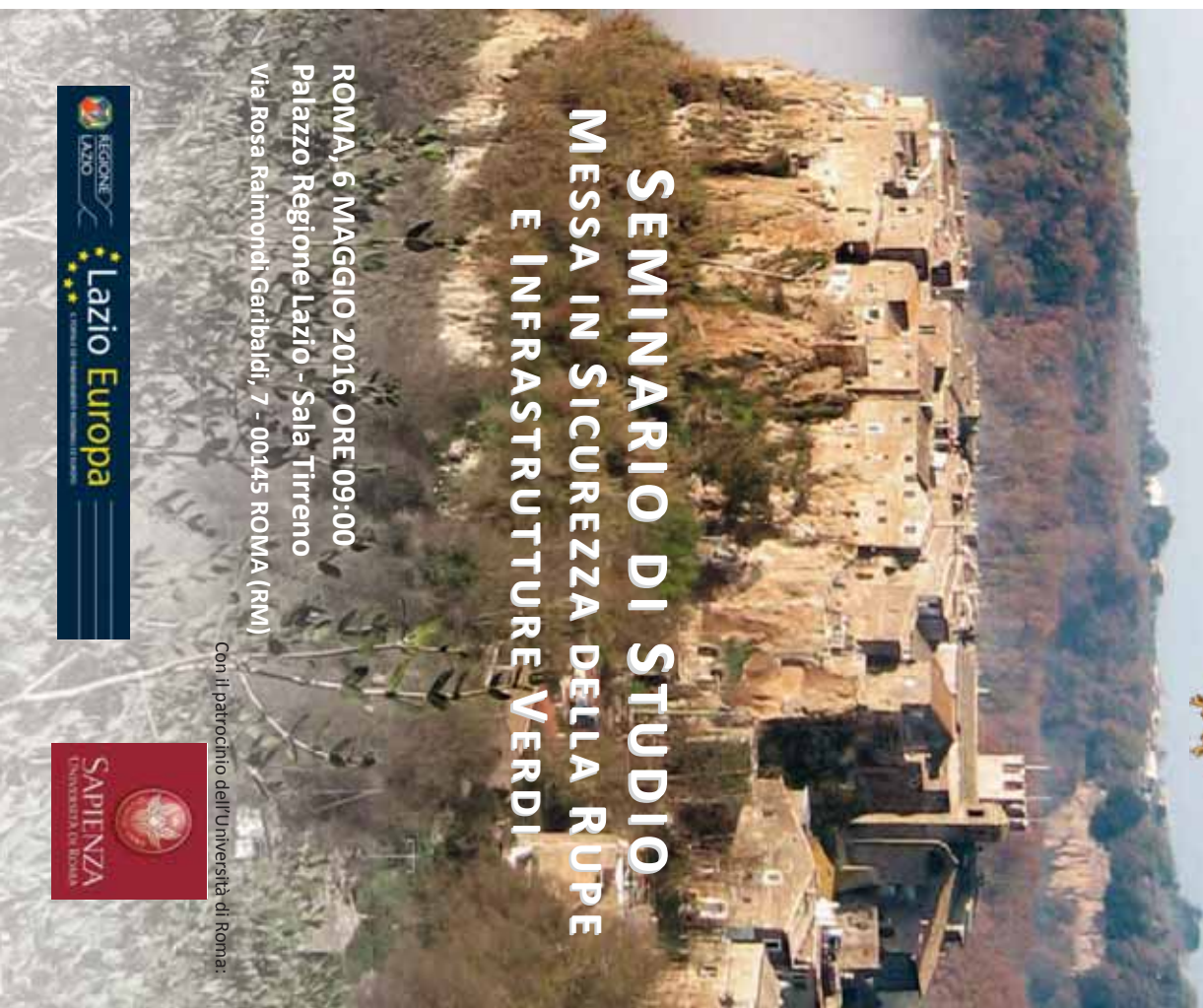


COMUNE DI CALCATA



CON IL PATROCINIO DEL



SEMINARIO DI STUDIO MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI

ROMA, 6 MAGGIO 2016 ORE 09:00

Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno

Via Rosa Raimondi Garibaldi, 7 - 00145 ROMA (RM)

Con il patrocinio dell'Università di Roma:



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



ORDINE DCC I
ARCHITETTI
PAISAGGISTI - CONSERVATORI
DI ROMA E PROVINCIA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma

