



Comune di Ovindoli



Comune di Rocca di Mezzo



Comune di Rocca di Cambio



Comune di Lucoli

Area Omogenea n.9

# Piani di Ricostruzione

ex art. 14, com. 5 bis, legge 77/2009

## RTS 2 RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA MAPPATURA INDICI DI DANNO E INDIVIDUAZIONE VULNERABILITA' RICORRENTI COMUNE DI LUCOLI

DIPARTIMENTO  
DI ARCHITETTURA E PROGETTO



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Attività di supporto ai Responsabili Unici del  
Procedimento per la Redazione dei Piani di  
Ricostruzione

## RESPONSABILE SCIENTIFICO

**Lucina Caravaggi** DIAP Sapienza Università di Roma

## COORDINATORE SCIENTIFICO

**Susanna Menichini** DIAP Sapienza Università di Roma

## URBANISTICA E ARCHITETTURA

**Cristina Imbroglini** *Progetto urbanistico e valutazioni ambientali ,*  
DATA Sapienza Università di Roma

con

**Elena Cupisti**  
**Grazia di Giovanni**  
**Valentina Marino**  
**Massimiliano Paolini**  
**Leonardo Pompili**  
**Marco Vigliotti** *Rilievi , interpretazioni ed elaborazioni informatizzate relative a contesti urbani, spazi aperti ret, e sottoservizi, strumentazione urbanistica e stato di attuazione, effetti del sisma sui centri urbani, costruzione del Sistema Informativo Territoriale dei piani di Ricostruzione,*  
assegn. DIAP Sapienza Università di Roma

**Ludovica Buzzelli** *Indagini ed elaborazioni grafiche per la verifica di assoggettabilità dei Piani a valutazione ambientale strategica,*  
assegn. DIAP Sapienza Università di Roma

**Emanuela Carratoni,**  
**Fabio Cipriano** *Rilievi e profili altimetrici da foto interpretazione,*  
collab. DIAP Sapienza Università di Roma

**Orazio Carpenzano** *Progetti di riqualificazione degli spazi pubblici nei centri storici,*  
DIAP Sapienza Università di Roma

con

**Fabio Balducci**  
**Armando Iacovantuono**  
**Alessandro Pirisi**  
**Valentina Sales**  
**Vincenzo Sammito** *Indagini , interpretazioni ed elaborazioni relative a spazi pubblici significativi, temi dominanti, interventi di progetto e sintesi grafiche,*  
collab. DIAP Sapienza Università di Roma

**Valentina Azzone** *Organizzazione, quadro tecnico economico,*  
collab. DIAP Sapienza Università di Roma

**Maurizio Alecci** *Responsabile Centro Progetti,*  
DIAP Sapienza Università di Roma

## NORMATIVA

**Alfredo Fioritto** *Architettura normativa e impostazione delle NTA,*  
Facoltà di Giurisprudenza, Università di Pisa

con

**Rossana Corrado** *Sviluppo delle NTA e iter attuativo,*  
collab. DIAP Sapienza Università di Roma

## STRUTTURE, GEOLOGIA, GEOTECNICA SISMICA

|   |  |
|---|--|
| <b>Luigi Sorrentino</b>   | <i>Coordinamento,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Luis D. Decanini<br/>Fabrizio Mollaioli<br/>Monica Pasca</b>   | <i>Catalogo sismico locale, pericolosità sismica, indagini di sismicità storica;<br/>Percorsi e spazi sicuri; Norme Tecniche di Attuazione,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Augusto Desideri<br/>Giuseppe Lanzo<br/>Enzo Fontanella</b>  | <i>Dissesti; Pericolosità connessa ad eventi franosi e fenomeni erosivi;<br/>Pendenze; Microzone omogenee in prospettiva sismica e indagini,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>  |
| <b>Domenico Liberatore<br/>Patrizia Trovalusci</b>  | <i>Aggregati edilizi di intervento; Consorzi e proposte di intervento;<br/>Accessi e cavalcavia; Elementi costruttivi; Categorie di Intervento;<br/>Criteri per le priorità di intervento,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>  |
| <b>Renato Masiani<br/>Laura Liberatore</b>  | <i>Agibilità, danno e vulnerabilità; Demolizioni e messa in sicurezza;<br/>Categorie di intervento,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Giorgio Monti<br/>Marc'Antonio Liotta</b>  | <i>Unità edilizie; Categorie di Intervento; Percorsi e spazi sicuri;<br/>Norme Tecniche di Attuazione; Danneggiamenti in occasione<br/>dei terremoti storici; Edifici vincolati e potenzialmente di pregio,<br/>DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>con<br/>Giuseppe Scalora</b>   | <i>Unità edilizie (definizione); Tipi edilizi (definizione);<br/>Categorie d Intervento (definizione); Percorsi e spazi sicuri (definizione);<br/>Norme Tecniche di Attuazione (definizione),<br/>collab. DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Fabio Fumagalli</b>  | <i>Aggregati edilizi di intervento (definizione); Criteri e priorità di intervento<br/>(definizione); Norme Tecniche di Attuazione (aspetti strutturali),<br/>assegn. DISG Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Beatrice Vivio</b>   | <i>Evoluzione dei centri storici; Danneggiamenti in occasione dei terremoti;<br/>Edifici vincolati e potenzialmente di pregio (comuni di Rocca di Mezzo,<br/>Rocca di Cambio, Lucoli),<br/>assegn. DISG Sapienza Università di Roma</i>  |
| <b>Maria Vitiello</b>   | <i>Evoluzione dei centri storici; Danneggiamenti in occasione dei terremoti;<br/>Edifici vincolati e potenzialmente di pregio (comune di Ovindoli ),<br/>assegn. DSDRA Sapienza Università di Roma</i>   |
| <b>Mattia Marini</b>  | <i>Dissesti; Pericolosità connessa ad eventi franosi e fenomeni erosivi;<br/>Pendenze; Microzone omogenee in prospettiva sismica e indagini,<br/>assegn. DISG Sapienza Università di Roma</i>  |
| <b>Chiara Andreotti<br/>Annachiara Bertino<br/>Pietro Paviglianiti<br/>Elisabetta Raglione<br/>Laura Ronchetti<br/>Italia Vinciguerra</b> | <i>Perimetrazioni e ambiti del Piano di Ricostruzione; Aggregati edilizi di<br/>intervento; Consorzi e proposte di intervento; Unità edilizie; Tipi edilizi;<br/>Accessi e cavalcavia; Elementi costruttivi; Agibilità, danno e vulnerabilità;<br/>Demolizioni e messa in sicurezza; Categorie di Intervento, Edifici<br/>potenzialmente di pregio; Percorsi e spazi sicuri;<br/>Criteri per le priorità di intervento,<br/>assegn. e collab. DISG Sapienza Università di Roma</i> |
| <b>Alessandra Marotta</b>   | <i>Catalogo sismico locale, pericolosità sismica, indagini di sismicità storica;<br/>Percorsi e spazi sicuri (definizione); Norme Tecniche di Attuazione;<br/>Elementi per il Quadro Tecnico Economico<br/>collab. DISG Sapienza Università di Roma</i>  |

## **RIQUALIFICAZIONE URBANA E RIPIANIFICAZIONE TERRITORIALE**

|                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| <b>Raffaele Panella</b>    | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Piero Ostilio Rossi</b> | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Roberto Secchi</b>      | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Benedetto Todaro</b>    | DIAP Sapienza Università di Roma |
|                            |                                  |
| <b>Alessandra Capuano</b>  | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Stefano Catucci</b>     | DIAP Sapienza Università di Roma |
|                            |                                  |
| <b>Rosalba Belibani</b>    | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Laura Berardi</b>       | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Andrea Bruschi</b>      | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Alessandra Criconia</b> | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Mara Memo</b>           | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Manuela Raitano</b>     | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Luca Reale</b>          | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Guendalina Salimei</b>  | DIAP Sapienza Università di Roma |
| <b>Fabrizio Toppetti</b>   | DIAP Sapienza Università di Roma |





## Relazione Tecnico-Scientifica 2

### Mappatura classi di danno e individuazione di vulnerabilità ricorrenti di Lucoli

#### INDICE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | INTRODUZIONE. ESITI DI AGIBILITÀ E INDICI DI DANNO .....                          | 2  |
| 1.1    | Mappatura classi di danno .....   | 3  |
| 1.2    | Vulnerabilità ricorrenti.....   | 31 |
| 1.2.1  | Meccanismi di tessitura .....   | 45 |
| 1.2.2  | Meccanismi di primo modo (fuori del piano).....                                   | 45 |
| 1.2.3  | Meccanismi di secondo modo (nel piano) .....                                      | 48 |
| 1.2.4  | Danni alle strutture orizzontali.....   | 49 |
| 1.2.5  | Vulnerabilità indotte da corpi svettanti e da corpi aggiunti.....                 | 53 |
| 1.2.6  | Vulnerabilità indotte da unità edilizie abbandonate in aggregato.....             | 55 |
| 1.2.7  | Danni ad elementi non strutturali.....  | 55 |
| 1.2.8  | Edifici con nicchie e cavità.....   | 58 |
| 1.2.9  | Vulnerabilità indotte da presidi di rinforzo premoderni.....                      | 59 |
| 1.2.10 | Danni a edifici consolidati con elementi strutturali di calcestruzzo armato ..... | 61 |
|        | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....   | 63 |

## 1 INTRODUZIONE.

### ESITI DI AGIBILITÀ E INDICI DI DANNO

La mappatura del danno è premessa indispensabile da un lato per la definizione della categoria di intervento da attribuire ad ogni Unità Edilizia (UE), dall'altro per la stima previsionale e parametrica dei costi della ricostruzione.

Le mappe degli esiti di agibilità consegnate dai comuni sono state revisionate, controllando ogni qualvolta possibile la corrispondenza fra schede di agibilità e mappa. Purtroppo talvolta le schede di agibilità non erano nella disponibilità del Comune, essendo talvolta sostituite da resoconti sintetici. Questi ultimi non sempre sono associati al fabbricato, attraverso la particella catastale o l'indirizzo, quanto piuttosto attraverso la persona delegata dalla proprietà ad accompagnare i tecnici. In ogni caso gli scostamenti fra schede e mappe sono stati riscontrati in casi molto limitati.

Gli esiti di agibilità sono stati riferiti non più all'unità immobiliare o alla particella catastale ma all'UE. Questa operazione non va a incidere sul diritto al contributo da parte dei singoli proprietari, quanto piuttosto a una corretta individuazione della categoria di intervento per ciascuna UE, individuazione che non può prescindere dal danneggiamento. È pertanto evidente che una porzione di UE inagibile, rende inagibile l'intera UE porta a escludere interventi di manutenzione e orienta a una categoria più incisiva, quale la Riqualficazione, il Restauro Critico-Conservativo o la Ristrutturazione Edilizia. D'altro canto si è posto talvolta il caso di una UE di cui una parte dichiarata agibile (esito A) e un'altra priva di esito. A favore di sicurezza si è considerata priva di esito l'intera UE, anche se nella stima economica l'intera UE è stata assimilata ad avere esito A.

Per ciascun nucleo storico è stato quindi possibile determinare il numero di UE ricadenti in ciascuna classe di agibilità, nonché il numero di quelle non rilevate.

Nell'ambito dell'operazione di mappatura, sono state acquisite tutte le schede disponibili degli edifici aventi esito di inagibilità (E). Di esse non tutte erano compilate in tutte le sezioni. Quando la sezione 4 (Danni ad elementi strutturali) era stata redatta, si è proceduto al calcolo di un indice globale di danno, ottenuto come media pesata sull'estensione del dissesto (Tabella 1) e sull'elemento edilizio interessato (Tabella 2), in maniera da poter distinguere all'interno della classe degli edifici inagibili diverse gradazioni di danneggiamento. L'attribuzione di questi pesi è naturalmente una scelta compiuta dal gruppo di lavoro, nella quale si è tuttavia tenuto conto, oltre che del giudizio esperto affinato nel corso di centinaia di sopralluoghi di agibilità compiuti nell'intero Cratere sin dai primi giorni dell'emergenza, anche di dati di letteratura (Baggio et al. 2000). È evidente che tale operazione risente del fattore umano, associato alla compilazione delle schede di agibilità da tecnici diversi. Tuttavia tale dipendenza è la stessa accettata per l'attribuzione del giudizio di agibilità. È quindi stata ritenuta tollerabile anche in questa occasione.

Dal prodotto fra numero di UE inagibili e indice di danno medio delle UE aventi esito E è stato ottenuto un indice di danneggiamento medio del nucleo storico, interno al perimetro del piano di ricostruzione. Tale indice consente un confronto fra i diversi nuclei storici di ciascun comune dell'area omogenea della neve, confronto particolarmente significativo nel caso di Lucoli.

Tabella 1. Pesi associati all'estensione del danneggiamento.

| Livello Danno | Gravissimo |       |       | Medio |       |       | Lieve |       |       |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Estensione    | 1.000      | 0.660 | 0.330 | 0.500 | 0.250 | 0.083 | 0.330 | 0.165 | 0.054 |
| Peso          | 1          | 0.5   | 0.165 | 1     | 0.5   | 0.165 | 1     | 0.5   | 0.165 |

Tabella 2. Pesi associati agli elementi edilizi.

|                     | Peso |
|---------------------|------|
| Strutture verticali | 0.50 |
| Solai               | 0.20 |
| Scale               | 0.10 |
| Copertura           | 0.10 |
| Tramezzi            | 0.05 |
| Preesistente        | 0.05 |

### 1.1 Mappatura classi di danno

Gli effetti del sisma del 2009 sono evidenti in tutte le frazioni di Lucoli (Figura 1- Figura 14), in particolare a Colle, Prata, Francolisco, Lucoli Alto, Peschiolo e Collimento. Dalla mappa, quasi tutto il centro storico di Colle, che si estende su corso Visconti, risulta inagibile. Nella frazione di Prata numerosi edifici lungo via Cicisbei e via di S.Gregorio sono stati dichiarati E. A Francolisco numerosi edifici inagibili sono situati lungo la via della Marinanza e soprattutto negli isolati compresi tra via degli Studenti e via Santa Croce. A Lucoli Alto i danni più evidenti sono riscontrabili attraversando la via principale Valloncello; in particolare, gli edifici identificati come E sono negli isolati posti lungo questo percorso e via delle Stalle, tra via della Madonna Infante e Vico Valloncello, nonché nella parte più bassa al termine dell'asse principale, che qui assume il nome di via Lunga e via Pie' di Case. A Collimento la maggiore parte degli edifici con esito E è riscontrabile nel tessuto compreso tra via delle Ricce e via Ariana, tra largo Properzi e via Cianfrini, nonché nella parte più bassa tra largo Properzi, Vico Trivento e largo Mocchi.

Secondo quanto illustrato nell'introduzione, per ciascun nucleo storico di Lucoli è stato determinato il numero di UE ricadenti in ciascuna classe di agibilità (Tabella 3-Tabella 4), nonché l'indice di danneggiamento medio del nucleo storico (Tabella 5).

Gli indici globali di danneggiamento delle UE classificate inagibili (E) sono rappresentati da Figura 15 a Figura 27.

