

PIANO DI RICOSTRUZIONE

COMUNE DI CARAPELLE CALVISIO

L. 77/2009 art. 14 c.5 bis

Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione n.3 del 9 Marzo 2010

Responsabile per l'attuazione:
SINDACO DI CARAPELLE CALVISIO
Domenico Di Cesare

Segretario comunale:
Dott. Ottavio Caleo

Responsabile Unico del Procedimento:
Ufficio Tecnico Comunitario
Ing. Sergio Sulpizii

Collaboratori dell'Ufficio Tecnico:
Dott.ssa Barbara Volpe
Geom. Luigi Martinico
Dott. Giuseppe Chiaravalle

Relazione illustrativa

RI
3

GRUPPO di PROGETTAZIONE

Coordinamento generale:
Arch. Andrea Taddei

Consulenza scientifica:
Ing. Luca Iagnemma

Caratteri economici:
Dott. Rodolfo Berardi

Caratteri normativi:
Avv. Gaetano Maria Isidori

Caratteri geologici e geomorfologici:
Geol. Silvio Tatoni

COLLABORAZIONI

Analisi urbanistica e sistema cartografico:
Ing. Federica Pignatelli
Ing. Xiana Vázquez Do Campo

Analisi architettonica e del patrimonio
storico-culturale:
Arch. Giulia Rosaria Taraschi
Ing. Francesca Molino

Analisi strutturale:
Ing. Andrea Presenza
Ing. Raffaele Pio Fidanza
Ing. Vincenzo Durantini
Ing. Elena Santini

Ing. Emiliano Di Luigi
Ing. Anna Di Febbo

Assistenza Cad:
stud. Debora Polidoro

PdRCC



INDICE

ASPETTI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	2
Geomorfologia	2
Geologia.....	5
Idrogeologia	10
Rischio Geologico	15
Rischio Geomorfologico	18
Rischio sismico	22
Microzonazione Sismica	26
ASPETTI INSEDIATIVI	30
ASPETTI URBANISTICI	33
Il Programma di Fabbricazione	33
Il Piano di Recupero.....	34
ASPETTI ARCHITETTONICI	36
ASPETTI STRUTTURALI	38
Gli aggregati urbani.....	38
Edifici della prima classe	43
Edifici della seconda classe	45
Edifici della terza classe.....	48
Antiche tecniche costruttive	50
Il materiale muratura	53
L'analisi sismica dell'edificio in muratura ordinario.....	55
Ricognizione dello stato dei luoghi. Identificazione delle tecniche costruttive e dei presidi antisismici ricorrenti	59
Rilievo strutturale:	60
Indagini in sito – saggi	61
Indagini sulla muratura.....	62

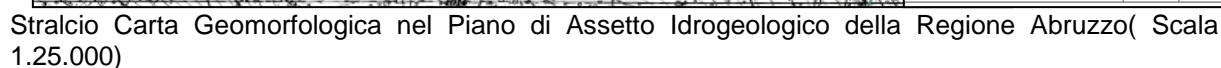
ASPETTI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

L'area in studio ricade nel territorio comunale di Carapelle Calvisio, ad un'altitudine di 877 metri s.l.m.. E' compresa nel Foglio 360 "Torre de Passeri" della Carta geologica D'Italia scala 1:50.000. In particolare l'area indagata si trova al centro della Carta Topografica Regionale della Regione Abruzzo, scala 1:25.000, alle pendici nord-orientali del Monte La Serra (1223 m). A settentrione dell'area il paesaggio si caratterizza per la presenza del rilievo di Monte Mattone (1267 m). A meridione è presente l'allineamento dei rilievi carbonatici Monte La Serra (1223 m) e Monte Gentile (1257 m), con direzione NW-SE. Il Comune di Carapelle Calvisio si trova sui rilievi che costituiscono il bordo settentrionale della depressione intramontana, denominata Piana di Navelli, al cui interno scorre il F. Tirino, con direzione circa NW - SE. Si tratta di un'estesa depressione di origine tettonica ad andamento appenninico, racchiusa tra alti rilievi, formati prevalentemente da rocce carbonatiche e, subordinatamente, da arenarie, di età meso-cenozoica. La morfologia dell'area denota un forte controllo strutturale, generato da una tettonica distensiva con direzioni E-W ed appenninica. Oltre alla tettonica hanno agito nell'area importanti fenomeni fluvio-lacustri, che nel Plio-Pleistocene hanno messo in posto grandi depositi sedimentari che sono stati successivamente più volte erosi ed alluvionati.

Geomorfologia

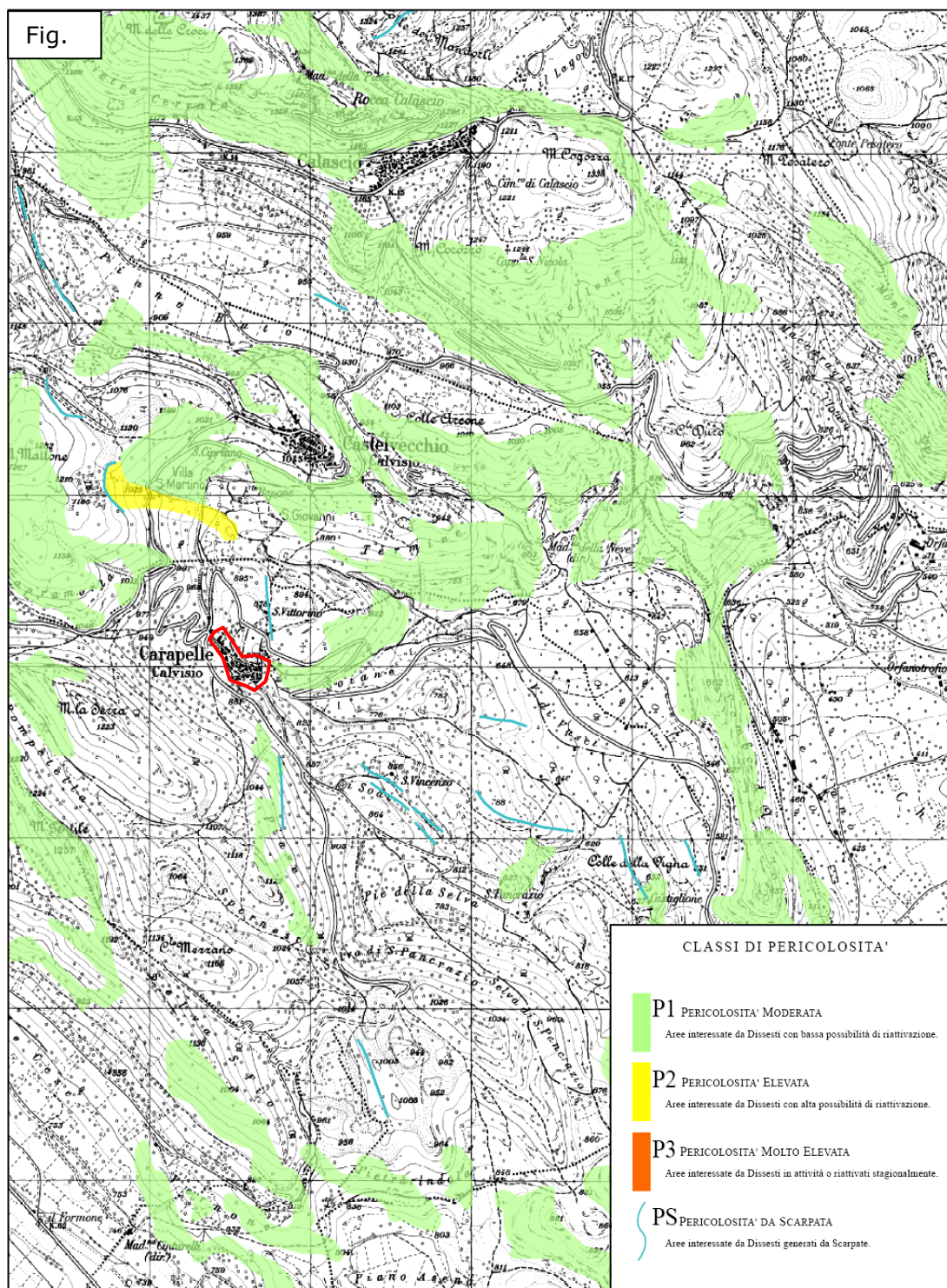
Nell'area del comune di Carapelle Calvisio i principali agenti morfologici che hanno modellato l'area sono sia di tipo fluviale che gravitativo, sono così venute a formarsi una serie di conoidi che dai rilievi si sviluppano verso la pianura alluvionale, notevole è stata anche l'azione del carsismo.

Dall'analisi della Carta Geomorfologica inserita nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo risulta, a circa 1000 m a oriente dell'area in studio, la presenza di un orlo di scarpata con influenza strutturale, mentre sul versante meridionale di M.te Mattone (zona Capramorta), a circa 2000 m, si osserva un alveo con tendenza ad approfondimento risultato dei processi di erosione delle acque correnti superficiali (Fig. 1).



Nel territorio comunale di Carapelle Calvisio i processi sopra descritti si sviluppano esternamente all'area urbanizzata, senza generare fenomenologie dissestanti in grado di generare rischio geomorfologico. Tale considerazione, derivante dal rilevamento sul terreno è suffragata dalla cartografia ufficiale allegata al Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (PAI) , infatti nella Carta di pericolosità

del PAI si osservano nell'intorno del centro abitato aree di pericolosità moderata P1 che non coinvolgono l'area d'interesse (Fig. 2)



Stralcio Carta di pericolosità nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (PAI) Scala 1:25.000

Geologia

L'attuale assetto geologico-strutturale dell'Appennino centrale è il risultato di una complessa serie di eventi, prima compressivi (Miocene-Pliocene) e successivamente distensivi (Pliocene-Pleistocene), con la conseguente formazione delle numerose conche intramontane presenti in questo settore. (fig...)

L'area in studio ricade nell'Unità M. Cappucciata-M. Offermo, che fa parte di una unità più estesa regionalmente l'Unità Gran Sasso-Genzana, essa è costituita da successioni carbonatiche che riflettono gli effetti della tettonica sinsedimentaria e dell'evoluzione paleogeografica che ha caratterizzato tale settore dal Trias al Neogene. Alla base delle diverse successioni affiorano i depositi carbonatici della paleo piattaforma del triassico-liassico inferiore. Nella porzione centro-orientale del settore (Ofena – S. Stefano di Sessanio - Castel del Monte) al di sopra dei suddetti depositi affiora una successione mesozoica di piattaforma carbonatica. Nella zona più orientale, invece già dal Lias medio si sviluppa durante la fase distensiva giurassica una successione di bacino prossimale che continua fino al Paleogene, mentre la fascia meridionale (Ofena-Capestrano) è caratterizzata all'inizio da depositi di gradino ribassato e di slope del Lias medio-Malm cui seguono superiormente depositi di scarpata cretacico-paleogenici. Nell'estrema porzione nord-orientale, al di sopra dei depositi di piattaforma cretacici, si registra una fase di affogamento di tale settore durante il Paleogene.

Il coinvolgimento nel dominio di avanfossa dell'Unità M. Cappucciata-M. Offermo è evidenziato dalla deposizione durante il Messiniano basale delle torbiditi silico-clastiche della parte alta delle calcareniti di M. Fiore, mentre i conglomerati di M. Coppe (Messiniano superiore-Pliocene basale) e i conglomerati di Rigopiano (Pliocene inferiore) rappresentano la deposizione in ambienti di bacino satellite, subito dopo la prima strutturazione in catena dell'unità in esame.

Dalla Carta geologica d'Italia (FOGLIO 360- Torre de' Passeri, Scala 1.50.000) (Fig. 3) risultano presenti i depositi pre – pleistocenici costituiti da:

- Argille e sabbie di Pagliare (Pliocene inf.)

Alternanze tra strati medi di sabbie poco cementate ed argille fossilifere, affioranti a NW del centro storico di Carapelle Calvisio;

- Conglomerati di Monte Coppe (Messiniano sup.- Pliocene inf.)

Calciruditi poligeniche, generalmente ben cementate, ad elementi calcarei, selce e clasti estranei alle serie locali. Locale presenza di livelli argillo-marnosi e di arenarie a NW del centro storico di Carapelle Calvisio;

- Calcarei ad ellipsactinie (Kimmeridgiano – Tortoniano)

I calcari ad ellipsactinie costituiscono il margine biocostruito della piattaforma carbonatica durante il Giurassico superiore, ed affiorano diffusamente su tutto il versante meridionale di M. delle Croci a nord dell'abitato di Calascio.

Sono prevalentemente costituiti da grainstones e rudstones bianchi ed avana chiaro, a luoghi molto ricristallizzati, con bioclasti (prevalenti) ed intraclasti, in strati da medi a molto spessi o a giacitura indistinta, con geometria frequentemente lenticolare, contenenti abbondanti frammenti di echinodermi, ellipsactinie e coralli.

Nell'area di Calascio, si rinvencono nell'ambito di questa unità, boundstones a chetetidi ed ellipsactinie, che appartengono ad una bioherma ben conservata.

I fossili maggiormente significativi sono rappresentati da Echinodermata, Mollusca, Bryozoa, Hydrozoa (in particolare Ellipsactinia caprense CANAVARI, Ellipsactinia ramosa CANAVARI) Protopeneroplis ultragranulata (GORBATCHIK), Mohlerina basiliensis (MOHLER), Labyrinthina mirabilis WEYNSCHENK, Protopeneroplis striata WEYNSCHENK e Tubiphytes morronensis CRESCENTI.

Questa associazione permette di riferire l'unità descritta alla biozona a Tubiphytes morronensis ed alla parte inferiore della subzona a Protopeneroplis ultragranulata (non si può escludere la presenza del Cretacico inferiore al tetto dell'unità) (SGI, 2006).

- Calcarei a clasti neri e gasteropodi (Berriasiano - Valanginiano)

I calcari a clasti neri e gasteropodi affiorano nell'area di Calascio - Castelvechio Calvisio. Rappresentano il termine di passaggio da una facies di margine del Giurassico superiore (sono eteropici di parte dei calcari ad ellipsactinie, ELL) ad una facies di piattaforma interna del Cretacico inferiore (eteropici di parte dei calcari ciclotemici a gasteropodi, CCG). Lo spessore totale dell'unità varia dai 50 ai 70 m. E' costituita da prevalenti grainstones di colore avana, con bioclasti ed intraclasti generalmente ben selezionati, con locale intercalazioni di livelli a wackestones nocciola e, nell'area sottostante Calascio, M. Pesaturo, di breccie a clasti neri, in

strati da sottili a medi, solo a luoghi spessi, contenenti verso l'alto intercalazioni di *packstones* - *wackestones* avana ed avana chiaro in strati medi.

Complessivamente in questa unità risultano presenti Echinodermata, Anthozoa, Hydrozoa, Nerineacea, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Trocholina* cf. *involuta* MANTSUROVA, *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, Rivulariaceae.

L'associazione citata permette di riferire l'unità alla parte inferiore della biozona a *Lithocodium aggregatum* (SGI, 2006).

- *Calcarei ciclotemici a gasteropodi* (Valanginiano - Barremiano Inferiore)

Questa unità affiora diffusamente nel territorio in esame da M. delle Croci, a nord dell'abitato di Calascio, a M. La Serra a meridione di Carapelle Calvisio. Costituisce il substrato affiorante del centro storico di Carapelle.

Essa rappresenta un episodio di progradazione durante il Cretacico inferiore delle *facies* di retromargine che si sovrappongono su *facies* di margine del Giurassico superiore e del Cretacico inferiore iniziale (*Calcarei ad ellipsactinie*- *Calcarei a gasteropodi e clasti neri*).

L'unità è costituita da *mudstones* e *wackestones* avana chiaro, in strati medi, frequentemente laminati, contenenti orizzonti con alternanze di calcari fango e granulo sostenuti organizzati in cicli a scala metrica e decimetrica tipo *shallowing-upward*, con presenza, al tetto dello strato, di livelli nerastri, strutture da disseccamento, rare lamine stromatolitiche, brecciole a clasti neri, ooidi, noduli rivestiti e livelli marnosi verdastri a geometria lenticolare.

Verso l'alto compaiono frequenti intercalazioni, di spessore anche metrico e spesso canalizzate, di *wackestones* - *packstones* a nerineidi. Nella parte inferiore sono prevalenti *grainstones* e *wackestones* con abbondanti bioclasti, da medi a grossolani, laminazioni parallele con alternanze di materiale più fine e grossolano (tempestiti). Nella parte superiore prevalgono *wackestones*, con orizzonti di gasteropodi ricristallizzati. Lo spessore massimo valutabile per l'unità descritta si aggira attorno ai 400 m. Le *biofacies* sono complessivamente costituite da Echinodermata, rari Hydrozoa, Gastropoda tra i quali Nerineacea, mentre tra i microfossili bentonici sono presenti *Cuneolina camposaurii* SARTONI & CRESCENTI, *Cuneolina laurentii* SARTONI & CRESCENTI, *?Cuneolina scarsellai* DE CASTRO, *Trocholina molesta* GORBATCHIK, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *?Campanellula capuensis* DE

CASTRO, *Montsalevia salevensis* (CHAROLLAIS, BRONNIMANN & ZANINETTI), *Salpingoporella biokovens* SOKAC & VELIC, *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Rivularia lissaviensis* (BORNEMANN), *Mitcheldeania brinkmanni* DRAGASTAN & DUZBASTILAR, *Rivularia kurdistanensis* (ELLIOTT). Questa associazione permette di riferire l'unità in esame alla parte medio superiore della biozona a *Favreina salevensis* e *Salpingoporella annulata* e alla parte inferiore-media della biozona a *?Cuneolina scarsellai* e *Cuneolina camposaurii*, (SGI, 2006).

I depositi del Pleistocene – Olocene costituiti da:

- Sintema di Aielli – Pescina (Pliocene – Pleistocene Medio)

L'abitato di Castelvecchio Calvisio si sviluppa su depositi riferibili al Sintema di Aielli – Pescina (AP) costituiti prevalentemente da depositi detritici di versante a grossi blocchi.

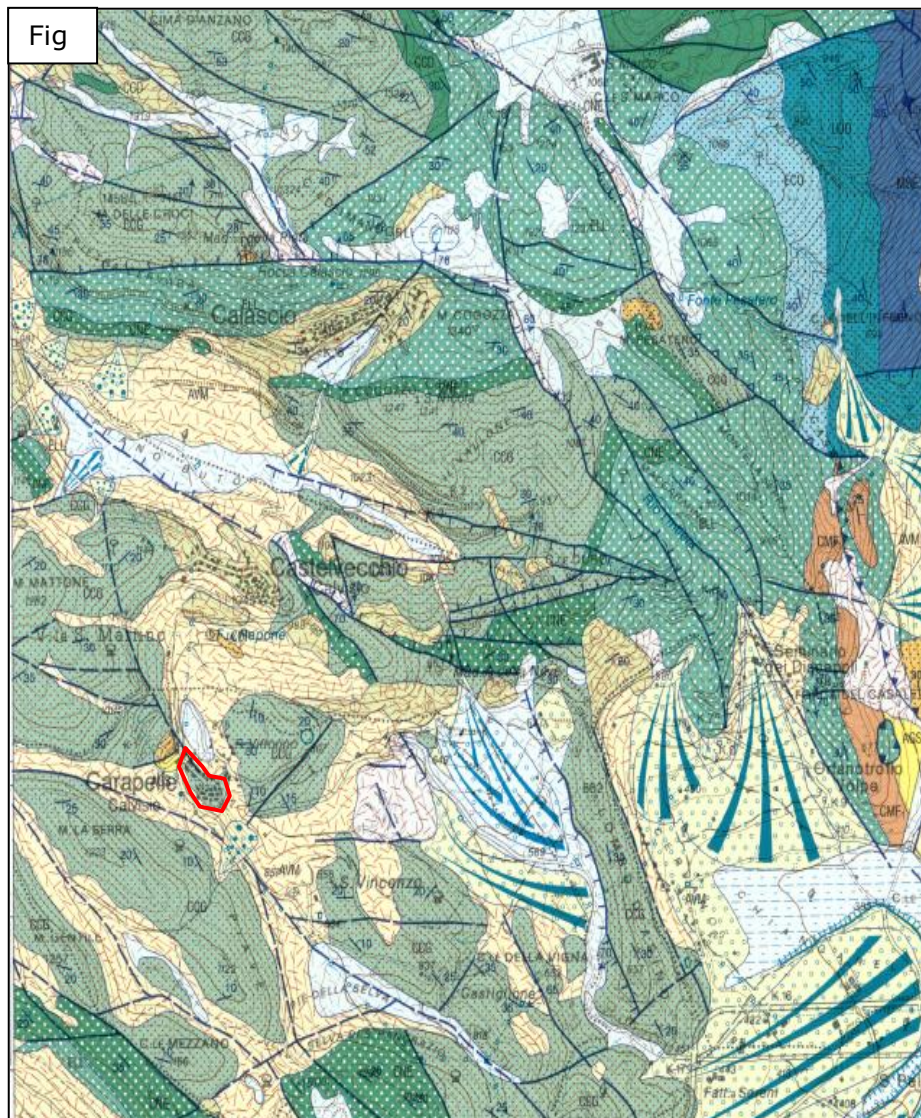
La base del sintema è costituita dalla superficie erosiva del contatto sui depositi delle successioni del substrato prepleistocenico, mentre il tetto dei depositi è rimodellato dall'erosione (SGI, 2006).

- Sintema di Valle Majelama (Pleistocene Superiore)

Sia l'area nord che a sud dell'abitato di Carapelle Calvisio si caratterizza per la presenza di depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaioso – sabbiosi e sabbioso – siltosi con frequente presenza di abbondante frazione piroclastica, depositi detritici di versante e depositi glaciali separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti (SGI 2006).