CON IL PATROCINIO DI



ORDINE GEOLOGI LAZIO
UNIVERSITÀ DI ROMA
DIPARTIMENTO
SCIENZE DELLA TERRA



Ordine degli Architetti Pionieri e Conservatori
di Roma e Provincia



IN COLLABORAZIONE CON IL COMUNE DI CALCATA



ORGANIZZANO

SEMINARIO DI STUDIO

PRESIEDUTO DAL PROF. PAOLO PORTOGHESI

CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI

ROMA, 6 MAGGIO 2016 ORE 09:00

Regione Lazio - Palazzina C - 1° Piano - Sala Tirreno

Via Rosa Raimondi Garibaldi, 7 - 00145 ROMA

DIREZIONE SCIENTIFICA: **ARIOOLI ING. ALDO** – **NOLE PROF. ALBERTO**

COORDINAMENTO DEL SEMINARIO: **CONTINI ING. PAOLO**

SUPPORTO TECNICO: **BEVILACQUA ARCH. SILVIA** – **STOCCHI DOTT. VITTORIO** -

BIANCHINI GEOM. FEDERICO – **BIANCHINI GEOM. FABIO**

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Seminario tecnico gratuito valido per il rilascio dei CFP agli iscritti degli Ordini Professionali degli Ingegneri, degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori e dei Geologi della Regione Lazio. La partecipazione al Seminario per l'intera durata, previo controllo delle firme d'ingresso e di uscita all'evento, rilascia ai fini professionali crediti formativi (CFP) secondo i rispettivi regolamenti degli Ordini. Il materiale didattico – informativo inerente il seminario, qualora disponibile, sarà distribuito ai partecipanti all'atto della registrazione elettronica dei convenuti, mediante tessera sanitaria.

ISCRIZIONE OBBLIGATORIA AL SEMINARIO:

Ordine ingegneri: sul sito degli ordini di Roma e Viterbo.

Ordine Architetti online: <http://www.architettrroma.it/formazione>

Ordine dei Geologi del Lazio alla mail seminario.calcata@gmail.com

Il Seminario di studio sul Centro Storico di Calcata ha anche l'obiettivo di illustrare gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici connessi alla progettazione e realizzazione delle opere di consolidamento della Rupe di Calcata, con riferimento all'azione n. 27 POR FESR Lazio 2014-2020, approvato dalla Commissione Europea il 13 febbraio 2015, per l'Asse Prevenzione del Rischio Idrogeologico

PROGRAMMA

Ore 09:00 – 09:15

Registrazione iscritti

Ore 09:15 – 09:30: Saluti Istituzionali

Consigliere Enrico Panunzi
Presidente Commissione VI - Ambiente, lavori pubblici, mobilità, politiche della casa e urbanistica

Assessore Fabio Refrigirri
Assessore Infrastrutture, Politiche Abitative, Enti locali Regione Lazio

Sindaco Sandra Pandolfi
Sindaco di Calcata

Ore 09:15 – 09:45: Saluti dei Presidenti degli Ordini

Ing. Paolo Bacchiarri
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo

Ing. Carla Cappiello
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Arch. Alessandro Ridolfi
Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Roma

Arch. Danilo Pasquini
Presidente dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Viterbo

Dott. Roberto Troncarelli
Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio

Ore 09:45 – 10:00: Introduzione dei lavori

Ing. Mauro Lasagna
Direttore - Direzione Regionale Risorse Idriche e Difesa del Suolo

PROGRAMMA

3

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Ore 10:00 – 10:40: Paesaggio culturale e urbano di Calcata

Prof. Paolo Portoghesi
Professore Emerito Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 10:40 – 11:20: Calcata: un centro abitato a rischio di frana.

Progetto per la messa in sicurezza della rupe di Calcata.
(Arioli – Diamanti – Contini – Stocchi – Bianchini)

Prof. Gabriele Scarscia Mugnozza
Vice Presidente Commissione Grandi Rischi
Pro-Rettore Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 11:20 – 11:50: Un progetto pilota a Civita di Bagnoregio a basso impatto ambientale

Prof. Vittorio Colombini
Professore Associato Università della Basilicata, Potenza

Ore 11:50 - 12:20: Cogliere le potenzialità delle "green infrastrutture" per conservare e valorizzare il Parco del Treja

Prof. Carlo Biasi
Dipartimento Biologia Ambientale-Direttore del Centro Interuniversitario "Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio"
Professore Ordinario Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 12:20 – 12:50