Tabella 3. Lucoli. Esiti di agibilità: totali.

| Frazioni       | A* (non rilevato) | A  | B  | C | D | E   | F | Totale |
|----------------|-------------------|----|----|---|---|-----|---|--------|
| Beata Cristina | 1                 | 1  | 1  | 0 | 0 | 4   | 0 | 7      |
| Casamaina      | 1                 | 23 | 1  | 1 | 0 | 36  | 0 | 62     |
| Casavecchia    | 17                | 32 | 8  | 3 | 0 | 35  | 0 | 95     |
| Colle          | 2                 | 15 | 10 | 2 | 0 | 115 | 3 | 147    |
| Collimento     | 43                | 29 | 9  | 5 | 0 | 88  | 1 | 175    |
| Francolisco    | 29                | 12 | 3  | 0 | 0 | 29  | 0 | 73     |
| Lucoli Alto    | 23                | 14 | 8  | 1 | 4 | 64  | 5 | 119    |
| Peschiolo      | 22                | 17 | 9  | 0 | 0 | 31  | 0 | 79     |
| Piaggia        | 3                 | 20 | 6  | 1 | 0 | 15  | 0 | 45     |
| Prata          | 3                 | 8  | 3  | 0 | 0 | 33  | 0 | 47     |
| Santa Croce    | 42                | 16 | 3  | 9 | 0 | 38  | 0 | 108    |
| Sant'Andrea    | 5                 | 12 | 0  | 2 | 0 | 5   | 0 | 24     |
| San Menna      | 15                | 5  | 5  | 0 | 0 | 2   | 0 | 27     |
| Spogna         | 11                | 12 | 2  | 1 | 0 | 13  | 0 | 39     |
| Spognetta      | 2                 | 3  | 0  | 1 | 0 | 5   | 0 | 11     |
| Vado Lucoli    | 3                 | 8  | 5  | 0 | 0 | 7   | 0 | 23     |

Tabella 4. Lucoli. Esiti di agibilità: percentuali.

| Frazioni       | A* (non rilevato) | A    | B    | C   | D   | E    | F   |
|----------------|-------------------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Beata Cristina | 14.3              | 14.3 | 14.3 | 0.0 | 0.0 | 57.1 | 0.0 |
| Casamaina      | 1.6               | 37.1 | 1.6  | 1.6 | 0.0 | 58.1 | 0.0 |
| Casavecchia    | 17.9              | 33.7 | 8.4  | 3.2 | 0.0 | 36.8 | 0.0 |
| Colle          | 1.4               | 10.2 | 6.8  | 1.4 | 0.0 | 78.2 | 2.0 |
| Collimento     | 24.6              | 16.6 | 5.1  | 2.9 | 0.0 | 50.3 | 0.6 |
| Francolisco    | 39.7              | 16.4 | 4.1  | 0.0 | 0.0 | 39.7 | 0.0 |
| Lucoli Alto    | 19.3              | 11.8 | 6.7  | 0.8 | 3.4 | 53.8 | 4.2 |
| Peschiolo      | 27.8              | 21.5 | 11.4 | 0.0 | 0.0 | 39.2 | 0.0 |
| Piaggia        | 6.7               | 44.4 | 13.3 | 2.2 | 0.0 | 33.3 | 0.0 |
| Prata          | 6.4               | 17.0 | 6.4  | 0.0 | 0.0 | 70.2 | 0.0 |
| Santa Croce    | 38.9              | 14.8 | 2.8  | 8.3 | 0.0 | 35.2 | 0.0 |
| Sant'Andrea    | 20.8              | 50.0 | 0.0  | 8.3 | 0.0 | 20.8 | 0.0 |
| San Menna      | 55.6              | 18.5 | 18.5 | 0.0 | 0.0 | 7.4  | 0.0 |
| Spogna         | 28.2              | 30.8 | 5.1  | 2.6 | 0.0 | 33.3 | 0.0 |
| Spognetta      | 18.2              | 27.3 | 0.0  | 9.1 | 0.0 | 45.5 | 0.0 |
| Vado Lucoli    | 13.0              | 34.8 | 21.7 | 0.0 | 0.0 | 30.4 | 0.0 |

Tabella 5. Indice di danno globale di ciascun nucleo storico.

| Nucleo storico | Indice di danno |
|----------------|-----------------|
| Beata Cristina | -               |
| Casamaina      | 0.23            |
| Casavecchia    | 0.12            |
| Colle          | 0.37            |
| Collimento     | 0.11            |
| Francolisco    | 0.13            |
| Lucoli Alto    | 0.11            |
| Peschiolo      | 0.16            |
| Piaggia        | 0.11            |
| Prata          | 0.32            |
| Santa Croce    | 0.10            |
| Sant'Andrea    | 0.03            |
| San Menna      | 0.01            |
| Spogna         | 0.08            |
| Spognetta      | 0.08            |
| Vado Lucoli    | 0.07            |



Figura 1. Casamaina, mappa degli esiti di agibilità.



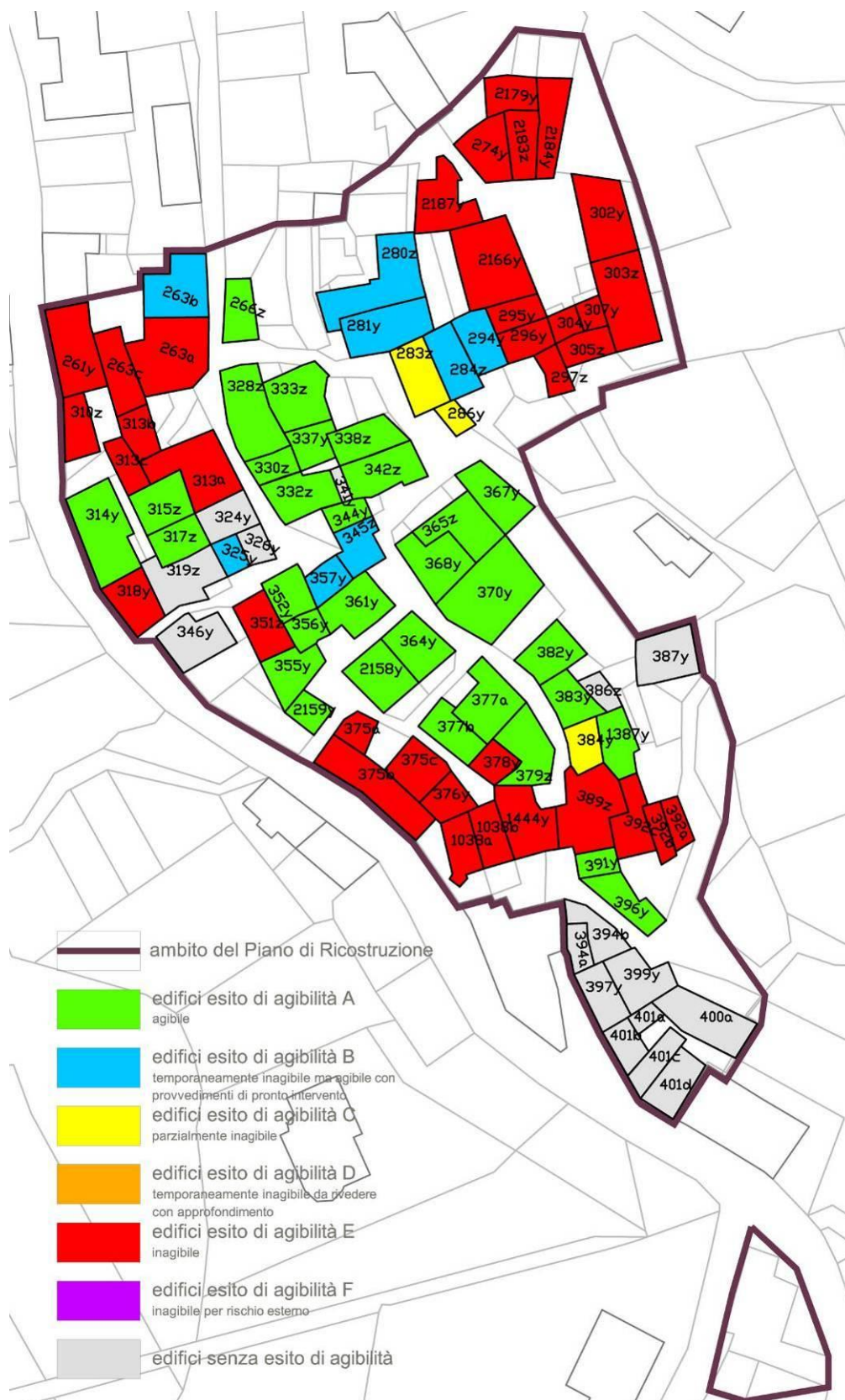


Figura 2. Casavecchia, mappa degli esiti di agibilità.

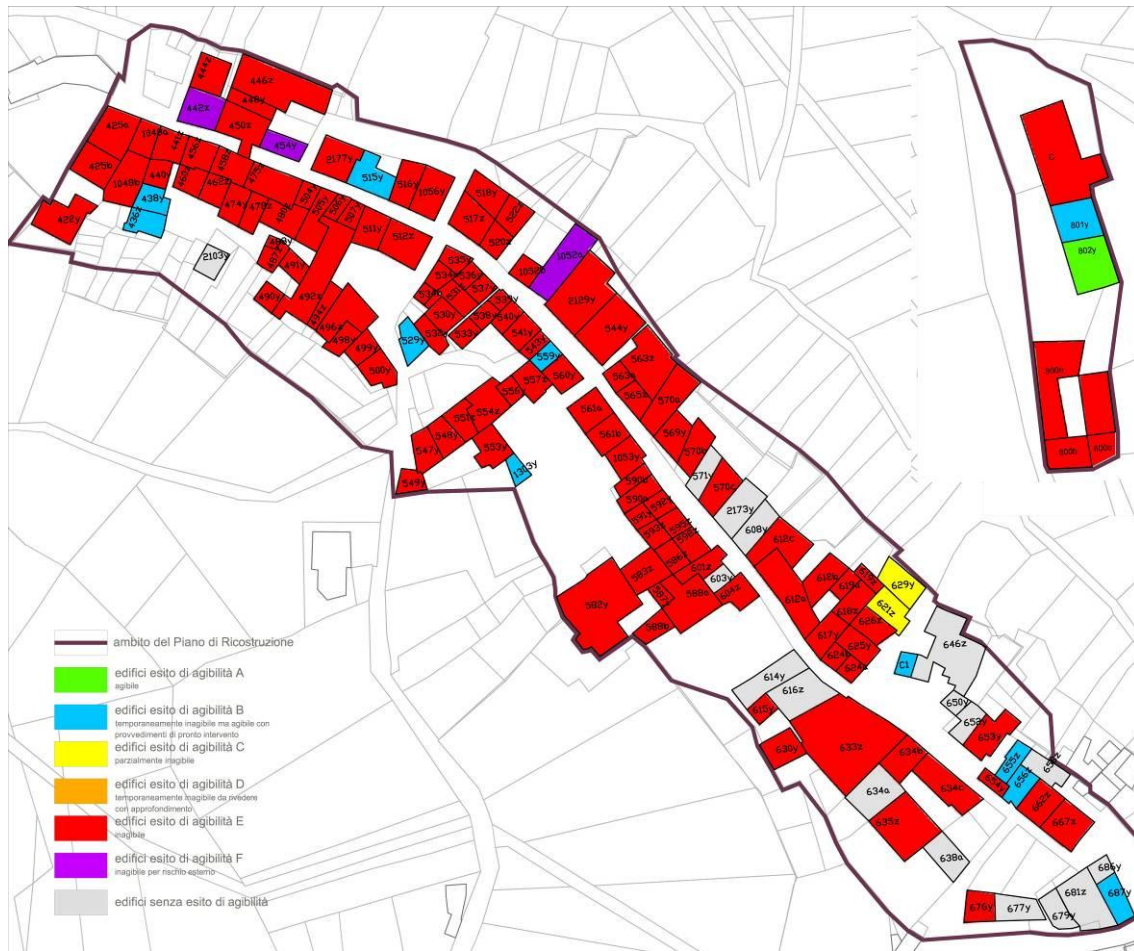


Figura 3. Colle e Beata Cristina, mappa degli esiti di agibilità.

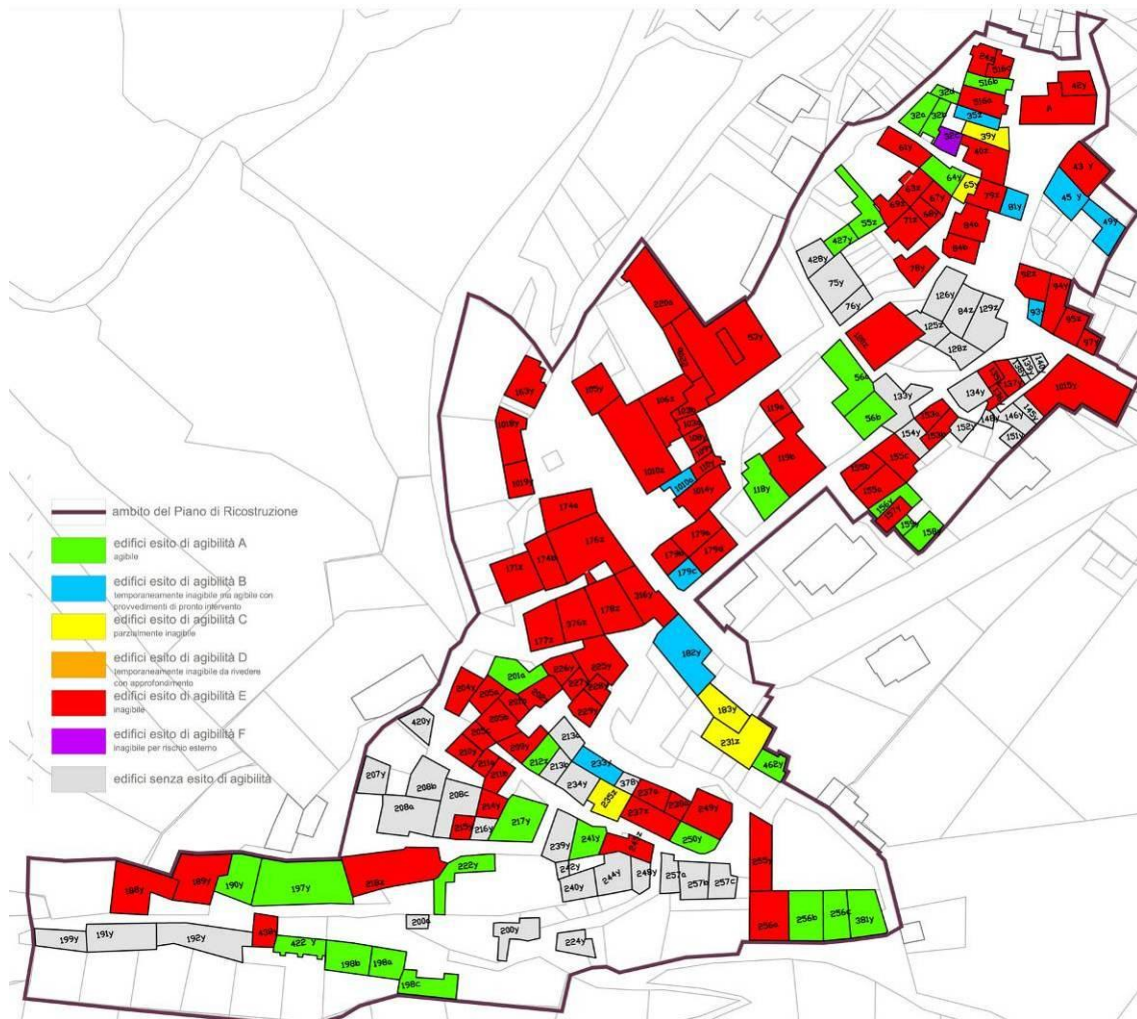


Figura 4. Collimonto, mappa degli esiti di agibilità.



