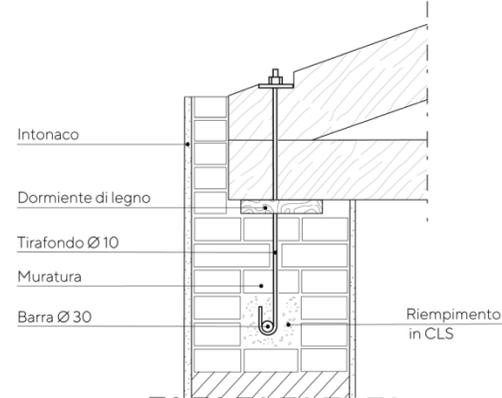
¹²⁹ De Benedictis R., Tringali S., *La ricostruzione della cattedrale di Noto*, Ispica, 2000, p.150



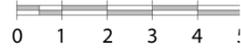
(fig.65)
Rappresentazione grafica dell'ipotesi di ricostruzione

Dettagli consolidamento sismico

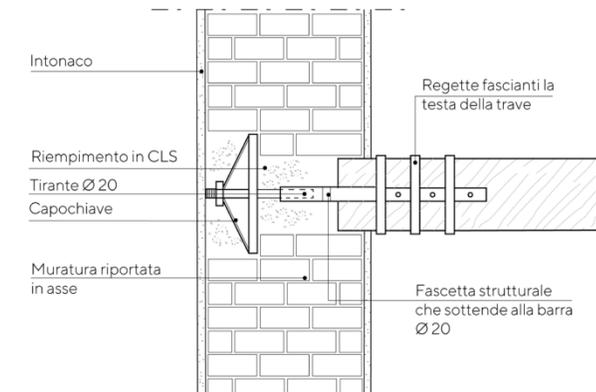
D- Cordolatura navata sinistra



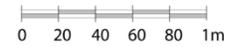
Creazione di un cordolo murario armato con barra fi 30 per l'ancoraggio mediante coppie di tirafondi fi 10 delle capriate.



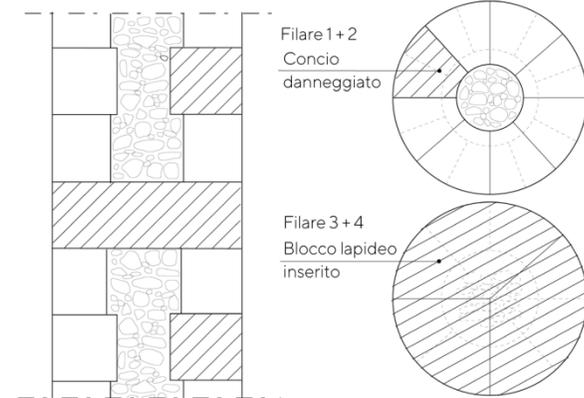
F- Tirantatura lignea



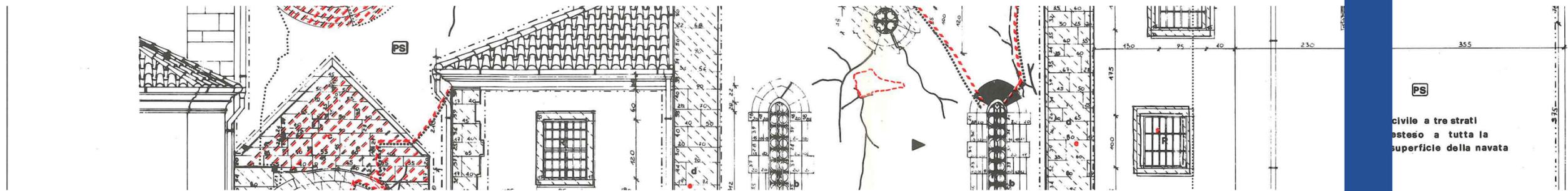
Connessione tra le pareti longitudinali usando le travi di sostegno della volta in camera canna come tiranti.



E- Colonnato centrale



Ripristino del colonnato in asse con smontaggio e sostituzione dei singoli conci danneggiati. La nuova apparecchiatura prevede l'inserimento regolare (~ 80 cm) di corsi lapidei estesi sull'intera sezione



PS
 civile a tre strati
 esteso a tutta la
 superficie della navata

ALLEGATI

- 1 Analisi dell'evento sismico
- 2 Analisi Storica
- 3-4 Rilievo storico
- 5 Rilievo del danno
- 6 Progetto di restauro
- 7 Rilievo dello stato di fatto
- 8-9 Rilievo degli interventi di consolidamento
- 10 Ipotesi di progetto

IMPARARE DAI TERREMOTI

L'USO DEL CEMENTO ARMATO NELLA RICOSTRUZIONE FRIULANA POST 1976

Il caso del duomo di Gemona.

1 IL TERREMOTO DEL 1976 IN FRIULI VENEZIA GIULIA

- L'area interessata dall'evento sismico
- Il "Modello Friuli" per la ricostruzione
- La Normativa Tecnica in zona sismica

2 IL DUOMO DI GEMONA PRIMA DEL 1976

- Lo sviluppo urbanistico di Gemona dei Friuli
- Indagine storica del manufatto
- Confronto tra la facciata originale e la facciata attuale
- Analisi del rilievo storico del 1952 di Roberto Elia

3 IL DUOMO DI GEMONA DOPO IL TERREMOTO DEL 1976

- Analisi del danno e individuazione dei meccanismi
- Analisi delle proposte di progetto e miglioramento
- La ricostruzione del Duomo, le tecniche di consolidamento

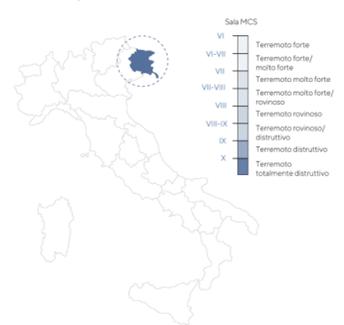
4 PROPOSTE DI INTERVENTO

- Introduzione
- Ipotesi di miglioramento della configurazione attuale
- Simulazione progettuale sulla configurazione post 1976

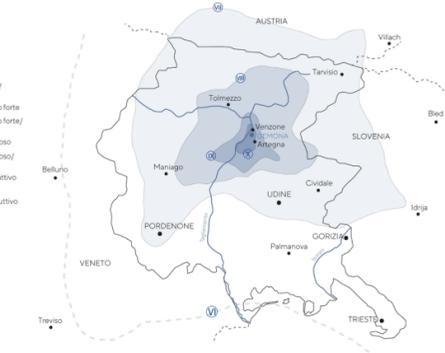
ANALISI DELL'EVENTO SISMICO

Localizzazione

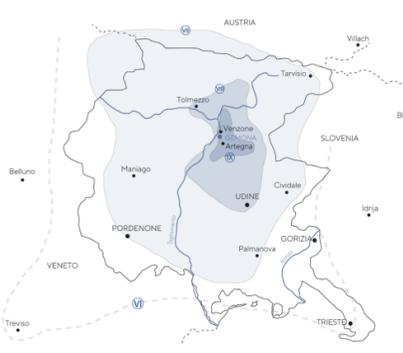
Isoipse dell'intensità secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg
Area Friulana colpita dal terremoto



6 MAGGIO 1976



11 SETTEMBRE 1976



15 SETTEMBRE 1976



Le scosse

Dati in magnitudo della scala Richter

1	6 Maggio	6.5	(ore 21:00)
2	11 Settembre	5.8	(ore 18:31) 5.6 (ore 18:40)
3	15 Settembre	5.9	(ore 5:00) 6.0 (ore 11:30)

I danni

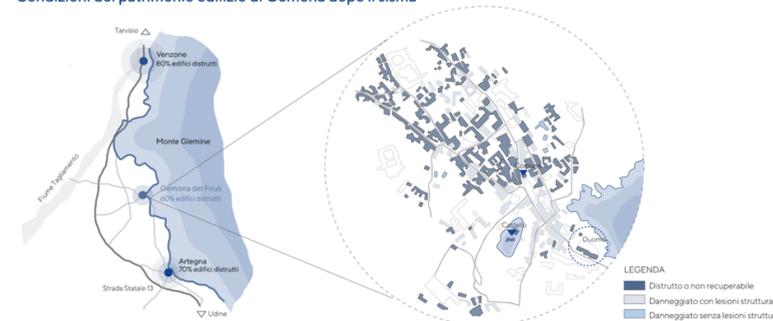
45	Numero dei comuni disastrati
40	Numero dei comuni danneggiati gravemente
62	Numero dei comuni danneggiati

Le conseguenze

VITTIME	989
FERITI	2.607
SENZA TETTO	100.000



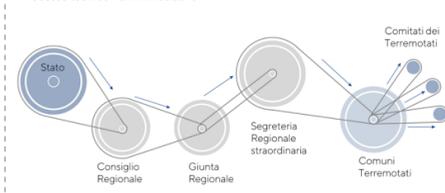
Condizioni del patrimonio edilizio di Gemona dopo il sisma



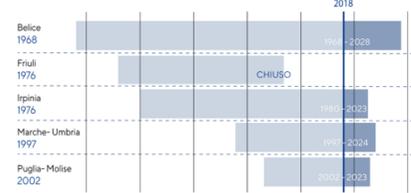
II "MODELLO FRIULI"

La componente fondamentale per la riuscita della ricostruzione è stata la devoluzione dei poteri al territorio, quello che viene chiamato il "Modello Friuli". Tale modello prevedeva un decentramento delle funzioni amministrative, decisionali ed operative che vedevano i comitati dei terremotati gli enti di maggiore importanza in quasi 100 comuni. Venne a generarsi un'organizzazione concatenata di poteri e funzioni che permise di creare un processo di pianificazione più operativo e flessibile rispetto ai precedenti. Anche l'area di intervento in Friuli su questa scelta poiché essendo di notevoli dimensioni si determinò la difficoltà di gestione da parte di un unico potere centrale. Questo meccanismo inoltre ha permesso la costante comunicazione tra amministrazione e comunità.

Processo tecnico - amministrativo



Periodi di ricostruzione dei principali sismi italiani



Linee-guida per la ricostruzione Friulana:

- Legge n. 546 dell'8 Agosto 1977
- Legge Regionale n. 30 del 1988
- Legge n. 63 del 1977
- DT8 "Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici di cui all'art. 8 della LR 30/1977 aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l'architettura locale"

Decreti Legislativi per le zone sismiche

- DM 3.03.1977 "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- DM 2.07.1981 "Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia"
- DM 24.01.1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche. (G.U. 12.05.1986, n.108)"
- Circolare n.1032.18.06.1986 del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali "Interventi sul Patrimonio Monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni"
- DM 20.10.1087 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento"
- DM 16.01.1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Ordinanza n.3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- DM 14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC)

- Circolare n.26, 2.12.2010 "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale"

Fornisce indicazioni per la riduzione e la valutazione del rischio sismico sul patrimonio monumentale, determinando che per i beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico il restauro comprenda l'intervento di MIGLIORAMENTO STRUTTURALE. Definisce i nuovi requisiti di sicurezza da considerare nei beni architettonici di valore storico-artistico, inserendo agli stati limite già presenti lo STATO LIMITE DI DANNO AI BENI ARTISTICI (SLA). L'importanza dell'acquisizione di una CONOSCENZA DEL MANUFATTO, mediante lo studio delle caratteristiche della fabbrica con lo scopo di andare a definire un modello interpretativo che consenta l'analisi strutturale e una valutazione degli eventuali interventi. Vengono illustrate le diverse possibilità di modellazione del comportamento strutturale di una costruzione storica in muratura, per la valutazione della SICUREZZA SISMICA, classificata in tre livelli di completezza (LV1-LV2-LV3). Descrive i criteri da seguire per il miglioramento sismico, ovvero per la riduzione della vulnerabilità, indicando per ciascuna problematica le possibili TECNICHE DI INTERVENTO esaminate in relazione al loro impatto sulla conservazione del bene.