PAUSA

Ore 12:50 – 13:10: Tecniche non distruttive per la caratterizzazione di Calcata sotterranea

Prof.ssa Luciana Orlando
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale
Professore Associato Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 13:10 – 13:30: NHAZCA spin off di Sapienza - Metodologie innovative di monitoraggio per la mitigazione del rischio geologico

Prof. Paolo Mozzanti
Docente di Telerilevamento-Dipartimento Scienze della Terra,
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 13:30 – 13:50: Conclusioni

Prof. Paolo Portoghesi
Professore Emerito Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Ore 13:50 – 14:00: Dibattito



4 PROGRAMMA

3

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Sandra PANDOLFI
Sindaco di Calcata

Un saluto di benvenuto a tutti gli iscritti degli ordini professionali che sono convenuti qui oggi per partecipare a questa giornata di studio.

Ringrazio tutti i relatori e coloro che hanno accettato di partecipare portando il loro contributo per una tematica così importante per il Comune di Calcata. Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università La Sapienza di Roma e il Parco Valle del Treja per la concessione del Patrocinio.

Ringrazio, in modo particolare, gli ordini professionali che hanno ritenuto meritevole di dedicare un seminario di formazione sulle tematiche di consolidamento e risanamento idrogeologico del vecchio abitato di Calcata.

Dato il livello di qualità della documentazione predisposta, mi sembra opportuno, un ringraziamento al gruppo di lavoro, che si è adoperato in questi mesi, supportando oltre all'Ufficio tecnico comunale, che ringrazio per il lavoro svolto, anche i relatori nella fase di editing dei loro contributi tecnico-scientifici. Da ultimo, doverosamente, un ringraziamento ai rappresentanti della Regione Lazio, che, oltre ad averci sostenuto sono presenti oggi per portare il saluto istituzionale.

Da Sindaco di Calcata mi trovo davanti due sfide: gestire una comunità parzialmente sradicata dall'abitato originario e preservare un patrimonio di riconosciuta valenza storica e ambientale, situato a pochi chilometri da Roma e Viterbo, con potenzialità turistiche e culturali eccezionali.

Purtroppo la bellezza del paesaggio locale, caratterizzato da profonde forre scavate nei materiali tufacei e ricche di una vegetazione lussureggiante, è causa anche della sua vulnerabilità geomorfologica, la quale costituisce un rischio costante per gli abitanti del centro storico.

La situazione è peggiorata da cause antropiche, come la circolazione delle acque reflue lungo i costoni tufacei ed all'interno di essi, facendo sì che si renda necessario risolvere o mitigare il problema, mediante un approccio multidisciplinare che spazi dal rafforzamento delle ripide pareti di tufo al corretto convogliamento delle acque reflue e meteoriche, per ottenere il recupero dell'ambiente naturale preesistente. Ritengo di aver operato, fin dall'inizio del mio mandato, per assolvere al meglio il compito di individuare un gruppo di eccellenze professionali, in grado di scegliere le soluzioni ottimali, in proficua collaborazione con l'ufficio tecnico comunale.

Questo Seminario di studio, dedicato a Calcata e anche all'illustrazione dei principi che hanno guidato le scelte progettuali, costituisce per me il primo importante passo verso la completa soluzione dei problemi che mi sono trovata ad affrontare.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Paolo BACCHIARRI
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo

L'ordine degli ingegneri ha sempre considerato il dissesto idrogeologico come una delle priorità di intervento della propria realtà professionale, pur nel rispetto della competenze altrui ed anzi con la ferma volontà di collaborare, al fine di ottenere risultati di valore rispetto alle esigenze provenienti dal territorio.

L'opportunità offerta dal Comune di Calcata, con la possibilità di condividere un'esperienza sul campo e di proporre una visione allargata delle problematiche inerenti il dissesto, ha quindi ricevuto il nostro pieno accoglimento, nella speranza di offrire agli iscritti nuovi stimoli ed informazioni utili alla pratica professionale.

La presenza di altri ordini conferma, quindi, la complessità della materia trattata, che richiede un approccio multidisciplinare, soprattutto nel caso di opere in ambito urbano e comunque in ambiente ad alto valore paesaggistico.

Si spera inoltre che la richiesta delle nostre competenze e di quelle dei nostri colleghi professionisti, non avvenga sempre e soltanto a seguito di eventi calamitosi ma possa precedere gli eventi stessi, garantendo la sicurezza e quindi la fruibilità del territorio.