- Depositi Olocenici (Olocene)

A nord di Carapelle Calvisio, sono presenti depositi alluvionali in prevalenza ciottolosi e sabbiosi e subordinatamente sabbiosi e limosi, talora sono presenti lenti organiche. Consistono anche in depositi di versante, depositi eluvio – colluviali con detriti immersi in matrice limoso – argillosa e suoli sepolti. A luoghi sono presenti depositi di frana. Frequenti le variazioni laterali di facies e discordanze angolari minori, giacciono in discordanza sul Sintema più antico (SGI, 2006).



Stralcio Carta geologica d'Italia - FOGLIO 360- Torre de' Passeri Scala 1.50.000

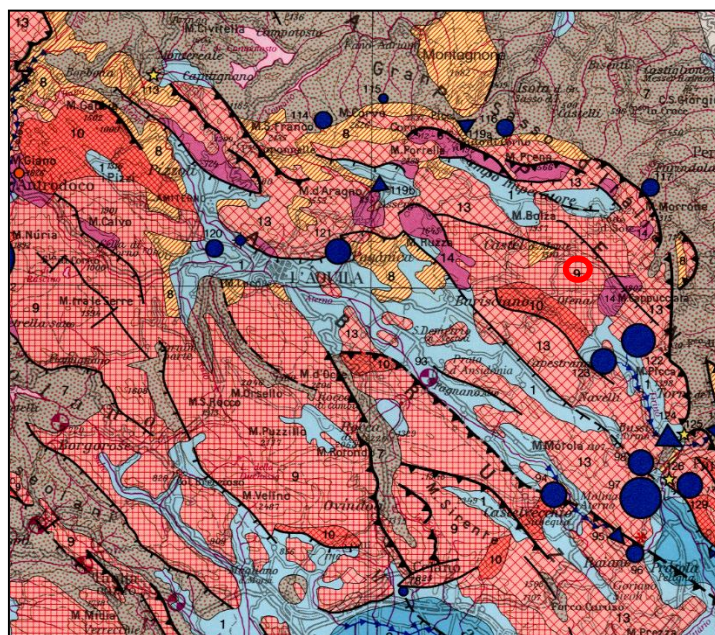
L'intera area interesse dalla perimetrazione d'intesa del PdR è ubicata sui depositi di *Calcari ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore) con grado di fratturazione $J_v = 12$. Si tratta di alternanze di calcari fango e granulo sostenuti, avana chiaro, in strati medi, con presenza, al tetto dello strato, di livelli nerastri, strutture da disseccamento, rare lamine stromatolitiche, breccie a clasti neri, ooidi, noduli rivestiti e livelli marnosi verdastri a geometria lenticolare.

Legenda della Stralcio Carta geologica d'Italia - FOGLIO 360- Torre de' Passeri (Scala 1.50.000)



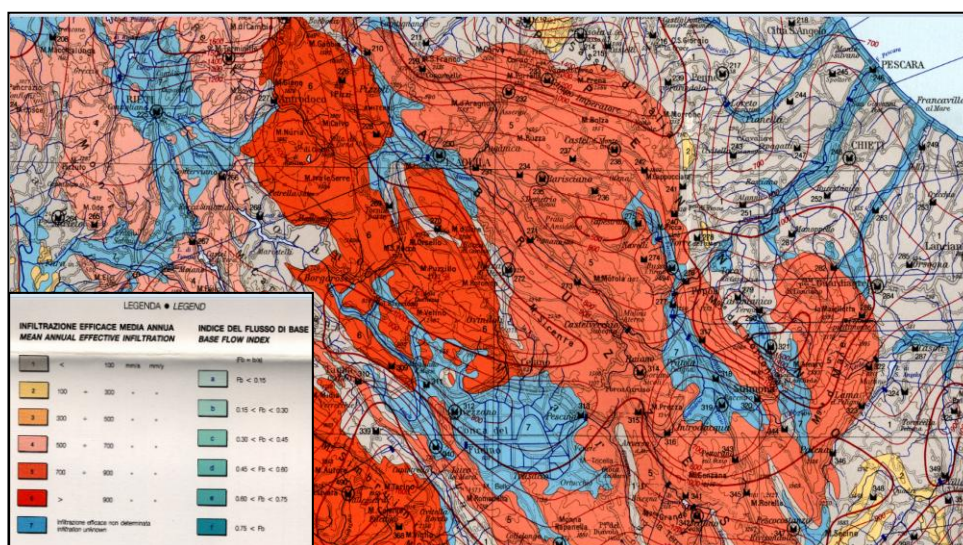
Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, il settore di Appennino centrale in cui è inserita l'area d'intervento fa parte del Dominio di piattaforma carbonatica, caratterizzato da altissimi valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea (SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1986). In particolare l'area in studio ricade all'interno del **Complesso di piattaforma carbonatica**. Si tratta di una successione calcarea (intrabiospariti, oospariti e biomicriti prevalenti) e calcareo-dolomitica di piattaforma subsidente, priva di significative intercalazioni terrigene, a cui sono stati accorpati i lembi calcarei miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici, ha spessore variabile da poche centinaia di metri a 3000 m (Giurassico-Miocene inf.) (Fig. 4).



SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1986

Questa monotona successione carbonatica, formata da strati di spessore considerevole e priva di intercalazioni plastiche, ha reagito alle sollecitazioni tettoniche come una massa rigida e fragile. I carbonati sono stati minutamente frammentati da un esteso reticolo di fratture. Tale processo ha favorito un processo di infiltrazione intenso che ha generato un reticolo carsico molto esteso e ramificato e alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano verso le grandi sorgenti poste alla periferia dei sistemi carsici, con regimi di portata molto regolari.



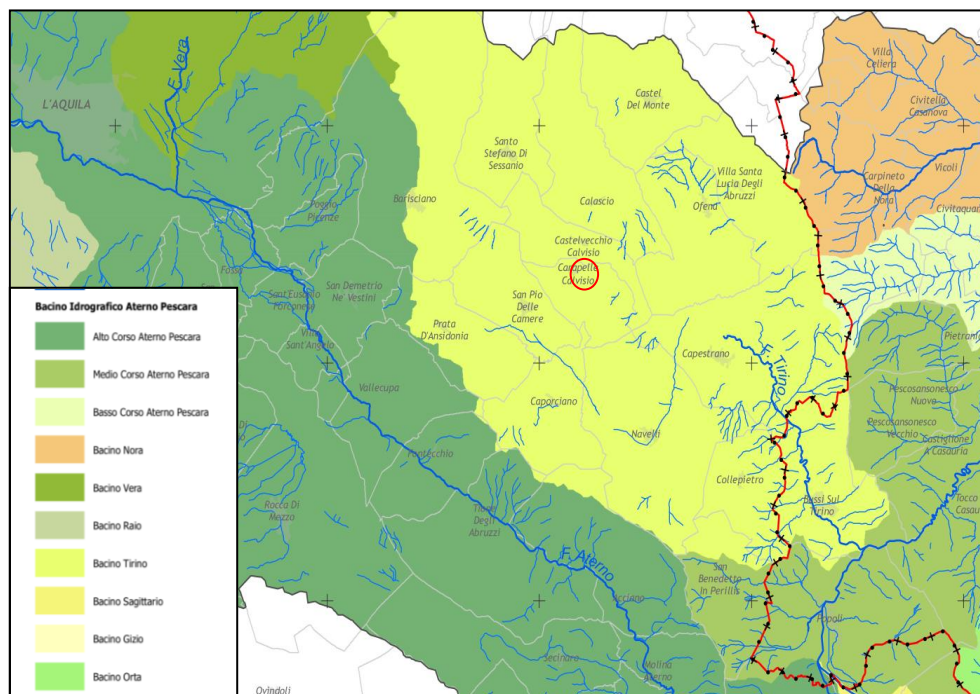
CARTA IDROLOGICA IN Scala 1:500.000 (SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1987)

Dalla Carta idrologica riportata in Fig. 5, risulta che l'area d'intervento è caratterizzata da infiltrazione efficace media annua compresa tra 700 e 900 mm/a e piovosità media annua compresa tra 700 e 800 mm/a.

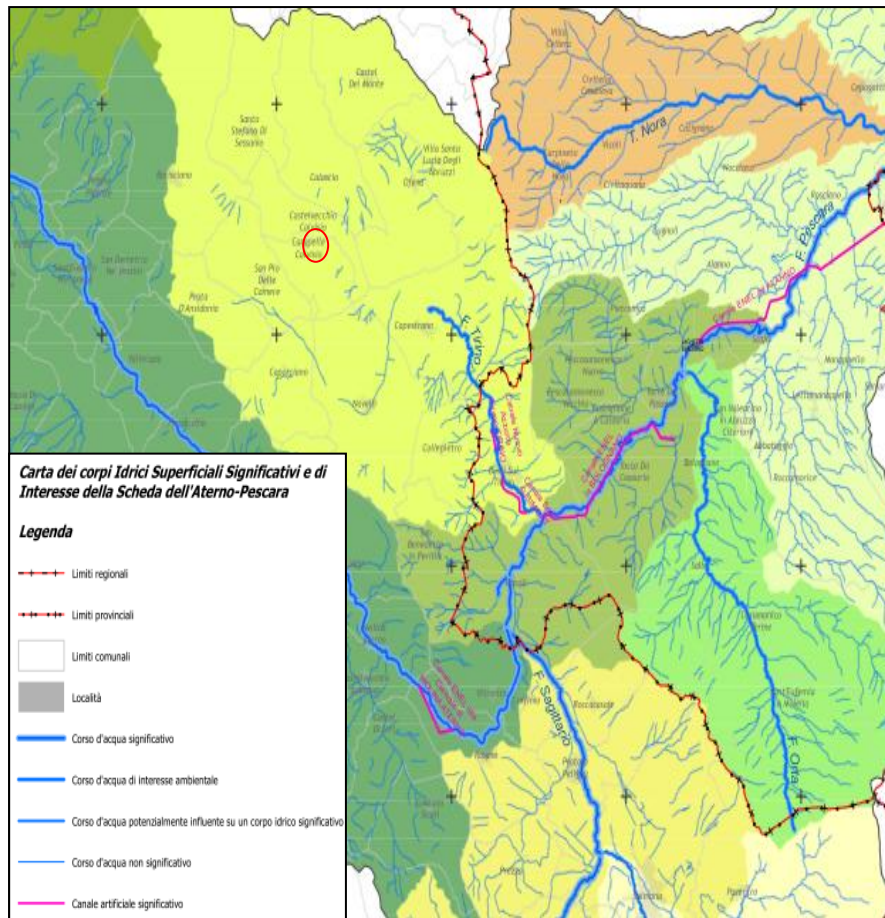
La superficie piezometrica della falda basale, ospitata nell'acquifero carbonatico, è molto profonda rispetto alla superficie topografica dell'area d'interesse, in ragione delle caratteristiche di elevata permeabilità senza soluzione di continuità dell'acquifero stesso. Detta falda emerge in corrispondenza della sorgente di Capodacqua del Tirino ($Q = 5 \text{ mc/sec}$, quota 340 m s.l.m.).

Falde superficiali molto limitate sono contenute all'interno dei *depositi olocenici* affioranti a settentrione del centro storico, ascrivibili al **Complesso dei depositi detritici di limitato spessore**, costituiti da depositi continentali (argillosi, sabbiosi e ghiaiosi) caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e da spessore limitato (Pliocene – Quaternario).

L'*Inquadratura territoriale della scheda dell' Aterno-Pescara* (Piano di tutela delle acque della Regione Abruzzo) (Fig. 6) inserisce il comune di Carapelle Calvisio all'interno del Bacino del Tirino.



In ragione della permeabilità dei litotipi affioranti e della profondità della falda basale, non sono presenti acque superficiali significative (Carta dei corpi idrici superficiali significativi e di interesse della Scheda dell'Aterno-Pescara) (Fig. 7).



Sulla base della bibliografia scientifica e alla luce del rilevamento di campagna si possono identificare nell'area in studio, oltre al Complesso di piattaforma carbonatica già descritto, tre complessi idrogeologici secondari:

Complesso Detritico: costituito da detriti di versante, detrito di falda sciolto e coperture detritico – colluviali (Olocene - Pliocene inf.). Questo complesso è caratterizzato da permeabilità per porosità medio –alta, variabile, in funzione della granulometria dei depositi, della maggiore o minore presenza di matrice, del grado di cementazione. L'infiltrazione efficace è generalmente elevata. Nei depositi di riempimento della valletta alluvionale posta a nord del centro storico di Carapelle C. è presente una modesta falda superficiale, captata da un'antica opera di presa, costituita da un serbatoio a cui si accede da una scalinata.

Complesso Conglomeratico: costituito da calciruditi poligeniche, generalmente ben cementate, ad elementi calcarei, selce e clasti estranei alle serie locali. Locale presenza di livelli argillo-marnosi e di arenarie (Messiniano sup.- Pliocene inf.).

Questo complesso risulta permeabile per porosità e fessurazione ed è caratterizzato da permeabilità medio - bassa. Ospita falde superficiali estremamente limitate, quale quella di F.te Rapone, fra Castelvechio C. e Carapelle C., estintasi in seguito alla realizzazione della variante della S.P. al di sotto dell'abitato di Castelvechio C..

Complesso Argilloso- Sabbioso: costituito da alternanze tra strati medi di sabbie poco cementate ed argille fossilifere. Questo complesso ha permeabilità bassa. Il pozzo presente in località S. Giovanni è alimentato da una falda superficiale probabilmente riconducibile a tale complesso.

Sulla base di quanto esposto si può affermare che la falda basale è molto profonda al di sotto dell'area in esame, che le falde superficiali, peraltro poco significative, presenti sul territorio non interessano l'area perimetrata dal PdR e che non sono presenti acque superficiali perenni. Pertanto si possono escludere le problematiche relative all'interazione di tali elementi con le strutture oggetto del PdR.

Rischio Geologico

L'area in studio ricade nel territorio comunale di Carapelle Calvisio, ad un'altitudine di 877 metri s.l.m.. E' compresa nel Foglio 360 "Torre de Passeri" della Carta geologica D'Italia scala 1:50.000. In particolare l'area indagata si trova al centro della Carta Topografica Regionale della Regione Abruzzo, scala 1:25.000, alle pendici nord-orientali del Monte La Serra (1223 m). A settentrione dell'area il paesaggio si caratterizza per la presenza del rilievo di Monte Mattone (1267 m).



A meridione è presente l'allineamento dei rilievi carbonatici Monte La Serra (1223 m) e Monte Gentile (1257 m), con direzione NW-SE.

Arroccato sulle propaggini meridionali del Gran Sasso d'Italia, al comune di Carapelle Calvisio si accede dalla S.S. 17 deviando al bivio di Castelnuovo di San Pio delle

Camere e risalendo verso nord in direzione di Castelvecchio Calvisio. La posizione del Paese ha fatto sì che nei secoli passati fosse un punto obbligato di passaggio per i mercanti che dal mare si recavano verso l'interno, la strada romana Claudia Nova non distava molto dal paese.

Il Comune di Carapelle Calvisio si trova sui rilievi che costituiscono il bordo settentrionale della depressione intramontana, denominata Piana di Navelli, al cui interno scorre il F. Tirino, con direzione circa NW - SE. Si tratta di un'estesa depressione di origine tettonica ad andamento appenninico, racchiusa tra alti rilievi, formati prevalentemente da rocce carbonatiche e, subordinatamente, da arenarie, di età meso-cenozoica. La morfologia dell'area denota un forte controllo strutturale, generato da una tettonica distensiva con direzioni E-W ed appenninica. Oltre alla tettonica hanno agito nell'area importanti fenomeni fluvio-lacustri, che nel Plio-Pleistocene hanno messo in posto grandi depositi sedimentari che sono stati successivamente più volte erosi ed alluvionati.

I ***rischi naturali*** sono correlati ai diversi ambienti fisici e alle loro caratteristiche geologiche, idrologiche-idrografiche, climatologiche, pedologiche e vegetazionali. La valutazione del rischio deve inoltre tener conto dell'azione dell'uomo quale fattore, talvolta determinante, dell'evoluzione geomorfologica del territorio.

Le civiltà del passato, e ancor più quella presente, hanno disboscato e plasmato il territorio per adattarlo alle pratiche agricole e dare spazio ai centri abitati, hanno imbrigliato i torrenti di montagna, derivato le acque a fini irrigui alterando l'assetto idrogeologico del territorio, costruito infrastrutture di grande rilievo impiegando rilevanti quantità di risorse naturali non rinnovabili. Il ***rischio*** è dato dal prodotto tra la pericolosità ambientale e l'importanza dei beni esposti.

Per ***pericolosità*** si intende la probabilità che un fenomeno dissestante potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo coinvolgendo una determinata area.

La ***vulnerabilità*** è la tendenza alla compromissione di una data porzione di territorio o di un determinato bene. Questa caratteristica del territorio può essere dovuta ai connotati geologico – ambientali propri del sito oppure può essere indotta dall'azione antropica.

Il *rischio geologico* si genera allorquando in una certa area sussistano i presupposti di pericolosità e questi interferiscano con situazioni di elevata vulnerabilità. La caratterizzazione del rischio geologico è data pertanto dalla costruzione di una matrice in cui vengano valutati i diversi gradi di interferenza delle situazioni di pericolosità con le categorie d'uso del suolo o con la presenza di beni di rilevante significato naturalistico, ambientale e storico. Pertanto il grado di rischio è tanto più marcato quanto maggiori sono i danni potenziali sugli elementi a rischio (persone, strutture e infrastrutture, beni s.l.). Più in generale si può dunque definire il rischio geologico come l'insieme delle situazioni gravanti sulle persone e sui beni derivate dall'azione di tutti quei processi che, in modo reale o potenziale, possono destabilizzare le condizioni di equilibrio territoriale.

Le situazioni di rischio sono generate da una serie di concause progressive e continue, fra loro intrecciate, che possono essere individuate nella:

- antica tendenza dell'uomo a localizzare le proprie abitazioni e le proprie attività in luoghi resi appetibili dalle risorse naturali (presenza di acqua, di boschi, di terreni fertili), accettando talvolta anche rischi ambientali elevati allorquando gli elementi positivi, a suo giudizio, divengano particolarmente attraenti o preponderanti: un concetto, quello di rischio accettabile, che ha sempre determinato le scelte più o meno inconsapevolmente;
- modificazione dei sistemi sociali, che ha comportato il progressivo abbandono delle aree montane;
- alterazione delle caratteristiche superficiali del terreno, in seguito ad una continua variazione climatica e microclimatica associata all'abbandono delle aree montane massiccia e, conseguentemente, ad un aumento della edificazione incontrollata, anche in aree di sfogo dei processi naturali;
- progressiva cementificazione del terreno, trasformato in strade, parcheggi e superfici pavimentate in genere, per garantire intercomunicazione tra i vari insediamenti abitativi e produttivi;
- gestione della rete idrica superficiale che è passata, da una fase di intenso sfruttamento, ad una fase di completo abbandono.

La pericolosità geologica a livello comunale è stata valutata qualitativamente considerando i fenomeni significativi presenti nel territorio comunale, in grado di arrecare danno alle persone, alle opere o alle infrastrutture.

Rischio Geomorfologico

Il *rischio geomorfologico* è generato prevalentemente da eventi franosi ed erosivi dei versanti. Questi fenomeni determinano dissesti di varia tipologia: frane di crollo dovute a particolari situazioni di fragilità strutturale e tettonica degli ammassi rocciosi su pendii acclivi, colate detritiche improvvise e veloci, deformazioni gravitative profonde di versante o colamenti lenti e continui nel tempo.

La *Degradazione meteorica*: le rocce a contatto con l'atmosfera subiscono modificazioni fisiche e chimiche che ne alterano le proprietà meccaniche e mineralogiche. Facilmente osservabili sono i processi che portano al frazionamento progressivo della roccia oppure al rigonfiamento di tipi litologici argillosi, all'alterazione di minerali. In relazione al clima della nostra regione, alle caratteristiche geologiche e all'elevata energia dei versanti montani, risultano di particolare interesse i processi di degradazione fisica dovuti all'azione del gelo-disgelo (*Crioclastismo*) che richiedono presenza d'acqua e interessano tutti i tipi di rocce. Le alternanze di umidificazione e essiccazione determinano invece processi di degradazione delle rocce argillose (*Idroclastismo*). Ovunque diffusi sono i processi di degradazione fisica dovuti all'azione di esseri viventi: radici di piante, animali roditori, attività antropiche di aratura del terreno che vengono definiti unitariamente con il termine di *Bioclastismo*. Tra i processi di degradazione chimica quello certamente più noto è il *Carsismo* dovuto alla soluzione ad opera delle acque meteoriche delle rocce affioranti con trasformazioni più o meno caratteristiche delle forme del paesaggio. I processi di soluzione interessano diffusamente le rocce carbonatiche, come pure diverse altre zone montane accumulate dalla natura litologica delle rocce affioranti. Le frazioni di roccia prodotte dai processi di degradazione dei versanti sono mobilitate per effetto della *forza di gravità*. Questa può vincere le forze di attrito se l'inclinazione del versante eguaglia o supera la cosiddetta *pendenza di distacco*, mentre i frammenti si accumulano verso il basso quando la pendenza del deposito risulta uguale o minore alla cosiddetta pendenza d'accumulo. I processi di modellazione tendono a far assumere ai versanti condizioni di equilibrio (pendenza

regolarizzata), prossime alla pendenza di distacco, per le quali la sola forza di gravità non può produrre l'evacuazione dei detriti. Elementi geomorfologici tipici del territorio in esame, legati all'azione gravitativa, sono le *falde di detrito* prodotte dal progressivo accumulo di frammenti prodotti dal crioclastismo e termoclastismo provenienti dai versanti rocciosi sovrastanti. I processi di modellazione gravitativa dei versanti sono legati a movimenti lenti. I più comuni effetti geomorfologici sono rappresentati dalle tipiche deformazioni indotte sulla vegetazione, da irregolarità del terreno, da inclinazione di pali e da deformazione dei muri e di altri manufatti.