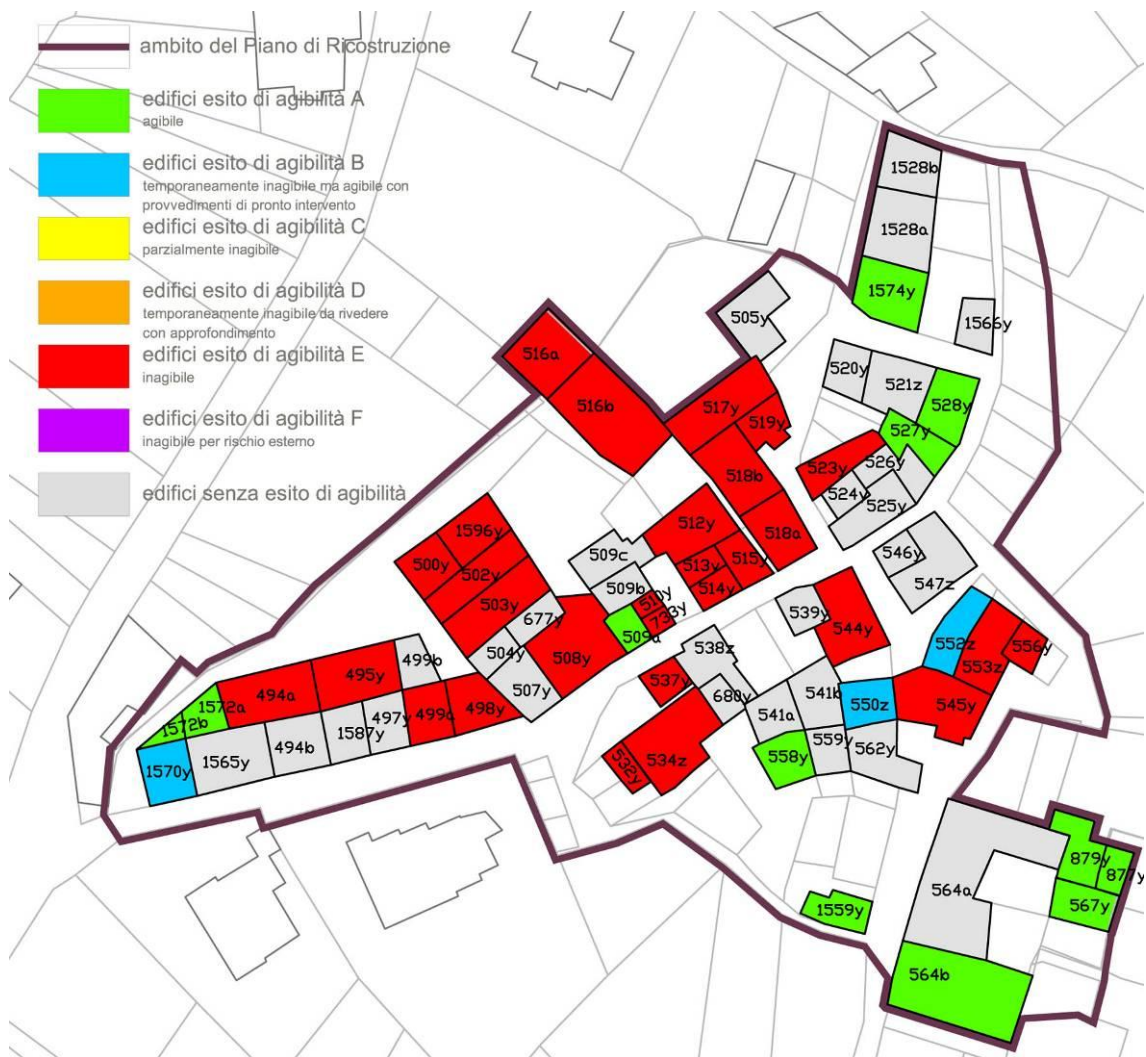


Figura 5. Francolisco, mappa degli esiti di agibilità.



Figura 6. Lucoli Alto, mappa degli esiti di agibilità.

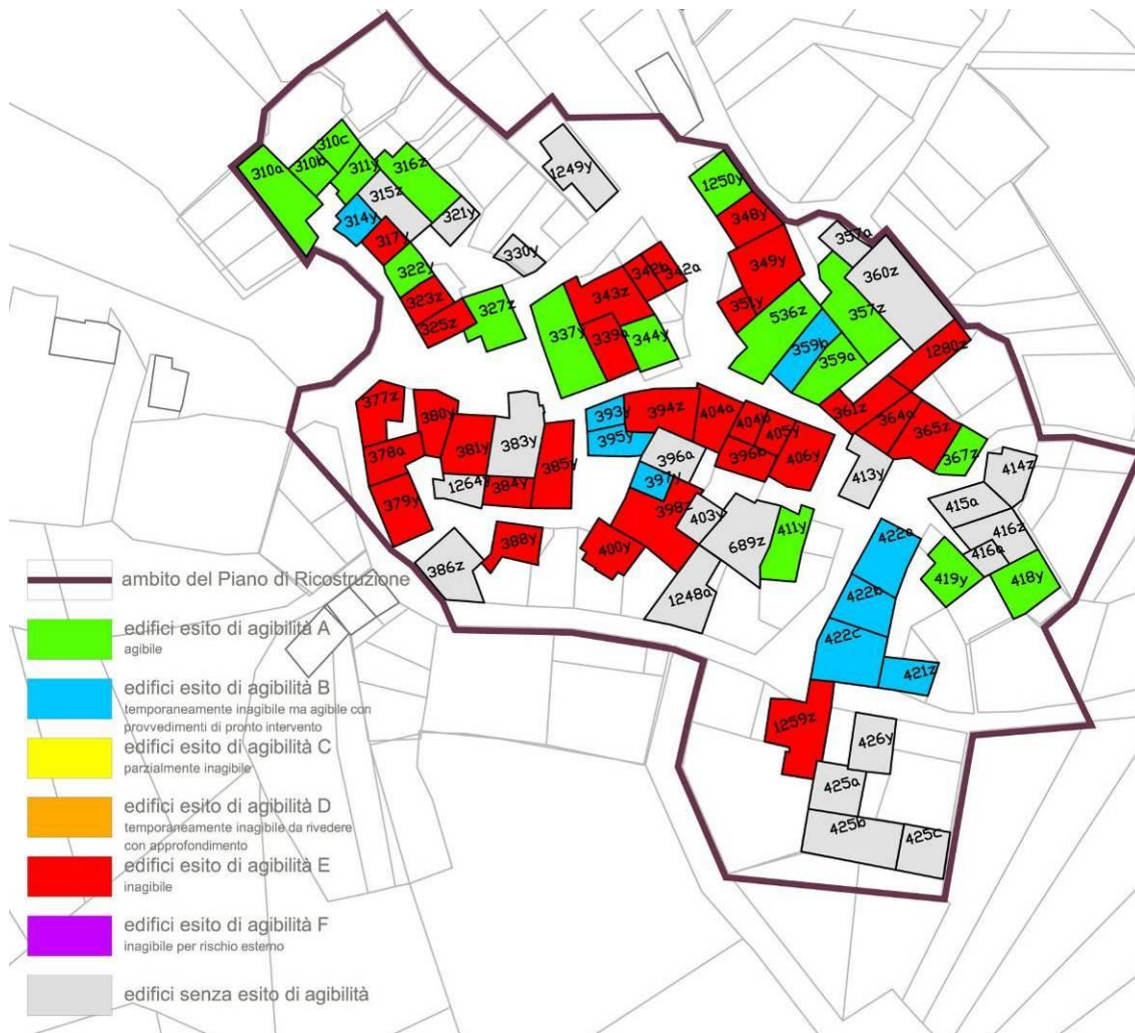


Figura 7. Peschiolo, mappa degli esiti di agibilità.



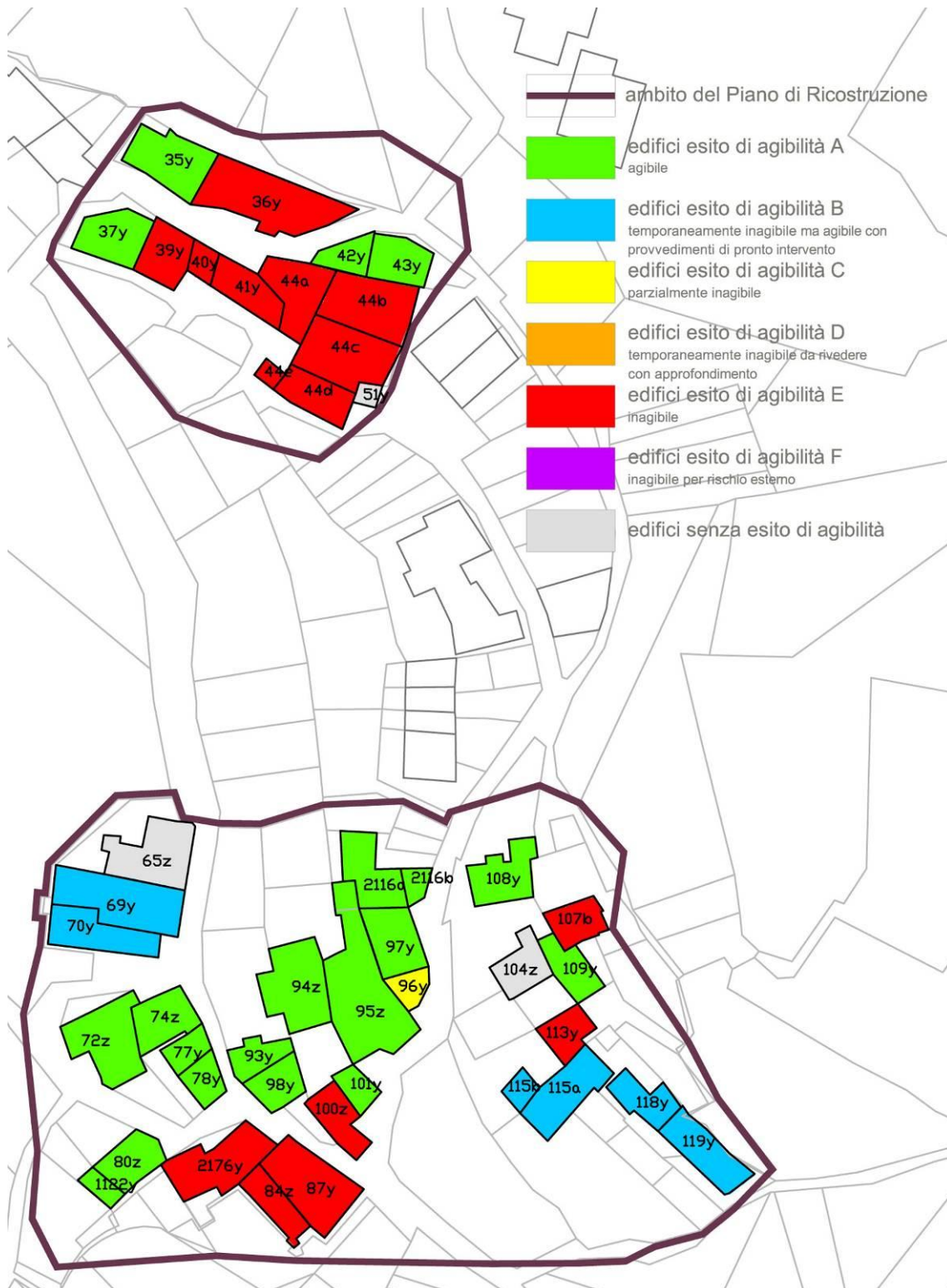


Figura 8. Piaggia, mappa degli esiti di agibilità.

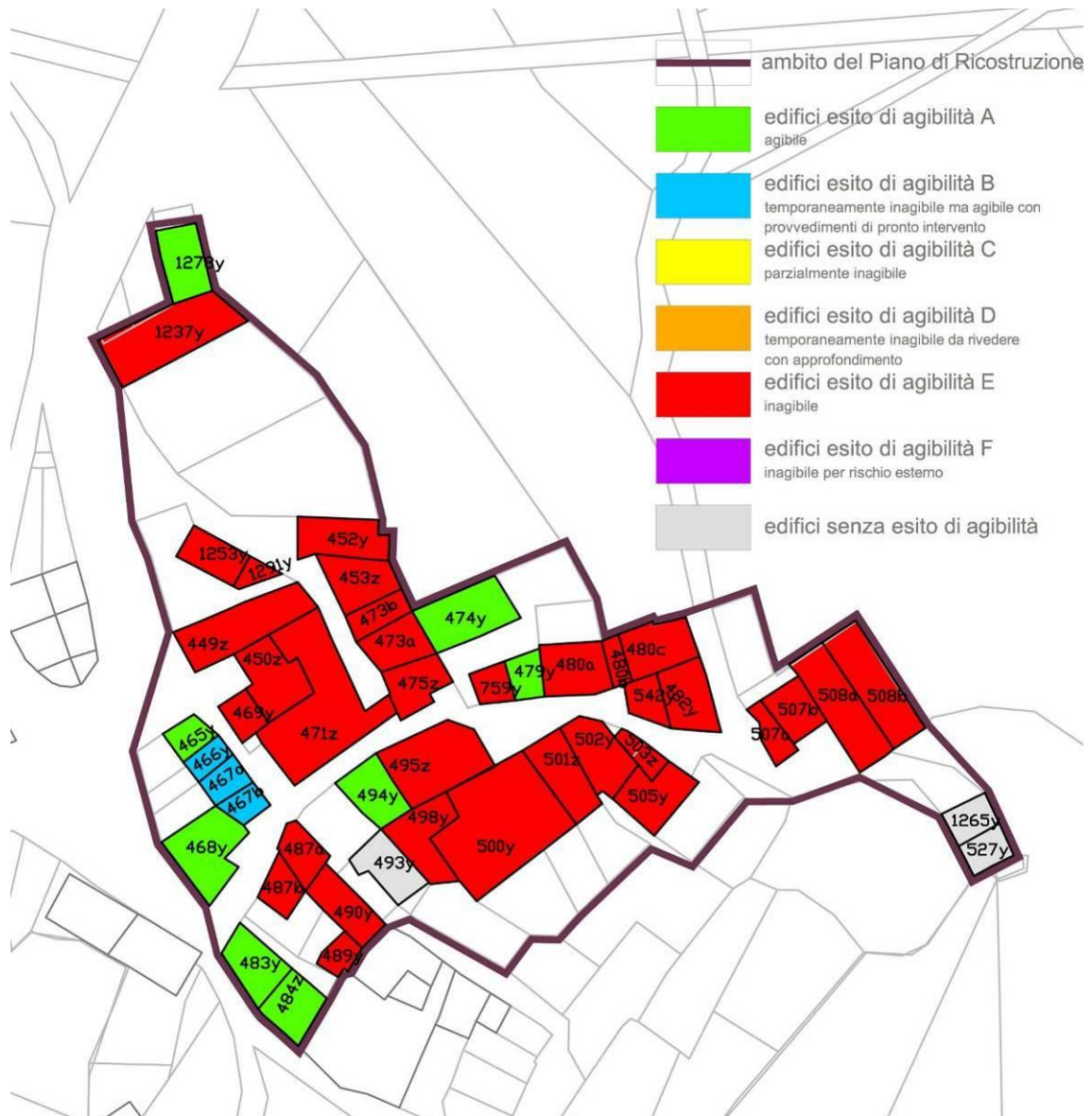


Figura 9. Prata, mappa degli esiti di agibilità.



Figura 10. Santa Croce, mappa degli esiti di agibilità.





Figura 11. Sant'andrea, mappa degli esiti di agibilità.



Figura 12. San Menna, mappa degli esiti di agibilità.





Figura 13. Spogna e Spognetta, mappa degli esiti di agibilità.

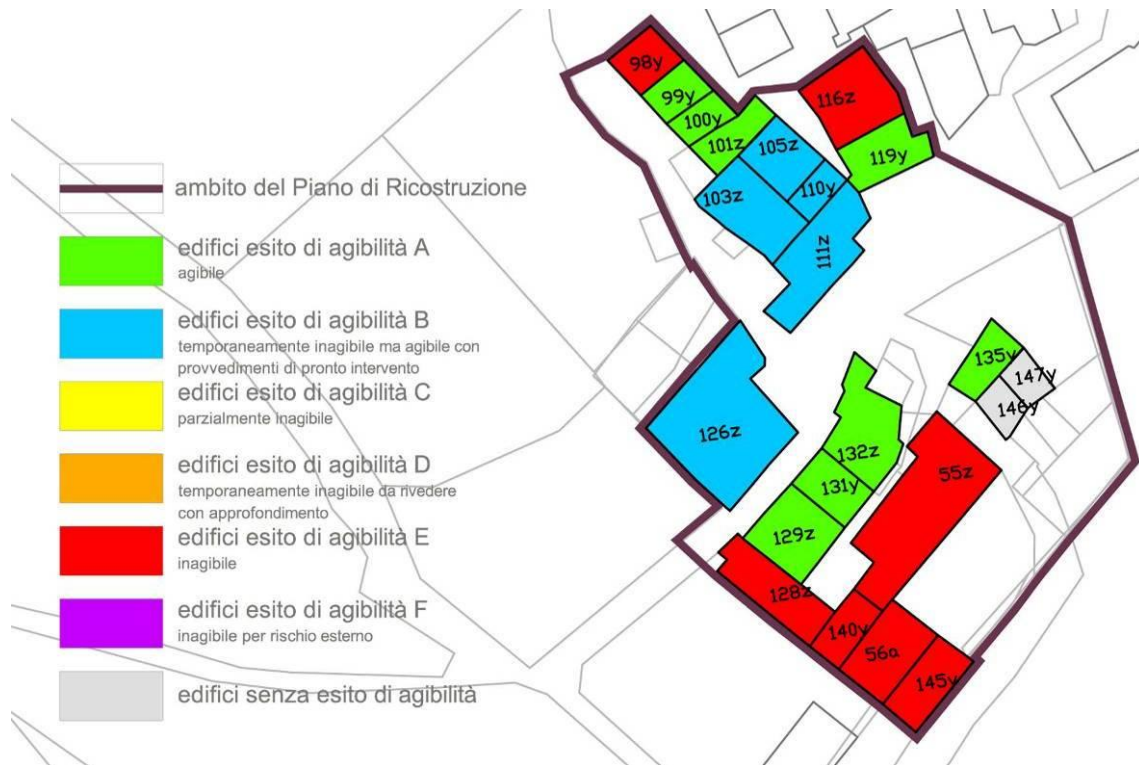


Figura 14. Vado Lucoli, mappa degli esiti di agibilità.