Un ultimo accenno lo vorrei dedicare all'aspetto economico delle opere e dei progetti che il seminario non trascura ma, anzi, mette ben in risalto, proponendo un approfondimento in merito ai fondi europei, oggi forse l'unica fonte di riferimento per gli enti locali, costretti ad una spasmodica ricerca di risorse economiche, sempre carenti anche di fronte al grave problema del dissesto idrogeologico, il cui costo è in realtà molto maggiore proprio per la carenza di interventi preventivi.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Carla CAPIELLO
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

L'area di Calcata è di grande interesse stratigrafico, sedimentologico, paleogeografico e geomorfologico. Infatti, sorge nel Parco Suburbano della Valle del Treja, la cui origine ed evoluzione geologica è connessa all'eruzione degli apparati vulcanici Viciano e Sabatino. Durante le esplosioni vulcaniche un mix di magma e di gas ha emanato all'esterno grandi quantità di materiali che hanno dato origine agli attuali bianchi di tufo nel Parco. Ceneri, lapilli, scorie si sono accumulati nel tempo sui sedimenti marini e fluvio-lacustri preesistenti ed oggi messi in luce dall'erosione del fiume Treja nella parte medio bassa del suo bacino.

Tufi con inclusi lavici e pomice, pozzolane, ignimbriti dal colore rossastro e giallastro e pomice molto presenti nell'area del Parco. Durante i circa 400 mila anni di attività vulcanica, i processi di erosione fluviale ed eolica, l'azione divaricatrice della vegetazione arbustiva, nonché quella del gelo e del disgelo, hanno modellato inevitabilmente il paesaggio. L'agglomerato abitativo di Calcata rappresenta l'esempio perfetto di questi fenomeni. Infatti, il borgo si sviluppa su una rupe tufacea in un'area di ricca vegetazione. Come sappiamo, in seguito ad ampi crolli della rupe, Calcata fu per un lungo periodo abbandonata dai suoi abitanti, trasferitisi a valle, per poi essere riscoperta da qualche anno da artisti e turisti.

Calcata rappresenta un sito di grande valore per la sua bellezza e per la sua storicità, motivi per cui la rupe su cui sorge, deve essere tutelata e messa sempre più in sicurezza, grazie anche al POR FESR Lazio 2014-2020.

E' necessario riflettere molto seriamente su come prevenire e limitare i disastri idrogeologici e geologici, poiché Calcata non è il solo centro a rischio in Italia. Sono circa 7 mila i comuni che potrebbero rappresentare forti criticità nel prossimo futuro. Le cause delle problematiche sono più o meno sempre le stesse: riduzioni e modifiche dei percorsi fluviali, cementificazioni in alveo e soprattutto la mancanza della manutenzione ordinaria dei letti dei fiumi. L'acqua piovana va ad incidere non solo su questa situazione, ma anche sul terreno, "vittima" di un'edificazione selvaggia, di un impoverimento dei suoi elementi naturali, della mancanza dei necessari e corretti lavori di contenimento e di sistemazione idraulica.

Si deve ragionare, quindi, in maniera programmatica e in termini di prevenzione. Bisognerebbe "mettere in sicurezza" l'esistente, come il borgo di Calcata, perché, come più volte dimostrato, le risorse che vengono impiegate per "salvaguardare", rappresentano un investimento sicuro e a lungo termine, che garantisce la sicurezza di luoghi e dei relativi abitanti.

Noi ingegneri desideriamo fornire il nostro supporto per chiarire a livello tecnico le cause di queste problematiche e soprattutto proporre soluzioni condivise e concrete, in collaborazione con gli altri professionisti tecnici.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Alessandro RIDOLFI
Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Roma

Temi come quelli trattati in questo seminario sono, per l'Ordine degli Architetti PPC della provincia di Roma, fondamentali. Da anni l'OPAR è impegnato, infatti, sul problema del recupero e del riuso dei centri storici e dei manufatti esistenti in generale. Alcuni anni fa lanciò anche un appello ed una raccolta firme per un piano strategico per la messa in sicurezza dei manufatti esistenti.

Problemi denunciati da molti, ma spesso disattesi proprio da quelli deputati al controllo; anche le recenti cronache ci raccontano di edifici che crollano "improvvisamente" con la sorpresa di quelli che inaspettatamente scoprono che un territorio antropizzato come quello italiano, fatto di storia, di vestigia importanti, di tessuti urbani costruiti su altri tessuti, su paesaggi manipolati fin dai tempi più remoti, non può che richiedere un grado di attenzione puntuale ed efficiente.