Per *dilavamento* si intendono i processi geomorfologici legati all'azione diretta della pioggia sul terreno, in fase d'impatto e in fase di scorrimento. Tale azione determina i maggiori effetti sulle rocce denudate e disgregate. In relazione alle modalità di scorrimento superficiale delle acque meteoriche che non si infiltrano nel terreno, si possono osservare diversi processi erosivi.

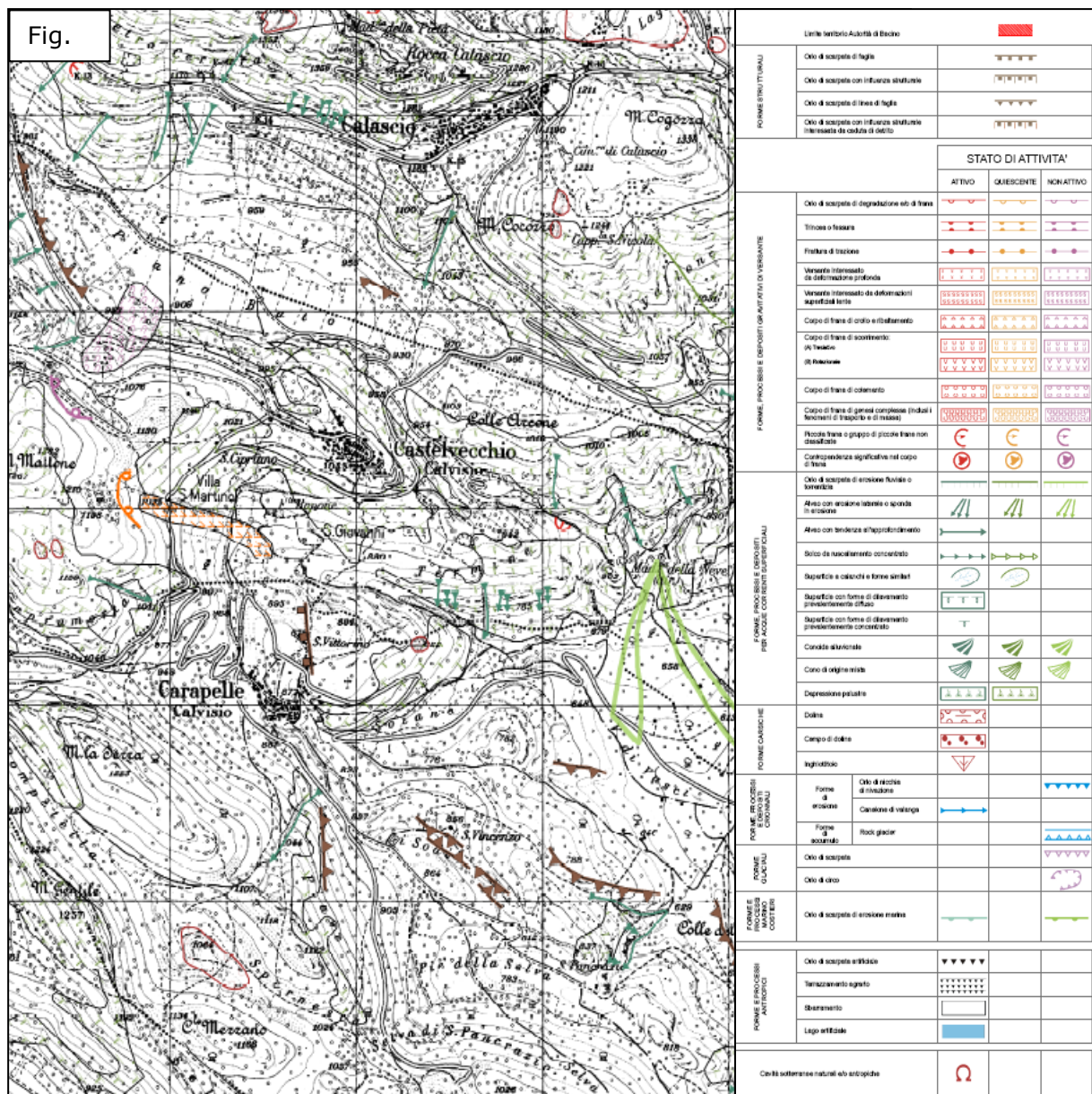
L'*erosione laminare* è efficace sui terreni privi di copertura vegetale ed è più o meno energica in relazione all'acclività e alla presenza di ostacoli. Il materiale mobilizzato si deposita generalmente a breve distanza come *deposito colluviale*. Le acque tendono a concentrarsi dando luogo all'*erosione* che si concentra lungo le disomogeneità topografiche e litologiche del versante.

Nell'area del comune di Carapelle Calvisio i principali agenti morfologici che hanno modellato l'area sono sia di tipo fluviale che gravitativo, sono così venute a formarsi una serie di conoidi che dai rilievi si sviluppano verso la pianura alluvionale, notevole è stata anche l'azione del carsismo.

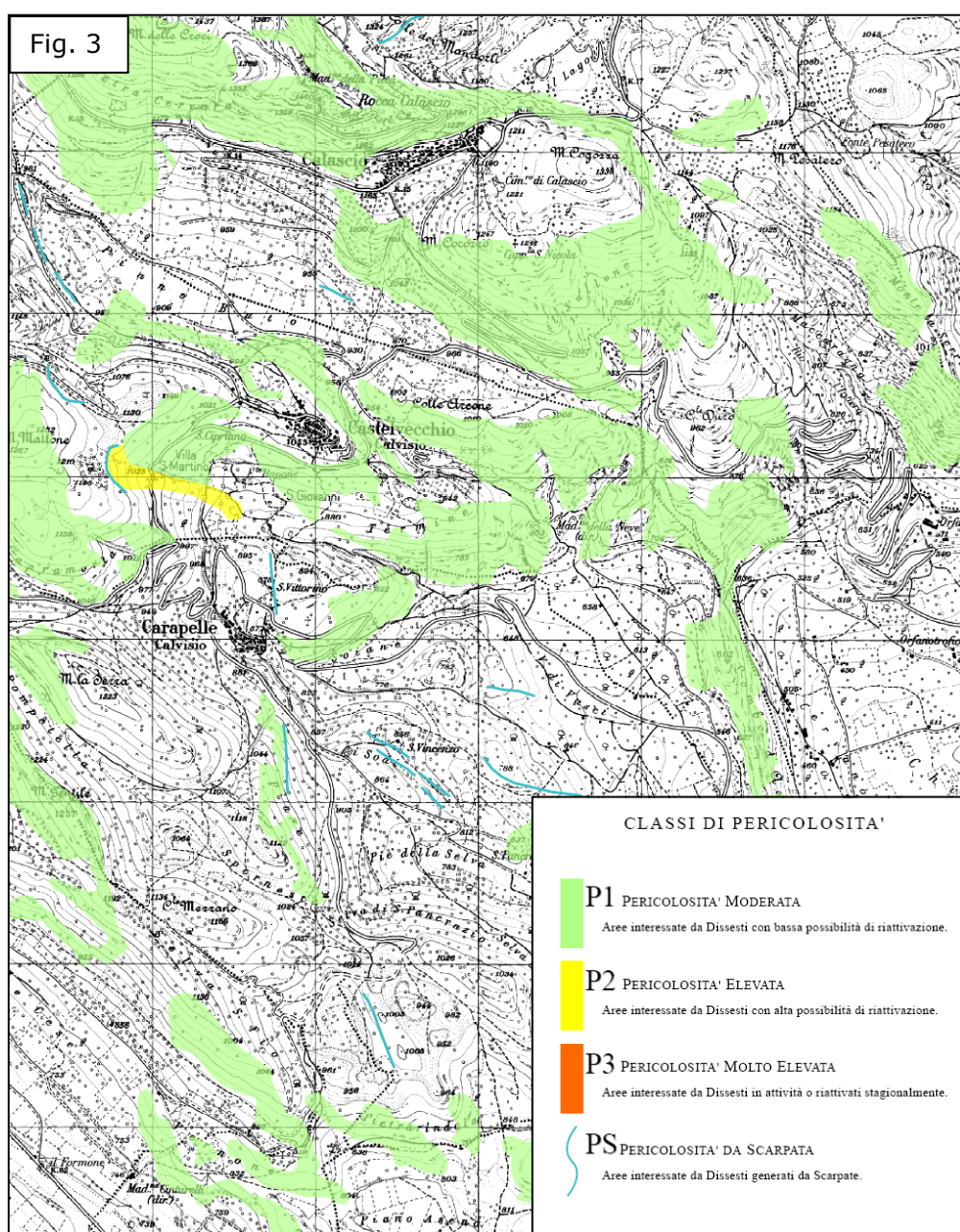
Le manifestazioni più intense e più gravi della degradazione dei versanti e le principali cause di rischio geologico sono le **frane** quando coinvolgono direttamente o indirettamente centri abitati e infrastrutture. Le cause di una frana sono sempre molteplici, complesse e combinate tra loro. Tra le cause predisponenti più comuni ricordiamo lo scalzamento al piede dei versanti, l'azione dell'acqua legata ai cicli di gelo-disgelo ovvero all'effetto di lubrificazione o dissoluzione lungo determinate superfici di scivolamento. Le cause di innesco possono essere divise in due classi: nella prima classe vi sono le cause che favoriscono un aumento delle forze agenti e quindi delle tensioni di taglio nell'ammasso roccioso come ad esempio gli aumenti di carico sul versante, sia antropici che naturali come nel caso di un sisma. Nella

seconda classe si tengono in conto le cause che inducono una riduzione delle resistenze nel materiale costituente il versante, cause che possono essere di origine naturale, come un evento meteorico eccezionale, o artificiali, come la realizzazione di una galleria o di una incisione al piede del versante.

Dall'analisi della Carta Geomorfologica inserita nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (Fig. 2) risulta, a circa 1000 m a oriente dell'area in studio, la presenza di un orlo di scarpata con influenza strutturale, mentre sul versante meridionale di M.te Mattone (zona Capramorta), a circa 2000 m, si osserva un alveo con tendenza ad approfondimento risultato dei processi di erosione delle acque correnti superficiali.



Nel territorio comunale di Carapelle Calvisio i processi sopra descritti si sviluppano esternamente all'area urbanizzata, senza generare fenomenologie dissestanti in grado di generare rischio geomorfologico. Tale considerazione, derivante dal rilevamento sul terreno è suffragata dalla cartografia ufficiale allegata al Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (PAI) (Fig. 3), infatti nella Carta di pericolosità del PAI si osservano nell'intorno del centro abitato aree di pericolosità moderata P1 che non coinvolgono l'area d'interesse.



Rischio sismico

Il **rischio sismico** è definito in termini economici come la possibile perdita della proprietà o della funzionalità di un edificio, o di una struttura in genere, a causa di un evento sismico. La sua stima si può schematizzare in termini quantitativi con una relazione che lega la pericolosità sismica, la vulnerabilità e l'esposizione. La pericolosità sismica di un'area si definisce come la probabilità che entro un certo periodo di tempo ed entro l'area, si verifichi un terremoto distruttivo. La vulnerabilità è invece la predisposizione che possono avere persone o beni a subire danni a causa del verificarsi di un terremoto. Per esposizione si intende la qualità, il valore, la consistenza e la localizzazione dei beni presenti sul territorio, che possono essere influenzati in maniera più o meno diretta da un evento sismico.

La valutazione della pericolosità sismica di un luogo è funzione della sua storia sismica. I terremoti avvenuti nel passato vanno associati alle informazioni geologiche disponibili, per produrre la cartografia delle zone sismogenetiche. Al contrario della pericolosità sismica, l'esposizione può essere limitata. Per limitare il rischio sismico si può agire sulla vulnerabilità dei beni. Le norme sismiche vigenti impongono criteri costruttivi che permettono di contenere efficacemente i danni causati da eventi sismici.

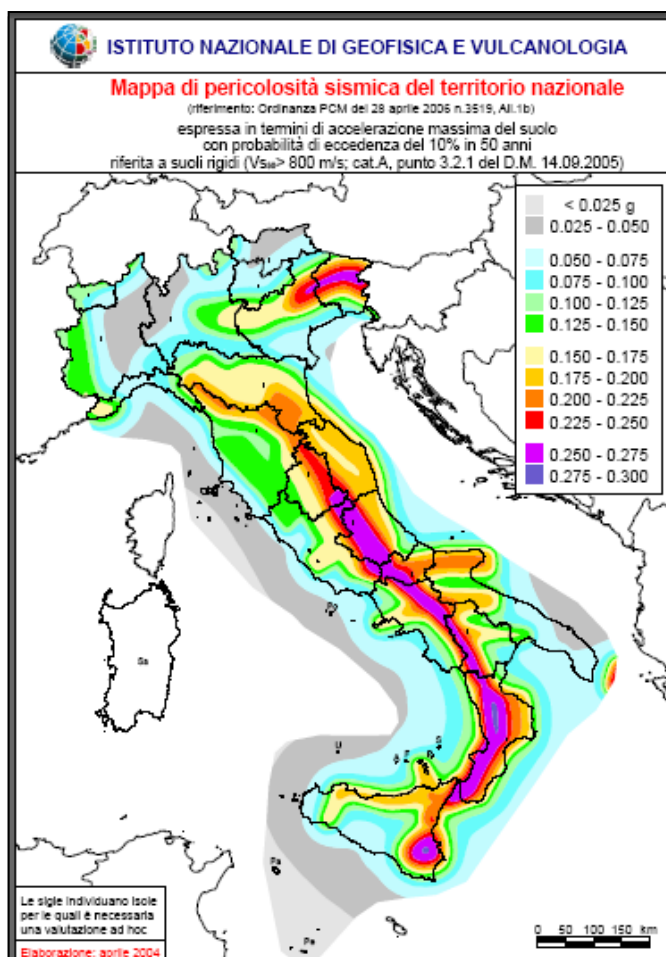
Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale

Dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980, Il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) ha proposto una riclassificazione sismica dei comuni basata sugli effetti di possibili terremoti futuri. Questo studio suddivide i comuni italiani in tre categorie per le quali le norme costruttive applicate sono diverse. Nel 2003 un ulteriore aggiornamento ha modificato sia la lista dei comuni considerati sismici sia le norme tecniche da utilizzare nella costruzione degli edifici. Con questa proposta di riclassificazione, è aumentato il numero di comuni appartenenti alla classe più sismica, pari al 9% del totale.

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n. 108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci

aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale. Per la prima volta si è delineato un percorso per il quale venivano definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti da rilasciare e l'applicazione dei risultati. Un documento di tale tipo avrebbe infatti costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei comuni alle zone sismiche.

L'INGV si è fatto promotore di una iniziativa scientifica che ha coinvolto anche esperti delle Università italiane e di altri centri di ricerca. Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.



Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente quella di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G. U. n. 105 dell'11 maggio 2006).

La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base di criteri definiti a scala nazionale. In seguito all'Ordinanza PCM 3519/2006, le Regioni e Province Autonome che volessero aggiornare

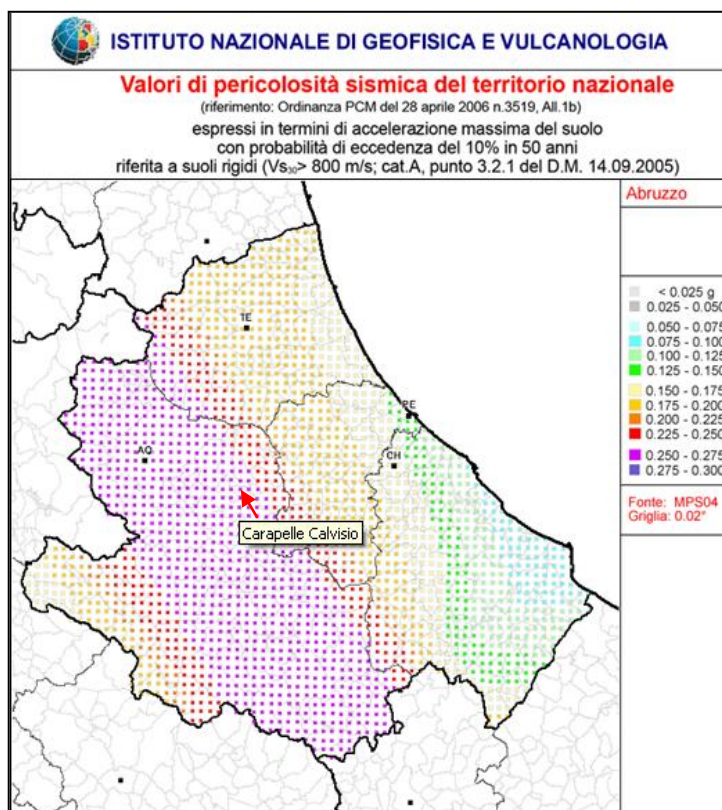
tale elenco devono basarsi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04 per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra. La situazione aggiornata delle zone sismiche è disponibile nel sito del Dipartimento della Protezione Civile. Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di

pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per le quattro zone sismiche, cioè secondo solo su quattro spettri di risposta elastica.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) con il D.M. del 14 gennaio 2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1. Questi dati sono pubblicati in siti dell'INGV realizzati appositamente.

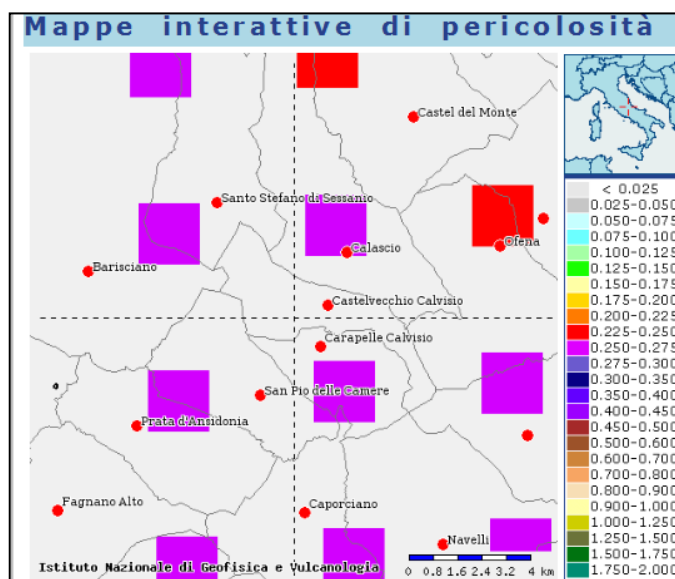
Con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, il territorio Italiano è stato suddiviso in aree omogenee da un punto di vista di rischio sismico. Il criterio adottato per tale suddivisione non è più legato a rigidi confini amministrativi come accadeva in passato, ma alla presenza di aree sismogenetiche attive, introducendo così un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio, in quanto tiene conto delle caratteristiche specifiche e consente di stimare meglio le accelerazioni di picco al suolo (a_g), i fattori amplificativi degli spettri (F_o) ed i periodi T_c relativi a ciascun possibile sito, ossia i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche.

Quindi in base alle Norme Tecniche l'azione sismica di riferimento è definita per il comune di Carapelle Calvisio (sito INGV-zonesismiche.mi.ingv.it) in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli con $V_{s30} > 800$ m/s, il valore di $a_g = 0.250-0.275$ su griglia con passo di 0,05°.

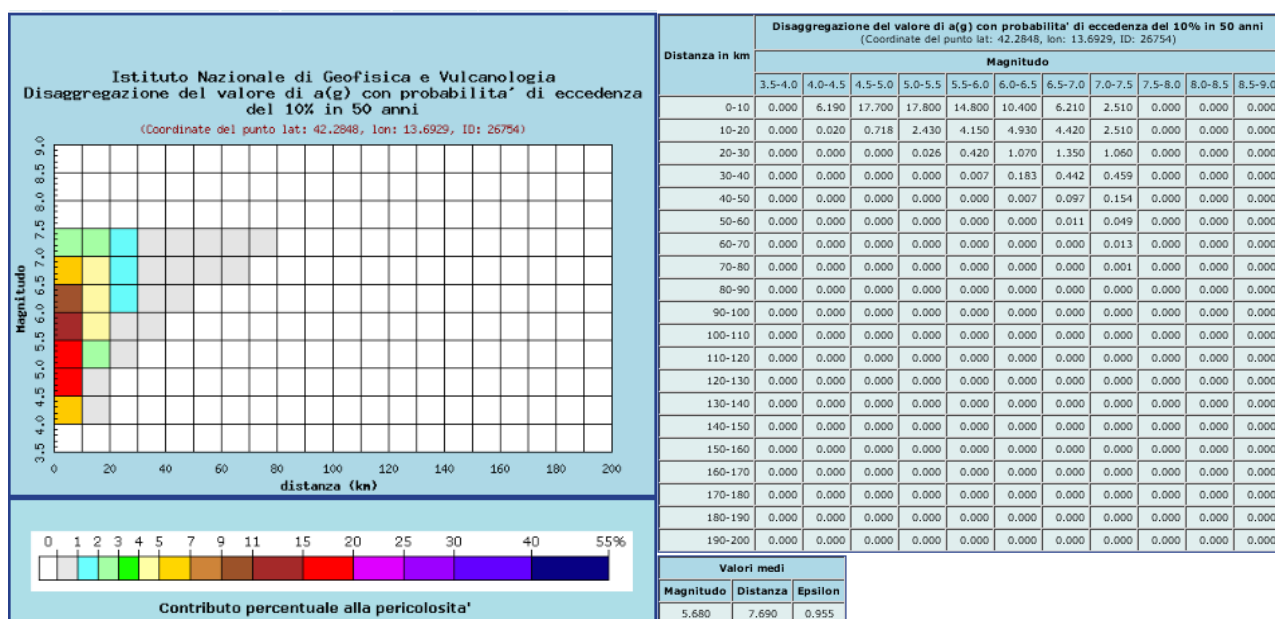


appa interattiva di pericolosità sismica per la zona del Comune di Carapelle Calvisio, i colori della leggenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Ulteriori informazioni, disponibili sul sito dell'INGV sono i valori di disaggregazione di $a(g)$, si tratta di un grafico che fornisce indicazioni inerenti la magnitudo e la distanza rispetto alle faglie attive e capaci rispetto al punto selezionato.