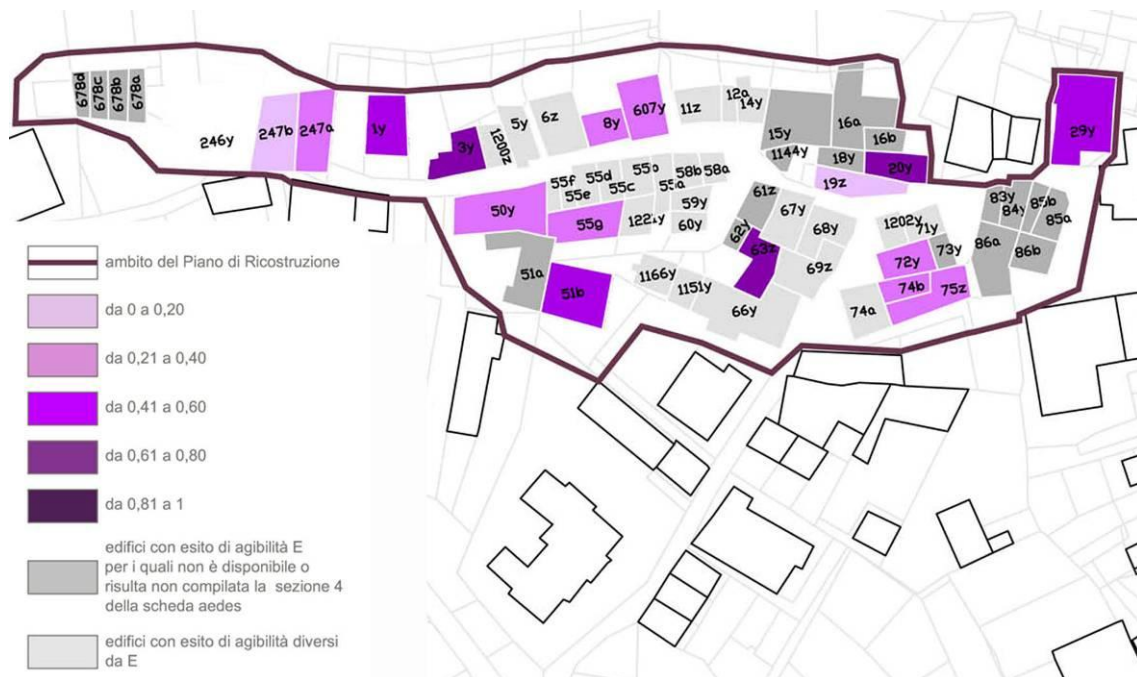


Figura 15. Casamaina, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E)

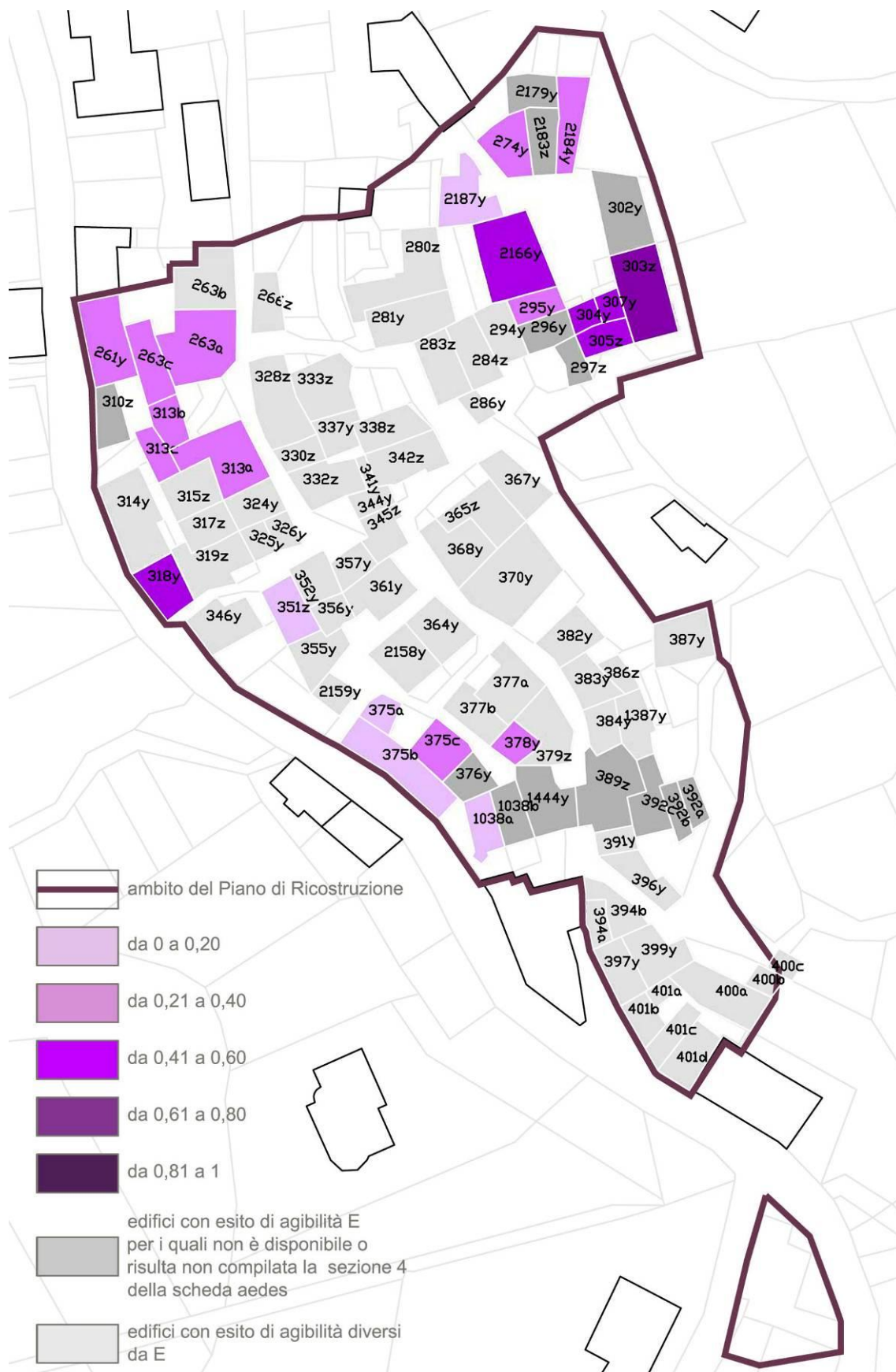


Figura 16. Casavecchia, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).





Figura 17. Colle, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

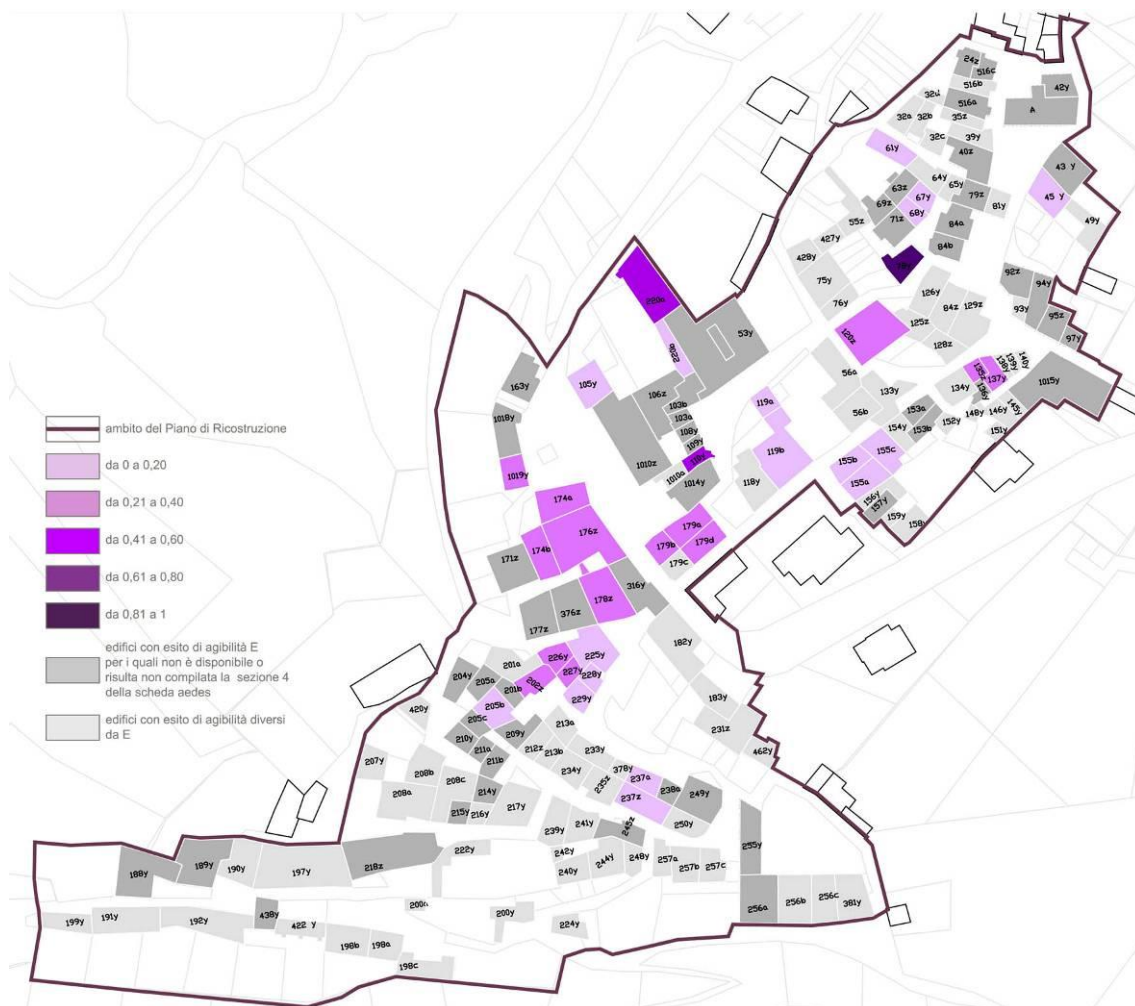


Figura 18. Collimento, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

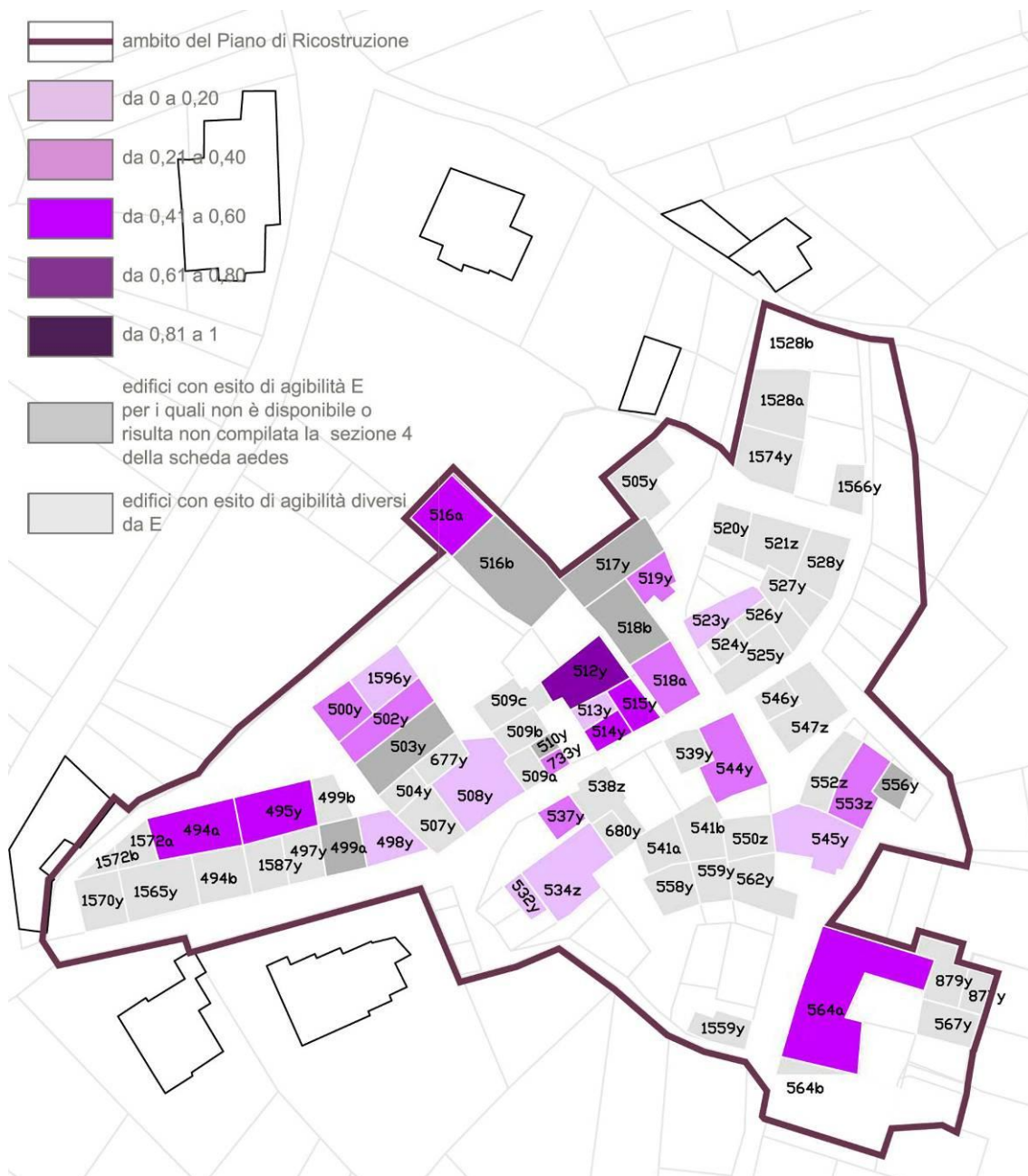


Figura 19. Francolisco, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).



Figura 20. Lucoli Alto, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).