ANALISI STORICA

Evoluzione del tessuto urbano

500 a.c. **Periodo Celtico - Romano**

Nascita della cittadina grazie all'insediamento di un popolo Celtico, venne scelta poiché luogo di transizione di molti popoli e per la posizione geograficamente strategica all'inizio della piana della valle del Tagliamento. Il 186 a.c. rappresentò l'inizio della colonizzazione romana del Friuli, per la necessità di un efficace controllo del territorio oltre che diffusione della romanità, venne migliorata l'antica viabilità, sotto l'impero di Augusto il tracciato che portava verso Venzone venne deviato per Ospedaletto, dando vita alla nuova Julia Augusta, strada che per secoli fu la principale per il Nordovest: i romani fortificarono anche il colle del Castello dando così luogo al "castrum".

568 -776 d.c. **Periodo Longobardo**

I longobardi invasero l'Italia provenendo dall'Ungheria ed essero Gemona ad arimania, cioè a comunità formata da uomini atti al lavoro e alla difesa che dipendevano direttamente dal re. Il castello di Gemona venne successivamente trasformato in un mastio fortificato sede dei soldati impegnati alla difesa della cittadina poiché considerata luogo strategico per il passaggio delle merci. L'esistenza di Gemona viene inoltre menzionata da Paolo Diacono nella sua "Historia Langobardorum", il quale riporta che nel 611 era considerato un castello inespugnabile.



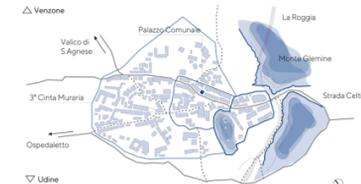
1000 -1369 **Periodo Patriarcale**

Sotto il principale ecclesiastico del Patriarcato di Aquileia, feudatario del Sacro Romano Impero Germanico, Gemona prosperò con l'espansione delle attività commerciali, artigianali e finanziarie diventando anche una delle prime cittadine ad avere un proprio statuto. Il Niederlech rappresentò infatti la fonte principale di benessere, che riservava a Gemona il ruolo di snodo dei commerci internazionali con l'obbligo della sosta per una notte delle merci in transito e del cambio dei carriaggi. Anche sul piano urbano, grazie alla favorevole situazione vennero edificate la seconda città murata di difesa e venne completata l'edificazione del Duomo.



1420- 1797 **Periodo Veneziano**

All'inizio del 400 si ebbe il passaggio dal dominio imperiale alla repubblica veneziana da parte di tutto il Friuli nei confronti del nascente "stato di terra" veneziano, guidato dal doge Tommaso Mocenigo. Il dominio veneziano garantì 400 anni di prosperità interrotta solamente per le vicende dovute alla Lega di Cambrai, grazie alla scelta di lasciare ampie autonomie locali. La Patria del Friuli, con sede a Udine e un Parlamento, era quasi una corteia indipendente un protettorato che faceva riferimento a Venezia per le esigenze militari e politiche. La grande via di transito da e per il Nord Europa però a causa del nuovo assetto politico perse d'importanza e di conseguenza Gemona non risultò più avere il privilegio di città di transito. Nonostante questo cambiamento continuò la sua espansione, potenziando la propria attività artigianale e commerciale inoltre ci fu la costruzione della terza città muraria. Nel 500 venne effettuata a causa del terremoto, una ricostruzione totale della cittadina che portò a sostituire le case medievali in Rinascimentali e successivamente Barocche.

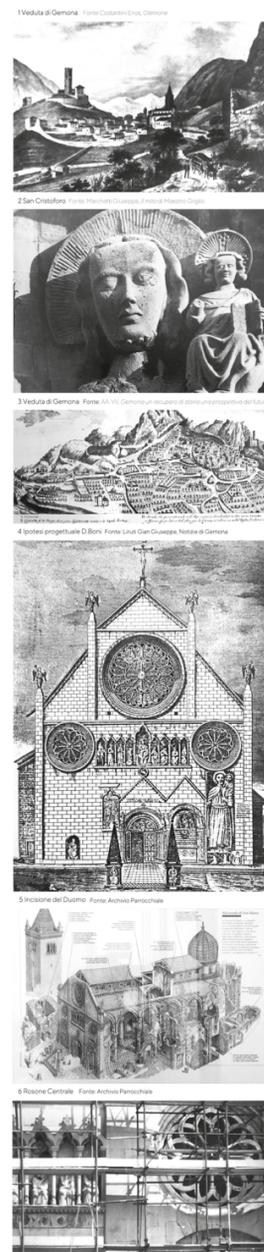


1800- 1976 **Periodo Napoleonico**

Dopo una successione di invasioni da parte degli Austriaci e dei Russi arrivò la conquista di Napoleone che portò definitivamente all'abolizione del Parlamento della Patria del Friuli. Nuovi assetti politici s'imposero, le mura medievali vennero distrutte dalle città e anche Gemona subì le vicende dello Stato Veneto con l'assetto delineato dal Trattato di Campoformio. Si diede il via ad una successione continua di domini: Francesi, Austriaci poi dei Savoia, tutti con una visione di potere fortemente concentrato. Nell'800 venne introdotta la ferrovia, nuovo mezzo di trasporto che cambiò tutta l'impostazione della viabilità e portò di conseguenza ulteriormente Gemona ad essere una cittadina di coronamento. Solamente dopo la Seconda Guerra mondiale si ebbe un miglioramento dello stato italiano grazie al boom industriale e anche Gemona ebbe una ripresa. Nel 1976 si ebbe il secondo terremoto significativo che rasé al suolo la città e la costrinse ad un'ulteriore ricostruzione.

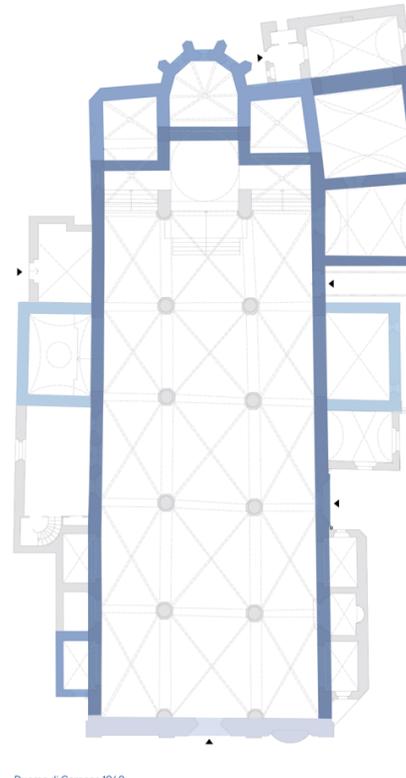
Prevedendo L. Nima Giovanni Piana, Gemona un recupero di storia una prospettiva del futuro, Udine, 1980
AA. VV., Gemona ed il suo Mandamento Banca popolare cooperativa di Gemona, Botniga, 1979
Costantini L., Gemona, Società Editrice Il Mulino, Udine, 1976

Regesto Storico del Duomo



1190	Documento dell'Archivio capitolare in cui si nomina una chiesa di Santa Maria della Pieve
1204	Matrimonio tra il Marchese Azzo VI d'Este ed Alisia figlia di Rinaldo principe d'Anticochia
1290	Ricostruzione dell'edificio sotto la guida dell'Architetto - Scultore Maestro Giovanni sul luogo di una precedente chiesa Romanica
1331- 32	Maestro Griglio e figlio eseguono il San Cristoforo posto in facciata
1334- 36	Rosone eseguito dal Maestro Bucata in pietra piacentina
1337	Consacrazione da parte del Vescovo di Parenzo
1429	Presbiterio duecentesco ampliato di 10m. Edificazione della cupola e dell'abside semipoligonale.
1450 - 57	Erette le Cappelle della Beata Vergine degli Angeli, del Santissimo Sacramento e dei Re Magi a direzione dell'Architetto Elia e dell'Architetto Bernardo
1511	Scossa di terremoto del 26 Marzo, Magnitudo 6,9, epicentro localizzato al confine tra Italia e Slovenia
1639 - 54	Demolito il vecchio presbiterio e coperta la navata principale con volte a crociera in incannucciato. Monofore in facciata sostituite con finestre rettangolari.
1822 (vedere l'approfondimento)	Rilievo dell'Ingegnere Boni che ha permesso la documentazione dell'aspetto medievale della facciata e l'identificazione di un grave pericolo di crollo.
1823	La Deputazione Comunale e la Fabbrica analizzano la perizia dei Boni, ma nonostante l'intervento fosse necessario la proposta progettuale risultò essere troppo costosa e quindi venne bocciata.
1824	Vennero approvate le proposte di consolidamento dell'architetto Presani, ma fu necessaria una seconda perizia di rilevamento dei danni prima di poter intervenire poiché le condizioni di degrado della facciata erano peggiorate.
1828	L'intervento di restauro venne concluso, la facciata staccamente venne ripristinata. Lo stile Gotico non ebbe nuove aggiunte, vennero ricollocati in maniera più simmetrica gli ornamenti precedenti.
1922	Ripristinata la copertura asportata durante l'invasione del 1917-18 sostituita in Eternit.
1952	Esecuzione del rilievo dello stato attuale da parte dell'Architetto Roberto Elia
1976	Prima scossa: 6 Maggio, Magnitudo 6,5, epicentro localizzato nel comune di Venzone Seconda scossa: 11 Settembre, Magnitudo 5,8 Terza scossa: 15 Settembre, Magnitudo 6,0
1980-1983	Inizio dei lavori di ricostruzione e consolidamento ad opera dell'Ingegnere BrigHELLA e dell'Architetto Giuseppe Franca
1986	Fine dei lavori di ricostruzione del Duomo e inaugurazione

Belandini R., Il Restauo Archeologico nella ricostruzione del Friuli - Visioni storiche per un consuntivo, Udine, 1990
Prevedendo L., Nima Giovanni Piana, Gemona un recupero di storia una prospettiva del futuro, Udine, 1980
Costantini L., Gemona, Società Editrice Il Mulino, Udine, 1976

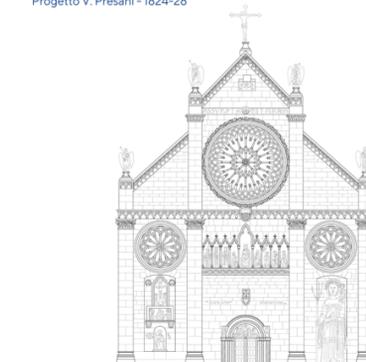


La facciata originale e il progetto di ricostruzione

Rilievo D. Boni - 1822



Progetto V. Presani - 1824-28



1822 D. Boni

Interpretazione dei danni
Grave pericolo di crollo la metà superiore della facciata risultava essere uscita di piombo, si ipotizzò fosse causato dal peso della parte superiore. Le lesioni, erano visibili, esterne e risultarono essere molto profonde. Se la facciata fosse crollata in fuori piombo avrebbero ceduto anche le pareti longitudinali.

Ipotesi Progettuale (non-realizzata)
Demolizione parziale della facciata con totale cautela nel trattamento dei materiali spostati e una ricollocazione fedele di essi, non solo per quanto riguarda gli elementi scultorei ma anche per le pietre di rivestimento. Si prevedeva solamente il rifacimento dei pezzi che non risultavano utilizzabili e mancanti. Allargamento della parte superiore con diversa distribuzione dei rilievi.

1824-28 V. Presani

Interpretazione dei danni
Lo strabocco cominciava dalla fondazione e si rispecchiava anche nelle mura interne. La muratura della facciata non era solida né al di sotto dei rostri né nella galleria centrale. Le fondamenta risultarono esseri dall'angolo Nord-Est fino al portale d'ingresso, tale mancanza portò all'inclinazione della facciata.