È evidente che le tematiche di consolidamento e risanamento idrogeologico di un centro abitato devono vedere la partecipazione di più professionalità: è necessario che anche i tecnici italiani escano dai loro piccoli recinti e comincino a lavorare in gruppo, la qualità diffusa del nostro territorio non può prescindere dalla tutela e dalla salvaguardia della salute pubblica. Temi sempre più attuali nel momento in cui le politiche di consumo del territorio vedono una nuova sensibilità crescere: non più consumo del suolo ma recupero di quello esistente, riconversione tecnologica dei manufatti esistenti nel rispetto della storicità e della vetustà del manufatto stesso.

Nello specifico, poi, il territorio di Calcata è una splendida realtà che richiede sicuramente investimenti, non solo economici, importanti da parte di tutti noi. Non possiamo permetterci di perdere luoghi così evocativi e per questo è necessario mettere in atto ogni possibile procedura per cercare di arginare il normale declino di un luogo così antico.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Danilo PASQUINI
Presidente dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Viterbo

La gran parte del territorio del nostro Paese è purtroppo gravemente esposta a frequenti dissesti idrogeologici, spesso dovuti ad una maldestra gestione della cosa pubblica e ad una scarsa cultura ambientale dei cittadini.

Abusivismo e mancanza di manutenzione hanno così determinato situazioni di rischio alle quali è molto difficile porre rimedio, se non a costi sociali ed economici molto elevati.

L'Ordine degli Architetti PPC di Viterbo e Provincia ha, quindi, partecipato con entusiasmo alla realizzazione di questo seminario, voluto dal Comune di Calcata ed ospitato dalla Regione Lazio, a testimonianza della proficua collaborazione con i colleghi ingegneri e geologi e con la pubblica amministrazione, nella convinzione che una tale iniziativa possa contribuire a sensibilizzare noi tecnici e l'opinione pubblica in generale, sulla necessità di progredire nelle politiche di gestione territoriale.

E' necessario quindi un impegno comune per maturare una gestione ordinaria del territorio e non soltanto vedere applicata una politica emergenziale costosa e tardiva.

Se è evidente che il problema tocca più direttamente e più da vicino i geologi e gli ingegneri, dall'altra anche noi architetti siamo chiaramente chiamati a fare la nostra parte.

Una rinnovata cultura della sostenibilità in generale e di quella paesaggistica in particolare, si è ampiamente diffusa negli ultimi anni, coinvolgendo università, mondo professionale e associazionismo, nella comune consapevolezza del fatto che la crisi economica non deve trasformarsi per forza in crisi culturale.

Il recupero dei centri storici, per esempio, non può prescindere dalla sicurezza dei luoghi e gli interventi proposti non possono prescindere, a loro volta, dal valore ambientale dei luoghi stessi.

Ecco qui che le diverse professionalità intersecano le loro strade, al fine di proporre nuove soluzioni in grado sì di produrre sicurezza ma anche di rispettare la bellezza che l'Italia ci regala.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Roberto TRONCARELLI
Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio

L'Ordine dei Geologi del Lazio ringrazia il Sindaco del Comune di Calcata, per l'opportunità offerta ai nostri iscritti, di poter partecipare a questo seminario, organizzato in collaborazione con altri Ordini, su un argomento di rilevante importanza per l'intera comunità viterbese.

La stabilità delle rupi tufacee della Tuscia, infatti, è un problema diffuso, che riguarda tante altre realtà della nostra provincia e non solo.

Il frequente coinvolgimento dei centri abitati ed in particolare dei centri storici dei paesi coinvolti, richiede lo svolgimento di uno studio interdisciplinare, che dimostri quale importanza abbia una fattiva collaborazione tra le diverse professionalità, chiamate ad offrire le loro specifiche conoscenze per l'ottenimento di un obiettivo comune.

L'iniziativa è particolarmente pregevole poiché tratta, in un momento di cronica mancanza di risorse da dedicare alla salvaguardia del territorio e dei suoi abitanti, un tema di tale rilevanza, senza trascurare proprio l'aspetto economico, proponendo l'utilizzo di fondi europei, ad oggi gli unici in grado di permettere alle amministrazioni locali di affrontare problematiche così impegnative.