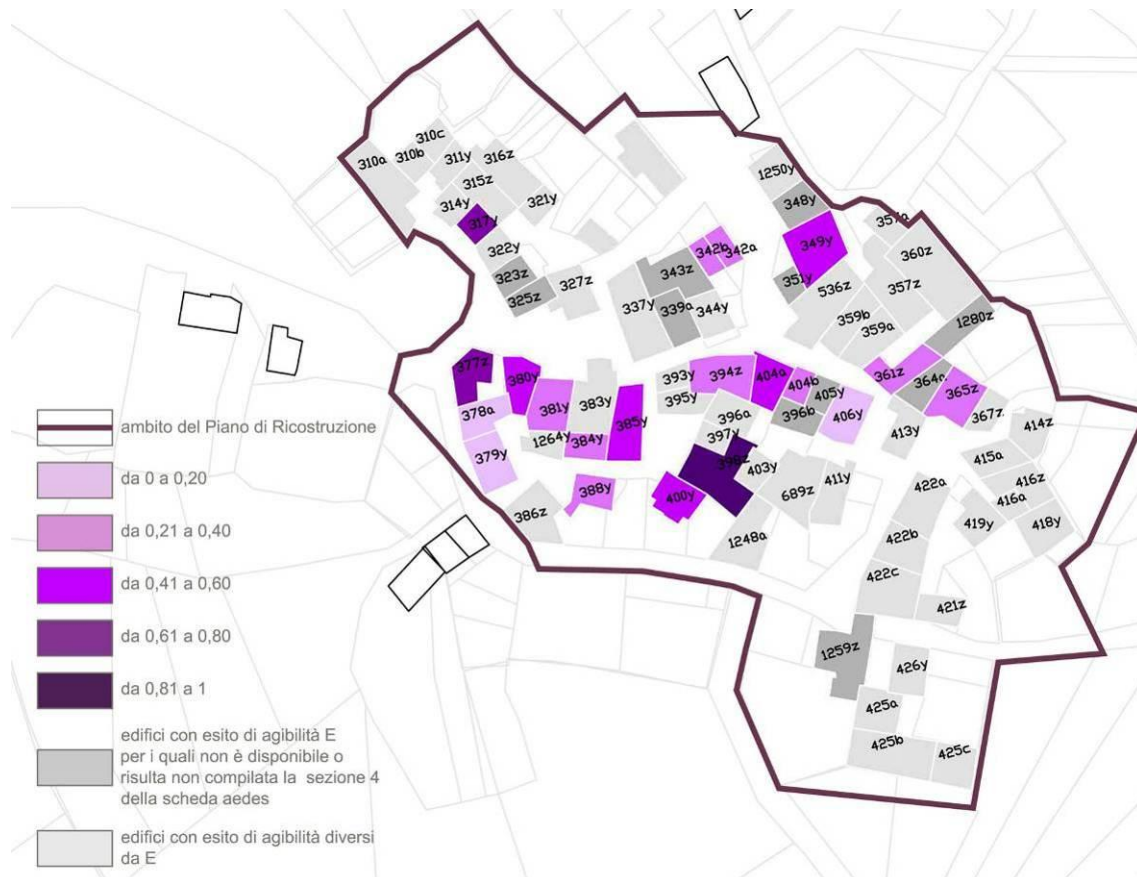


Figura 21. Peschiolo, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

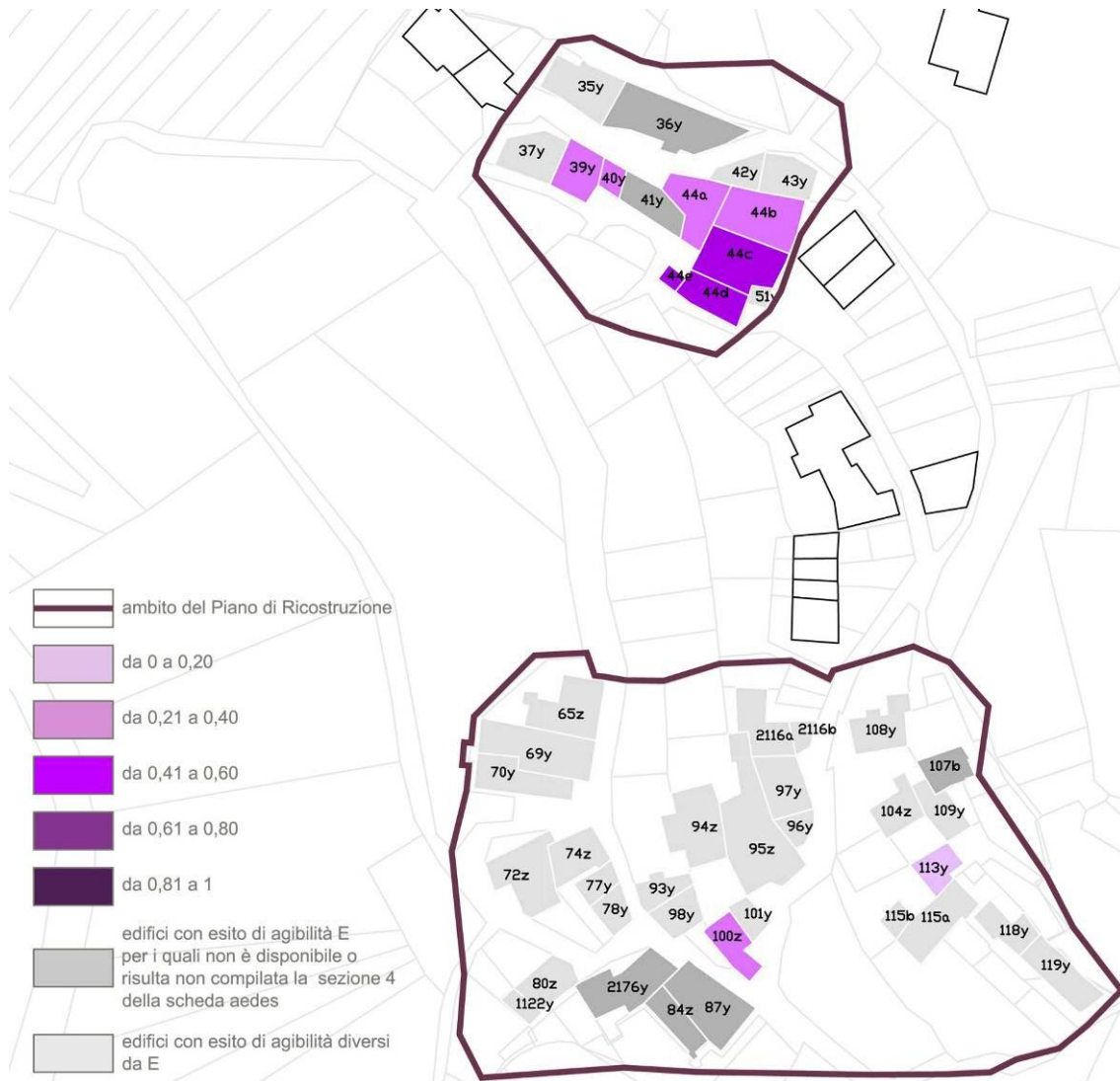


Figura 22. Piaggia, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

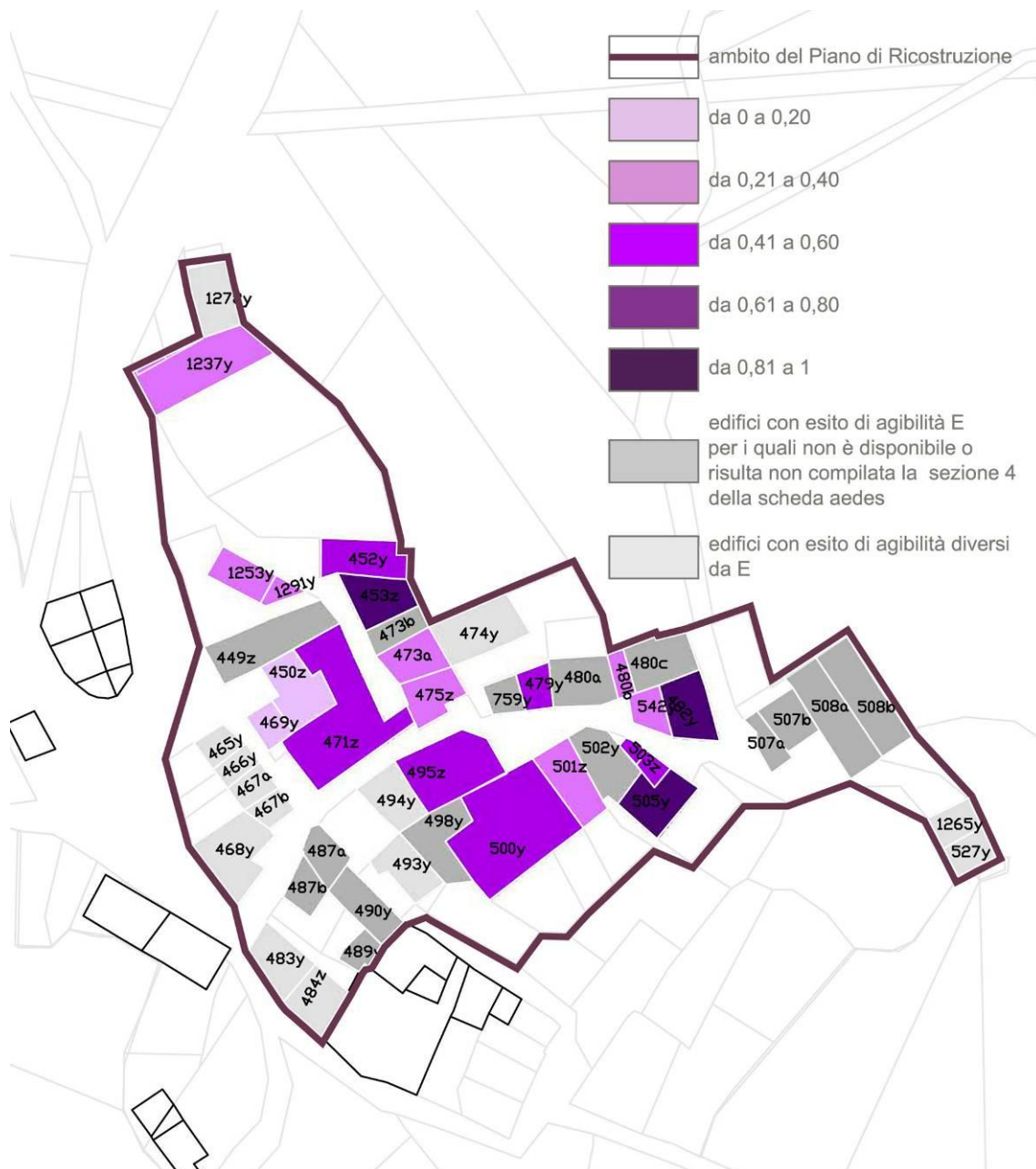


Figura 23. Prata, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).



Figura 24. Santa Croce, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).



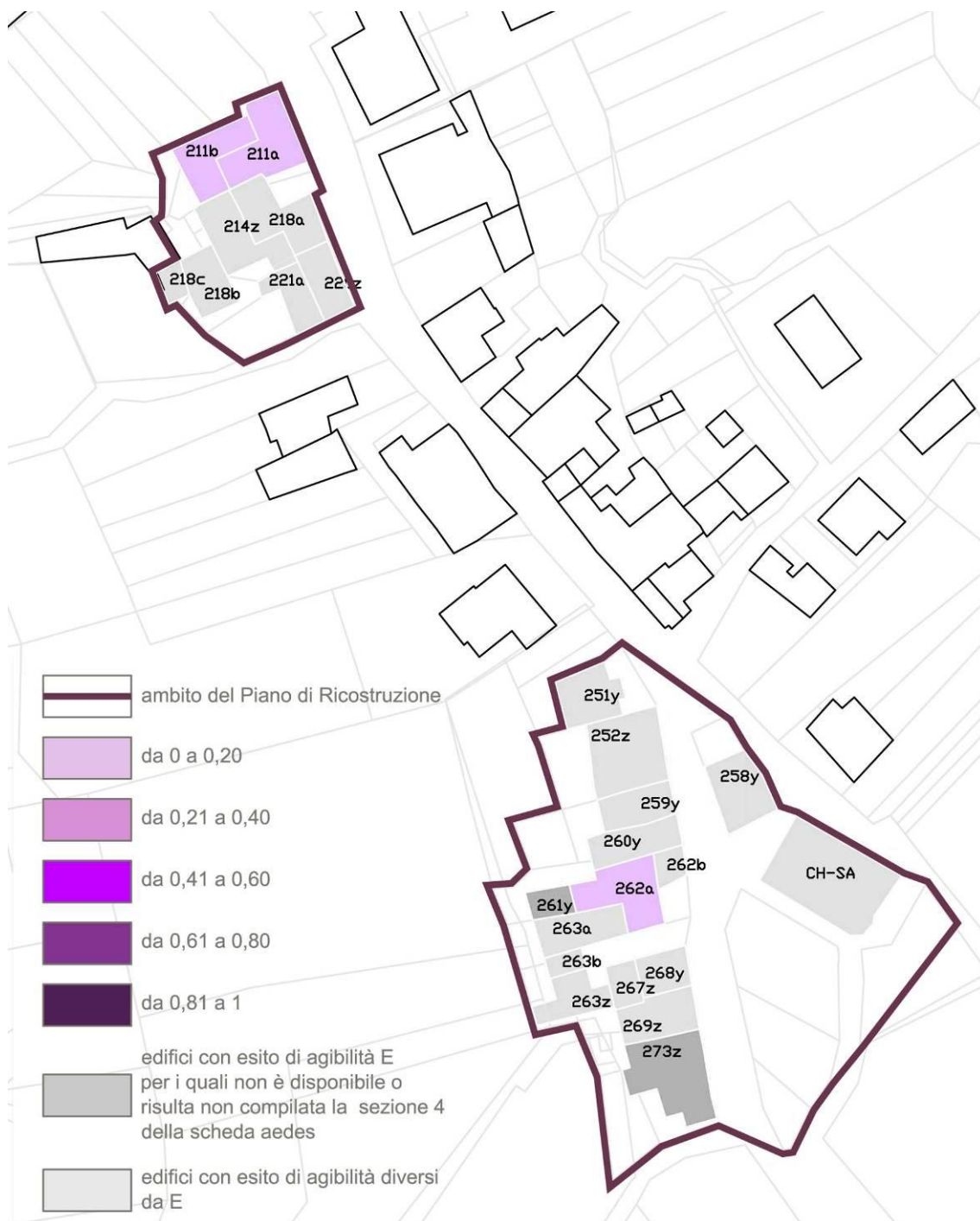


Figura 25. Sant'Andrea, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).



Figura 26. Spogna e Spognetta, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

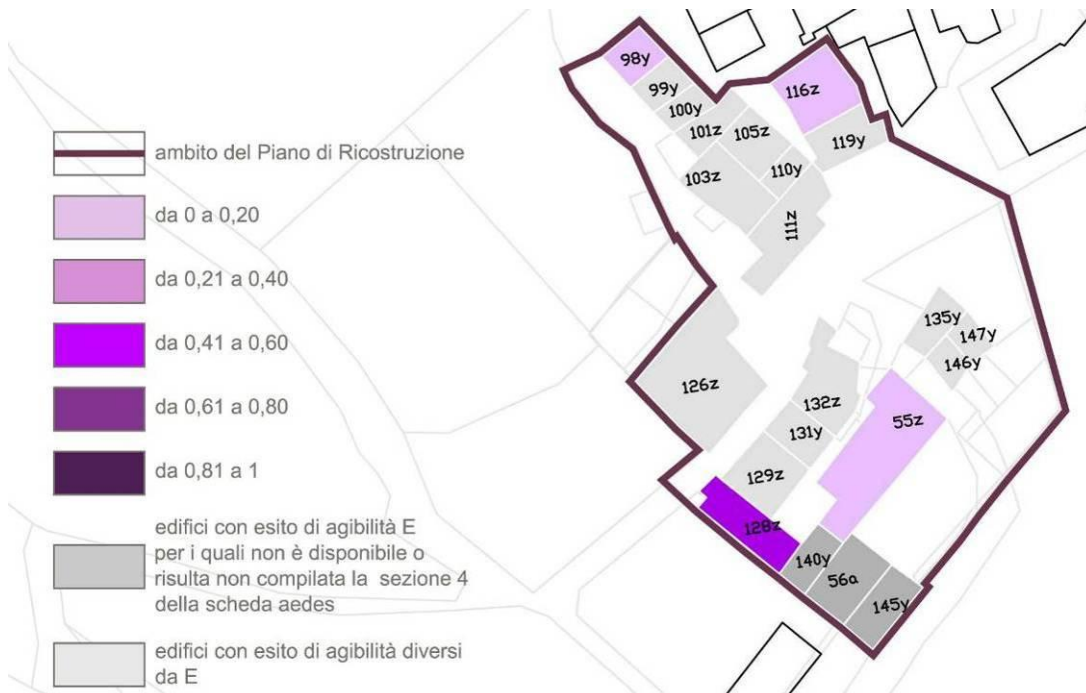


Figura 27. Vado Lucoli, mappa dell'indice globale di danno per le UE inagibili (E).