Soluzione Progettuale (realizzata)
Il primo intervento fu la demolizione della facciata in seguito vennero edificate le fondazioni, ad una profondità adatta per garantire la solidità del suolo e della struttura. Successivamente vennero sostituiti i caestri cadenti, ed infine l'intera facciata fu elevata rispetto al piano precedente. Dal punto di vista materico il materiale era totalmente degradato da non poterlo riutilizzare.

Confronto tra la facciata originale e quella restaurata

Il progetto dell'ingegner Boni prevedeva la ricollocazione fedele di tutti gli elementi scultorei mantenendo la composizione nell'originale stile Gotico. Non era prevista nessuna modifica compositiva. Il Presani al contrario, oltre che agli interventi strutturali di tutela della facciata, eseguì aggiunte e variazioni derivanti dalla scultura medievale già esistente. Le modifiche e ritocchi avrebbero avuto scopo puramente compositivo. Il primo cambiamento vide l'inserimento di una fascia lapidea, contenete i dodici apostoli al di sotto della galleria centrale e alcuni fondi contornati profeti. Il secondo protino venne eliminato e alcune parti di esso vennero ricollocate su prospetti laterali. L'obiettivo fu di generare una nuova facciata con impostazione più regolare e simmetrica, mantenendo lo stile Gotico, caratteristico dell'architettura, ricollocando nel miglior modo possibile gli ornamenti che precedentemente erano in apparente ordine sparso. Lo stile neoclassico del periodo, venne inserito solamente nei capitelli delle parate.

Archivio di Gemona, Cartolina n.50 delle deliberazioni consigliari della terra di Gemona, 1822-1834 e 30 foto 9



POLITECNICO DI TORINO
Corso di Laurea Magistrale in Restauro e Valorizzazione del Patrimonio
A.A. 2017-2018
Relatore: Cesare Tocci
Candidata: Monica Del Forno

IMPARARE DAI TERREMOTI: IL CASO DEL DUOMO DI GEMONA
L'USO DEL CEMENTO ARMATO NELLA RICOSTRUZIONE FRIULANA POST 1976

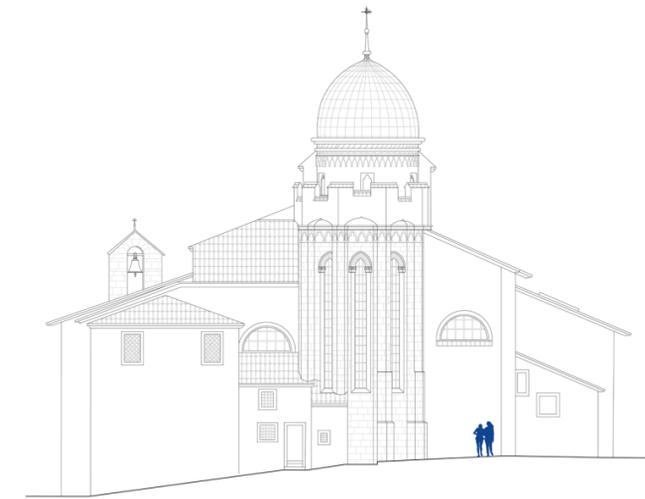
ANALISI STORICA



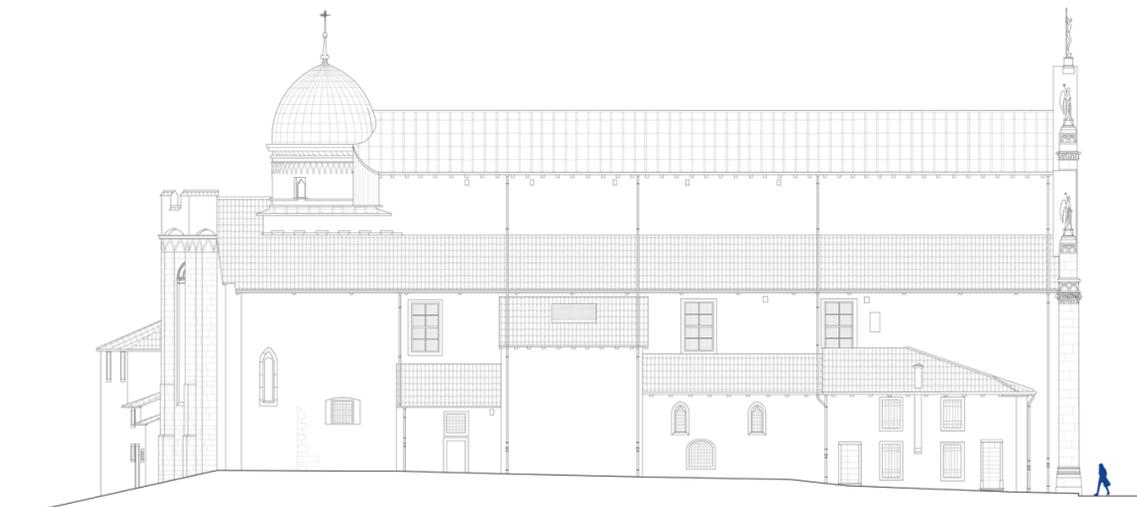
Prospetto Est - Navata Destra



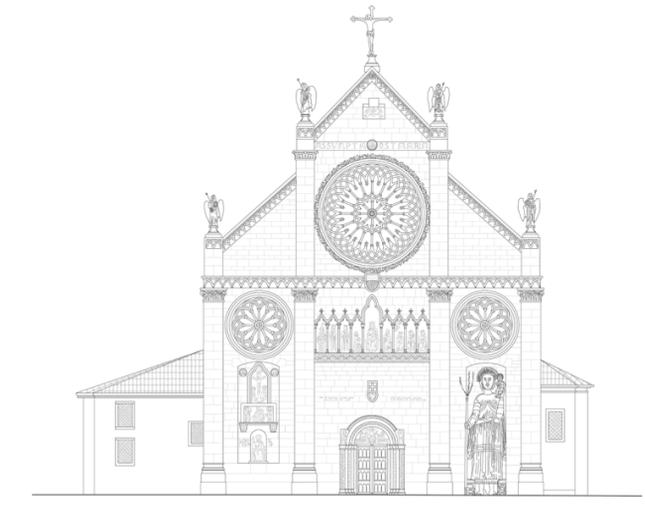
Prospetto Sud - Facciata Absidale



Prospetto Ovest - Navata Sinistra



Prospetto Nord - Facciata principale

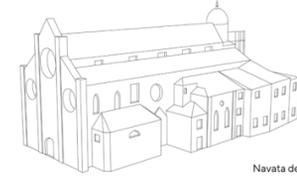


0 1 2 3 4 5m

RILIEVO DEI DANNI PROVOCATI DALLE SCOSSE DI MAGGIO E SETTEMBRE DEL 1976

Progressione del danneggiamento

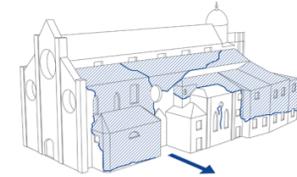
Stato di fatto pre sisma



Navata destra

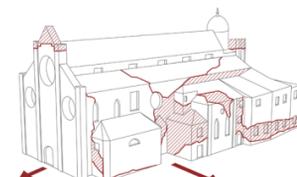
L'impianto, costituito da tre navate che si concludono in altrettante absidi, è privo di transetto e coperto da una cupola a doppia calotta, esternamente rivestita in piombo, in corrispondenza dell'area presbiteriale. Sono inoltre presenti cappelle laterali su entrambi i fianchi, le principali delle quali hanno dimensioni maggiori e sono poste simmetricamente tra loro.

Crolli dovuti al sisma del 6 Maggio 1976



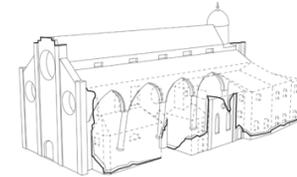
In seguito alla prima scossa, il Duomo riportò danni gravi ma resistette complessivamente all'azione sismica. La rottura più grave venne riportata sulla navata destra, a causa dello smottamento del terreno su cui gravava. Alcuni volumi delle cappelle crollarono totalmente mentre altri, verso la zona absidale, crollarono parzialmente. La copertura riportò danni o cedimenti solo in alcune limitate porzioni. La navata centrale, quella destra e la facciata non subirono rilevanti danni.

Crolli dovuti al sisma del 15 Settembre 1976



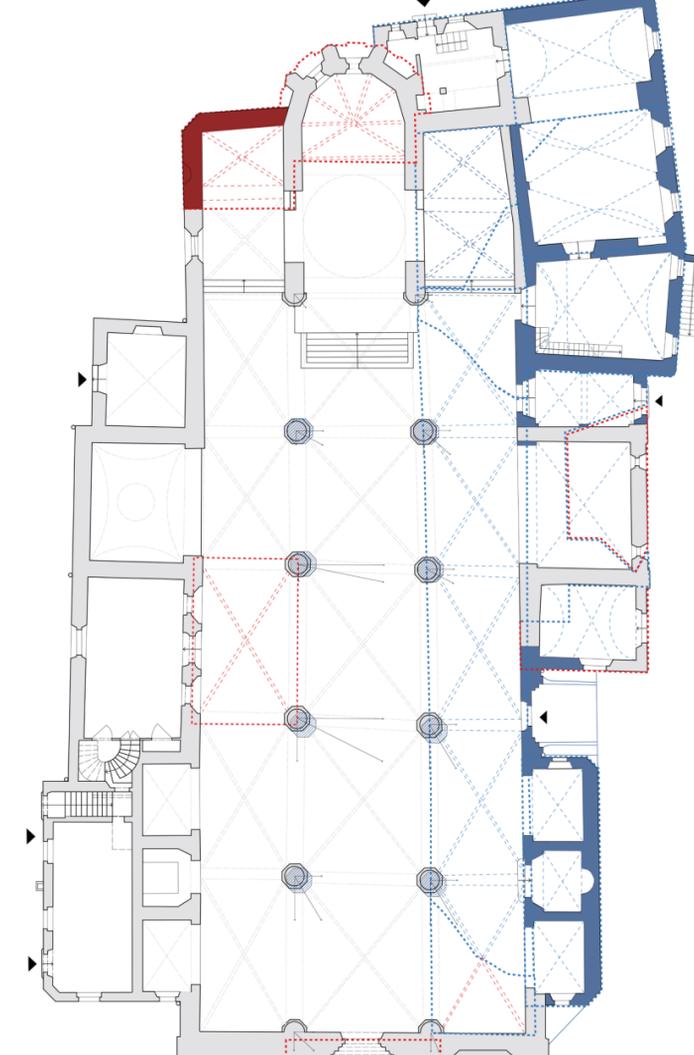
A causa delle forti repliche sismiche del medesimo anno la situazione si aggravò: lo smottamento si riattivò determinando il cedimento del muro di contenimento a valle e coinvolgendo nel crollo l'intera navata destra con volumi annessi. Il cedimento comportò il crollo del corpo delle cappelle e del volume delle absidi. Rimase indenni solamente alcune porzioni delle pareti della cappella principale.

Rappresentazione totale del crollo



La copertura della navata destra crollò completamente insieme alle porzioni precedentemente danneggiate e alla copertura delle absidi. In seguito a questa forte mancanza strutturale venne a generarsi per la navata centrale una situazione di gravissimo fuori piombo; l'inclinazione registrò uno spostamento massimo di 67cm mentre le lesioni delle colonne denunciavano sollecitazioni al limite della rottura. Problemi minori si registrarono in corrispondenza della navata sinistra dove si era verificato qualche fuori piombo in senso inverso, per contraccolpo al principale. Anche la facciata non subì gravi danni, registrando solamente il crollo dell'elemento terminale del timpano a causa dell'azione di percussione della trave di colmo.