L'idea di confrontarsi su problemi comuni da parte di amministrazioni diverse, inoltre, potrebbe costituire l'avvio di una buona prassi di comportamento, da applicare anche in altre situazioni.

La presenza di un progetto pilota, inoltre, permette di verificare concretamente la bontà delle soluzioni tecniche adottate e la possibilità che tali soluzioni sia estendibili ad altre situazioni comparabili.

La speranza è che il progetto possa essere realizzato in tempi ragionevoli in modo da verificare l'applicabilità delle soluzioni proposte e da poter servire da stimolo per proporre ulteriori iniziative in altre realtà del nostro territorio

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Mauro LASAGNA
Direttore - Direzione Regionale Risorse Idriche e Difesa del Suolo

LA NUOVA PROGRAMMAZIONE REGIONALE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO
POR LAZIO 2014/2020

La Regione Lazio ha formulato le proposte di intervento per la nuova programmazione 2014-2020 in relazione al Quadro Strategico Comune (QSC) che tutti i fondi SIE (FESR-FSE-FEASR) dovranno trattare per promuovere la crescita intelligente sostenibile e inclusiva, come previsto nel Regolamento (UE) n.1303/2013 relativo alle disposizioni comuni fondi SIE.

Con l'approvazione dei nuovi programmi di intervento, la Direzione ha avviato rapidamente le procedure per il finanziamento di un pacchetto strutturato di interventi di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico ai fini dell'assegnazione dei contributi ai soggetti pubblici territoriali.

Si tratta di una vasta programmazione, che sta riguardano soprattutto 2 attività:

il POR Fesr Lazio 2014-2020 e il nuovo Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020.

POR FESR LAZIO 2014-2020

Con la DGR n. 397 del 28/07/2015 relativa alle Modalità Attuative del programma Operativo (MAPO) sono stati approvati i criteri per le azioni formulate ed inserite nell'asse 5 "Prevenzione del rischio idrogeologico" in cui per la difesa del Suolo è prevista:

L'AZIONE 5.1.1 "Interventi di messa in sicurezza e per l'aumento della resilienza dei territori più esposti a rischio idrogeologico e di erosione costiera" (finalizzata a realizzare interventi infrastrutturali per il consolidamento e la sistemazione di versanti caratterizzati da fenomeni gravitativi di massa, superficiali e profondi, di difesa idraulica e di rigenerazione dei bacini idrogeografici e delle aree fluviali).

La dotazione finanziaria prevista è di 90M.

Con Determinazione n. G13802 del 10/11/2015 relativa all'azione 5.1.1 è stato approvato il documento nel quale vengono approvati nel dettaglio i criteri di ammissibilità e di selezione delle proposte di intervento di mitigazione del rischio idraulico e gravitativo.

Le risorse finanziarie, pari a 90 milioni di euro, sono così ripartite:

il € 35.000.000,00 per gli interventi di difesa idraulica;

il € 55.000.000,00 per gli interventi di contrasto al dissesto gravitativo.

Per evitare inoltre la concentrazione dei finanziamenti in alcune zone specifiche il territorio sarà suddiviso, per quanto riguarda il dissesto idraulico, sulla base dei bacini idrografici così ripartiti:

- Bacino del Tevere: 45%
- Bacino Liri – Garigliano: 25%
- Bacini regionali ed interregionali: 30%

La Commissione di valutazione ha recentemente approvato gli interventi ammissibili, nel frattempo la Direzione ha avviato un vasto programma di sopralluoghi effettuati dai tecnici regionali (geologi, ingegneri, architetti, ecc.) che garantirà la correttezza e la qualità del processo avviato.

Il prossimo mese si chiuderà la fase di istruttoria e la Commissione di valutazione potrà procedere alla selezione finale degli interventi da ammettere a finanziamento

Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020

INTRODUZIONE DEI LAVORI

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Il Programma di Sviluppo Rurale del Lazio per il periodo di programmazione 2014/2020, approvato con Decisione della Commissione Europea n. C(2015)8079 del 17 novembre 2015, prevede la specifica Misura M05 "Ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali e da eventi catastrofici e introduzione di adeguate misure di prevenzione", che costituisce un importante strumento di prevenzione territoriale per la politica di sviluppo rurale.

Nel Comitato di Sorveglianza dello scorso dicembre sono stati approvati i criteri di selezione della misura, conseguentemente la Direzione ha avviato la stesura del bando pubblico che potrà essere approvato e pubblicato nel mese di maggio.