## 1.2 Vulnerabilità ricorrenti

Le osservazioni compiute sistematicamente dall'esterno e a campione all'interno di alcuni edifici hanno consentito di riconoscere vulnerabilità ricorrenti nei tessuti storici di Lucoli.

Adottando una modalità di rappresentazione in parte ripresa da Carocci et al. (2010), alcuni motivi di vulnerabilità e danneggiamento sono sintetizzati nelle mappe di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli riportate da Figura 28 a Figura 41. Un esame più sistematico è condotto nei paragrafi che seguono.



Figura 28. Casamaina mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.



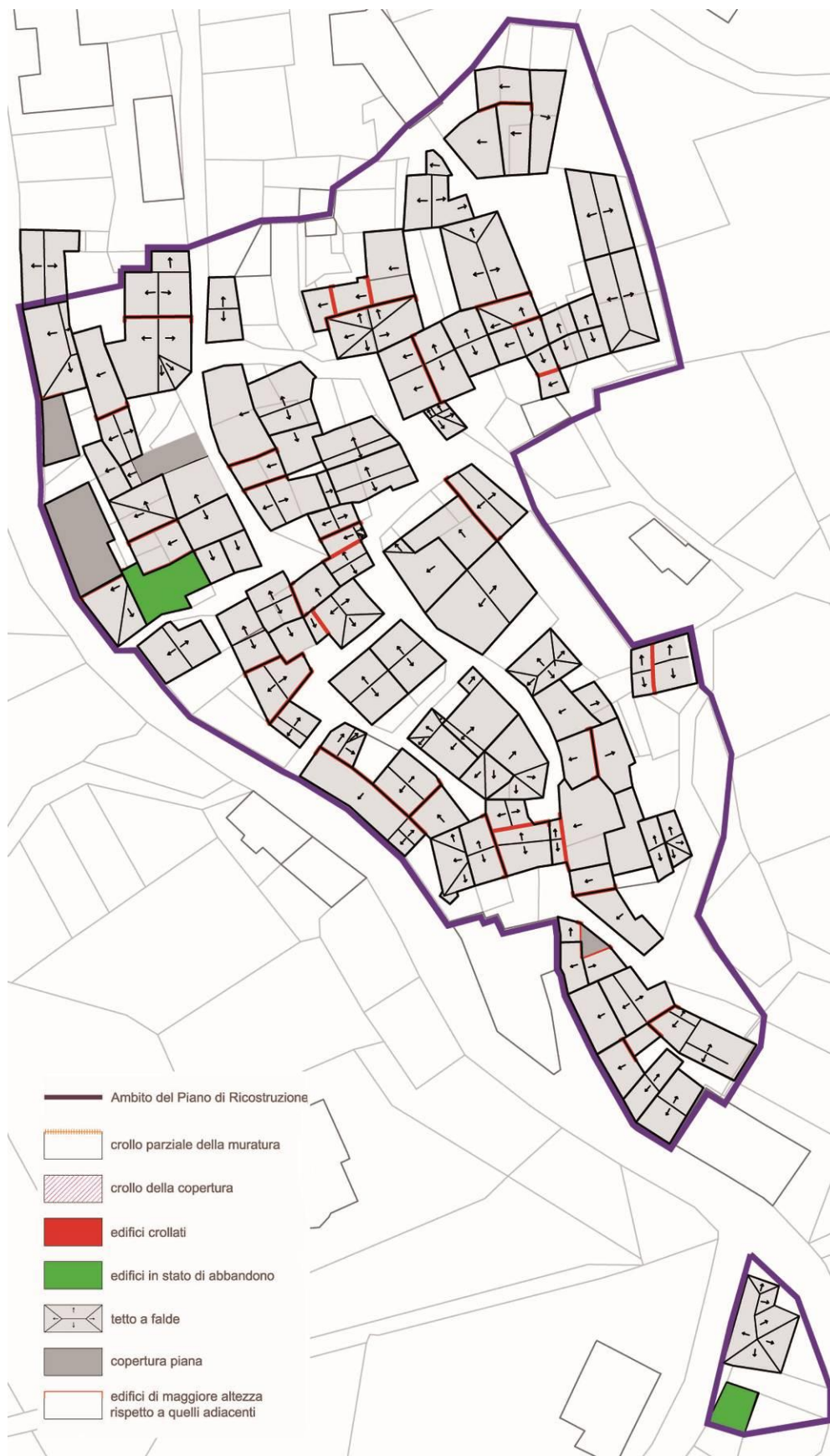


Figura 29. Casavecchia, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.





Figura 30. Colle e Beata Cristina, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.

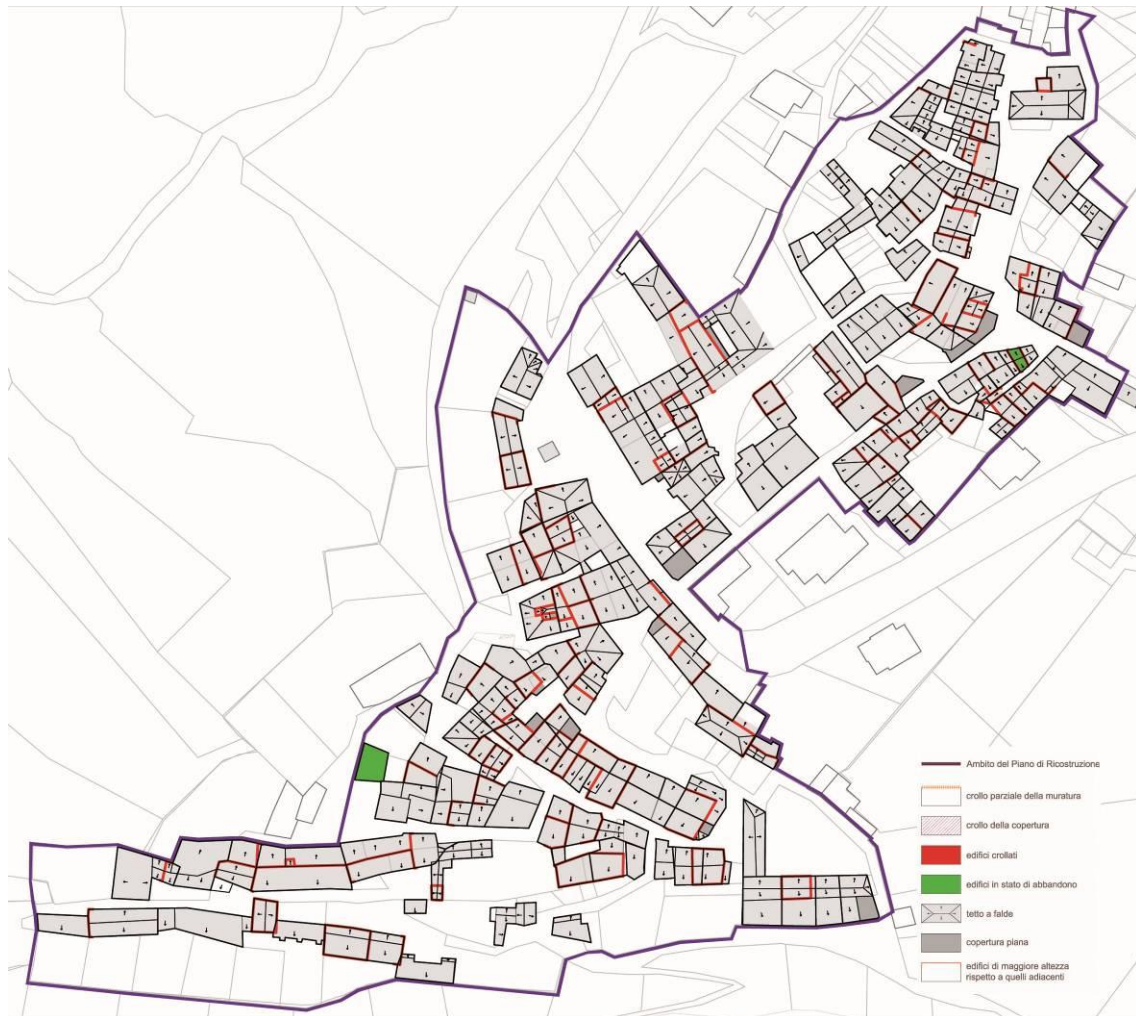


Figura 31. Collimento, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.



Figura 32. Francolisco, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.





Figura 33. Lucoli Alto, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.

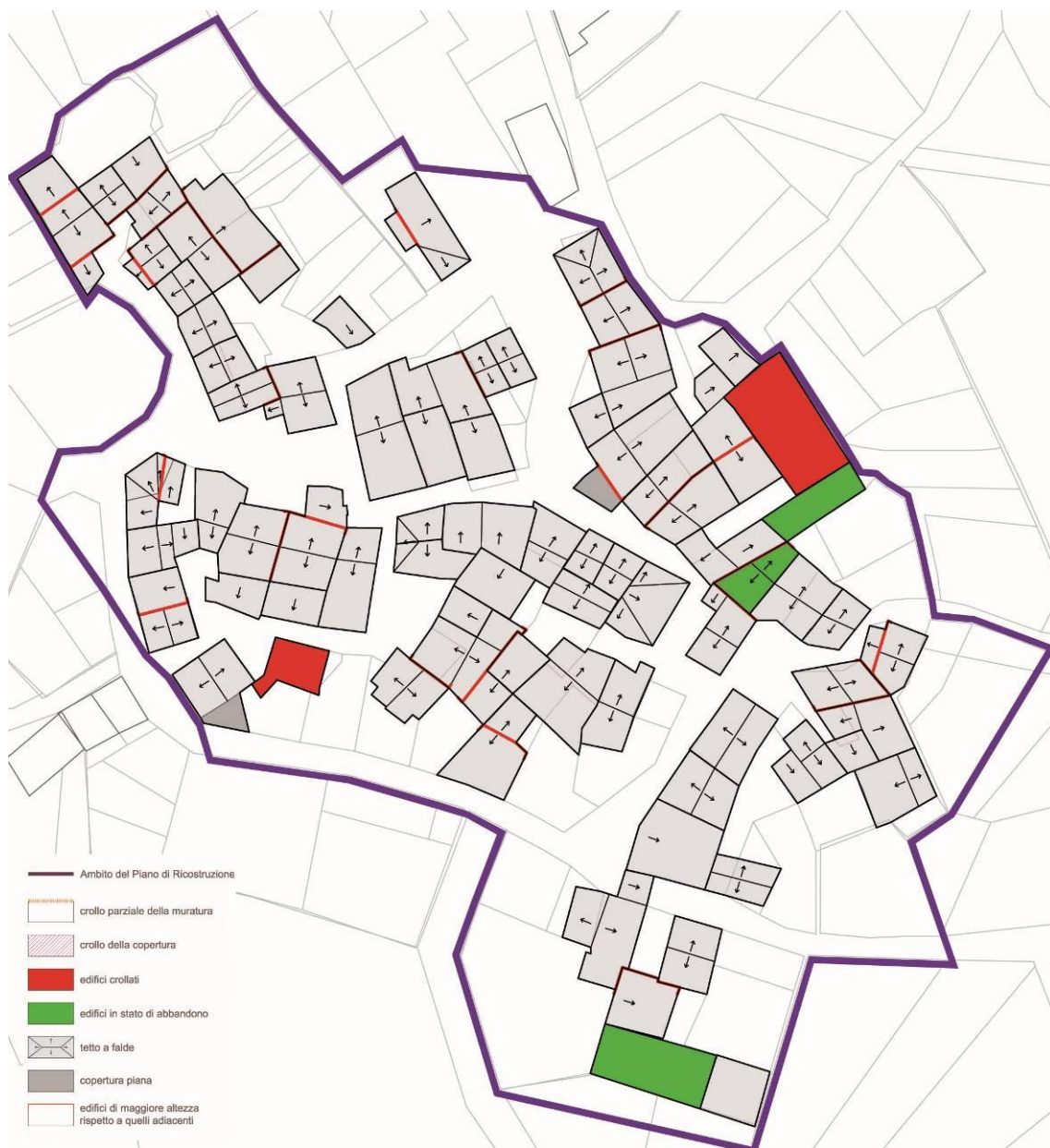


Figura 34. Peschioni, mappa di coperture, elementi sventanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.





Figura 35. Piaggia, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.



Figura 36. Prata, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.

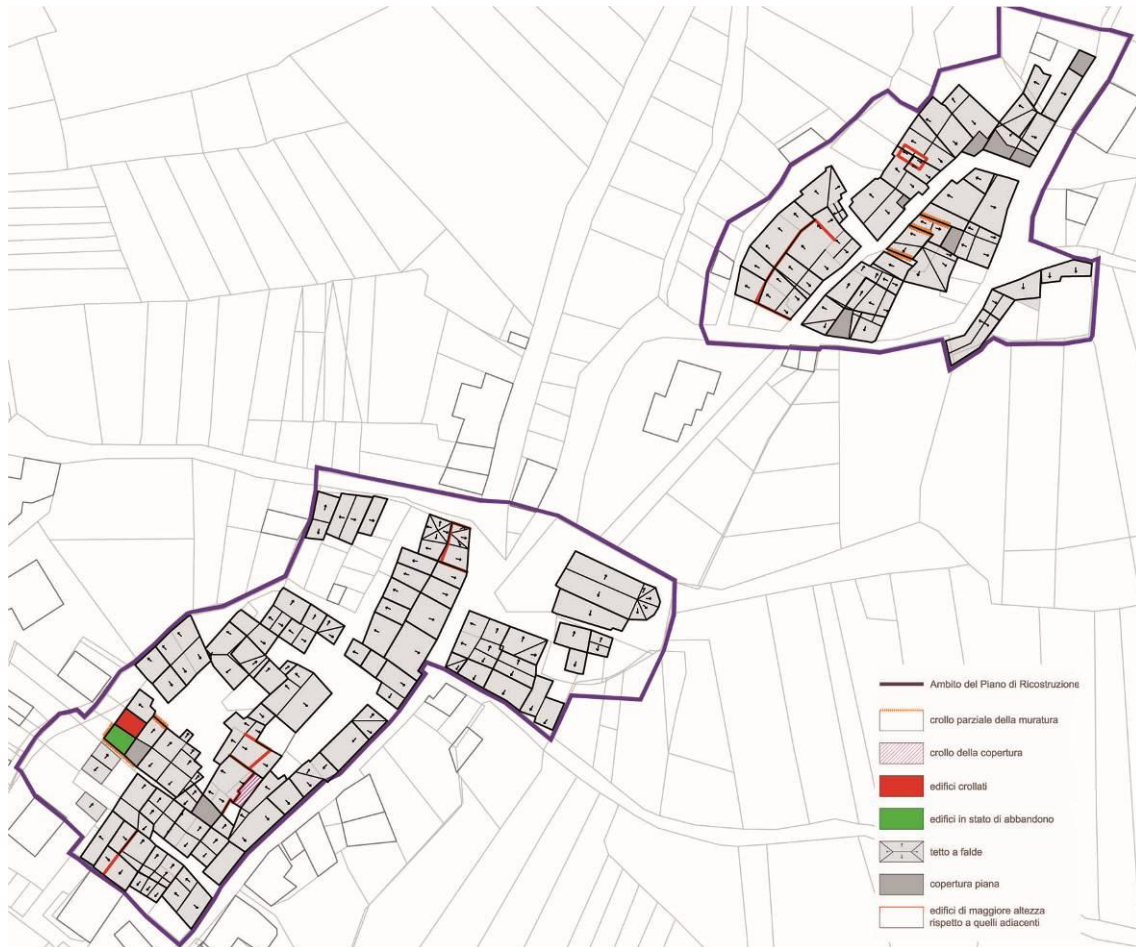


Figura 37. Santa Croce, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.





Figura 38. Sant'Andrea, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.



Figura 39. San Menna, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.





Figura 40. Spogna e Spognetta, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.