Rilievo planimetrico a quota 1.00 m

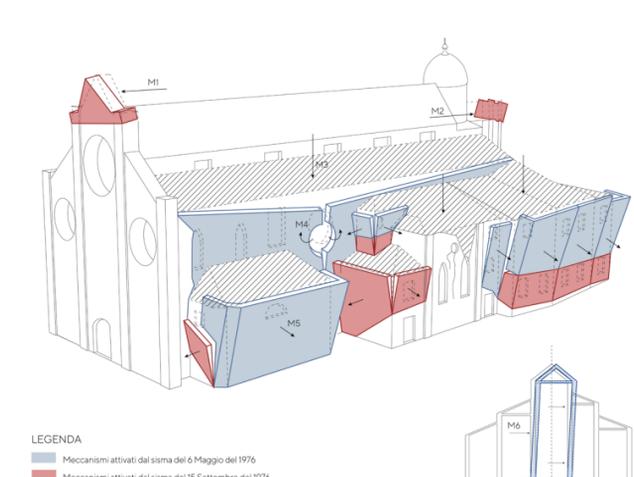


- LEGENDA
- Elementi murari superstiti
 - Elementi murari crollati il 6 Maggio del 1976
 - Elementi murari crollati il 15 Settembre del 1976
 - Fuori piombo delle colonne
 - Fuori piombo delle colonne (grafica degli spostamenti raddoppiata)
 - Volte crollate il 6 Maggio 1976
 - Volte crollate il 15 Settembre 1976
 - Copertura crollata il 6 Maggio 1976
 - Copertura crollata il 15 Settembre 1976

Meccanismi di Collasso

Meccanismi di Primo Modo
Cinematismi di collasso legati al comportamento delle pareti fuori dal proprio piano, quindi con comportamento FLESSIONALE o di RIBALTAMENTO. Sono condizionati dalla presenza di elementi spongnosi (volte, coperture) o di elementi di trattamento (catene, trassi).

Meccanismi di Secondo Modo
Cinematismi di collasso legati alla risposta della parete nel proprio piano, quindi con danneggiamenti per TAGLIO o FLESSIONE. Comportano spostamenti notevoli poiché derivanti da azioni parallele al piano medio.



- LEGENDA
- Meccanismi attivati dal sisma del 6 Maggio del 1976
 - Meccanismi attivati dal sisma del 15 Settembre del 1976

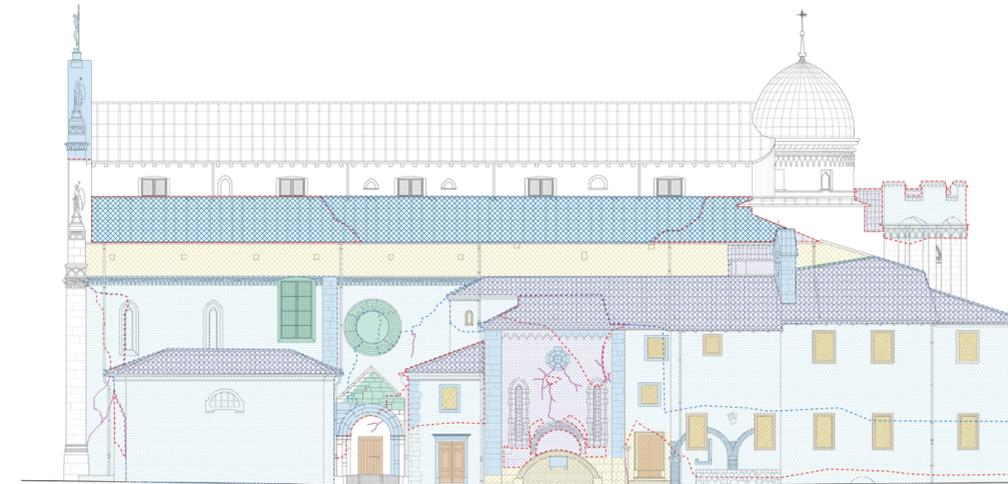
Abaco dei meccanismi

Mechanism	Description	Diagram
M1	Ribaltamento del timpano Il meccanismo viene provocato dall'azione ciclica di martellamento della trave di colmo che provoca lo sfondamento del timpano con conseguente rottura e rotazione della porzione muraria più elevata.	
M2	Collasso della copertura Absidale Il meccanismo è generato dal movimento o collasso delle pareti di imposta.	
M3	Collasso della copertura voltata. Il meccanismo è generato dal movimento o collasso delle pareti di imposta.	
M4	Rotazione parabolica fuori piano della parete con formazione di e cerniere cilindriche. Il meccanismo è facilitato dalla presenza di una foratura nella parte centrale della parete. Le lesioni che ne evidenziano l'attivazione sono simmetriche rispetto all'asse centrale. Nella progressione del cinematismo si possono formare cerniere oblique secondarie che coinvolgono anche la parte sottostante.	
M5	Ribaltamento composto con formazione di cerniera cilindrica orizzontale. Il meccanismo presuppone la scissione delle pareti che può manifestarsi o con la rottura delle pareti laterali o con il distacco lungo lo spigolo verticale provocato da un ammorramento ineficace o dalla presenza di discontinuità fra le parti.	
M6	Fuori piombo del colonnato della navata centrale Il meccanismo è conseguenza del generale movimento trasversale della chiesa che ha determinato il collasso della parete laterale esterna e il fuori piombo residuo del colonnato.	

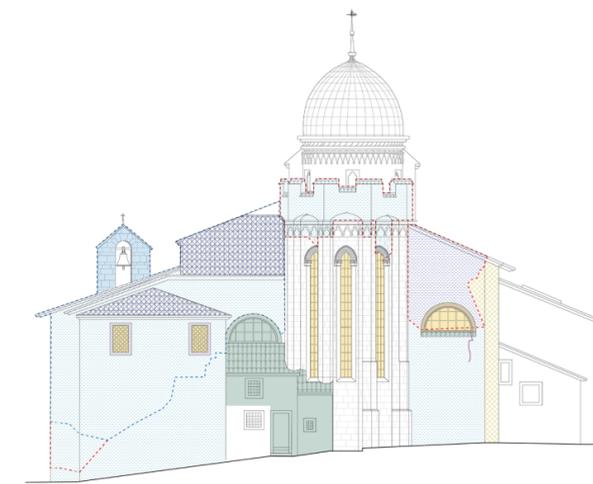


PROGETTO DI RESTAURO ARCHITETTONICO, R. Ballardini (1977)

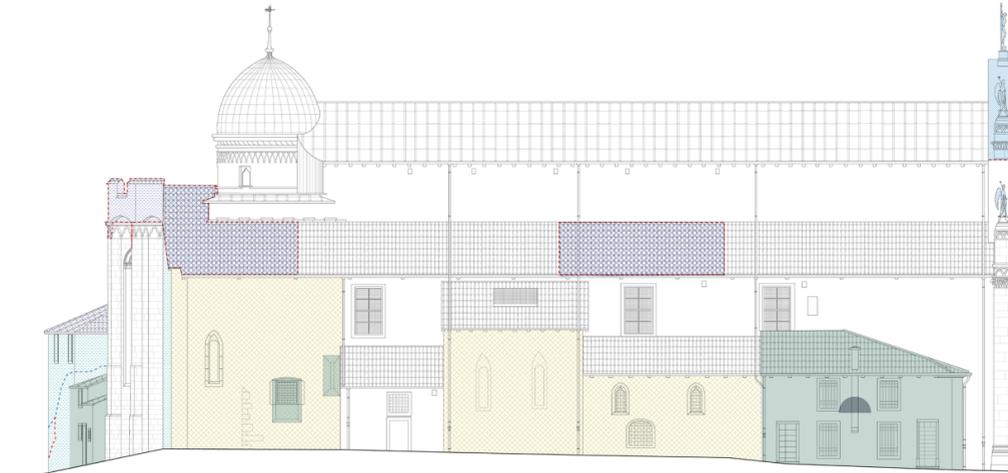
Prospetto Est - Navata Destra



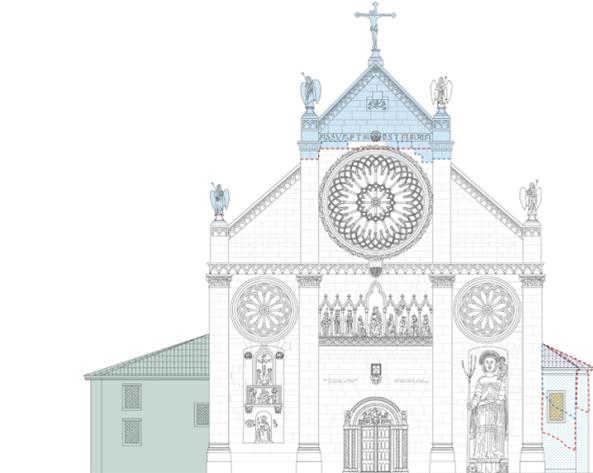
Prospetto Sud - Facciata Absidale



Prospetto Ovest - Navata Sinistra



Prospetto Nord - Facciata principale



Fonte: Ballardini R., Il Restauro Architettonico nella ricostruzione del Friuli - Valutazioni critiche per un consuntivo, Udine, 1990

Danni causati dal sisma

- - - - - Linea di crollo conseguente al sisma del 6 Maggio 1976
- - - - - Linea di crollo conseguente al sisma del 15 Settembre 1976
- Lesioni

Soluzioni di progetto

Elementi CROLLATI	Elementi SUPERSTITI
<p>COPERTURE</p> <p>Manto di Copertura in piombo</p> <p>Ricostruite dove possibile mediante recupero e ricollocazione del materiale originale (Porzione della navata destra)</p> <p>Manto di Copertura in coppi</p> <p>Ricostruite mediante fagoriti di nuovo materiale (Cappelle della navata destra)</p>	
<p>PARETI DI ELEVAZIONE</p> <p>Murature</p> <p>Ricostruite in cemento armato seguendo documentazione fotografica e d'archivio (Navata laterale destra)</p>	<p>Murature</p> <p>Risarcite in alcune porzioni da materiale cementizio (Cappelle della navata destra)</p> <p>Demolite da ragioni statiche o funzionali (Sala della musica e deposito)</p>
	<p>Aperture</p> <p>Di nuova costruzione motivate da ragioni statiche o statiche (finestre nelle murature pre zona absidale)</p> <p>Preesistenti murate per ragioni statiche o storiche (finestra quattrocentesca)</p>
	<p>Superfici intonacate</p> <p>Conservate con messa in luce di strati precedenti anche privi di intonaco (Pareti nei pressi della zona absidale)</p>

FINITURE

Elementi in pietra

- Recuperati e ricollocati in posizione originaria in base alla documentazione fotografica e d'archivio (trampino della facciata e elementi lapidei a vista)
- Recuperati e ricollocati in posizione diversa dall'originale (cornice delle finestra circolare parte decorativa del secondo ingresso)
- Di nuovo apporto con differenziazione di lavorazione (rigatno/ liscia/ boccardata)

Elementi lignei

- Ricostruiti senza seguire forma e dimensione originale (porte di accesso all'edificio)

Elementi in ferro

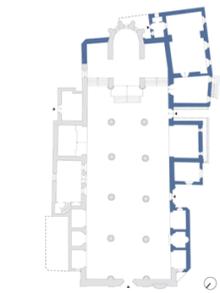
- Ricostruiti senza seguire forma e dimensione originale (inferriate delle finestre)

Gli interventi sugli elementi presi in esame sono stati accertati attraverso rilievi fotografici, materiale d'archivio e fonti bibliografiche. La seguente legenda, mediante l'uso della croma, tratta il ripristino e il consolidamento delle porzioni del Duomo che hanno subito i danni più gravi. Le parti prive di colore non rappresentano l'assenza di interventi ma si ipotizza l'esecuzione diffusa di interventi quali puliture o consolidamenti localizzati. Per tali interventi non sono stati rinvenuti documenti d'archivio o bibliografici.