In tal modo sono desumibili i valori di magnitudo media e il raggio di azione medio di un terremoto dovuto al movimento delle faglie prossime alla zona, nel caso specifico, del Comune di Carapelle Calvisio.



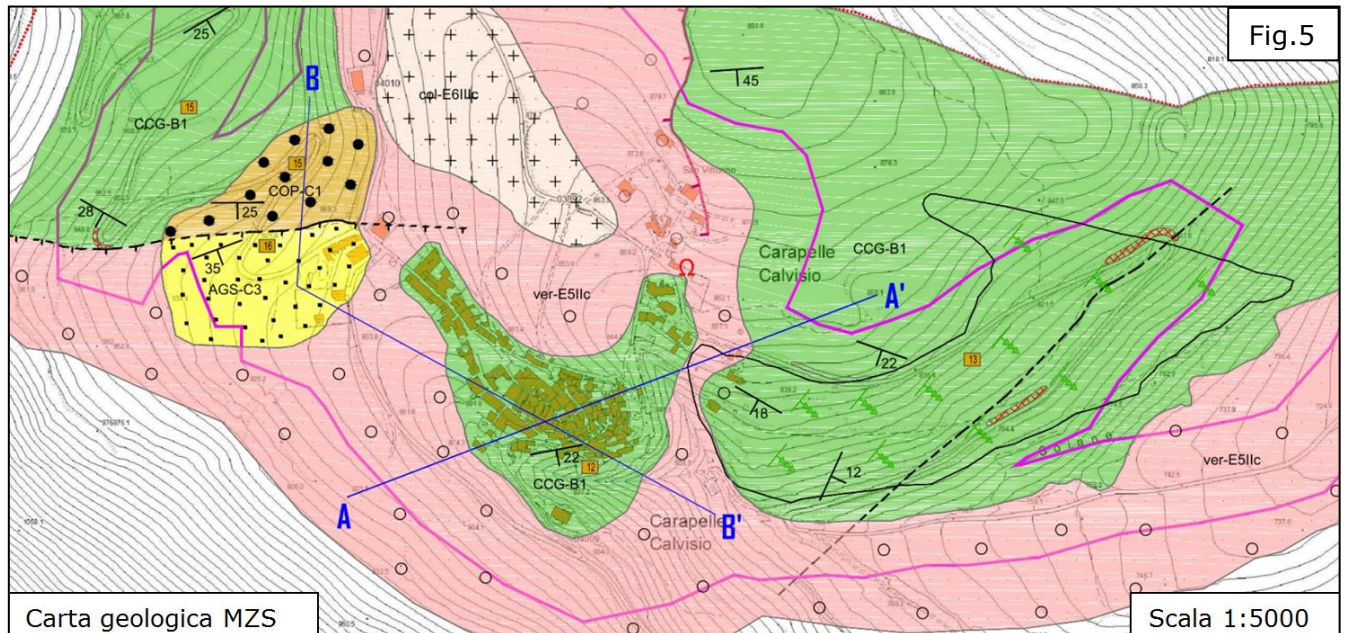
Mappa interattiva di pericolosit  sismica per la zona del Comune di Carapelle Calvisio, i colori della leggenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://www.ingv.it>).

Microzonazione Sismica

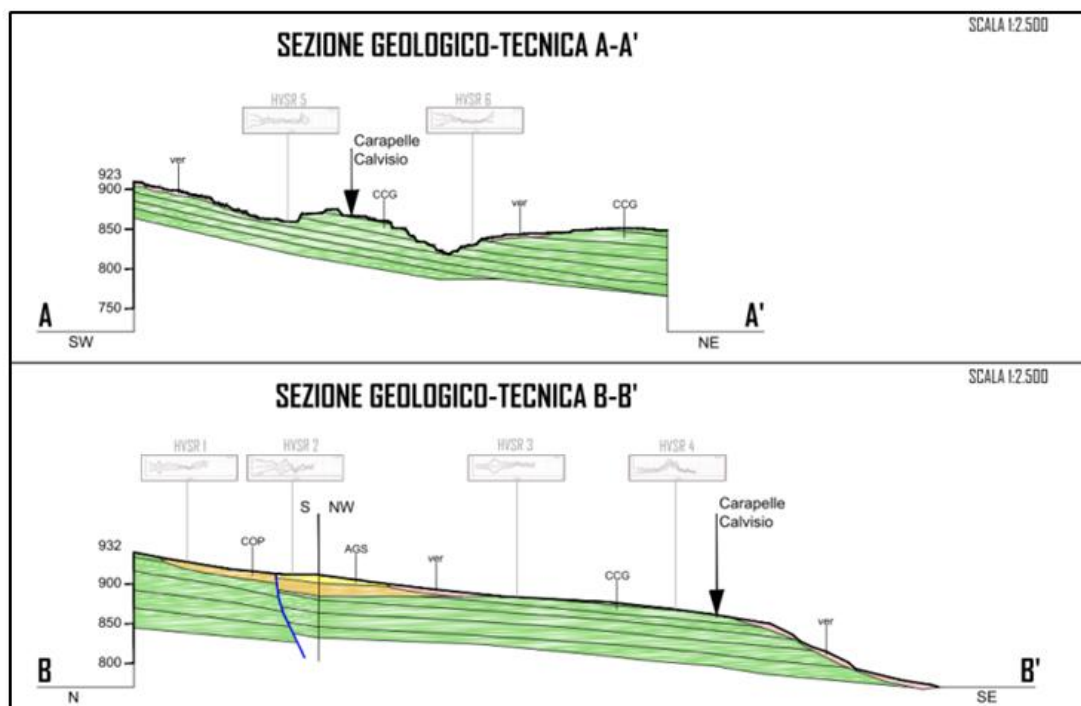
A seguito del violento sisma del 6 aprile 2009, che ha interessato il territorio della Regione Abruzzo, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, in attuazione dell'articolo 11 del D.L. 28.04.2009, n. 39 (cd. "Decreto Abruzzo"), ha emanato l'Ordinanza n. 3907 del 13.11.2010 (di seguito O.P.C.M. n. 3907/2010), con la quale si avvia un programma pluriennale (2010-2016) in materia di prevenzione del rischio sismico. Tra le attivit  promosse e finanziate dall'O.P.C.M. n. 3907/2010 rientrano gli studi di microzonazione sismica- Livello 1.

Nel Comune di Carapelle Calvisio sono stati condotti gli Studi suddetti a cura del Geol. Giovanni Barone, nell'ambito del Progetto di Microzonazione Sismica del territorio regionale per l'attivit  di prevenzione del rischio sismico, cofinanziato con fondi comunitari POR-FESR, Abruzzo 2007-2013. Tali studi, gentilmente forniti dal professionista citato, sono stati utilizzati per la redazione del presente Piano di Ricostruzione.

Dalla visione della **Carta geologica di microzonazione sismica (MZS)**, scala 1:5.000, (Fig.5) risulta che la perimetrazione di interesse del PdR ricade sui depositi di *Calcarei ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore).



Dalle sezioni geologico-tecniche A-A' e B-B' (Fig. 6), risulta che l'intera area d'intervento a lungo e a breve termine è ubicata sui depositi di *Calcarei ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore) con grado di fratturazione $J_v = 12$.



La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni è basata sull'interpretazione dell'insieme delle indagini, sia pregresse, nell'ambito della ricostruzione degli edifici "E", che appositamente eseguite per la microzonazione sismica. La caratterizzazione geotecnica è basata esclusivamente sull'interpretazione delle prove in sito, in quanto la granulometria grossolana dei terreni non è idonea all'esecuzione di analisi di laboratorio.

La stima dei parametri di resistenza al taglio nei terreni a grana grossa è stata ottenuta dall'interpretazione dei risultati delle prove DPSH, utilizzando correlazioni accreditate nella letteratura scientifica. Di seguito è riportato *il modello del sottosuolo*:

Coperture antropiche e suolo:

Lo strato immediatamente sottostante la superficie topografica è costituito da materiali di messa in posto antropica (pavimentazioni, terreni di riporto) a luoghi associati a lacerti del suolo originario, a caratterizzazione prevalentemente limosa. Lo spessore rilevato è variabile tra 0,00 m e 4,0 m. Le caratteristiche meccaniche sono mediocri, ma generalmente di scarsa influenza dal punto di vista geotecnico.

Calcari

Riferibili ai Calcari ciclotemici a gasteropodi, sono costituiti da alternanze di calcari fango e granulo sostenuti organizzati in cicli a scala metrica e decimetrica tipo *shallowing-upward*, con presenza, al tetto dello strato, di livelli nerastri, strutture da disseccamento, rare lamine stromatolitiche, brecciole a clasti neri, ooidi, noduli rivestiti e livelli marnosi verdastri a geometria lenticolare. Negli affioramenti l'unità appare mediamente fratturata ed interessata di fenomeni di microcarsismo. Le caratteristiche meccaniche si mantengono comunque litoidi. Lo spessore stimato è dell'ordine di alcune centinaia di metri. Le indagini pregresse effettuate permettono l'attribuzione dei seguenti valori medi dei parametri geotecnici:

- Peso naturale dell'unità di volume = 23-26 kN/m³
- Angolo di Attrito $\Phi = 35^{\circ}$ -45°
- Coesione $C' = 100$ -200 kPa
- Modulo Young $E = 210$ -550 MPa

Dalla Carta delle frequenze di risonanza di MZS, scala 1:5000, l'area di progetto è ubicata nella zona 2, zona stabile suscettibile di amplificazioni locale (Fig. 7):

- nella parte settentrionale dell'Ambito B-breve termine, le frequenze di risonanza del terreno presentano F_0 (Hz) = 10.0-14.9 e A_0 = 1.0-1.9;
- nella parte meridionale dell'Ambito B-Breve Termine, le frequenze di risonanza del terreno presentano F_0 (Hz) = 15.0-20.0 e A_0 = 4.0-4.9;
- nella parte meridionale dell'Ambito A-Lungo Termine, le frequenze di risonanza del terreno presentano F_0 (Hz) = 5.0-7.4 e A_0 = 5.0-10.0.

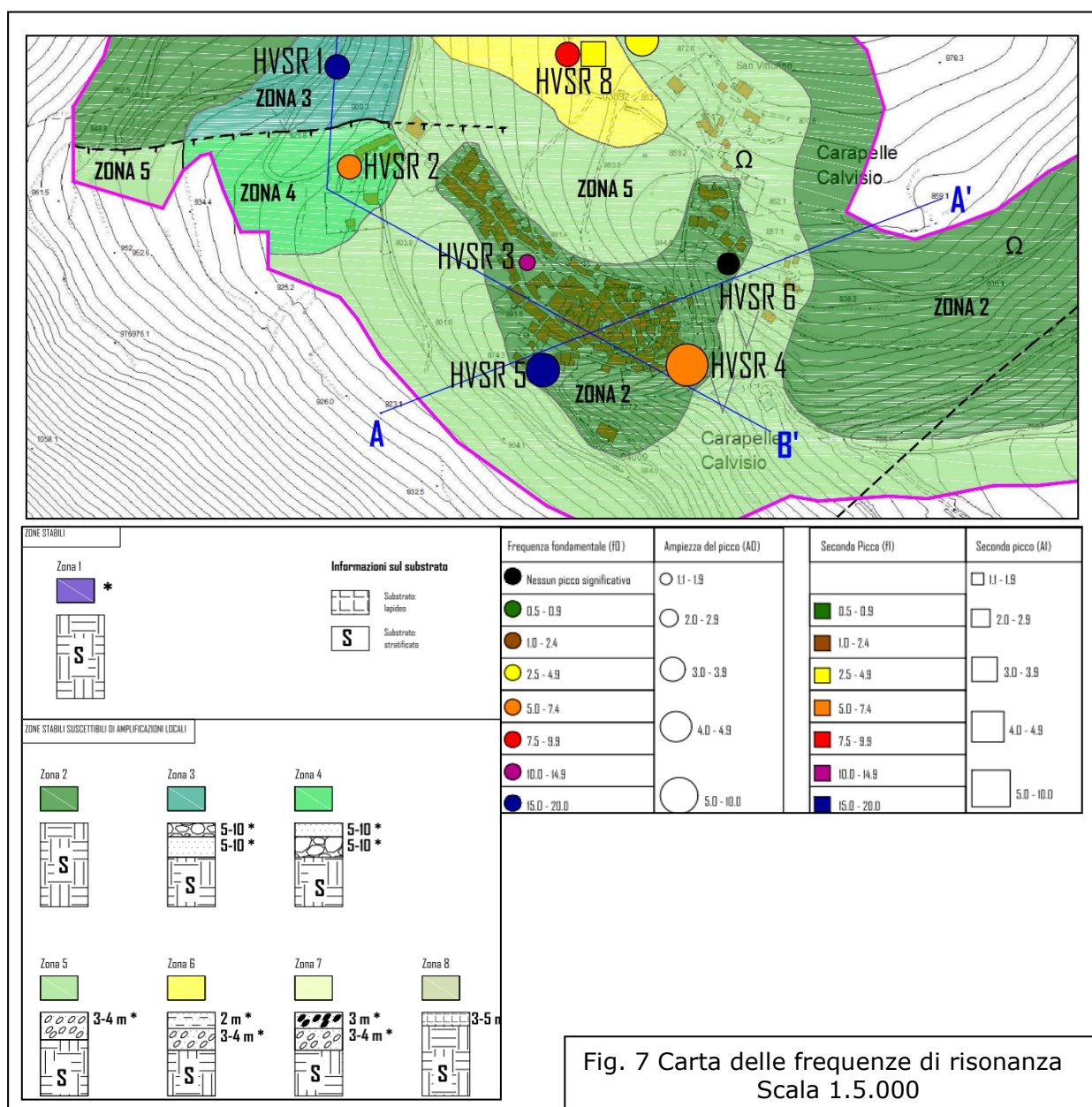


Fig. 7 Carta delle frequenze di risonanza
Scala 1:5.000

ASPETTI INSEDIATIVI

Il piccolo centro conserva ancora inalterato e quindi individuabile nella lettura planimetrica l'originario aspetto urbanistico con la caratteristica conformazione riconducibile ad un impianto a fuso d'acropoli.

Tale impianto si è sviluppato a poggio del colle e risulta condizionato, nella parte meridionale, dal sistema viario concentrico dove, tra la continuità e complessità architettonica di un notevole e abbandonato patrimonio edilizio che degrada verso valle, emergono tracce e torri della cinta urbana fortificata nonché l'imponente profilo di palazzo Piccioli.

Il borgo è tra i più interessanti d'Abruzzo proprio per il carattere unitario della sua architettura minore.



Posizionato su un colle, il nucleo più antico ne investe l'intera sommità con l'edificato.

Il tessuto urbano si stende in modo serrato in un susseguirsi di spazi limitati eloquenti di tecnologie storiche che nella continuità del costruito trovavano le necessità all'opporsi alla forza degli elementi naturali ed in armonia con il suolo.

Tutt'ora chiaramente leggibile è l'andamento dell'antico circuito murario che andava a cingere l'abitato ed ancora individuabili sono alcune bastionature di rinforzo, a pianta rettangolare o semicircolare.

Caratteristica precipua dell'edificato sono le case torri ovvero la trasformazione in case d'abitazione a più piani di altre bastionature.

L'aspetto originario del borgo è percepibile anche in alcuni tratti di mura seppur oggi inglobate nell'abitato con la conseguente apertura di finestre.

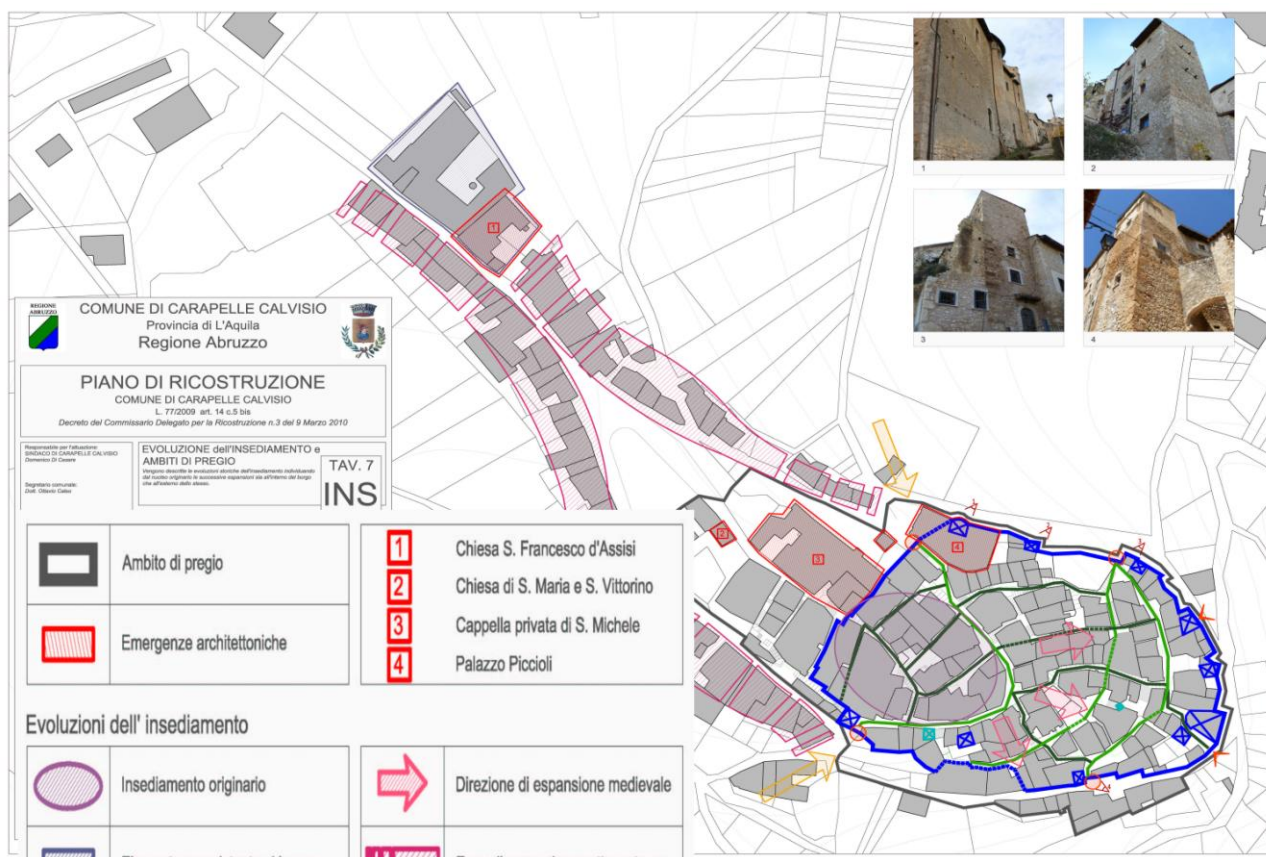
L'agglomerato, sempre connesso a stretti percorsi, spesso coperti ed ai concatenamenti continui tra fabbricati, propone tipologie architettoniche molto varie che interessano un arco di tempo esteso dal XIV al XVIII secolo.

Pochi elementi permangono dell'architettura civile di epoca medioevale, sempre riscontrabili in particolari quali un portale a sesto acuto con cornice finemente decorata ed alcuni architravi di semplice fattura e talvolta di forma triangolare.

Osservando la struttura urbanistica del paese, si nota la circonvallazione che fiancheggia interamente le mura e le opere di difesa. Caratterizzano il borgo murato di Carapelle le quattro porte, tre in origine, i piccoli slarghi e le vie strette sovrastate da archi e archetti che congiungono tra loro i fabbricati.