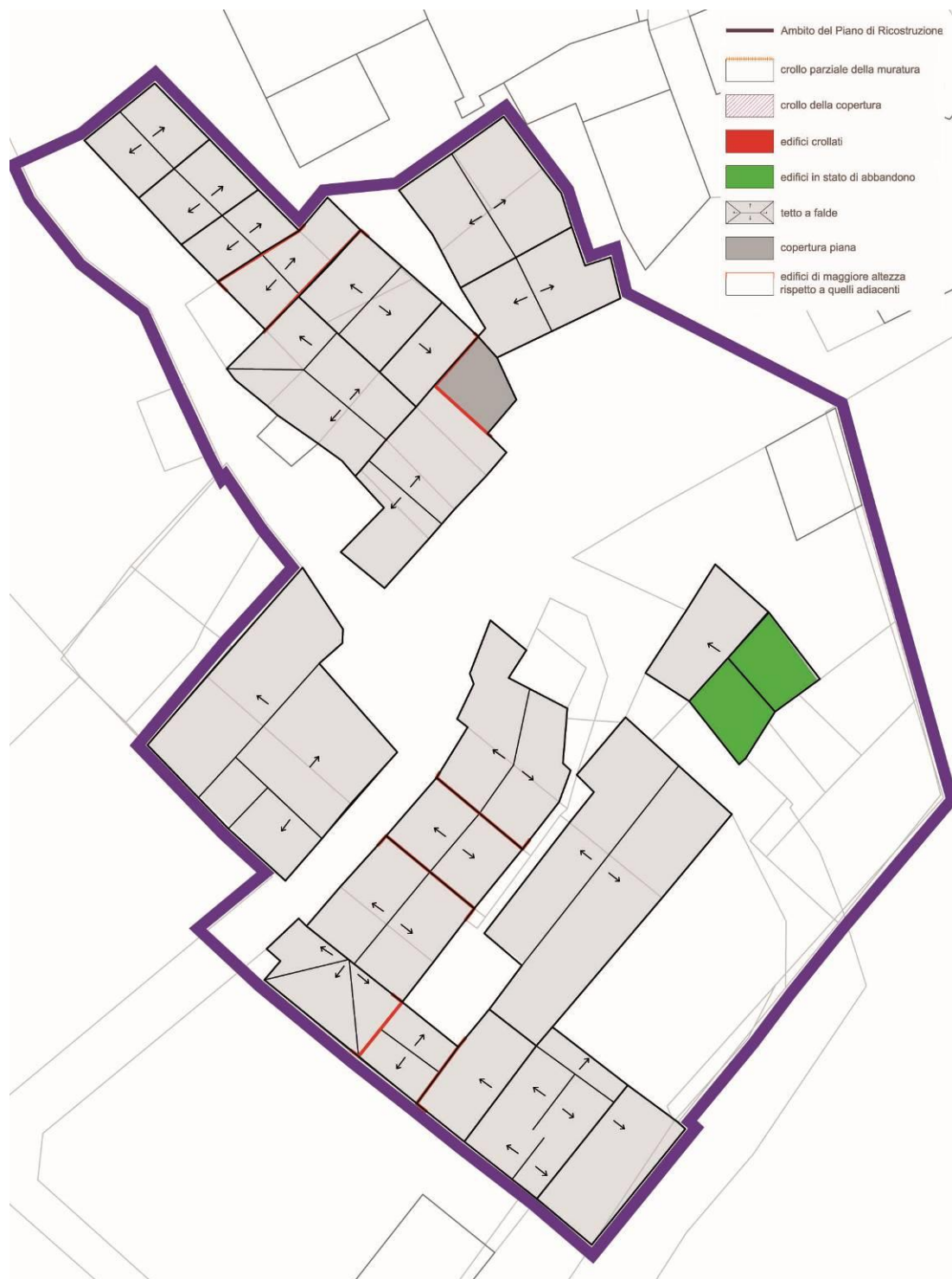


Figura 41. Vado Lucoli, mappa di coperture, elementi svettanti, edifici in stato d'abbandono e crolli.

### 1.2.1 Meccanismi di tessitura

La qualità delle murature di Lucoli è spesso bassa, con l'assenza di elementi squadriati. Dai rilievi visivi la connessione trasversale dell'apparecchio murario non è sempre a regola d'arte (Figura 42a), come mostrato dalle sezioni murarie messe in evidenza dai crolli. In questo caso è possibile osservare l'assenza di efficaci elementi di punta e un'ampia frazione di malta. Tutto ciò è aggravato dai notevoli spessori murari, forse impiegati anche con funzione di isolamento termico: la quota delle frazioni di Lucoli oscilla infatti tra 750 e 1400 m sul livello del mare.

Ciò ha portato all'attivazione di meccanismi di tessitura, con conseguente disgregazione della muratura (Figura 42b). Tuttavia, anche in seguito a una minore severità dello scuotimento, tali meccanismi si sono manifestati meno frequentemente che altrove (Sorrentino et al. 2012).

Meccanismi di tessitura possono essere favoriti dalla presenza di elementi lignei anegati nella muratura (*infra* § 1.2.9).



a)

b)

Figura 42. a) Lucoli Alto, Largo Chiocchione, UE 251y; b) Spogna, Via Nuova del Colle 3, UE 978b.

### 1.2.2 Meccanismi di primo modo (fuori del piano)

L'innesco di ribaltamenti di facciate è stato osservato in diversi edifici dei nuclei storici di Lucoli ed è riconoscibile anche dall'esterno, grazie alla presenza di puntellamenti, fasciature e tirantature (Figura 43, Figura 44 e Figura 45).

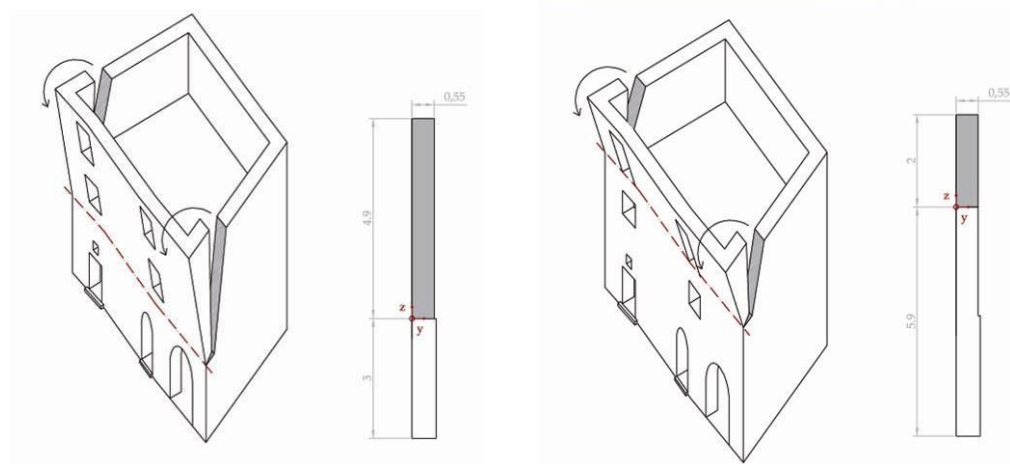
Nell'edificio di Figura 44a si è attivato un meccanismo di ribaltamento, ostacolato tuttavia dalla presenza di una costruzione adiacente (Figura 44b). La mancanza di una buona immorsatura tra pareti adiacenti (Figura 46a), dovuto ai diversi tempi di realizzazione dei fabbricati, ha contribuito a tale vulnerabilità (Sorrentino 2010).

Altrove la presenza di tiranti metallici, a prima vista risalenti al post sisma della Marsica del 1915, ha contribuito a un panorama di danno meno severo.

Sono particolarmente evidenti, visitando l'interno degli edifici, l'attivazione del ribaltamento delle angolate (Figura 46b) e della rotazione delle facciate; è infatti possibile osservare lesioni in prossimità degli incroci tra i muri (Figura 48a) e nei pavimenti in corrispondenza delle murature di facciata (Figura 48b). Oltre all'assenza di tiranti, ha contribuito alle rotazioni la scarsa qualità dell'immorsatura fra facciata e pareti a essa ortogonali. A ciò si sono talvolta aggiunte le cesure costruttive, che limitano fortemente la connessione fra pannelli murari (Figura 48a, Sorrentino 2010).

Meccanismi di ribaltamento evoluti sino al collasso completo sono stati osservati a Colle (Figura 48b), Santa Croce e Vado Lucoli. Essi sono sistematicamente mappati da Figura 28 a Figura 41.





a)

b)

Figura 43. Meccanismi di primo modo: a) Ribaltamento della facciata intorno alla cerniera posta al primo livello; b) Ribaltamento della facciata con cerniera al secondo livello.



a)



b)

Figura 44. Vado Lucoli: a) Via Arco Palumbo 4, UE 55z-140y; b) Via Arco Palumbo 2, UE 140y-128z.



a)



b)

Figura 45. Collimento: a) Largo della Speranza, UE 119a; b) Casamaina, Via delle Aie, UE 246y.



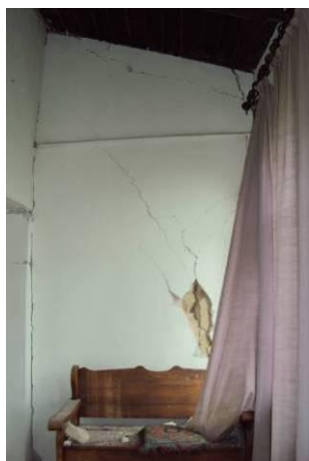


a)



b)

Figura 46. Vado Lucoli: a) Via Arco Palumbo 4, UE 55z ; b) Via Arco Palumbo 6, UE 145y.



a)



b)

Figura 47. Colle, Largo Masciocchi 10, UE 492z: a) parete di spina; b) distacco



a)



b)

Figura 48. a) Prata, Via Don Gregorio 2, UE 473a; b) Colle, Largo Masciocchi 2, UE 534a.

### 1.2.3 Meccanismi di secondo modo (nel piano)

La presenza di catene, e la conseguente limitazione dei meccanismi di primo modo, ha spostato il danneggiamento nel piano delle murature, fessurandole (Giuffrè 1993; Figura 49a, b).

Anche le fasce di piano sono frequentemente coinvolte (Figura 50, Figura 51a), con un panorama di danno più severo quando le bucatore non sono allineate verticalmente (Figura 50b).

L'assenza di un elemento resistente a trazione sotto aperture arcuate ha talvolta portato alla disgregazione della fascia (Figura 51b).



a)



b)

Figura 49. a) Lucoli Alto, Via della Madonna Infante 5, UE 202z; b) Colle, Largo Iannini 21, UE 560y.



a)



b)

Figura 50. a) Prata, Via Cicisbei 22, UE 471z; b) Collimonto, Via Arco Tufi 1, UE 78y.



Figura 51. a) Lucoli Alto, Via delle Stalle, UE 238y; b) Colle, Largo Marzio 6, UE 446z.

#### 1.2.4 Danni alle strutture orizzontali

Sono molto frequenti i dissesti negli archi e nelle volte, sia per la nota vulnerabilità sismica di questi elementi, sia per lavori di trasformazione interna o superfetazioni.

Questo fenomeno è riscontrabile in un palazzo di Colle, dove la volta a padiglione del primo livello ha subito un crollo nella parte centrale (Figura 52, Figura 53), a causa di un volume aggiunto recentemente. Si osserva in questo caso il divaricamento dei muri con distacchi e comparsa di fratture alle reni e il cedimento in chiave. Nelle volte a crociera e a botte lungo le scale dello stesso edificio sono molto evidenti lesioni in chiave e alle reni (Figura 54a e b). Danni di questo tipo appaiono anche nelle volte a crociera di un altro edificio di Colle (Figura 55a), così come in diverse volte a padiglione interessate da fessurazioni all'incrocio dei fusi e alle reni (Figura 55b).

In particolare negli archi e nelle volte a sesto ribassato sono state rilevate lesioni in chiave, verso l'intradosso, e alle reni, verso l'estradosso. Danni di questo tipo sono stati osservati, per esempio, a Vado Lucoli (Figura 56) e Prata (Figura 57).

I solai a putrelle e tavelloni hanno frequentemente mostrato il collasso degli elementi di tamponatura nelle campate di estremità (Figura 58).

I solai lignei, in genere utilizzati per i piani superiori al primo ma anche per coprire sottopassi e cavalcavia, non sembrano aver riportato danni evidenti. Sono stati riscontrati tuttavia due casi di sfilamento della trave (Figura 59, Figura 60a) che ha causato lo scompaginamento dell'orditura (Figura 60b).

Sono più sporadici i crolli della copertura, dovuti principalmente a un cattivo collegamento con le murature perimetrali. Tale carenza ha causato in fase di evento sismico una diversa oscillazione delle murature rispetto alle travi, che si sono sfilate (Figura 61). Talvolta nell'Aquilano, per impedire l'attivazione di questo meccanismo veniva infisso nella testa emergente della catena un paletto di legno (Relazione Tecnico-Scientifica 1. Elementi costruttivi ricorrenti di Lucoli).

La maggior parte dei cavalcavia dei nuclei storici di Lucoli non presenta danni importanti. Tuttavia esistono alcune eccezioni, che hanno imposto puntellamenti significativi (Figura 62a e b). Il danneggiamento di queste strutture orizzontali si spiega da un lato per l'elevato carico sopportato, in confronto agli orizzontamenti consueti, legato alla presenza di muri di facciata e di spina. In secondo luogo talvolta la presenza di ampie aperture può limitare la capacità delle imposte (Figura 62b). In fase di intervento è quindi opportuno evitare ulteriori aperture, anche in muri interni alle UE, e riconfigurare le bucatre, nei casi più vulnerabili, se compatibile con l'impaginato dei fronti.

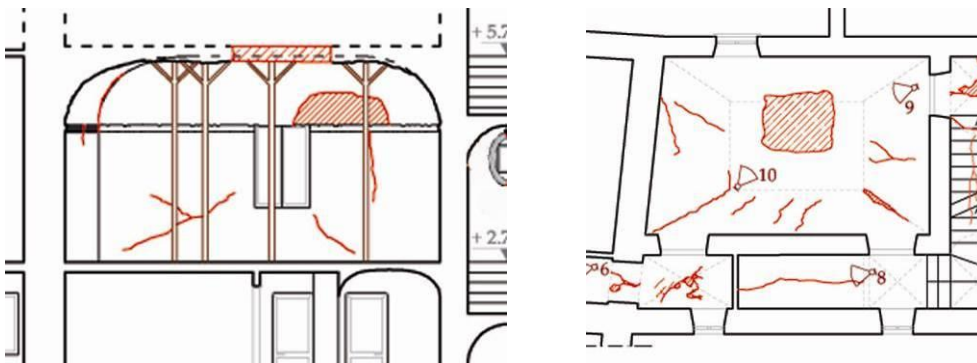
Le scale invece non sembrano essere state danneggiate dallo sciame sismico del 2009.





a)  
Figura 52. Colle, Largo Masciocchi, UE 492z.

b)



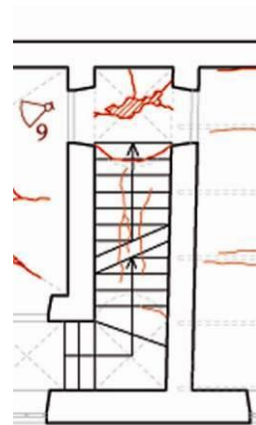
a)  
Figura 53. Colle, Largo Masciocchi, UE 492z, Sala voltata al primo piano: a) Sezione; b) Pianta e rilievo delle fessurazioni e del crollo.

b)



a)  
Figura 54. Colle, Largo Masciocchi, UE 492z, Volta rampante delle scale: a) Vista fotografica; b) Rilievo delle fessurazioni in pianta.

b)







a)



b)

Figura 55. a) Colle, corso Visconti 13, UE 634b; b) Prata, Via Cicisbei 15, Particella 500y.



a)



b)

Figura 56. Vado Lucoli, Via Arco Palumbo 6, UE 56a.



a)



b)

Figura 57. a) Prata, Via dei Cicisbei 17, UE 495z; b) Prata, Via dei Cicisbei 9, UE 502y.



a)

Figura 58. Prata, Via Cicisbei 15, UE 500y.



b)



a)

Figura 59. Piaggia, Via Calcagni 13, UE 39y.



b)



a)

Figura 60. Piaggia, Largo Calcagni 16, UE 44c.



b)



a)



b)

Figura 61. Colle, UE 511y; a) fronte su Largo Masciocchi; b) fronte su Corso Visconti



a)



b)

Figura 62. a) Francolisco, Via Santa Croce, UE 550z; b) Collimonto, Largo San Sebastiano, UE 39y.