Confronto pre e post sisma

- LEGGENDA
- Elementi murari originali
 - Elementi murari ricostruiti
 - Elementi murari demoliti

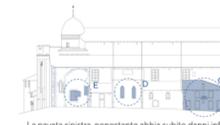


Navata Destra



Non sono stati effettuati sulla navata gravemente danneggiata interventi pesanti, è stata murata una finestra quattrocentesca (A) e sono state inserite delle balaustrate a protezione dei reperti archeologici del Duomo. Infine è stato indietreggiato (B) il secondo ingresso in modo da consentire la visione completa della parte archeologica.

Navata Sinistra



La navata sinistra, nonostante abbia subito danni inferiori, presenta un intervento pesante, la demolizione della sala della musica, scelta della soprintendenza, motivata da ragioni statiche ed estetiche (C). Dal punto di vista archeologico sono state messe in luce delle finestre ogive (D) precedentemente nascoste dallo strato di intonaco, ed infine la parete precedente alla parte absidale vede la scelta di lasciare a vista la muratura storica e il recupero delle originali finestrate (E).

Facciata Absidale



La facciata absidale ha subito una importante trasformazione di quota, è stato liberato l'abside di 2 metri rispetto alla quota del terreno precedente, andando così anche a creare una zona percorribile (F). Il deposito è stato limitato in altezza e l'accesso variato (G). Infine è stata variata la forma di una delle tue finestre precedentemente speculari (H).

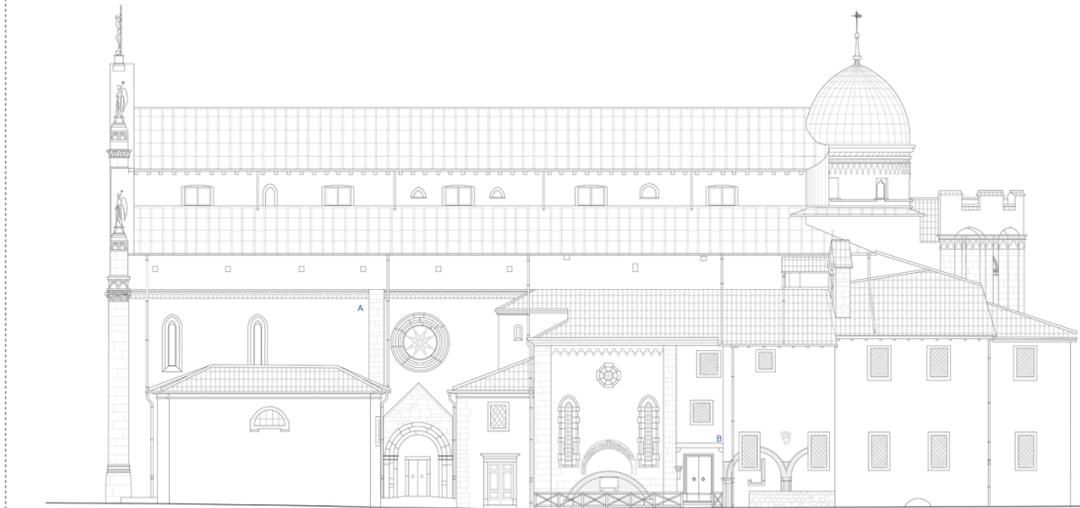
Facciata Principale



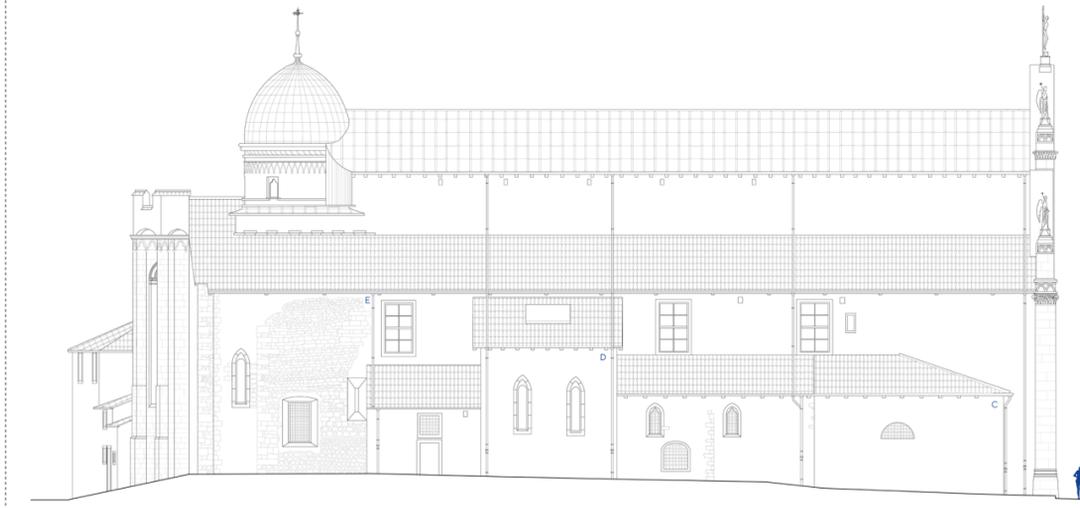
La facciata principale presenta un unico intervento significativo, la demolizione della sala della musica (I).

RILIEVO DELLO STATO ATTUALE 2018

Prospetto Est - Navata Destra

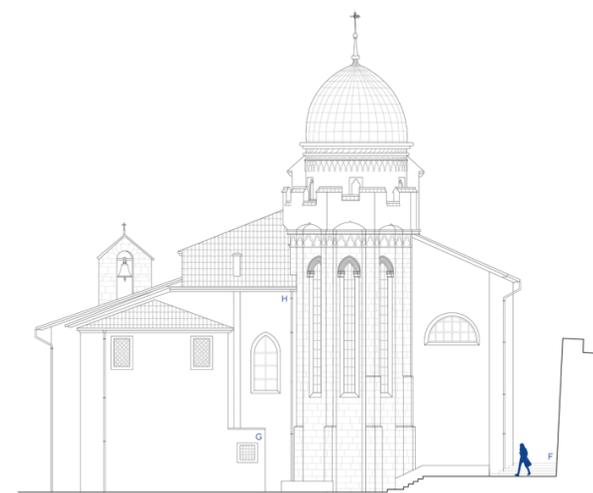


Prospetto Ovest - Navata Sinistra



Base grafica utilizzata dal rilievo di Eia R. del 1952 con inserimento delle modifiche progettuali allo stato di fatto.

Prospetto Sud - Facciata Absidale



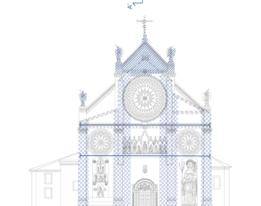
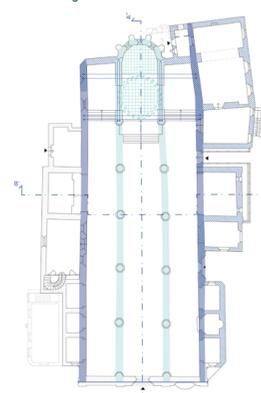
Prospetto Nord - Facciata principale



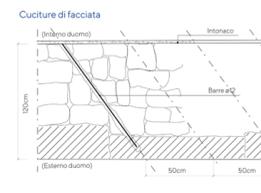
0 1 2 3 4 5m

PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO 1980-1983

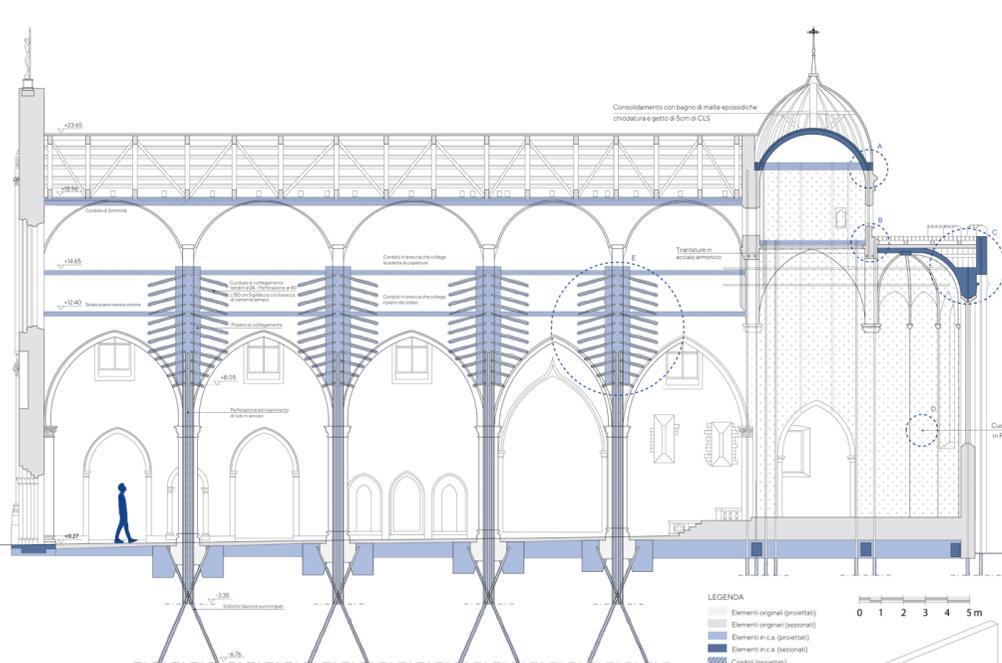
Sintesi degli interventi



- LEGENDA**
- Cordolo in CLS armato su navata principale
 - Cordolo in CLS armato su navata laterali
 - Porzione muraria ricostituita con armine in CLS armato
 - Porzione muraria consolidata mediante cucitura incrociata
 - Porzione di facciata consolidata mediante rete elettrosaldata
 - Porzione di calotta consolidata mediante rete elettrosaldata
 - Troncone murario demolito
 - Troncone in alluminio (trifolco) con ancoraggio al di sotto del paramento murario
 - Troncone in alluminio ancorato al cordolo sommitale in CLS armato
 - Calotta armata di rinforzo della cupola



Sezione A-A"

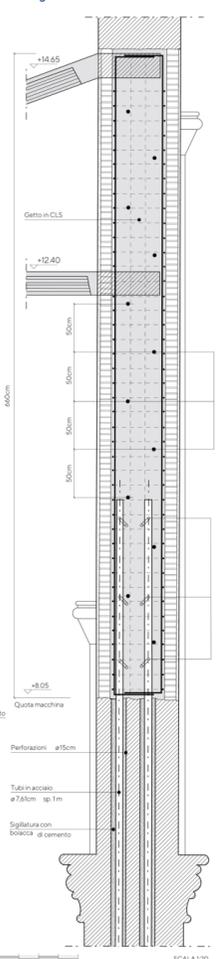


- LEGENDA**
- Elementi originali (proiettati)
 - Elementi originali (sezionati)
 - Elementi in c.a. (proiettati)
 - Elementi in c.a. (sezionati)
 - Cordoli (proiettati)
 - Cordoli (sezionati)