Il sistema urbano si è sviluppato a partire da una edilizia diffusa caratterizzata da costruzioni molto semplici, principalmente legate al soddisfacimento dei bisogni primari e alla coincidenza immediata tra aspetti formali ed esigenze

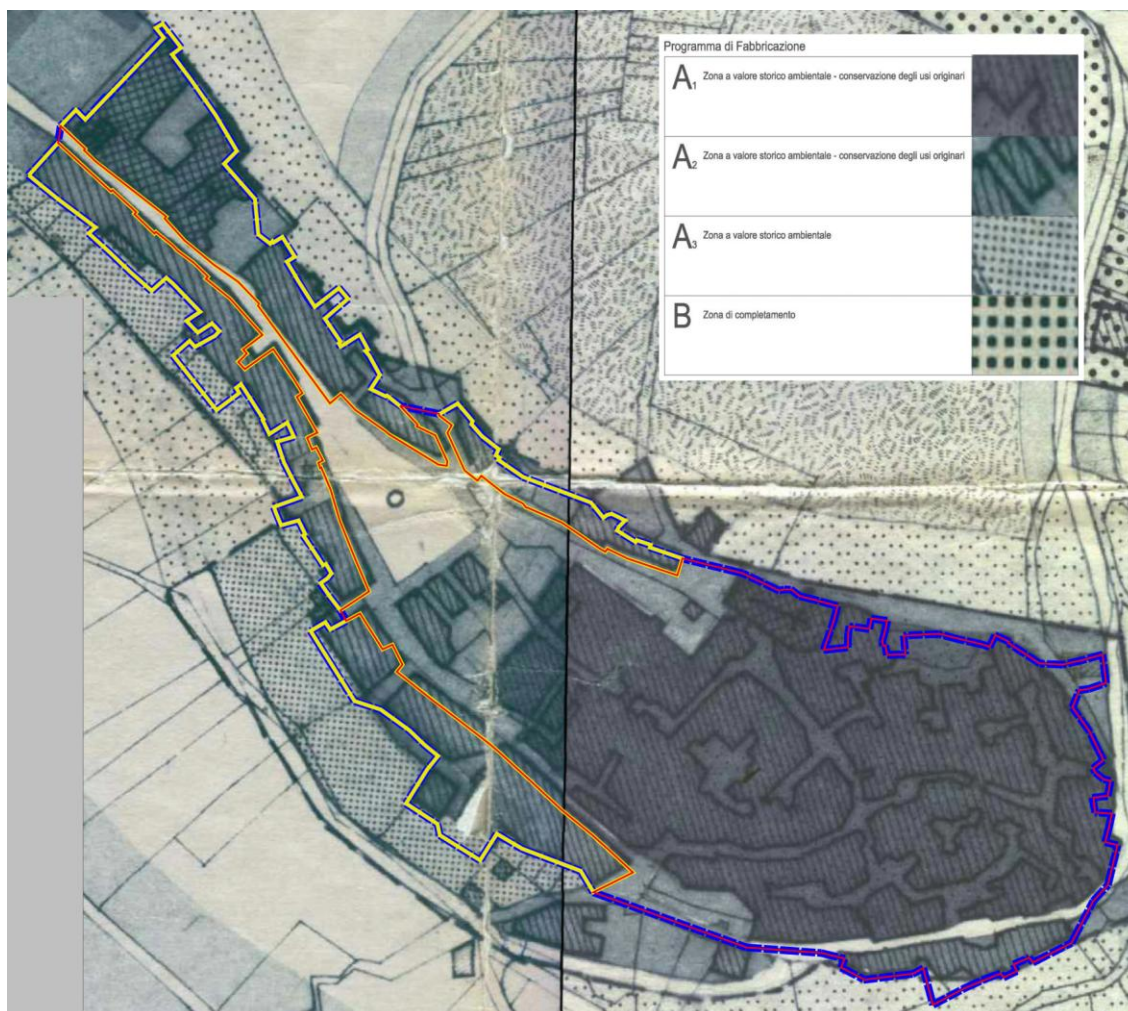
funzionali.



ASPETTI URBANISTICI

Il Programma di Fabbricazione

Il Programma di Fabbricazione vigente del Comune di Carapelle Calvisio suddivide il territorio comunale in zone omogenee e per ognuna di esse dà disposizioni in merito alle tipologie di intervento ammesse.



La sua perimetrazione riguardante la zona A “Zona di Centro Storico Ambientale” si articola in tre sottozone A1, A2, A3

A1: comprende l'antico nucleo medievale, è definita Centro Storico;

A2: è la zona edilizia di completamento del tessuto edilizio storico e si sviluppa lungo l'asse viario principale.

A3: la zona a ridosso della zona A2, che fa parte integrante dell'abitato storico ed è destinata a renderlo più funzionante

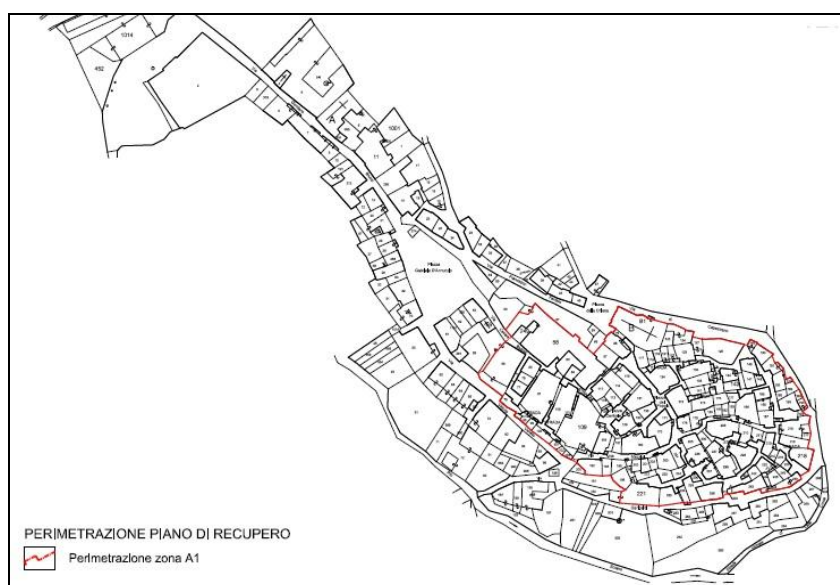
L'attività edilizia nell'intera zona è subordinata alle indicazioni del Piano di Recupero (ai sensi della legge 5.8.78 n.457 Titolo V) e comunque si prevede solo l'attività di

restauro conservativo senza alterazione dei volumi esistenti, indicando come inedificabili tutte le aree libere.

La perimetrazione d'intesa ha riguardato unicamente le zone A1 e A2 di PdF.

Il Piano di Recupero

Il P.R.P.E. (Piano di Recupero del Patrimonio Edilizio) è uno strumento attuativo del P.R.G. o del Programma di Fabbricazione, previsto dalla Legge 5 agosto 1978 n.457, e si norma le aree soggette a degrado appartenenti alla “zona A” relativa al “centro storico”. Nel caso di Carapelle Calvisio il Piano è da applicarsi alla sottozona A1 del P.d.F. che identifica l'antico nucleo altomedievale fortificato.



Secondo le N.T.A. esso persegue le seguenti finalità:

1. la difesa, la conservazione ed il restauro del patrimonio edilizio del centro storico da intendersi quale valore sociale fondamentale in quanto origine e causa del processo di identificazione e di radicamento degli abitanti;
2. il miglioramento degli standards urbanistici primari relativi in modo particolare, agli elementi di arredo urbano finalizzati ad una migliore coesione tra spazi pubblici ed edifici esistenti;
3. il miglioramento degli standards urbanistici secondari da perseguire anche attraverso la ridefinizione di tracciati prioritari congiungenti le tre attrezzature religiose e quelle dell'Amministrazione Comunale;

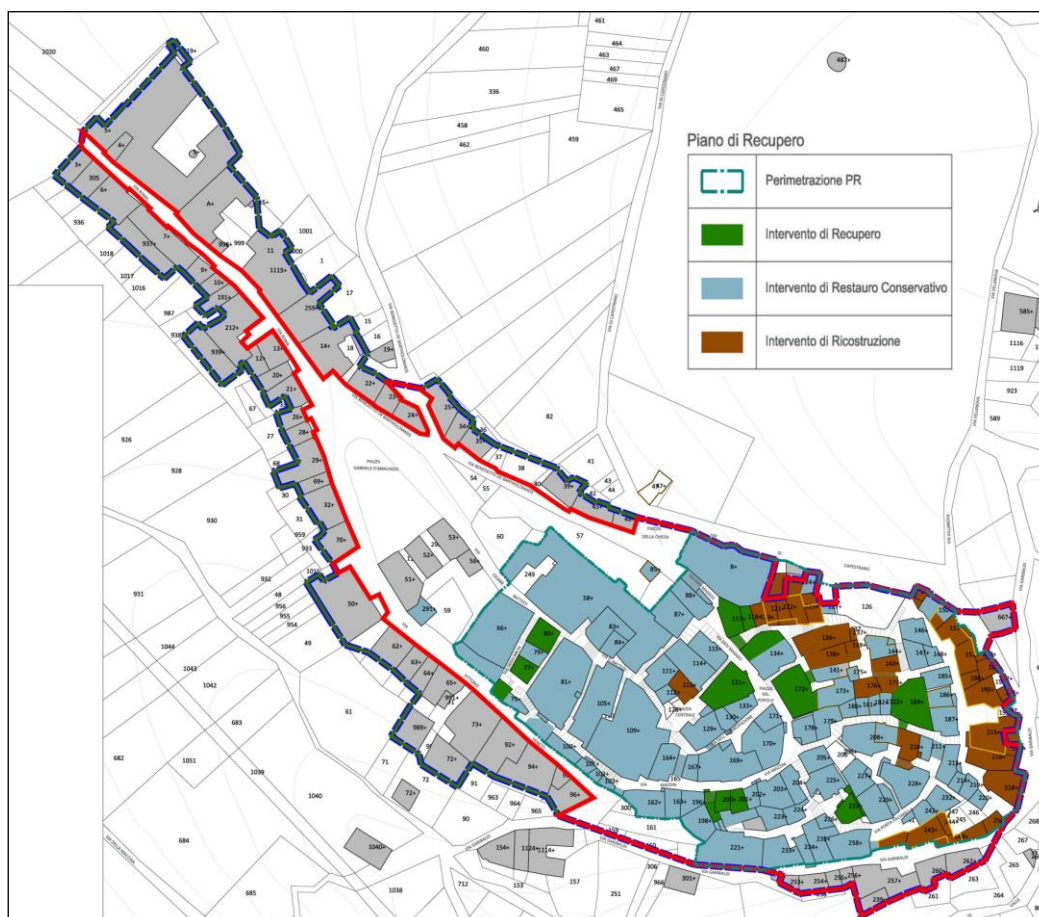
4. il miglioramento delle qualità abitative del tessuto residenziale invertendo il continuo processo di decadimento.

Il Piano di Recupero incide sulle previsioni del centro storico – zona A D.M. 1444 del 2.4.1968 prevista dal PdF in quanto strumento urbanistico generale comunale.

Gli interventi da effettuare sono classificati dalla normativa secondo diverse categorie:

- a. manutenzione ordinaria;
- b. manutenzione straordinaria (la quale si identifica con la “ristrutturazione” qualora comporti il rifacimento o la modifica di opere preesistenti interessando almeno il 50% dei muri di tamponamento, oppure il 50% dei solai di sottotetto o di copertura, oppure il 50% dei pavimenti che insistono su spazi aperti)
- c. ricostruzione;
- d. restauro conservativo;
- e. recupero edilizio.

il Piano di Recupero del Comune di Carapelle Calvisio coincide nella sua perimetrazione all’ambito del Piano di Ricostruzione



ASPETTI ARCHITETTONICI

Pochi elementi permangono dell'architettura civile di epoca medioevale, sempre riscontrabili in particolari quali un portale a sesto acuto con cornice finemente decorata ed alcuni architravi di semplice fattura e talvolta di forma triangolare.

La limitatezza delle testimonianze alto e basso medioevali (quali elementi ad arco, architravi o decorazioni) non sia fuorviante ma al contrario eloquente di una effervescenza dei lapicidi locali e di un artigianato dalla linguistica semplice ma carica di emozione per noi contemporanei.



Più evidente è la consistenza delle permanenze rinascimentali e tardo - rinascimentali che, proposte in gran parte degli immobili del centro storico, si rivelano soprattutto nelle tipologie di decorazioni di portali e finestre; non indifferenti sono, inoltre, le trasformazioni settecentesche come pure l'inserimento in un tessuto urbano, caratterizzato da medie volumetrie, di un edificio dalle dimensioni di palazzo Piccioli.

Nel piccolo borgo emergono antiche dimore gentilizie testimonianza vitale della floridità economica per la pastorizia.

I caratteri del patrimonio edilizio esistente sono molto diversificati. Quelli dell'edilizia abitativa provengono da insediamenti storici piuttosto antichi le cui caratteristiche sono senz'altro rintracciabili.

Le forme edilizie sembrano ripetere, apparentemente con poche varianti, "modelli" consolidati della tradizione locale ed esprimono, quasi con immediatezza, le ragioni che ne hanno determinato la costruzione o le vicende che ne hanno segnato le successive modifiche. Non è difficile pertanto ricollegare edifici destinati ad abitazione stabile o temporanea, a impianto planimetrico mono o bicellulare, con uno

o più piani fuori terra e uno o più assi di aperture, ai ritmi della vita locale o ai modi e ai mezzi di sussistenza. Le forme sembrano d'altra parte denunciare, con altrettanta chiarezza, l'originaria o acquisita destinazione di alcuni manufatti a ricoveri per animali o a deposito di attrezzi, di materiali o di prodotti agricoli



ASPETTI STRUTTURALI

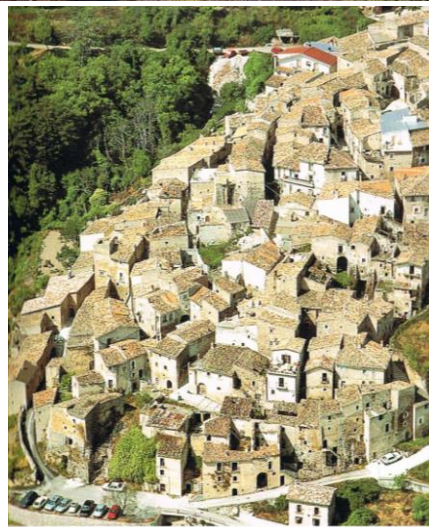
Gli aggregati urbani

La valutazione del comportamento strutturale di un edificio si complica quando il fabbricato in esame è parte costituente di un aggregato urbano comprendente un numero elevato di corpi di fabbrica, come, nella quasi totalità, si ha nel borgo storico di Carapelle Calvisio. Se per un edificio isolato, seppur nella sua complessità architettonica, l'esame del comportamento strutturale risulta più semplice per gli aggregati urbani l'esame del comportamento sismico d'insieme è complesso e non può prescindere dallo studio dei meccanismi locali basato sull'analisi dell'interazione tra le diverse parti. La presenza di edifici a schiera disposti, in genere, secondo le curve di livello, come nel caso di Carapelle Calvisio che ha sviluppato il proprio tessuto urbano secondo uno schema ad anelli che seguono appunto le curve di livello, genera la necessità di considerare l'interazione tra le diverse parti strutturali: il comportamento nel piano della facciata, per esempio deve tenere conto della reale vulnerabilità connessa alla presenza di irregolarità plano-altimetriche, alla distribuzione non regolare delle aperture, ecc.

Osservando i quadri fessurativi nelle pareti di facciata degli aggregati edilizi a seguito di eventi sismici risulta che le pareti centrali, in occasione di azioni nel loro piano, interagiscono con le pareti limitrofe instaurando un mutuo sostegno stabilizzante che non è presente nelle testate. In questi casi è facile comprendere, pertanto, come ogni singola cellula tende ad assorbire le azioni della cella che la precede e a scaricarle su quella che l'affianca. Nel caso di fronti in cui siano presenti sporgenze e rientranze il comportamento nel piano della facciata principale della schiera risulta alterato per il venir meno della mutua interazione degli edifici, che favorisce l'insorgere di comportamenti simili alle testate e dipendenti dalla distanza dal piano della parete e della sporgenza o della rientranza.



Tali difformità architettoniche sono spesso legate ad interventi di ampliamento o ristrutturazione del complesso edilizio, realizzati successivamente all'impianto originario. Risulta, pertanto, di fondamentale importanza rilevare le trasformazioni che l'aggregato ha subito nel corso degli anni, in quanto, come spesso accade, l'introduzione di nuovi elementi strutturali o una modifica delle condizioni di vincolo, non previste nella fase iniziale, possono modificare sostanzialmente il comportamento strutturale.



Per gli aggregati urbani è determinante l'individuazione delle unità strutturali minime di intervento che possono ottenersi solo dopo un'attenta analisi delle tipologie costruttive (elementi verticali ed orizzontali), delle fasi di accrescimento del complesso edilizio e degli interventi di ristrutturazione eseguiti che, seppur non hanno modificato l'impianto architettonico, possono avere introdotto nuovi elementi (solai e coperture in c.a., irrigidimento delle pareti con placcaggio con betoncino

armato) in grado di modificare il comportamento strutturale del complesso edilizio. Frequentemente tali complessi architettonici sono fortemente caratterizzati da meccanismi locali fuori piano: le diverse fasi di accrescimento favoriscono, infatti, il comportamento per parti.

Tale aspetto consente di introdurre, nell'analisi, la semplificazione connessa alla ricerca dei punti rispetto ai quali suddividere l'aggregato urbano senza interrompere la continuità fisica strutturale su cui intervenire.

Per agevolare tale individuazione introduciamo dei criteri che consentono la suddivisione degli aggregati edilizi in sotto-progetti che sono:

- l'analisi delle discontinuità strutturali,
- la presenza di stati fessurativi,
- la presenza di caratteristiche costruttive o tipologiche differenti,
- il riconoscimento delle fasi di accrescimento e l'irregolarità piano - altimetrica dell'aggregato urbano.

In funzione di tali parametri è inoltre possibile individuare alcuni indicatori di vulnerabilità sismica che caratterizzano gli aggregati urbani nel loro complesso.

La differenza di altezza tra gli edifici che compongono l'aggregato aumenta il numero delle pareti esposte ai meccanismi fuori piano e la diversa rigidità dei fabbricati determina la formazione di vincoli che possono generare la realizzazione di cerniere cilindriche intermedie. Le parti sommitali coinvolte risultano fortemente vulnerabili, anche in considerazione che l'azione sismica è amplificata rispetto a quella agente al suolo, per l'effetto filtro dell'intera struttura. Altro elemento determinante è la disposizione delle aperture nelle facciate ed in particolare nelle testate degli aggregati. Ogni apertura rappresenta, in genere, un indebolimento della compagine muraria, determinando una deviazione delle tensioni di compressione dei carichi verticali verso le fondazioni. Tuttavia, nel caso di un'azione sismica, il cuneo di distacco, che può essere computato nella verifica del meccanismo fuori piano della parete di testata, risente significativamente della posizione e delle dimensioni delle aperture.

E' buona norma infatti, prevedere porzioni di muratura piena in corrispondenza delle testate di larghezza, pari almeno alla metà dell'apertura più vicina.

Appare, inoltre, significativo evidenziare, seppur qualitativamente, come il flusso delle tensioni per carichi verticali e/o orizzontali muti profondamente, anche in relazione alla presenza della tipologia del sovrافinestra (ad arco od architrave).

Se la presenza dell'arco favorisce il passaggio delle tensioni, l'architrave rigido provoca la concentrazione delle tensioni nella zona di appoggio. L'inserimento di architravi rigidi possono, infatti andare in crisi qualora le spalline dell'apertura siano di scadente qualità o nel caso in cui l'architrave non sia ben collegata alla muratura della parete. In particolare per gli aggregati urbani, gli irrigidimenti, effettuati su alcune tipologie di elementi strutturali, possono rappresentare una nuova causa di vulnerabilità se tali interventi non sono stati verificati tenendo conto della modifica del comportamento strutturale che hanno introdotto.

L'inserimento di nuovi impalcati rigidi, connessi alla realizzazione di nuovi solai o coperture in conglomerato cementizio, determina il trasferimento dell'azione sismica sull'elemento di maggior rigidezza. La presenza di una parete particolarmente debole (muratura scadente, presenza di aperture significative) può giustificare, almeno teoricamente, tale soluzione sebbene sia necessario verificare se la parete su cui si fa affidamento sia realmente in grado di sopportare tale incremento di azione.

Per contro la presenza di un solaio flessibile o limitatamente rigido determina una deformazione angolare della cella muraria che può mandare in crisi la parete maggiormente debole per un eccessivo spostamento orizzontale. In tale ottica appare evidente come l'operazione di irrigidimento di un solaio esistente (attraverso la sua sostituzione o il suo consolidamento) appaia un intervento molto problematico. In particolare, condizioni di danneggiamento verificatesi dopo l'evento sismico, a fronte di un'indubbia rigidezza di piano del "nuovo" solaio, se viene meno il collegamento tra il solaio e la muratura, a causa di difficoltà operative o cattiva esecuzione, si possano generare meccanismi di espulsione dell'angolata difficilmente preventivabili.

Dal momento che la deformazione della cella muraria è governata, principalmente, dalla posizione del baricentro delle rigidezze rispetto a quelle delle masse, qualora sia presente un solaio rigido ma non connesso (o debolmente connesso) alla muratura, questa non risulterebbe totalmente (o in parte) impedita. Ciò nonostante la presenza di un diaframma rigido contrasterebbe la naturale deformazione angolare della cella muraria determinando negli spigoli un'azione concentrata fuori del piano

che spiegherebbe, seppur intuitivamente, le numerose espulsioni e fessurazioni in corrispondenza dei cantonali.

Elementi che hanno incrementato sensibilmente la vulnerabilità dei maschi murari sono la presenza di nicchie, vani tecnici, aperture per il passaggio e l'alloggiamento degli impianti (cassette del gas). La sezione muraria risulta sensibilmente ridotta, spesso in prossimità delle zone maggiormente sollecitate a taglio, cioè al centro del maschio murario.

Evitare di posizionare tali impianti in corrispondenza dei maschi murari ma, eventualmente al di sotto delle finestre del primo livello oppure in appositi alloggiamenti di smistamento sulla sede stradale, dovrebbe diventare una consuetudine che purtroppo oggi è completamente disattesa.

Appare, infine, evidente che il criterio metodologico descritto, legato da un lato al riconoscimento dell'unità minima di intervento e dall'altro alla valutazione della vulnerabilità complessiva dell'intero comparto edilizio, deve tenere in debito conto, durante la fase esecutiva, che gli interventi possano essere realizzati in momenti successivi. In questo caso, a prescindere dalla valutazione globale sull'intero aggregato, dovranno essere eseguiti interventi che non irrigidiscano, anche se solo temporaneamente, una sola porzione. Tenuto conto che, in base al meccanismo dei SottoProgetti si può verificare il finanziamento parziale degli aggregati e che i tempi di esecuzione degli interventi per l'intero processo edilizio di recupero possono essere molto lunghi, si potrebbero avere danneggiamenti agli edifici adiacenti non ancora consolidati, in caso di un evento sismico a breve termine.