### 1.2.5 Vulnerabilità indotte da corpi svettanti e da corpi aggiunti

La presenza di elementi di altezza differente può indurre specifiche vulnerabilità legate al cambio di rigidità in elevazione, al rischio di crollo delle parti più alte sulle coperture sottostanti (Figura 63a), al martellamento di strutture orizzontali a quote diverse sulle murature di appoggio (Figura 63b).

Elementi svettanti sono mappati da Figura 28 a Figura 41. In fase di intervento è quindi opportuno curare i collegamenti fra murature e strutture orizzontali, al fine di scongiurare possibili meccanismi locali, che coinvolgano porzioni costruite più basse, ed evitare fenomeni di martellamento. Nei casi di Ricostruzione, ove compatibile con le istanze architettoniche e ambientali, potrà essere valutata una riconfigurazione delle sagome e delle falde di copertura, anche mediante sopraelevazioni integrate, allo scopo di limitare i danneggiamenti osservati.

La presenza di corpi aggiunti può indurre una importante vulnerabilità sismica, analoga a quella descritta nel precedente paragrafo e legata al brusco cambio di rigidità in elevazione. Si è potuto infatti osservare come, in alcuni casi, il danno è imputabile all'aggiunta di porzioni molto più basse. Altre volte è la presenza di corpi non connessi alla muratura, ma privi di un adeguato giunto sismico, a indurre dissesti (Figura 64). Peraltro questi corpi costituiscono spesso vere e proprie aggiunte disarmoniche, poiché realizzate con tecniche costruttive diverse dalla muratura.





a)



b)

Figura 63. Colle: a) Largo del Tiglio, 6 UE 436z; b) Via del Tiglio, UE 478z.



Figura 64. Casamaina, Via delle Aie 52, UE 3y.



### 1.2.6 Vulnerabilità indotte da unità edilizie abbandonate in aggregato

Una ulteriore fonte di vulnerabilità è costituita dalla presenza di edifici in stato d'abbandono in aggregato con edifici meglio conservati (Figura 65). Gli edifici in stato d'abbandono sono mappati da Figura 28 a Figura 41. Tali edifici sono spesso privi di solai e ciò rende meno efficaci le tirantature. Conseguentemente si innesca una vulnerabilità indotta sia sulle UE adiacenti sia sugli spazi aperti. Inoltre, l'eventuale collasso per meccanismi locali di tali murature riduce ulteriormente il grado di vincolo delle murature degli edifici adiacenti. Questa condizione è ancora più pericolosa quando le UE in stato d'abbandono sono in posizione d'angolo o di testata, ovvero quando si aprono su percorsi sicuri.



Figura 65. a) Prata Via San Giorgio, UE 498y; b) Colle; Via degli Archetti, UE 548y.

### 1.2.7 Danni ad elementi non strutturali

In tutte le frazioni sono stati osservati diversi danni su elementi non strutturali: distacchi di cornici di finestre e portali (Figura 66a), dissesti di balconi (Figura 66b) e cornicioni. Non risultano invece frequenti i danneggiamenti agli architravi di porte e finestre. Non si registra, infatti, come usuale la rottura degli elementi lapidei, mentre più vulnerabili sono gli architravi lignei soprattutto se in uno stato di marcescenza avanzato (Figura 67 e Figura 68).

I cornicioni più ricorrenti a Lucoli sono quelli realizzati con sporto della falda in legno, con palombella unica, sulla quale poggia direttamente il tavolato, tipico dell'edilizia minore. Il crollo di una porzione di muratura mette in mostra nel caso come la palombella rappresenti la terminazione naturale della trave parallela alla pendenza (Figura 69a). Meno frequenti i cornicioni a pianelle, dove si osservano spesso lesioni, cadute di materiale e distacco dell'intonaco (Figura 69b).

Edifici in stato d'abbandono hanno mostrato la loro vulnerabilità nella caduta di tegole (Figura 70).

Questi danneggiamenti, apparentemente meno pericolosi, possono mettere a rischio la fase di esodo e le prime operazioni in fase di emergenza al verificarsi delle repliche.



a)



b)

Figura 66. a) Collimonto, Largo San Sebastiano 4, UE 39y; b) Spogna; Via Nuova del Colle, 22-24, UE 922a.



a)



b)

Figura 67. a) Collimonto, Via del Mulino 4-6, UE 218z; b) Sant'Andrea, Via Tartaglione 14, UE 241y.



a)



b)

Figura 68. a) Colle, Largo Marzio 6, UE 446z; b) Santa Croce, Largo Padre Gabriele Giamberardini 11, UE 445z.



a)



b)

Figura 69. a) Francolisco, Via Santa Croce, UE 541a; b) Collimento, Via F. Saverio Gualterio 6, UE 174a.



a)

Figura 70.a) Colle, Largo Masciocchi, UE 492z.



### 1.2.8 Edifici con nicchie e cavità

Nel corso dei sopralluoghi sono state frequentemente riscontrate nicchie di alloggiamento di impianti e relativi contatori. Tali cavità, spesso poste in maschi murari di dimensioni ridotte, perché compresi fra la porta di ingresso e una finestra, costituiscono un significativo indebolimento del pannello murario.

Ne è esempio la Figura 71a, dove si osserva come la nicchia ha influenzato l'andamento del quadro fessurativo. In altre occasioni le nicchie possono indebolire la fascia sopra le bucatore (Figura 71b), comportando nuovamente uno specifico dissesto.

Anche canne fumarie, specie se posizionate in prossimità di martelli murari, possono indurre pericolose vulnerabilità nella struttura (Figura 72, Figura 73).



a)



b)

Figura 71.a) Collimonto, Via Arco Tufi 3, UE 78y; b) Prata, Via Cicisbei 5, UE 503z.



a)



b)

Figura 72. Piaggia, Largo Calcagni, UE 51y.





Figura 73. Vado Lucoli, Via Arco Palumbo 4, UE 140y.

#### 1.2.9 Vulnerabilità indotte da presidi di rinforzo premoderni

L'impiego di catene lignee all'interno delle murature sembra aver indotto vulnerabilità specifiche (Figura 74). Infatti la non trascurabile dimensione dell'elemento di rinforzo de rispetto alla sezione muraria ha prodotto disgregazioni localizzate dell'apparecchio (Figura 74c). Simili danneggiamenti sono stati osservati in edifici dell'Aquila e dell'Aquilano (Sorrentino et al. 2009 e 2012). Conseguentemente la presenza di questi presidi è stata mappata nella Relazione Tecnico-Scientifica 1. Elementi costruttivi ricorrenti di Lucoli.

Queste catene sono in genere riconoscibili anche senza specifiche indagini per la foggia e la dimensione contenuta del capochiave e per il suo allineamento con l'asse murario (Figura 75). Tale tipo di presidio è stato mappato, insieme agli altri presidi di rinforzo, nella Relazione Tecnica Scientifica 1. Identificazione degli elementi costruttivi ricorrenti di Lucoli.

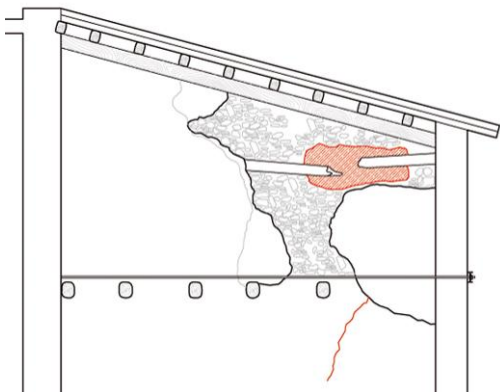
Anche quando non si attivano tali disgregazioni questo tirante di rado è efficace, Il capochiave raramente appare ingaggiato dal sisma, mentre in genere è il collegamento fra piattina asolata e tirante ligneo a cedere. Ciò è da associare al degrado del legno annesso alla muratura.



a)



b)



c)

Figura 74. Colle: Largo Masciocchi 10, UE 492z, a) Crollo del paramento murario; b) Catena lignea presente nello spessore murario; c) Sezione con catena lignea spezzata e parte del paramento murario crollato (evidenziato in rosso).

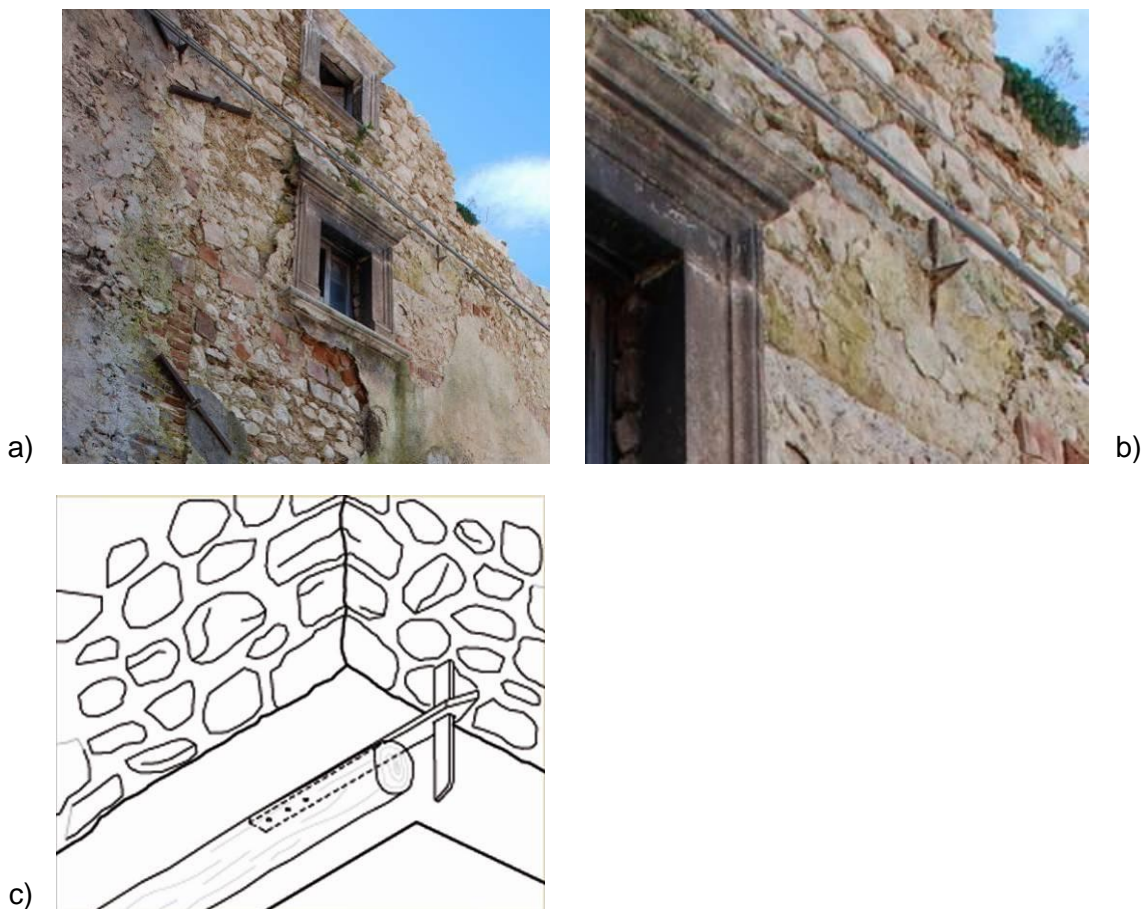


Figura 75. Colle: Largo Masciocchi snc, UE 511y, a) Capochiavi minuti in facciata su Corso Visconti; b) Particolare di uno dei capochiave minuti; c) Schizzo assonometrico della catena lignea con capochiave minuto.

#### 1.2.10 Danni a edifici consolidati con elementi strutturali di calcestruzzo armato

Sono stati riscontrati alcuni edifici nei quali le originali strutture orizzontali sono state sostituite con elementi cementizi o latero-cementizi, forse a seguito del sisma del 1985. Cordoli di calcestruzzo armato (CA) sono sempre presenti in questi casi, ma possono esser stati inseriti anche indipendentemente.

Esempi di abitazioni con tetto a soletta di CA sono visibili in tutte le frazioni e sono stati riconosciuti nelle mappe inserite nella Relazione Tecnico-Scientifica 1. Identificazione degli elementi costruttivi ricorrenti di Lucoli. A Casamaina, Casavecchia, Francolisco e Lucoli Alto, sono più numerosi rispetto ad altri nuclei, probabilmente perché più abitate.

I danneggiamenti associati a tali coperture non sono frequenti come altrove (Sorrentino et al. 2012), anche a causa della minore severità dello scuotimento rispetto ad altri centri storici del Cratere. Da un'analisi visiva esterna, infatti, non sono stati osservati danneggiamenti significativi negli edifici con solai e tetti sostituiti, pur se alcuni di questi risultano con esiti di inagibilità E (Figura 76a) soprattutto a Lucoli Alto nelle particelle 400, 425, 561 (Figura 77a). Unico esempio di danno notevole è presente Francolisco (Figura 77b).

Anche i cordoli in CA talvolta hanno danneggiato la muratura sottostante (Figura 78), come più volte osservato nel passato (Borri e De Maria 2004).





a)



b)

Figura 76. a) Casamaina, Via delle Aie 26, UE 15y; b) Casavecchia, Via della Scardella 3, UE 280z.



a)



b)

Figura 77. a) Lucoli Alto, Via Pie' di Case 10, UE 425y; b) Francolisco, Via Santa Croce 18, UE 545y.



a)



b)

Figura 78. a) Prata, Via Cicisbei 17, UE 500y; b) Lucoli Alto, Via della Madonna Infante 4, Particella catastale 263.



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Baggio, C., Bernardini, A., Colozza, R., Corazza, L., Della Bella, M., Di Pasquale, G., Dolce, M., Goretti, A., Martinelli, A., Orsini, G., Papa, F., Zuccaro, G. 2000. Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica. Bernardini, A. (ed), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*. Roma: CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.
- Borri A., De Maria A. 2004. Comportamento sismico di edifici consolidati. Il caso Sellano. XI Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Genova 25-29 gennaio 2004, CD C1-03.
- Carocci, C.F., Circo, C., Indelicato, D., Lagomarsino, S., Cattari, S., Stagno, G., Cifani, G., Martinelli A., Castellucci, A., Lemme, A., Liris, M., Martegiani, F., Mazzariello, A., Milano, L., Morisi, C., Petracca, D., Tocci, C., 2010. Una metodologia per la conservazione di centri storici gravemente danneggiati dal sisma: la rimozione delle macerie e la messa in sicurezza di Villa Sant'Angelo; Atti del Convegno *Sicurezza e conservazione nel recupero dei beni culturali colpiti dal sisma*. Venezia, 8-9 Aprile 2010.
- Giuffrè, A. (ed.) 1993. *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia*. Roma-Bari: Laterza.
- Sorrentino, L., Raglione, E., Decanini, L., Liberatore, D. 2009. Chiesa di San Biagio d'Amiternum. *Arkos: Scienza e Restauro*. Numero monografico dedicato al sisma dell'Aquila, 20: 67-72.
- Sorrentino, L. 2010. Meccanismi locali di collasso negli edifici esistenti di muratura: modellazione per la verifica nello stato di fatto e per l'intervento. In: Scalora, G., Monti, G. *La conservazione dei centri storici in zona sismica. Un metodo operativo di restauro urbano*, 283-323. Milano: Academia Universa Press.
- Sorrentino, L., Ronchetti, L., Decanini, L.D. 2012. Tecniche Antisismiche Storiche e Comportamento Meccanico dei Tessuti Edilizi di Paganica in Occasione del Terremoto Aquilano del 2009. *Arkos: Scienza e Restauro*. Accettato per la pubblicazione.