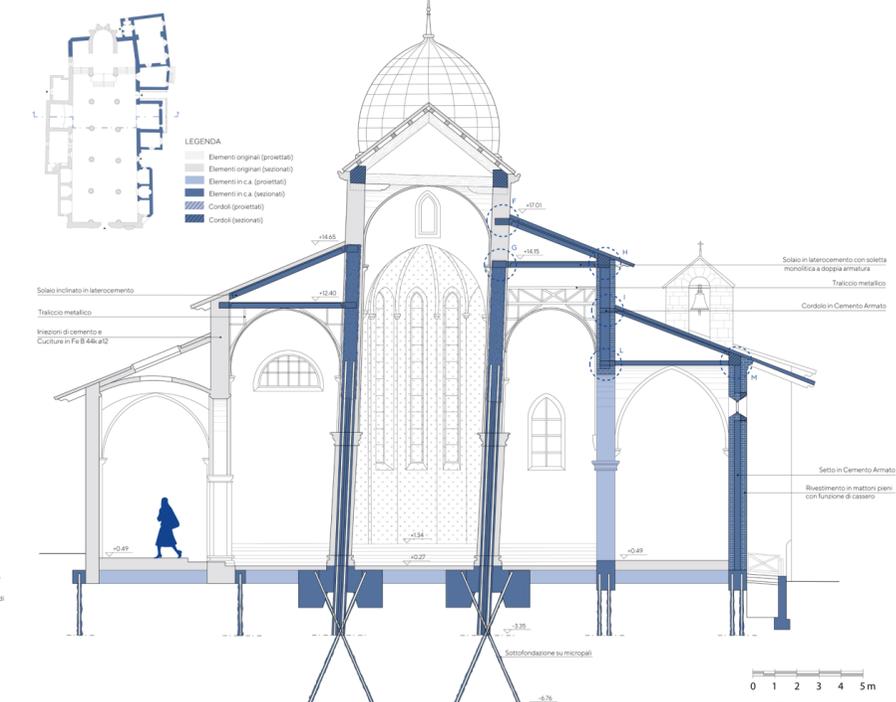
Fotografie di cantiere sugli interventi



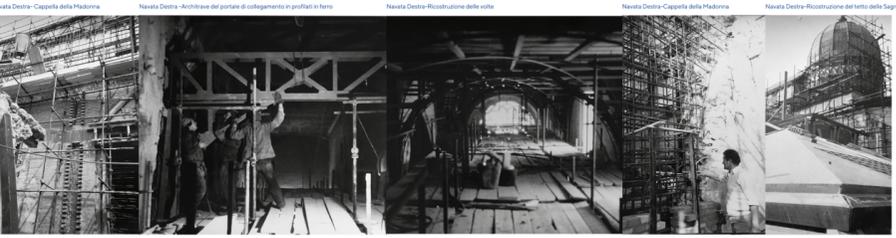
Dettaglio Colonna E



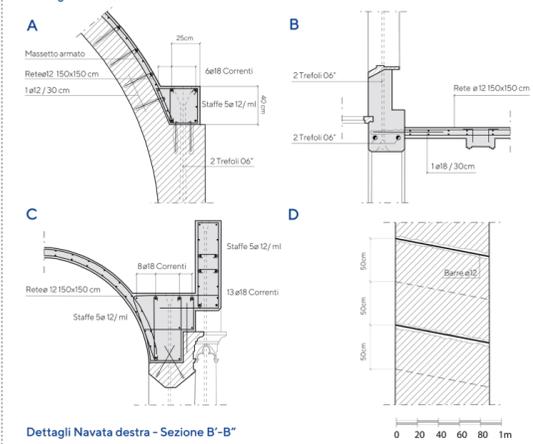
Sezione B'-B"



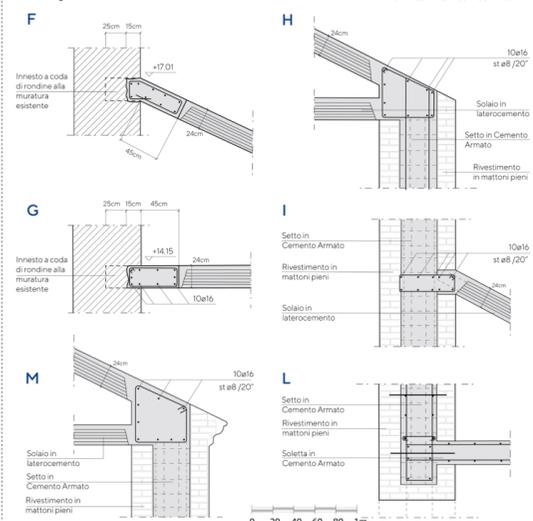
Fotografie di cantiere sugli interventi



Dettagli zona Absidale - Sezione A'-A"



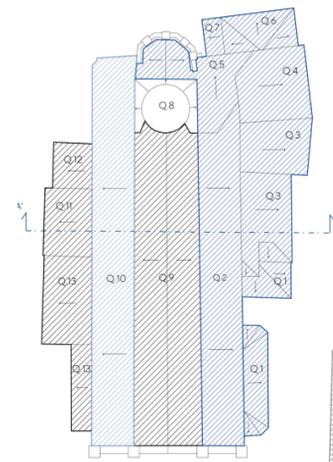
Dettagli Navata destra - Sezione B'-B"



PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO 1980-1983

Andamento delle coperture

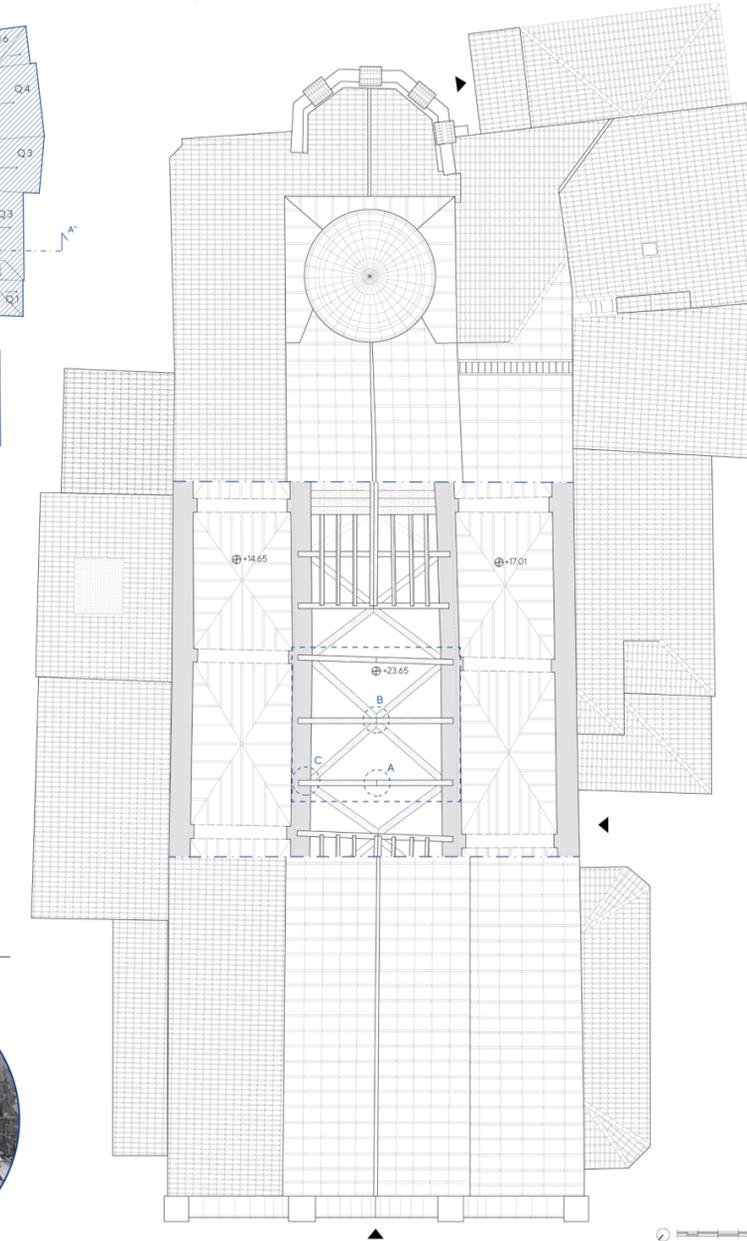
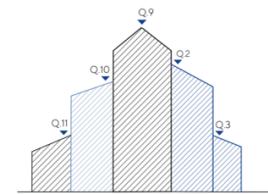
Interventi sulle coperture



LEGENDA
 Solai ricostruiti in laterocemento
 Solai sostituiti in laterocemento
 Solai superstiti
 Andamento delle falde
 Q.1 Quota altimetrica

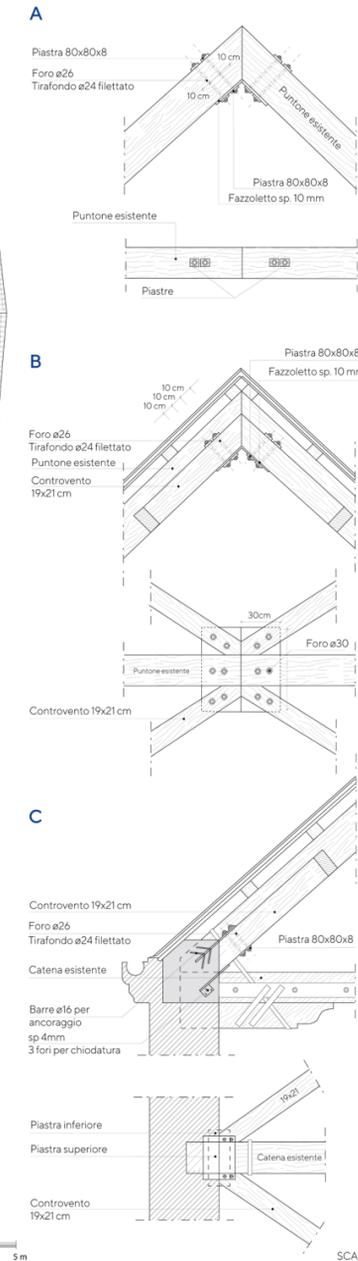
Q.1 = 8.37	Q.8 = 26.26
Q.2 = 17.95	Q.9 = 23.79
Q.3 = 13.09	Q.10 = 15.16
Q.4 = 14.55	Q.11 = 10.62
Q.5 = 17.32	Q.12 = 6.49
Q.6 = 11.62	Q.13 = 8.18
Q.7 = 3.67	

Sezione A'-A''



0 1 2 3 4 5 m

Dettagli Navata centrale- Consolidata



Modulo della copertura

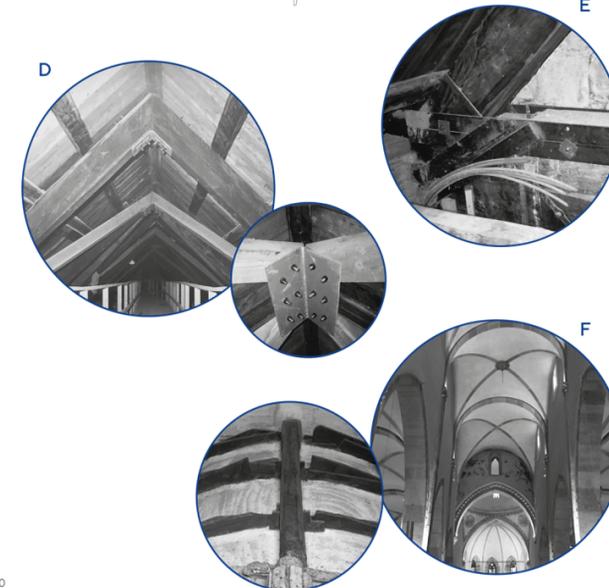
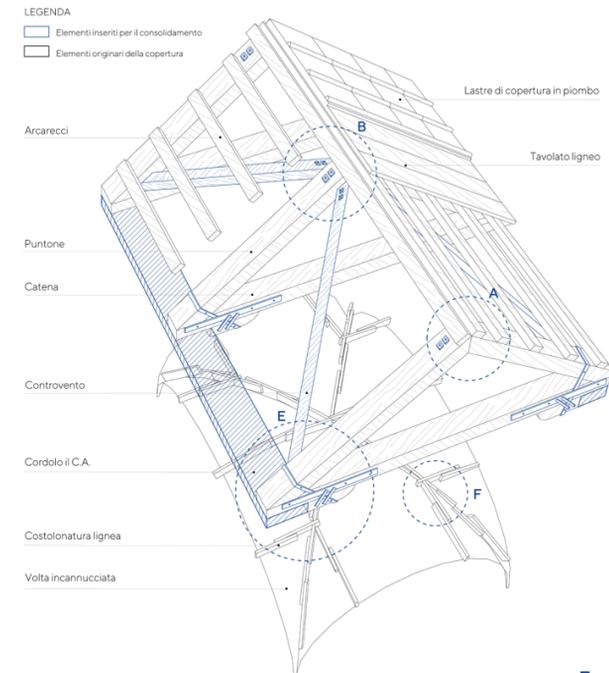


Foto provenienti dall'Archivio Parrocchiale o eseguite dall'autore

PROPOSTE DI INTERVENTO

Analisi del comportamento dinamico

L'effetto del terremoto sulla struttura muraria storica si manifesta come una sconnessione dei singoli elementi che compongono l'organismo. La sconnessione porta alla riduzione dell'efficacia degli originali vincoli e comporta l'insorgere di problemi di stabilità dell'equilibrio degli elementi strutturali e l'insacco di meccanismi cinematici di ribaltamento.