Edifici della prima classe

Le fondazioni di questi edifici sono generalmente a tela, nel senso che riproducono sul piano fondale la trama della scatola muraria con un ulteriore sensibile ringrosso per adeguare le pressioni nella muratura a quelle sopportabili dal terreno.

Non vi è quella discontinuità tra il sistema fondale e la costruzione in elevazione tipica degli edifici in c.c. o in acciaio.

Ne deriva una grande sensibilità del fabbricato ai cedimenti fondali che perciò si manifestano con quadri fessurativi estesi su tutta la verticale.

La presenza di volte e archi condiziona il comportamento della struttura sotto carichi verticali.

Le spinte delle volte sostanzialmente si bilanciano nei nodi interni della scatola muraria mentre esercitano una azione ribaltante sulle pareti perimetrali, anche l'effetto spingente degli archi posti al di sopra delle aperture con funzione di piattabanda di più modesta entità, si bilancia in corrispondenza dei vani interni mentre aggiunge un contributo ribaltante verso l'esterno all'estremità.

L'insieme di questi effetti tende ad aprire verso l'esterno la scatola muraria.

A tale cinematismo si poneva rimedio mediante la realizzazione di barcacani esterni di sostegno e l'inserimento di catene.



Al di là dei problemi legati a ribaltamento una sia pur modesta capacità distributiva potrebbe comunque essere riconosciuta all'impalcato, immaginando presenti puntoni diagonali che irrigidiscono le singole celle della scatola muraria.

Anche in questo caso le azioni sismiche vengono ricondotte alle pareti di controvento parallele al sisma generando forze di trazione lungo quelle trasversali e rendendo ancora una volta necessaria la presenza di catene disposte lungo di esse.

Per quanto riguarda quindi l'effetto dell'azione sismica nel piano delle pareti, le forze orizzontali potrebbero essere fronteggiate da un sistema di puntoni compressi che riportano le azioni in fondazione.

La mancanza di elementi tenso-resistenti orizzontali impedisce però di riportare i fondazione le forze agenti nelle zone triangolari alte della parete, determinando così una elevata vulnerabilità sismica di tali zone.

L'insieme di questi effetti tende ad aprire verso l'esterno la scatola muraria.

A tale criticità per carichi verticali occorre sommare quelle dovute alle azioni sismiche orizzontali, tra cui la prima è fondamentale e il possibile ribaltamento delle pareti fuori dal piano.

Edifici della seconda classe

Questi edifici presentano solai piani isostatici, costituiti da travi semplicemente appoggiate in asole della muratura.

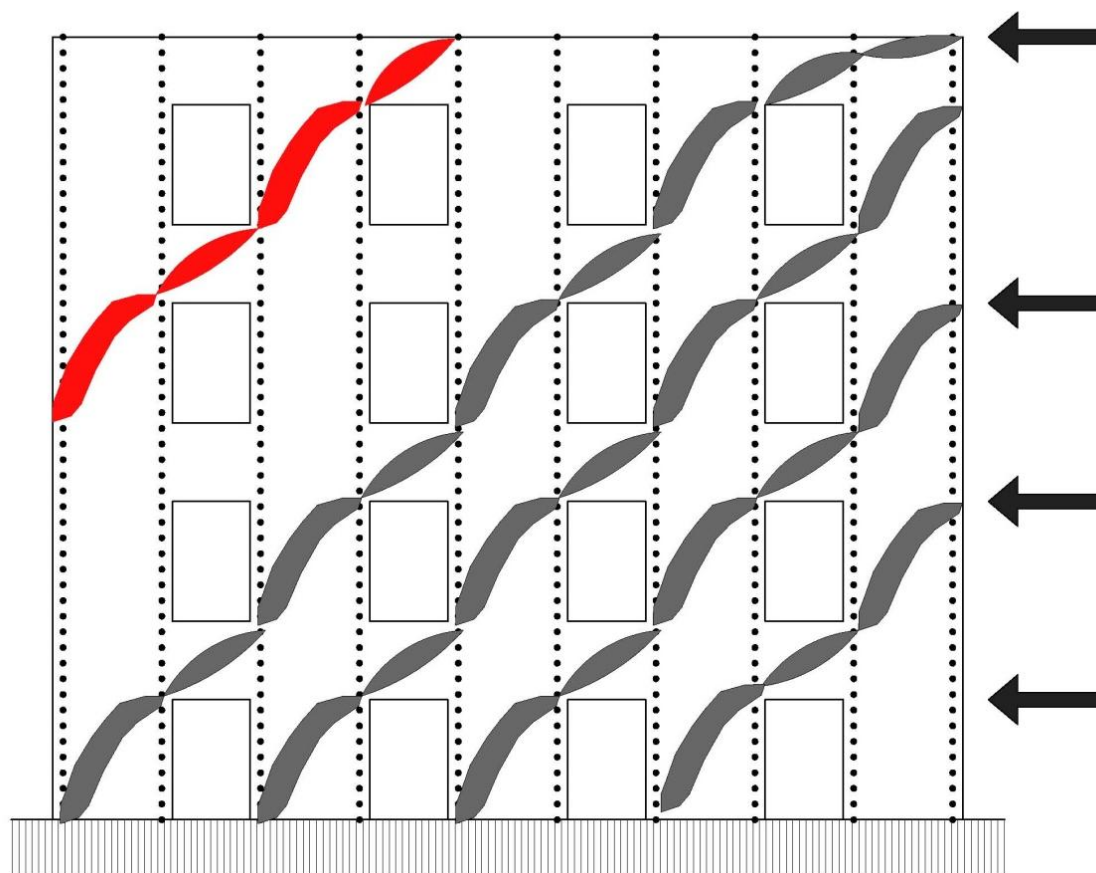
Le piattabande sui vani sono generalmente costituite da archi ribassati (architravi) ad intradosso piano fatti con mattoni messi di coltello o semplicemente con tavole in legno appoggiate per pochi centimetri sulle spalle di vani.

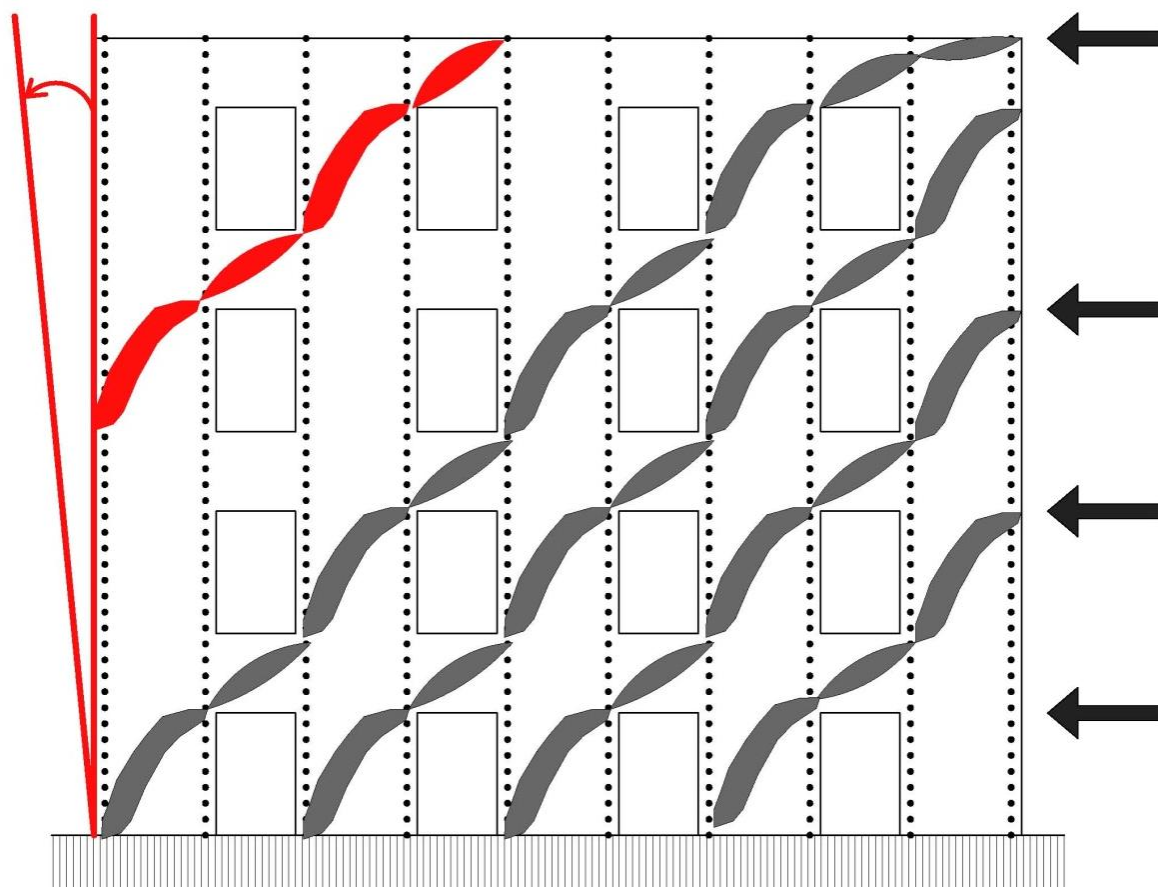
La presenza di un impalcato piano elimina il problema delle spinte delle volte e di conseguenza è usuale trovare in questa tipologia uno spessore dei muri più contenuto e/o un numero maggiore di piani.

In genere si aveva la cura di alternare le direzione dei solai su ciascuna verticale.

Il comportamento globale dell'edificio è tuttavia ancor caratterizzato dalla tendenza della scatola muraria ad aprirsi "a carciofo" a causa di una serie di fenomeni tutti concorrenti a generare effetti per così dire spingenti orizzontali.

Insieme di puntoni che riconducono forze orizzontali alla fondazione







Edifici della terza classe

Nei primi decenni del novecento, in conseguenza della diffusione dell'impiego della nuova tecnologia del cemento armato, nasce una nuova tipologia di edificio che introduce aspetti fortemente migliorativi rispetto alle due classi precedenti.

Dovendo infatti realizzare il solaio piano in c.a. era necessario interrompere la continuità verticale delle murature per consentirne il getto; l'area di impronta della scatola muraria veniva coperta dal getto di cls ed istintivamente armata con ferri longitudinali e staffe dando così origine ai cordoli armati.

Solo dopo la realizzazione dell'impalcato si dava seguito alla costruzione dell'ordine superiore delle murature lasciando il cordolo in c.a. come elemento marcapiano che segna la discontinuità della parete muraria ai vari piani.

Anche per le piattabande al di sopra dei vani si realizzava una trave in c.a. generalmente ben ammorsata sulle spalle dei vani.

L'edificio della terza classe ha un comportamento strutturale molto migliore dei precedenti.

Tutte le criticità della classe precedente sono fortemente attenuate se non addirittura totalmente eliminate.

I solai che collegano efficacemente le pareti di facciata con quelle trasversali, non vi sono più effetti spingenti per comportamento ad arco in corrispondenza di vani, in quanto le piattabande ben ancorate fungono da catene.

Il cordolo attenua la differenza di compressione delle pareti, che erano una delle cause principali del distacco tra pareti ortogonali.

Infatti l'impalcato latero-cementizio, dotato generalmente di una soletta superiore continua ed armata, costituisce un diaframma rigido che fa svanire del tutto il rischio di ribaltamento delle pareti fuori dal proprio .

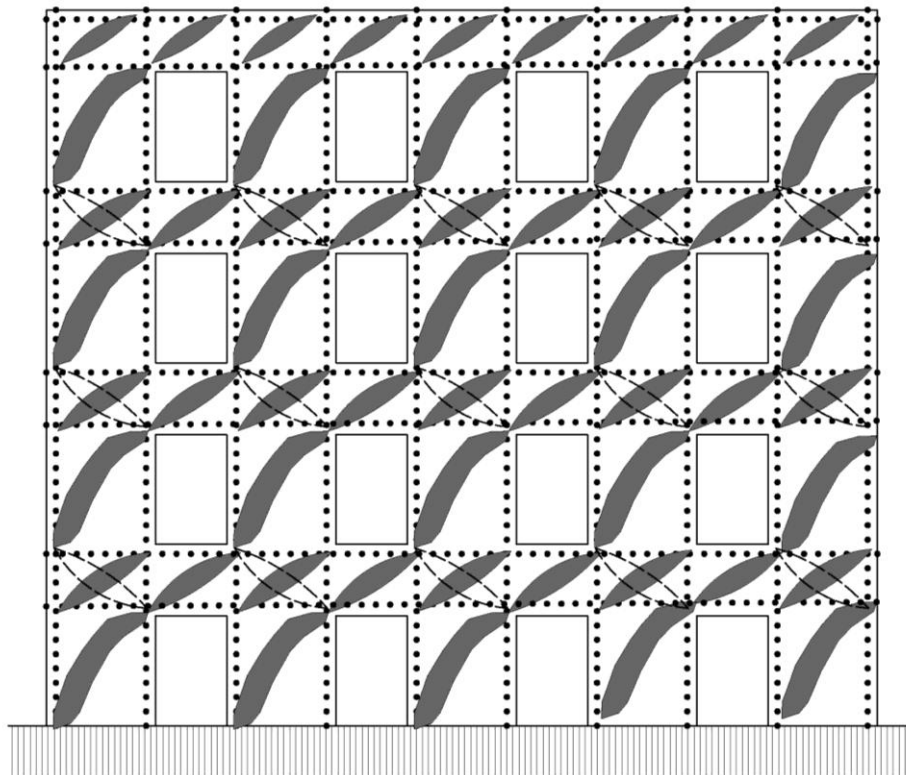
A differenza di quanto indicato per le altre classi per le quali si è evidenziata l'esistenza di zone triangolari in cui l'azione sismica non può essere ricondotta mediante puntoni alla fondazione, la presenza di elementi orizzontali tenso-resistenti consente l'attivazione di puntoni in tutti i pannelli con una più alta resistenza della parete stessa e la scomparsa di zone particolarmente pericolose.

La fascia di piano configura, in sostanza, la parete continua ad un telaio piano costituito da ritti (maschi) , traversi (fasce) e nodi rigidi ed estesi.

La presenza di:

- *cordolo di piano*
- *solai rigidi*
- *piattabande ben ammorsate*

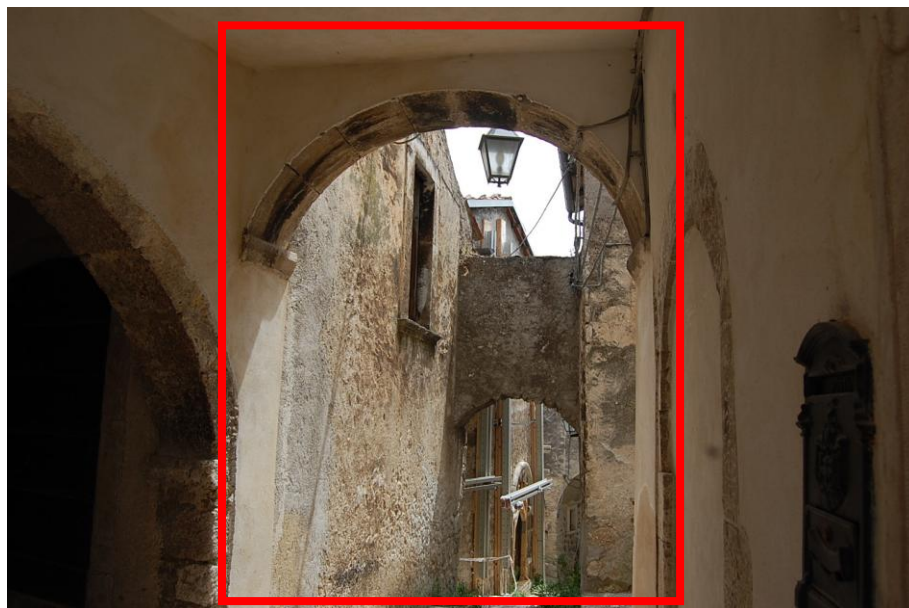
fanno sì che si crei anche nella fascia di piano un insieme di puntoni e rende l'intera parete equivalente ad un telaio piano costituito da ritti (maschi) e traversi (fasce) e nodi rigidi ed estesi.



Antiche tecniche costruttive

Gli archi e le volte in muratura caratterizzano non solo gli edifici “speciali”, cioè le chiese ed i palazzi, dotati di ampie sale assembleari, ma anche gli edifici ordinari, costituenti il tessuto dei centri storici e che si presentano spesso in forma di “aggregati”.

Negli edifici in muratura, come nel caso del centro storico di Carapelle Calvisio, ci sono molti più “archi” di quanto la percezione ottica di forme curve lasci immaginare. Nei fabbricati di più antica costruzione, e specialmente ai piani bassi, ove lo spessore dei muri è maggiore, sono frequenti ambienti con copertura a volta.

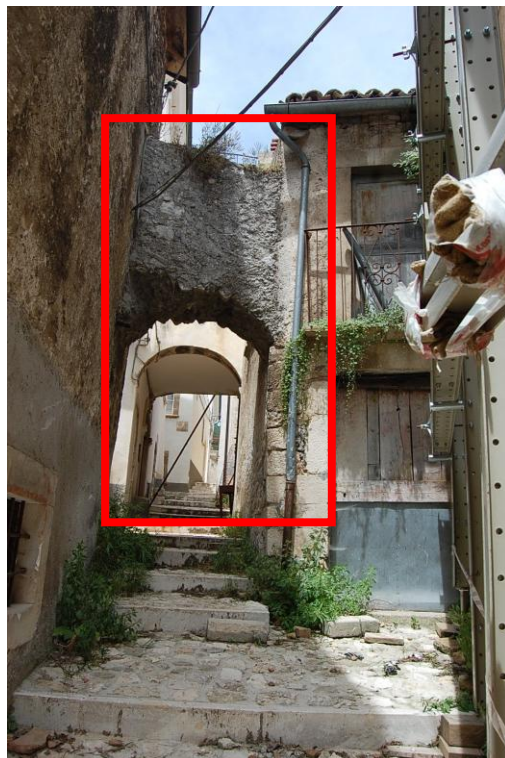


Si tratta della tipologia strutturale denominata “prima classe”. Le tipologie di volte più diffuse sono le cilindriche semplici (a botte) ovvero composte (a padiglione o a crociera) e quelle a doppia curvatura (di traslazione o rotazione).

Ulteriori varianti sono le volte a botte con testate a padiglione e le volte a schifo, che si configurano come volte a padiglione con una zona centrale piana.

L'orizzontalità del piano di calpestio era ottenuta mediante riempimento con materiale leggero (pomice, lapillo, piccoli vasi di terracotta).

La cultura tecnica correlata al disegno di queste forme ed alle tecniche costruttive impiegate per realizzarle, nelle quali l'apparecchiatura, cioè la disposizione dei conci, assume un ruolo notevole, è ormai lontana dalla formazione degli attuali operatori tecnici; eppure un minimo di conoscenza di questa cultura è necessaria per esaminarle oggi con metodi e linguaggio moderno. In qualche caso il terreno derivante dallo scavo delle fondazioni, generalmente a tela cioè tali da riprodurre l'impronta della scatola muraria, veniva utilizzato come centina per il primo impalcato a volte; successivamente il terreno veniva rimosso dando luogo ai locali della cantina. Opportunamente si procedeva a tale operazione quando erano già state realizzate le murature dei piani superiori in maniera da equilibrare meglio le spinte delle volte.



Gli archi, con la loro forma e le tecniche costruttive, costituiscono possibili irrigidimenti delle superfici voltate (con linguaggio strutturale moderno li denomineremo timpani) sia che costituiscano la perimetrazione superiore delle aperture, mediante archi-piattabande, ovvero archi di scarico ad intradosso piano etc. .

Un elemento complementare ma spesso determinante di tali strutture è costituito dalle catene metalliche, presidio antico ed efficace per l'eliminazione o la mitigazione delle spinte, oggi oggetto di rinnovata attenzione in tema di miglioramento sismico.

Diversi sono stati nelle epoche storiche i materiali metallici impiegati, le tecniche costruttive per la loro messa in tensione e specialmente per l'ancoraggio ai muri (teste di chiavi); spesso sia la catena che il suo ancoraggio non sono visibili rendendo apparentemente incomprensibile il buon comportamento sismico di alcuni edifici cimentati dal sisma.



Il centro storico di Carapelle Calvisio è caratterizzato da costruzioni con struttura portante in muratura tipica, costituita da conci sbozzati legati tra di loro da malte.

Questo tipo di muratura viene considerato dalle attuali norme sismiche (N.T.C. 2008) come la più svantaggiata in termini di resistenze caratteristiche.

In questo caso infatti è di fondamentale importanza il "legante" dei conci, cioè la malta utilizzata per rendere la muratura compatta e con comportamento monolitico.

Gli orizzontamenti sono costituiti principalmente da volte, gli architravi in lastre di pietra naturale o volte.

L'attuale normativa prescrive che gli interventi da effettuare sugli edifici esistenti in muratura (vedi cap. 8 N.T.C. 2008 e relativo decreto di attuazione) garantiscano un miglioramento rispetto al comportamento antisismico dell'edificio nelle condizioni attuali.

Si riportano di seguito alcune considerazioni fondamentali per una corretta analisi dello stato di fatto del patrimonio abitativo e per una corretta programmazione dei futuri interventi.