Meccanismo di Primo Modo



E' la sconnessione più comuni che il terremoto induce nelle costruzioni murarie. E' rappresentato dal ribaltamento verso l'esterno delle pareti esterne dell'edificio.

Meccanismo di Secondo Modo

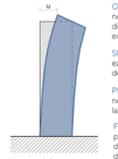


Si generano quando il moto verso l'esterno si impedisce: e l'azione sismica viene trasferita alle pareti di controvento che si trovano diagonalmente quando la loro resistenza viene superata.

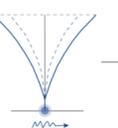
Ridegno di P. Tosi, 1998

Oscillatore elastico (struttura in c.a.)

In questo caso viene riconosciuto nel comportamento delle murature in Cemento Armato costruite a seguito del crollo dovuto al sisma. Il comportamento può risultare problematico poiché sottoposto all'azione orizzontale del sisma oscilla in maniera completamente diversa rispetto alla muratura tradizionale, il che comporta un danneggiamento della struttura se inserito all'interno di un sistema storico.



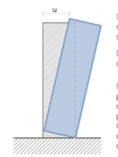
OSCILLAZIONI LIBERE = Il movimento del corpo generato nel momento in cui il sistema viene spostato dalla posizione di originale equilibrio, e quindi risulta libero di oscillare in entrambe le direzioni.
SMORZAMENTO = Il fenomeno dissipativo per cui l'ampiezza dell'oscillazione risulta essere caratterizzata da un decadimento esponenziale.
PERIODO NATURALE SMORZATO = Il tempo costante, necessario per compiere un'oscillazione completa per tutta la durata del moto.
FENOMENO DELLA RISONANZA = Essendo dotata di un periodo proprio di oscillazione il sistema elastico risente della risonanza che si verifica quando i due periodi coincidono.



RIGIDEZZA INIZIALE FINITA $t_1-t_2-t_3-t_4$

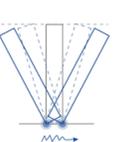
Modello rigido (struttura in muratura)

In questo caso viene riconosciuto nel comportamento delle murature tradizionali rimaste integre dopo il sisma del 1976. Il comportamento può risultare non compatibile nei confronti delle oscillazioni delle porzioni in cemento armato poiché aventi diversa risposta all'azione orizzontale del sisma.



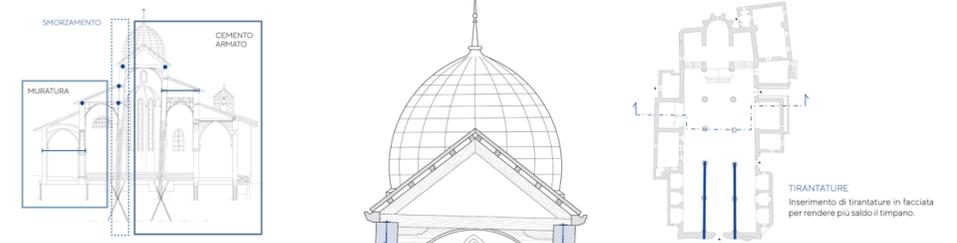
MODELLO DI HOUSNER = Un blocco rettangolare rigido, appoggiato, oscillante alternativamente sui due spigoli di base se soggetto ad una forza esterna.
DISSIPAZIONE DI ENERGIA CINETICA = L'ampiezza delle oscillazioni si riduce a ogni urto con la base.
FENOMENO DELLA RISONANZA = In assenza di un periodo proprio di oscillazione il sistema a blocchi non risente della cosiddetta risonanza, ovvero la coincidenza tra il periodo della forza esterna e il periodo della struttura. Quando si verifica questa condizione il periodo naturale di oscillazione della struttura varia andando a coincidere con quella della forza esterna.

f_n = La naturale frequenza
 f_{exc} = La frequenza eccitata
 Se $f_{exc} \sim f_n$ L'oscillazione è amplificata
 Se $f_{exc} \neq f_n$ L'oscillazione si ferma



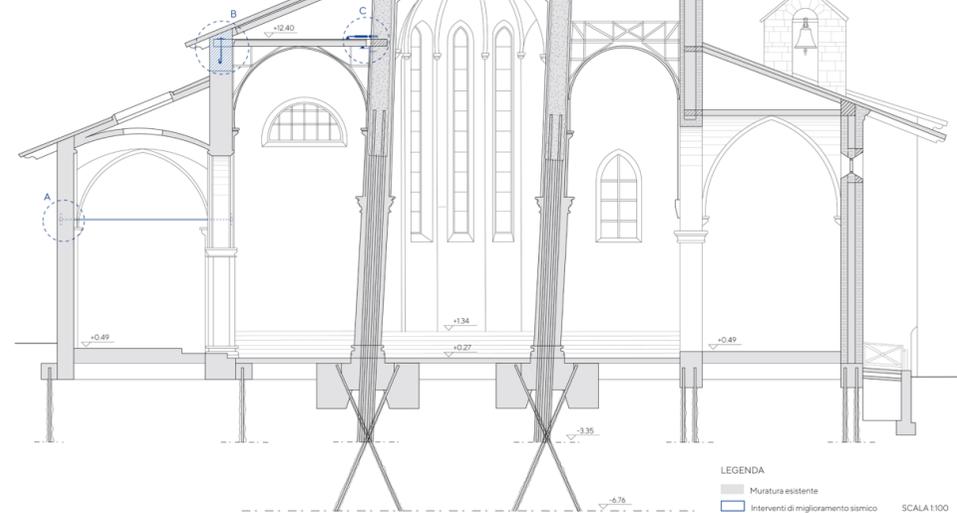
RIGIDEZZA INIZIALE INFINITA $t_1-t_2-t_3-t_4$

Miglioramento sismico della condizione attuale



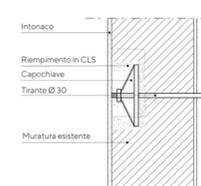
CONCEPT DI INTERVENTO:

- Impianto della chiesa inalterato
- Mantenimento degli elementi in c.a.
- Miglioramento delle connessioni tra le pareti
- Disaccoppiamento delle parti con diverso comportamento dinamico



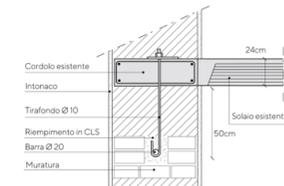
Dettagli interventi di prevenzione sismica

A - Tirantatura



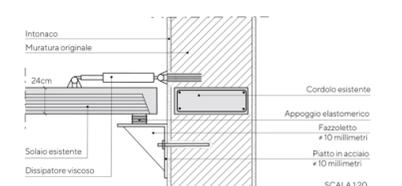
Perforazione della muratura esistente con inserimento di un tirante in acciaio Ø 30. Creazione in breccia della sede che conterrà il capochiave in acciaio e successiva rimulazione.

B- Cordolatura navata sinistra



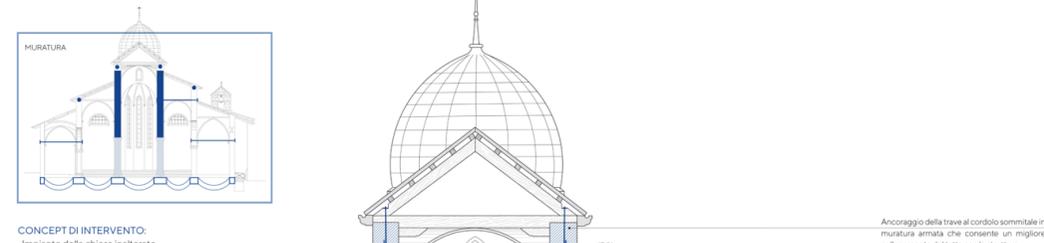
Creazione di un'apertura in breccia al di sotto del cordolo, con inserimento di una barra longitudinale Ø20 (per l'intero perimetro) collegata al cordolo mediante tirafondo Ø 10.

C- Dissipatore viscoso



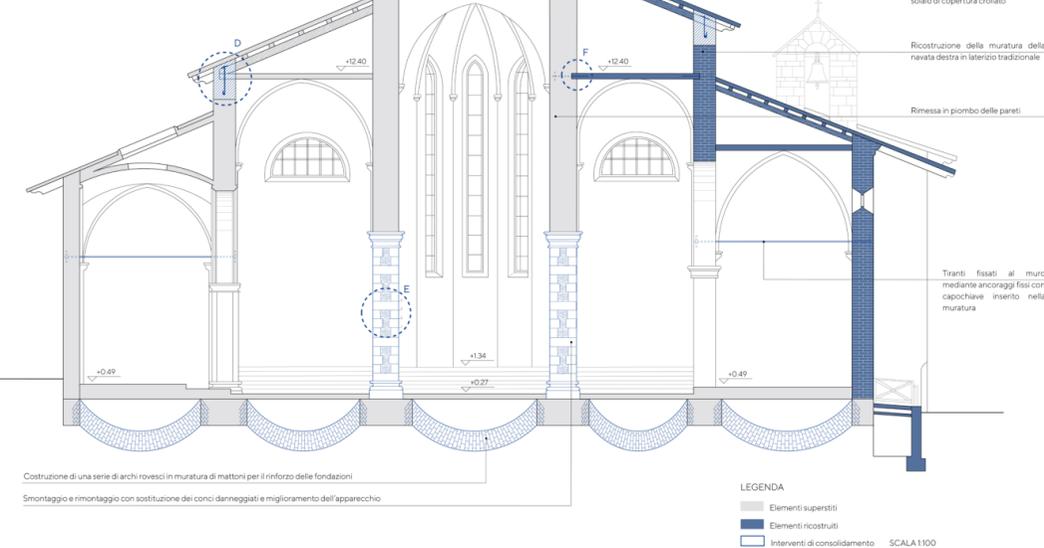
Disaccoppiamento del solaio in c.a. dalla muratura esistente mediante un taglio dell'elemento e l'inserimento di un dissipatore viscoso, per il controllo della risposta dinamica. Il solaio è sostenuto da una struttura metallica ancorata alla parete previa predisposizione di un appoggio elastomerico.