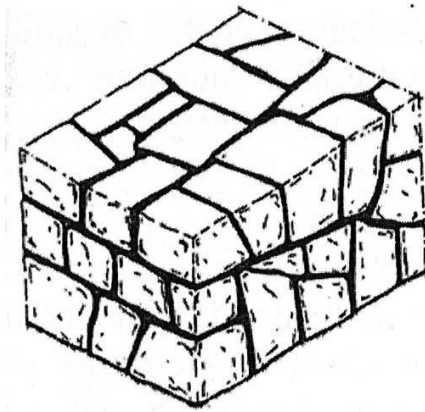
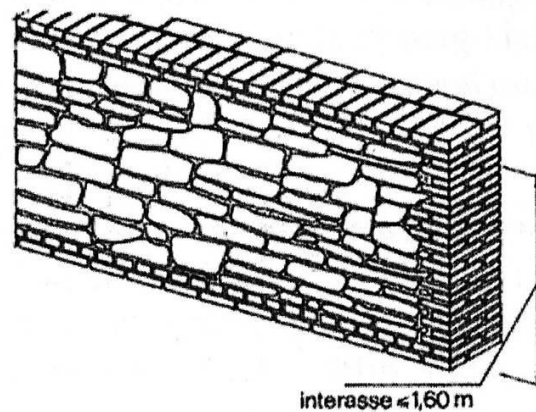
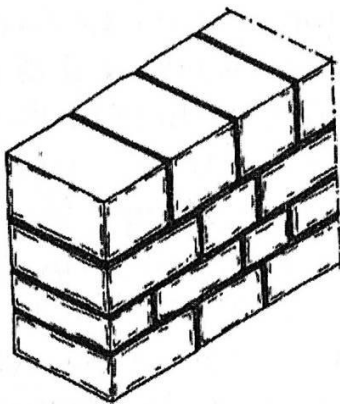
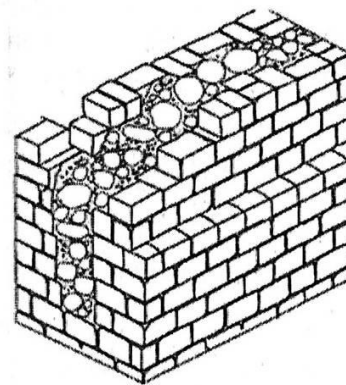
Il materiale muratura

Suddivisione:

- pietre da taglio, provenienti da rocce compatte, con possibilità di essere estratte in blocchi di dimensioni prestabilite (graniti, basalti, porfido, travertini)

- pietre da sbozzo: non hanno una dimensione predefinita (tufo vulcanico, calcarenite)
- pietre da spacco: lavagna, ardesia
- pietrame da impasto: pietre utilizzate nel confezionamento di calcestruzzi

Materiale	Densità (kg/m³)	Carico rottura a compressione (Mpa)	Modulo di elasticità <i>E</i> (Mpa)
Graniti	2500-2900	100-200	50000-60000
Porfidi	2400-2700	100-250	50000-70000
Basalto	2700-3100	200-400	90000-120000
Tufo vulcanico	1100-1800	3-7	3000-15000
Tufo calcareo	1100-2000	1-50	-
Calcari teneri	2000-2400	10-40	20000-40000
Calcari compatti	2400-2700	50-150	20000-80000
Dolomie	2300-2900	100-110	40000-70000
Travertini	2200-2500	40-50	-
Conglomerati Breccie	2000-2700	80-150	-
Arenarie	1800-2700	40-130	5000-30000
Marmi	2700-2800	100-140	40000-70000

*Muratura non squadrata**Muratura listata**Muratura squadrata**Muratura a sacco*

L'analisi sismica dell'edificio in muratura ordinario

- Analisi dei carichi verticali da attribuire alle diverse pareti in ragione anche delle modalità di scarico degli impalcati (solai o volte). Questa fase prescinde dalla tipologia e consente di attribuire ai maschi delle diverse pareti i carichi verticali che andranno considerati anche come masse traslazionali nelle due direzioni.
- Modellazione ed analisi dell'edificio: costituisce un passo delicato e decisivo per la correttezza dell'analisi perchè a parità di geometria globale possono configurarsi situazioni strutturali molto diverse tra loro.
- Edificio dotato di impalcato con inaffidabile capacità distributiva e di collegamento tra le pareti, le quali presentano fasce di piano prive di capacità di accoppiamento.

Si richiede l'analisi delle singole pareti nel piano e fuori del piano. Dall'analisi fuori del piano sono senz'altro da attendersi le maggiori criticità.

- Edificio dotato di impalcato con qualche capacità distributiva e di collegamento tra le pareti, grazie alla integrità delle croci di muro. I ritti negli incroci possono essere collegati tra loro da vincoli interni del tipo “diaframma” che ne assicurano un moto rigido solidale. E' necessaria un'analisi globale dell'edificio, considerando le fasce delle pareti prive di capacità di accoppiamento, ed inoltre un'analisi delle singole pareti fuori dal piano, ma in condizioni vincolari più favorevoli rispetto al caso precedente (verifica degli archi di scarico in orizzontale).
- Edificio dotato di impalcato deformabile con capacità sia di collegamento che distributiva, grazie alla presenza di catene disposte lungo le pareti. Si richiede un'analisi globale dell'edificio modellando l'impalcato con elementi diagonali non resistenti a trazione e vincolando tra loro le aste rappresentative delle croci di muro con vincoli del tipo diaframma orizzontale che possono legare separatamente ciascuno dei due ritti al nodo di vertice (possibile apertura delle croci di muro) ovvero che leghino i tre nodi con un unico vincolo (indeformabilità della croce). Le singole pareti, dotate di fasce “puntone” con limitata capacità di accoppiamento, vanno analizzate nel piano
- Edificio dotato di impalcato infinitamente rigido e sufficientemente resistente nel piano orizzontale, che assicura un ottimo collegamento ed una elevata capacità distributiva. Per l'analisi globale dell'edificio, assimilabile ad un telaio spaziale a piani rigidi, tutti i nodi del piano sono legati da un unico vincolo del tipo diaframma. Le singole pareti, dotate di fasce trave ad elevata capacità di accoppiamento assicurata dalla presenza di cordoli e piattabande, vanno analizzate nel piano e fuori dal piano.

Il borgo storico di Carapelle Calvisio è quasi totalmente realizzato in muratura portante e, di conseguenza, descriveremo in generale gli interventi su una struttura di un edificio in muratura.

Gli interventi possono essere:

di riparazione: servono ad eliminare i dissesti subiti dall'edificio o parte di esso a seguito di aventi dannosi, riportando gli elementi strutturali allo stesso livello di sicurezza che avevano prima.

di consolidamento: servono ad eliminare i dissesti subiti fornendo nel contempo all'elemento strutturale o all'edificio un livello di resistenza superiore a quello che avevano prima.

di rinforzo: servono a fornire all'edificio o parte di esso ulteriore e sufficiente resistenza rispetto ad azioni diverse da quelle per le quali erano progettati o costruiti.

In relazione alla tipologia degli elementi strutturali abbiamo la seguente classificazione:

- interventi sulle murature
- interventi sugli orizzontamenti (solai, volte, archi)
- interventi sulle fondazioni
- Nell'ambito di queste categorie sono anche compresi gli interventi specifici per il miglioramento e l'adeguamento sismico.

Gli interventi sugli edifici in muratura in zona sismica sono:

- incremento della resistenza delle pareti murari (maschi e fasce) e della muratura in genere
- incremento dell'efficacia dei collegamenti, creazione di nuovi collegamenti, incremento della rigidezza dei solai nel piano orizzontale
- eliminazione e riduzione delle spinte
- interventi sulle coperture spingenti o scollegate
- interventi in fondazione di collegamento e/o di incremento della capacità portante
- interventi di modifica del complesso strutturale atti a migliorarne la risposta (es. variazione della distribuzione degli elementi resistenti verticali o aggiunta di nuovi, separazione di parti della struttura mediante giunti, riduzione delle masse, trasformazione di elementi non strutturali in strutturali etc.)
- interventi di demolizione e ricostruzione parziale o totale

CODICI DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEGLI EDIFICI IN MURATURA

Le caratteristiche strutturali dell'edificio sono state, da indicare per ogni livello ed elemento strutturale, sono quelle state ricavate dalla scheda di II livello del GNDT (linee guida edifici scolastici)

C.3.1.1 - Strutture verticali - *			
A	Muratura a sacco	M	Muratura in mattoni forati
B	Muratura a sacco con spigoli, mazzette, altro	N	Pareti in calcestruzzo non armato
C	Muratura in pietra sbazzata	O	Pareti - cordolo di fondazione in cemento armato
D	Muratura in pietra sbazzata e rinforzi come sopra.	P	Telai in c.a. non tamponati
E	Muratura in pietra arrotondata	Q	Telai in c.a. con tamponature deboli
F	Muratura in pietra arrotondata e rinforzi come sopra	R	Telai in c.a. con tamponature consistenti
G	Muratura in blocchi di tufo o in pietra squadrata	S	Ossatura metallica
H	Muratura in blocchi di calcestruzzo e inerti pesanti	T	Strutture verticali miste (c.a. + muratura)
I	Muratura in blocchi di calcestruzzo e inerti leggeri	U	Muratura iniettata
L	Muratura in mattoni pieni, semipieni o multiformi	V	Muratura con intonaco armato
Z	Altro - specificare		
C.3.1.2 - Malta			
tipo	Aerea 1	Iidraulica 2	Cementizia 3
Conservazione e consistenza	Incoerente 1	Friabile 2	Tenace 3
Funzione	Allettamento 1	Riempimento 2	Stilatura 3
Criterio multiscelta - riportare il codice relativo al tipo, conservazione... e funzione - es. 111 (aerea, incoerente, allettamento)			
C.3.1.3 - Strutture orizzontali - *		C.3.1.4 - Strutture della Copertura - *	
A	Legno	O	Legno "poco spingente"
B	Legno con catene	P	Legno a spinta eliminata o travi orizzontali
C	Putrelle e voltine o tavelloni	Q	Laterocemento o solette in c.a.
D	Putrelle e voltine o tavelloni con catene	R	Acciaio spingente
E	Laterocemento o solette in c.a.	S	Acciaio non spingente
F	Volte senza catene	T	Mista spingente
G	Volte con catene	U	Mista non spingente
H	Miste volte solai	V	Altro - specificare
I	Miste volte solai con catene		
N	Legno spingente,		
C.3.1.5 - Geometria Copertura - *		C.3.1.6 - Fondazioni	
A	Piana	A	Continue in muratura
B	Una falda	B	A pozzo in muratura
C	Due falde	C	In cemento armato
D	Padiglione	D	Non collegate, su quote diverse
E	Su livelli differenti	E	Di tipo misto miste
G	Altro - specificare	F	Su piani di posa inclinati
		G	Altro - specificare
C.3.1.7 - Scale - Tipologia			
A	Struttura appoggiata in legno	F	Struttura a sbalzo in pietra o laterizi
B	Struttura a sbalzo in legno	G	Volta appoggiata in muratura
C	Struttura appoggiata in acciaio	H	Volta a sbalzo in muratura
D	Struttura a sbalzo in acciaio	I	Struttura appoggiata in c.a.
E	Struttura appoggiata in pietra o laterizi	L	Struttura a sbalzo in c.a.
M	Altro -specificare		
C.3.1.8 - Presidi antisismici			
A	Catene nel piano della parete	N	Muratura con intonaco armato
B	Catene trasversali alla parete	O	Muratura con filari di mattoni e/o con pietra di piccole dimensioni
C	Architravi efficaci e/o consolidati	P	Cerchiaggio pilastri
D	Cordoli leggeri (metallici, c.a. sottili, muratura)	Q	Speroni - barbacani d'angolo
E	Cordoli in cemento armato ai piani	R	Speroni - barbacani su un lato
F	Cordolo in copertura	S	Speroni - ringrossi murari verticali
G	Cordolo in fondazione	T	Speroni - ringrossi murari a scarpa
H	Trave catena	U	Ringrossi murari verticali;
I	Copertura non spingente	V	Ringrossi murari a scarpa
L	Controventi in copertura		
M	Muratura iniettata	Z	Altro - specificare

Bibliografia di riferimento

"Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica" di Pietro Lenza e Aurelio Ghersi

"Edifici in muratura Progettazione degli interventi post-sisma" di A.Lemme, A.Martinelli, S.Podestà

Ricognizione dello stato dei luoghi. Identificazione delle tecniche costruttive e dei presidi antisismici ricorrenti

Il borgo storico di Carapelle Calvisio, data la sua storia centenaria, è caratterizzato da numerosi edifici in muratura realizzati con pietra locale.

Prima di soffermarsi sulla modellazione dell'edificio in muratura nel suo complesso, è importante soffermarsi in particolare su alcuni elementi che lo costituiscono: la parete muraria (e più in dettaglio la fascia di piano) e l'impalcato. Infatti la loro configurazione influenza notevolmente il comportamento sismico degli edifici in muratura. In genere tali edifici sono destinati a funzione residenziale ed articolati su un numero vario di piani che raramente superano i tre livelli ed hanno una configurazione distributiva in pianta che si ripete con sostanziale regolarità in altezza (piano tipo). Il tessuto edilizio di Carapelle Calvisio ha assunto, nei secoli scorsi e fino ai giorni nostri, tipologie strutturali diverse, anche frutto dell'evoluzione tecnologica.

È da notare tuttavia come l'assetto geometrico complessivo, spesso caratterizzato anche da una notevole regolarità nella posizione delle aperture lungo le pareti, almeno per quelle perimetrali, sia rimasto pressoché invariato. Per tale tipo edilizio, una volta impedito il collasso delle pareti fuori dal piano, ad esempio incatenandole in corrispondenza degli impalcati, il comportamento sismico globale dipende dalla resistenza e dalla deformabilità delle pareti nel proprio piano. Pertanto la fascia di piano, che ne rappresenta un elemento essenziale, assume anch'essa un ruolo fondamentale nel determinare la capacità sismica della parete e dell'intero edificio.

Il fine della ricerca svolta in passato è stato quello di analizzare il comportamento strutturale delle differenti tipologie di fascia riscontrabili negli edifici esistenti nel loro stato originario o in quello derivante da successivi interventi di consolidamento. Tali tipologie corrispondono a tecnologie ed efficienze strutturali diverse, per cui, in relazione agli elementi da cui esse sono costituite (muratura, catene metalliche, architravi o piattabande in legno, calcestruzzo armato o in acciaio), è stato definito, per ciascuna di esse, il modello meccanico utilizzabile per valutare il grado di accoppiamento fornito ai maschi murari nell'ambito del comportamento globale della parete sotto azioni orizzontali, sia in termini di resistenza che di capacità deformativa.

Poiché il Comune di Carapelle Calvisio è oggetto di un Piano di Ricostruzione è necessario effettuare una serie di indagini conoscitive sulle strutture degli edifici per poter identificare la strada più opportuna per definire le linee di intervento per la ricostruzione del borgo storico e di seguito sono descritte le varie fasi da adempiere.

Rilievo strutturale:

- Rilievo delle dimensioni geometriche delle strutture portanti verticali e orizzontali.
- Orditura e configurazione strutturale.
- Ricognizione del tipo e dello stato delle fondazioni.
- Analisi del tessuto murario.
- Qualità costruttiva dell'apparecchio e dei materiali costituenti.
- Stato di conservazione, con annotazione del degrado, proprio delle componenti strutturali.
- Rilievo di eventuali presidi antisismici presenti e stato di conservazione.
- Individuazione di interventi recenti e pregressi e tecniche utilizzate.
- Individuazione di tracce fisiche correlabili alla storia costruttiva: discontinuità mancanza di immorsatura, sfalsamento nel livello dei solai, mancato allineamento geometrico, cambio di materiali, ecc.
- Rilievo del quadro di dissesto: lesioni e deformazioni (spancamenti, fuori piombo, perdita della geometria originaria, etc.).

Il rilievo strutturale per essere completo secondo quanto appena definito ha bisogno di saggi preliminari e accertamenti diagnostici, in sito e in laboratorio. Tali indagini completano le informazioni immediatamente desumibili da un esame visivo e comportano ad esempio la rimozione localizzata di intonaci, controsoffitti, pavimentazioni, ecc.

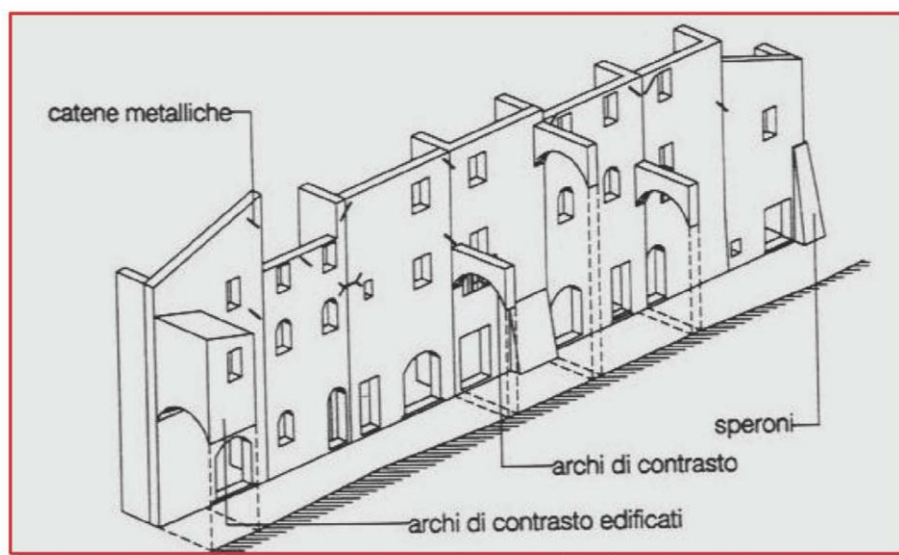
È da sottolineare come un rilievo strutturale lacunoso metta a rischio tutta la successiva fase di progettazione e frequentemente imponga costose varianti in corso d'opera.

Indagini in sito – saggi

Le indagini conoscitive in sito e in laboratorio sono rivolte alla caratterizzazione strutturale del bene. Esse sono volte all'esame di:

- Caratteristiche dei tessuti murari presenti
- Lesioni e fessure presenti, evidenze di dissesto statico (fuori piombo e relative rotazioni, cedimenti, vibrazioni anomale, ecc.)
- Mancanza di sufficienti ammorsature tra i muri
- Manomissioni, aperture e chiusure di vani
- Cavit  e discontinuit  nei muri
- Appoggi di travi in legno o metalliche. Stato di conservazione.
- Dimensioni
- Condizioni di degrado. Presenza di umidit .
- Danni non riparati celati dalla presenza di intonaco, controsoffitti, ecc.
- Deformazioni dei presidi antisismici esistenti (tiranti, capochiavi, ancoraggi, ecc.)

Presidi antisismici nei centri storici Consolidamenti tradizionali



Generalmente tali aspetti possono essere rivelati mediante un esame visivo diretto del manufatto, utilizzando strumenti molto semplici. I saggi specifici consistono per lo

più nell'asportazione dell'intonaco o eliminazione dei controsoffitti nelle localizzazioni critiche.

Un importante contributo può essere fornito da una particolareggiata e critica analisi storica che consente l'individuazione delle fasi costruttive originarie, di eventuali ampliamenti e/o sopraelevazioni, apertura di vani, eliminazione e/o sostituzione di muri, ecc. Ai fini dell'indagine conoscitiva è inoltre importante l'analisi dei dati relativi precedenti dissesti ed eventuali interventi (perizie, relazioni, ecc.).

Indagini sulla muratura

Particolare attenzione va rivolta all'individuazione delle caratteristiche e omogeneità delle tipologie e tessuto delle murature presenti. Per il comportamento sismico risulta di cruciale importanza la conoscenza della sezione trasversale della muratura. Anche l'indagine storica può contribuire all'identificazione delle caratteristiche della muratura.

1 – L'arco:

conoscenze statiche sulle strutture ad arco dalle origini alla fine del xvii secolo.

Le prime strutture riducibili alla modellazione ad arco risalgono già ai tempi dei greci e cioè al V sec. a.C. . L'esigenza di superare luci sempre più grandi e di sopportare carichi sempre maggiori, come i manufatti interrati, hanno indotto i costruttori a sostituire il modello trilitico greco con coperture a falde inclinate, su cui grava il peso del terreno di ricoprimento. Una dimostrazione di ciò è data dall'architettura tombale, che utilizza delle coperture costituite da due lastre affiancate disposte come le falde di un tetto a spiovente.

Ciò comporta una riduzione del momento flettente massimo, pari ad un quarto del momento flettente nella sezione di mezzeria, se la luce fosse coperta con un'unica trave, perché la sollecitazione flettente varia con il quadrato della distanza. Tutto questo induce delle sollecitazioni di trazione al lembo inferiore della trave molto più piccole, a tutto vantaggio del materiale lapideo che *non è in grado di sopportare sforzi di trazione*. Inoltre le due aste inclinate, opponendosi l'una all'altra, si comprimono a vicenda riducendo ancora di più la trazione indotta dai carichi agenti.

Dal sistema a falde inclinate si è passati poi alla costruzione degli archi veri e propri.

In seguito queste strutture hanno trovato molti consensi e popolarità da parte dei progettisti, tanto è vero che il loro massimo impiego si è avuto con l'architettura romana. *L'arco ha la capacità di convogliare gli sforzi lungo il proprio asse a partire dal concio in chiave fino a quello d'imposta* e nel Centro Storico di Carapelle Calvisio la presenza dell'arco è frequente (come da documentazione fotografica a seguire): l'arco è stato utilizzato per realizzare solai interpiano, per le aperture di dimensioni più o meno importanti, per scaricare le forze verticali in fondazione facendo ricadere tale forza nel terzo medio ed in generale è stato utilizzato come presidio antisismico.