Simulazione progettuale post 1976



CONCEPT DI INTERVENTO:

- Impianto della chiesa inalterato
- Ricostruzione muraria delle porzioni crollate
- Miglioramento generale delle connessioni
- Sostituzione degli elementi danneggiati



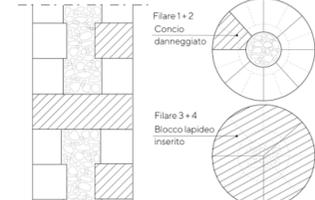
Dettagli di consolidamento sismico

D- Cordolatura navata sinistra



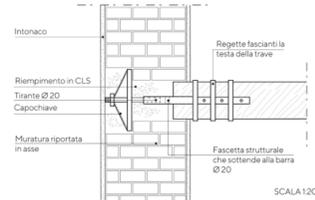
Creazione di un cordolo murario armato con barra f. 30 per l'ancoraggio mediante coppie di tirafondi Ø 10 delle capriate.

E- Colonnata centrale



Ripristino del colonnato in asse con smontaggio e sostituzione dei singoli conci danneggiati. La nuova apparecchiatura prevede l'inserimento regolare (s=80 cm) di conci lapidei estesi sull'intera sezione.

F- Tirantatura lignea



Connessione tra le pareti longitudinali usando le travi di sostegno della volta in camera cerna come tranti.



BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Liruti Gian Giuseppe, *Notizie di Gemona*, Venezia, 1871.

Legge Regionale n.30 1977, art.8 “Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici”.

Formenti Carlo, *La pratica del fabbricare - parte prima*, Milano, 1909

Marchetti Giuseppe, *Il mito di Maestro Griglio*, Udine, 1943.

Clonfero Guido, *Gemona Del Friuli. Guida storico-artistica*, Udine, 1975.

Bucco Gabriella, *Arte in Friuli- Arte a Trieste*, Udine, 1976.

AA.VV, *Friuli Ricostruzione 1976-1986*, Roma, 1977.

Brandi Cesare, *Teoria del Restauro*, Torino 1977.

Nimis Gian Paolo, *Friuli dopo il Terremoto. Gemona, Artegna, Magnano: fisica e metafisica di una ricostruzione*, Venezia, 1978.

AA.VV, *Gemona ed il suo Mandamento*, Bologna, 1979.

Pressinotto Luciano, Nimis Giovanni Pietro, *Gemona un recupero di storia una prospettiva del futuro*, Udine, 1980

Carbonara Giovanni, *Restauro e cemento in Architettura*, Roma, 1981.

Musso Giuseppe, Copperi Giuseppe, *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati*, Torino, 1884.

AA.VV., *Restauro e città*, Venezia, 1985.

Decreto Ministeriale 24.01.1986, art.C.9

AA.VV., *Il Duomo di Santa Maria Assunta di Gemona*, Ufficio Beni Culturali Gemona ,1987.

AA.VV, *Friuli un popolo fra le macerie, vol. I-II*, Arti Grache Friulane, Udine 1988.

Baldissera Valentino, *Degli Uomini degni di ricordanza in Gemona- Note Bibliografiche*, Udine, 1888.

Giuffrè Antonino, *Monumenti e terremoti -Aspetti statici del restauro*, Roma, 1988.

Ballardini Romeo, *Il Restauro Architettonico nella ricostruzione del Friuli- Valutazioni critiche per un consuntivo*, Udine, 1990.

Diacono Paolo, *Storia dei Longobardi*, (Edizione originale 789 d.C.) Pordenone, 1990.

Rocchi Paolo, Carmen Piccirilli, *Manuale del consolidamento - contributo alla nascente trattatistica*, Bologna, 1991

Giuffrè Antonino, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia*, Bari 1993.

Dogliani Francesco, Moretti Alberto, Petrini Vincenzo, *Le chiese e il terremoto - Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Trieste, 1994.

AA.VV, *Terre a Nordest-Friuli Venezia Giulia 1996 a vent'anni dal terremoto*, Pordenone, 1996.

Decreto Ministeriale n.29 del 16 gennaio 1996, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Carta di Cracovia, 2000.

De Benedictis Roberto, Tringali Stefano, *La rocostruzione della cattedrale di Noto*, Ispica, 2000.

Costantini Enos, *Glemone*, Società Filologica Friulana, Udine, 2001.

Iori Tullia, *Il cemento armato in Italia- Dalle origini alla seconda Guerra Mondiale*, Roma, 2001.

Torraca Giorgio, *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*, 2002.

Ordinanza Sismica n.3274 del 2003.

AA.VV, *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale - Allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*, Roma, 2010.

Giuffrè Antonino, *Leggendo il libro delle antiche architetture- Aspetti statici del restauro saggi 1985-1997*, Roma, 2010.

AA.VV., *Isolatori sismici per edifici esistenti e di nuova costruzione. Principi fondamentali, criteri di progettazione, dettagli costruttivi*, Roma, 2011.

Franca Giuseppe, *Il Recupero del Duomo di Gemona, ad opera della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici del Friuli Venezia Giulia (1977-1986)*, Trieste, 2012

Iori Tullia, Marzo Magno Alessandro, *150 anni di storia del cemento armato in Italia- Le opere, gli uomini, le imprese*, Roma, 2012.

Marino Floriana, *La memoria di un evento*, Udine, 2014.

Baiutti Giorgio, Dominici Roberto, *Atti e documenti sulla ricostruzione delle zone terremotate del Friuli*, Udine, 2016.

Baiutti Giorgio, *Friuli 1976-2016 Dalla ricostruzione al nuovo modello di sviluppo*, Udine, 2016.

Azzolini Corrado, Carbonara Giovanni, *Ricostruire la memoria*, Udine, 2016.

Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni"

SITOGRAFIA

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/05/06/i-terremoti-del-friuli-del-1976-e-le-sequenze-multiple-di-terremoti/>

https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/

<http://www.linkiesta.it/it/article/2016/08/26/ricostruzione-il-modello-friuli-e-lunico-che-funziona-usiamolo/31601/>,

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2014/04/09/speciale-la-geologia-dei-terremoti-il-terremoto-del-26-marzo-1511-al-confine-tra-italia-e-la-slovenia/>,

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2014/05/06/speciale-i-terremoti-del-900-il-terremoto-del-friuli-6-maggio-1976/>

<https://friuli.vimado.it/storia-cultura/storia/storia-di-gemona-del-friuli/>

<http://www.loppure.it/gemona-lantica-porta-per-il-friuli/>

https://www.tesionline.it/tesi/preview/17711/8/Simulazioni_agli_elementi_finiti_del_comportamento_dinamico_di_pareti_in_muratura

<https://maltaperriparazioni.blogspot.com/2016/04/cordolo-muratura-armata-giuffre.html>

<http://www.ingegneri.info/news/strutture/edifici-in-muratura-focus-sui-meccanismi-allorigine-del-danno/AA.VV>,

http://www.edilportale.com/prodotti/fip-industriale/dissipatori-sismici/dissipatori-di-energia-isteretici-e-viscosi_4463.html

Ringraziamenti

Ad Anna Maria.

Un primo doveroso ringraziamento va al mio relatore, il Professor Cesare Tocci che mi ha accompagnato in questo lungo percorso, sostenendomi e permettendomi, cosa fondamentale, di acquisire un metodo di lavoro e di pensiero che prima mi erano sconosciuti. Nonostante la difficoltà del tema grazie alla sua passione per la materia e per il lavoro che svolge, mi ha permesso di comprendere al meglio i concetti chiave e i ragionamenti fondamentali per la creazione di questa tesi.

Un'altro importante ringraziamento va fatto alla Parrocchia e alla biblioteca di Gemona, in particolar modo a Don Alan che mi ha sostenuto in questa ricerca con grande interesse e mi ha fornito senza alcun problema tutto il materiale che possedeva, spero che questa tesi rispecchi al meglio il valore che ne ha dato lei.

Un altro importante ringraziamento va alla mia famiglia, che mi ha sostenuto psicologicamente, fisicamente ed economicamente in questa mia rischiosa scelta, senza mai dubitare nella mia riuscita e senza mai remando contro al mio pensiero. Ringrazio mia madre Laura per l'immane sacrificio che ha fatto per permettermi di raggiungere questo obbiettivo e perché mi dà, e mi darà sempre tutti i mezzi per raggiungere i miei sogni. Ringrazio mio padre Vanni che mi ha trasmesso la parte di caratteriale fondamentale che mi è servita per affrontare le cose a testa alta e non cedere mai anche se le cose sembravano troppo difficili. Ringrazio mio cugino Stefano che mi ha sempre sostenuto e aiutato e cosa per me fondamentale si è sempre interessato a cosa stessi facendo lasciandomi però sempre lo spazio adeguato per non mettermi in difficoltà.

Ringrazio le mie amiche di sempre, le persone che mi sono accanto da quando imparavo a disegnare. In particolar modo ringrazio Alessandra R. per il sostegno che mi ha dato in questi lunghissimi mesi e per il tempo che mi ha concesso anche quando non ne aveva. La ringrazio perché nei momenti di difficoltà quando non ero più in grado di comprendere quale fosse la giusta via per affrontare il problema l'ha trovata lei per me. Ringrazio Alessandra M. che mi ha insegnato, nei miei numerosi momenti di sconforto, a non guardare sempre il bicchiere mezzo vuoto ma incominciare a guardare anche le cose positive della situazione. Ringrazio Giulia, perché in primis probabilmente senza di lei oggi non avrei nemmeno scritto su questo foglio e perché nonostante il carattere che abbiamo e la distanza è sempre riuscita a dimostrarmi nel vero momento del bisogno tramite una chiamata o un messaggio l'affetto che solitamente non palesiamo.

Ringrazio le mie compagne di corso, in particolare Valentina ed Elena, le persone che mi hanno sostenuto e sopportato per lunghi ed infiniti giorni, con cui ho condiviso i momenti più brutti e i più belli dell'università. Le ringrazio perché nonostante il mio carattere a volte troppo duro e determinato mi hanno sempre capito e sostenuto aiutandomi a portare a termine con convinzione tutte le mie idee malsane.

Ringrazio Paolo e Giulia perché hanno capito perfettamente quando un messaggio o una chiamata sarebbero stati necessari a colmare il momento di ansia che stavo affrontando. Li ringrazio per l'interesse e l'attenzione costante che mi hanno dato in questi mesi aiutandomi a comprendere le cose oggettivamente quando non ne ero più in grado.

Ringrazio la mia coinquilina da sempre Chiara, che mi ha accompagnato in questo lungo percorso condividendo con me non solo una casa ma l'esperienza di anni passati, la ringrazio per il supporto psicologico e fisico che mi ha dato 24 ore al giorno, per i momenti belli e per la forza che abbiamo avuto nei momenti più difficili. Ringrazio la mia nuova coinquilina Mara perchè non avrei potuto chiedere persona migliore per concludere questa esperienza, abbiamo avuto molta affinità da subito e abbiamo condiviso non solo la cucina ma anche le esperienze universitarie diverse, la ringrazio per tutti i dolci che mi ha fatto nei momenti di tristezza e per avermi fatto da "mamma" quando ne avevo più bisogno.

Ringrazio i miei colleghi, Gaia, Kristi, Giada e Daniele, perchè nonostante io sia stata presa e fossi sparita in questi mesi non mi hanno abbandonato mandandomi messaggi e sostenendomi. Li ringrazio perchè hanno compreso la situazione in cui mi stavo trovando, lasciandomi lo spazio giusto.

Ringrazio anche tutti i miei nuovi colleghi che mi hanno fatto sentire subito a casa e sentire una persona importante per il gruppo senza mai dirmi di no ad un favore e facendomi ridere nel momento del bisogno.

Infine ringrazio me stessa perché per l'ennesima volta nella mia vita mi sono posta un obiettivo più grande di me, ho cercato di spingermi fuori dalle mie conoscenze con lo scopo di cercare una soddisfazione che spero oggi arriverà.

Ringrazio la mia testardaggine e determinazione che non hanno ceduto nonostante tutte le varie problematiche affrontate e che mi hanno portato ad arrivare qui.

Monica