Se l'arco è ben disegnato le sezioni sono tutte compresse e non insorgono sforzi di trazione deleteri per la muratura. Tutti questi vantaggi però si pagano con una spinta all'imposta notevole e, se i piedritti non sono ben proporzionati al ribaltamento, si ha il crollo dell'intera struttura e sono presenti alcuni casi di questo tipo nel borgo di Carapelle Calvisio.

In alcuni scritti del XII secolo ritorna spesso l'espressione "*gravitas secundum situm*", per mezzo della quale, quasi certamente, si faceva riferimento alla presunta variazione della forza di gravità a cui è soggetto un concio a seconda della sua posizione nello spazio.

In questo modo viene spiegato anche l'aumento della tendenza a scivolare verso il basso dei blocchi lapidei man mano che si procede dall'imposta verso l'alto, ipotizzando che i conci in chiave pesino in maggior misura. Nelle costruzioni gotiche del medioevo viene approssimato, in maniera intuitiva, l'asse geometrico dell'arco alla curva delle pressioni; ciò renderà stabili sia gli archi che le cupole che sono erette in questo periodo. Si giungerà dunque alla fine del XVII secolo che la statica dell'arco non era affatto definita in termini quantitativi, ma si conoscevano solo alcuni suoi aspetti di carattere qualitativo, per altro fondamentali, quali:

- ☐ Bisognava approssimare in maniera intuitiva la forma dell'arco alla curva delle pressioni; ☐ Bisognava considerare l'effetto spingente dell'arco stesso sui muri o sui piedritti che lo sostenevano;
- ☐ Bisognava determinare lo spessore dei piedritti con una semplice regola empirica (vedi che dà buoni risultati se la luce dell'arco non supera i 4 o 5 metri.



Sia dato un arco qualsiasi e lo si divida in tre parti uguali con centro in D e raggio DC, si descriva una semicirconferenza. Il punto E, intersezione di detta semicirconferenza col diametro, determina lo spessore del piedritto.

Da questa semplice applicazione si può dedurre un'osservazione veramente importante: il dimensionamento dello spessore dell'arco o del piedritto è interpretato dagli ideatori dell'epoca in chiave puramente geometrica, senza fare alcun riferimento né alle caratteristiche dei materiali né alla loro resistenza. Questo sarà un preconconcetto che è alla base di tutte le dissertazioni con cui gli autori dell'epoca si sono confrontati e sarà rimosso solo alla fine del XVIII secolo.

L'eccezione a questo modo di pensare è Leonardo da Vinci, il quale scriveva: *«Arco non è altro che una fortezza causata da due debolezze imperochè l'arco negli edifici è composto di due quarti di circolo, i quali quarti circoli ciascuno debolissimo per sé desidera cadere e oponendosi alla ruina l'uno dell'altro, le due debolezze si convertono in una unica fortezza»*; e ancora: *«l'arco non si romperà, se la corda dell'archi di fori non toccherà l'arco di dentro»*.

Le prime supposizioni mosse sulla statica dell'arco offrono una chiave di lettura destinata a radicarsi per buona parte del XVIII secolo.

Il modello proposto è quello di schematizzare il comportamento dell'arco tramite leve o cunei, non tenendo in considerazione l'attrito. Sarà l'introduzione di questo fattore fisico a migliorare sensibilmente il modello, ma bisognerà attendere la fine del secolo per la definizione delle leggi d'attrito elaborate da Coulomb. Si può quindi risolvere che il modello è stato pensato come un solido pesante e privo d'attrito, suddiviso in vari conci contrapposti l'uno all'altro. Il modello a cunei lisci e privi d'attrito annulla l'iperstaticità dell'arco incastrato alle imposte, se si considera che si conosce la direzione degli sforzi interni che i conci si scambiano mutuamente; infatti ogni sforzo sarà perpendicolare alla direzione del giunto preso in esame. Va notato inoltre che gli studiosi di quel secolo, prendendo in esame solo il peso proprio dell'arco ma non quello derivante da eventuali sovraccarichi, o forze orizzontali, non si erano preoccupati di determinare la sollecitazione reale di una struttura assegnata, ma si erano adoperati soltanto di trovare la forma ottimale dell'arco affinché fossero soddisfatte le ipotesi statiche assunte.

Ciò aveva portato ad un dibattito infuocato sulla geometria più idonea da assegnare ad un arco, o ad una cupola, ed era diventato argomento di studio da parte di illustri

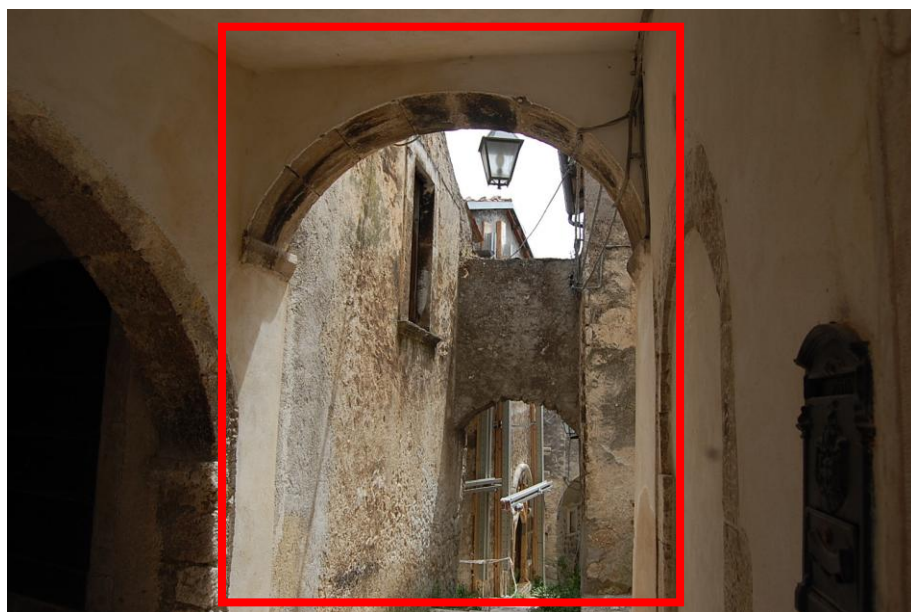
scienziati. L'unico studioso che non aveva perso di vista il problema strutturale e non si era lasciato coinvolgere in queste discussioni puramente teoriche è Coulomb, che con il suo saggio del 1773 riordina i concetti noti sull'argomento in maniera essenziale.

Traccia, altresì, le linee di ricerca che si sarebbero dovute intraprendere, offrendo all'attenzione degli scienziati il concetto fisico dell'attrito. Ciò darà una notevole svolta allo studio dell'arco in muratura in quanto la sua trattazione scientifica, oltre ad obbedire alla verità, è espressa anche con una semplicità di linguaggio ed un'evidenza descrittiva straordinaria, tale da essere accreditato oggi come uno dei maggiori artefici dello sviluppo delle conoscenze statiche dell'arco.

2 - Morfologia ed antiche tecniche costruttive

Gli archi e le volte in muratura caratterizzano non solo gli edifici "speciali", cioè le chiese ed i palazzi, dotati di ampie sale assembleari, ma anche gli edifici ordinari, costituenti il tessuto dei centri storici e che si presentano spesso in forma di "aggregati".

Negli edifici in muratura, come nel caso del centro storico di Carapelle Calvisio, ci sono molti più "archi" di quanto la percezione ottica di forme curve lasci immaginare. Nei fabbricati di più antica costruzione, e specialmente ai piani bassi, ove lo spessore dei muri è maggiore, sono frequenti ambienti con copertura a volta.



Si tratta della tipologia strutturale denominata “prima classe”. Le tipologie di volte più diffuse sono le cilindriche semplici (a botte) ovvero composte (a padiglione o a crociera) e quelle a doppia curvatura (di traslazione o rotazione).

Ulteriori varianti sono le volte a botte con testate a padiglione e le volte a schifo, che si configurano come volte a padiglione con una zona centrale piana.

L'orizzontalità del piano di calpestio era ottenuta mediante riempimento con materiale leggero (pomice, lapillo, piccoli vasi di terracotta).



Una trattazione a parte meritano le volte delle scale, realizzate ad esempio con voltine a botte rampanti ovvero con semivoltine a sbalzo dai muri di gabbia, come si approfondirà più avanti.

La cultura tecnica correlata al disegno di queste forme ed alle tecniche costruttive impiegate per realizzarle, nelle quali l'apparecchiatura, cioè la disposizione dei conci, assume un ruolo notevole, è ormai lontana dalla formazione degli attuali operatori tecnici; eppure un minimo di conoscenza di questa cultura è necessaria per esaminarle oggi con metodi e linguaggio moderno. In qualche caso il terreno derivante dallo scavo delle fondazioni, generalmente a tela cioè tali da riprodurre l'impronta della scatola muraria, veniva utilizzato come centina per il primo impalcato a volte; successivamente il terreno veniva rimosso dando luogo ai locali della cantina. Opportunamente si procedeva a tale operazione quando erano già state realizzate le murature dei piani superiori in maniera da equilibrare meglio le spinte delle volte.

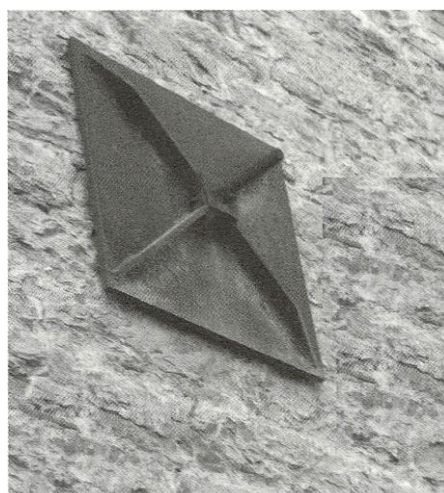


Gli archi, con la loro forma e le tecniche costruttive, costituiscono possibili irrigidimenti delle superfici voltate (con linguaggio strutturale moderno li denomineremo timpani) sia che costituiscano la perimetrazione superiore delle aperture, mediante archi-piattabande, ovvero archi di scarico ad intradosso piano

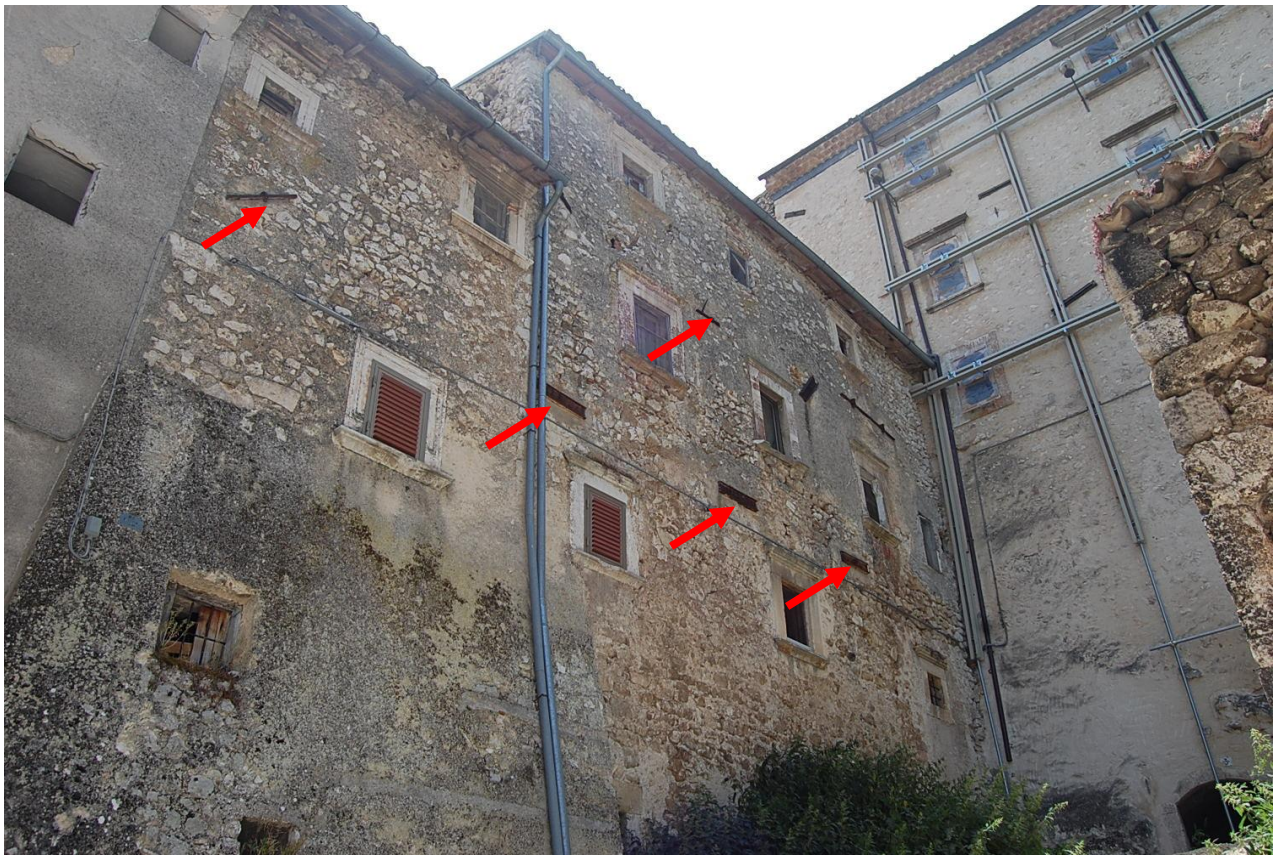
etc. . Il concetto di *arco di scarico* ci consente di parlare quindi di archi anche in assenza di esplicite forme curve. È il caso dei possibili archi che si formano nel piano orizzontale, nello spessore dei muri verticali per riportare le azioni orizzontali spingenti alle pareti trasversali. Sia per le volte che per gli archi è importante conoscere il dettaglio costruttivo che costituisca l'imposta dell'arco al muro di gabbia. L'arco può compenetrarsi nello spessore del muro richiedendo apparecchiature complesse e delicate ma può impostarsi anche su appositi speroni ad invito creati privilegiando la continuità del muro verticale. Uno degli elementi di maggiore incertezza nell'analisi di tali strutture, infatti, è costituito dal punto di applicazione delle spinte.



Un elemento complementare ma spesso determinante di tali strutture è costituito dalle catene metalliche, presidio antico ed efficace per l'eliminazione o la mitigazione delle spinte, oggi oggetto di rinnovata attenzione in tema di miglioramento sismico.



Diversi sono stati nelle epoche storiche i materiali metallici impiegati, le tecniche costruttive per la loro messa in tensione e specialmente per l'ancoraggio ai muri (teste di chiavi); spesso sia la catena che il suo ancoraggio non sono visibili rendendo apparentemente incomprensibile il buon comportamento sismico di alcuni edifici cimentati dal sisma.





3 - Analisi di archi e volte per carichi verticali :

metodo speditivo per la valutazione delle spinte.

Con riferimento alla condizione non sismica, ove i carichi gravitazionali assumono particolare rilievo, può essere utile una valutazione speditiva delle spinte delle principali tipologie di volte. Grazie alla struttura cellulare dell'edificio ordinario è evidente come nella parte centrale dell'edificio ci sia un sostanziale bilanciamento delle spinte delle volte di copertura di ambienti contigui .

L'attenzione va rivolta quindi ai vani perimetrali e d'angolo e l'approccio, nella sua semplicità, può essere utile per individuare ma anche valutare possibili meccanismi locali dei cantonali o delle pareti perimetrali fuori dal proprio piano. Si utilizza lo schema isostatico di arco a tre cerniere che fornisce, per carico uniformemente distribuito p , il valore della spinta:

$$H = pl / 8f$$

La configurazione isostatica massimizza la spinta (rispetto ad esempio all'arco a due cerniere o incastrato) che cresce col quadrato della luce ed è inversamente

proporzionale alla freccia. Possono essere utili anche la seguente variante della con riferimento alla condizione di carico costituita da un carico concentrato (ad. es. un muro “in falso” al livello superiore) a distanza x dall’appoggio più vicino.

$$H = Px / 2f$$

Questo semplice modello richiama alla mente la suggestiva definizione di arco data da Leonardo da Vinci: una fortezza costituita da due debolezze.

Con queste espressioni è possibile interpretare l’azione spingente delle principali geometrie di volte. Si precisa che poiché nella formulazione si fa riferimento ad un carico uniformemente distribuito sarà necessario considerare l’intero peso della volta ripartito sugli archi con i quali essa si schematizza.

Volte a botte

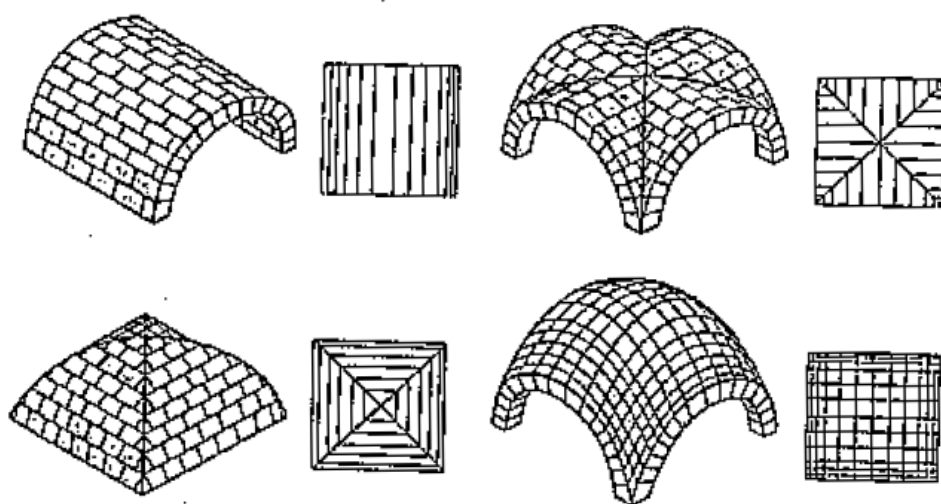
Com’è noto è costituita da una superficie cilindrica ottenuta dalla traslazione di una direttrice curva su generatrici rettilinee; viene generalmente adottata per la copertura di vani rettangolari e, se questi sono particolarmente allungati, la volta viene interrotta da un arco irrigidente o timpano intermedio. Nella volta a botte possono individuarsi sia archi trasversali, che spingono in direzione normale ai muri di perimetro paralleli alle generatrici, sia (e questo secondo “modo” viene spesso trascurato) come due archi longitudinali disposti complessivamente lungo le diagonali geometriche del rettangolo, che concentrano le spinte, orientate secondo le diagonali, nei cantonali. L’applicazione della con riferimento alla geometria trasversale o longitudinale fornisce con immediatezza valori approssimati delle spinte. L’intero carico gravitazionale si ripartisce tra i due possibili schemi in misura difficilmente valutabile ma sicuramente legata alla deformabilità dei muri di gabbia. L’apertura di grossi vani (sia essa originaria o successiva) lungo i muri paralleli alle generatrici determina ad esempio un disimpegno degli archi trasversali a favore di quelli longitudinali). Il modello di funzionamento può quindi adattarsi alle mutate condizioni al contorno, non senza manifestare tale adeguamento con filature o lesioni.

Volte a padiglione

Sono composte da quattro spicchi di volte cilindriche con le generatrici parallele ai muri di gabbia, generalmente su pianta quadrata. Anche in questo caso è possibile pensare ad un funzionamento trasversale dei singoli spicchi con conseguente distribuzione della spinta ortogonale ai muri di perimetro ovvero all'attivazione di archi longitudinali nei singoli quarti che determinano un'azione spingente concentrata nei cantonali ed orientata secondo le diagonali; in questo caso è lecito considerare la volta nel suo complesso come due archi diagonali con freccia pari alla monta complessiva della volta. L'esistenza o l'apertura successiva di vani lungo i muri di perimetro danno preminenza al secondo modello.

Volte a crociera

Sono anch'esse composte da quattro spicchi di volte cilindriche ma con le direttrici lungo i muri di gabbia. In questo caso è evidente il funzionamento riconducibile a due archi diagonali. Le volte a crociera sono frequentemente adottate nei chiostri degli edifici e, poggiando sul lato esterno su esili pilastri, richiedono l'adozione di catene proprio per l'assorbimento delle spinte.



Volte a doppia curvatura

Le volte a doppia curvatura possono essere sia di *traslazione* che di *rotazione*. Nel primo caso la superficie è ottenuta dalla traslazione di una curva su di un'altra (generalmente entrambe sono archi di cerchio) e coprono ambienti di forma sia quadrata che rettangolare. La seconda è invece ottenuta dalla rotazione di una curva

intorno ad un asse verticale ed è utilizzata prevalentemente per coprire locali di forma quadrata; in questo caso si configura come una porzione di superficie sferica tagliata da quattro piani verticali ortogonali tra loro. Nelle volte a doppia curvatura la superficie assume maggiore pendenza nei vertici determinando zone denominate suggestivamente *unghie* o *pennacchi*. Sia nel caso di volte di traslazione che di volte di rotazione, sempre su pianta quadrata o rettangolare, è possibile schematicamente schematizzare la volta come due archi diagonali le cui spinte si concentrano quindi nei cantonali.

Archi

Ovviamente le formule citate possono essere impiegate per la determinazione della spinta degli archi ma generalmente, nel caso di archi importanti per l'assetto strutturale della fabbrica si preferisce ricorrere ad analisi più accurate. Tale necessità invece non si sente per valutare l'azione spingente degli archi che sovrastano le aperture delle pareti. Queste possono essere sagomate ad arco ma, più frequentemente, archi – piattabande ovvero archi di scarico (*sordini*) inseriti nella fascia muraria sovrastante il vano.

Bibliografia di riferimento

“Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica” di Pietro Lenza e Aurelio Ghersi

“Edifici in muratura Progettazione degli interventi post-sisma” di A.Lemme, A.Martinelli, S.Podestà