Si tratta della Tipologia di intervento 5.1.1.a "Sostegno a investimenti in azioni di prevenzione volte a ridurre i rischi del dissesto idrogeologico e la salvaguardia del territorio", finalizzata all'attuazione di azioni sul territorio in grado di rendere maggiormente competitive e produttive le zone rurali, dando un significativo contributo al settore agricolo che subisce ingenti danni economici a causa della perdita di produttività del potenziale agricolo dovuto all'innescarsi di eventi meteorici di carattere catastrofico, le cui cause d'innescio possono essere riconducibili anche ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici in atto.

La misura è coerente ed attuativa della "Strategia europea per i cambiamenti climatici" e delle successive Conclusioni del Consiglio Europeo del 13 giugno 2013 "Una Strategia europea di Adattamento al Cambiamento Climatico", nonché della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), approvata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare con Decreto Direttoriale Prot. 86/CLE del 16 giugno 2015, il cui obiettivo principale è quello di individuare un set di azioni ed indirizzi per far fronte all' impatto dei cambiamenti climatici migliorando la capacità di adattamento dei sistemi naturali.

La misura prevede principalmente la realizzazione di interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua e del sistema dei canali, a tutela della potenziale produttività agricolo, con particolare riferimento alle seguenti azioni: pulizia e risagomatura delle sezioni idrauliche, finalizzate a garantire il deflusso delle piene nelle aree di valle, realizzazione di opere di regimazione e bacini di espansione, saliti di fondo e briglie, finalizzati al contenimento del trasporto solido ed alla riduzione della velocità di deflusso delle piene nelle aree di monte, realizzazione di arginature ed opere di consolidamento spondale, finalizzate alla protezione delle aree agricole contornate ai corsi d'acqua, ecc.

Le suddette attività saranno sviluppate adottando, ove possibile e conveniente, l'uso di tecniche di ingegneria naturalistica, utili anche ad una ottimale rinaturalizzazione dell'area di intervento, alla mitigazione dell'impatto e mascheramento della parte strutturale, alla conservazione e al miglioramento della conservazione della biodiversità.

Gli interventi dovranno riguardare prioritariamente gli ambiti territoriali indicati nelle mappe di pericolosità da alluvione, come previsto nell'articolo 6 della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni (Floods Directive), attuata in Italia con il D.Lgs. 49/2010, che ha previsto la redazione, a livello di distretto idrografico o di unità di gestione, di mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni per le aree a potenziale rischio significativo di alluvioni.

Le risorse finanziarie complessivamente destinate all'attuazione della Tipologia di intervento 5.1.1.a ammontano ad € 10.069.693,49.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

PAOLO PORTOGHESI

Nella *Guida della Provincia di Roma* di Enrico Abate, pubblicata dal Club Alpino Italiano nel 1894, Calcata è ricordato tra i paesi raggiungibili solo su una strada "mulattiera". Gli abitanti erano allora 563, «dediti all'industria agraria». Da Roma ci si poteva arrivare con vettura di linea fino a Campagnano in partenza tutti i giorni da piazza Polaroid, di fronte alla trattoria del Paradiso. «Il paese», aggiunge l'Abate, «è situato su uno scoglio tra molti burroni i quali presentano pittoresco sfondo... Nella chiesa parrocchiale si conserva una curiosa reliquia, il prepuzio di Gesù Cristo»

Circa sessant'anni dopo, nel luglio del 1957, «Le Vie d'Italia» pubblicava un articolo di Luciano Zeppegno intitolato *Le Gole del Trejo*, dove si parla di Calcata come di un paesino in cui il tempo si è fermato in un singolarissimo scenario naturale che viene visitato in media da «otto-dieci visitatori l'anno». Da allora sono passati trentasette anni e se lo scenario naturale è cambiato di poco - sono cresciuti molti alberi al posto dei pascoli sulle colline e le culture agricole sono quasi sparite - completamente diverso è il rapporto tra Calcata e il resto del mondo. Quello che era un luogo sconosciuto e difficilmente accessibile è diventato una meta turistica al centro di un parco regionale, in cui ogni settimana, il sabato e la domenica, si riversano migliaia di persone attratte da una sorta di mito collettivo. Le ragioni di un cambiamento così radicale sono molte e concomitanti; ma come in tutti i miti molte di esse hanno ben poco a che fare con la "ragione" così come noi la intendiamo ed esprimono piuttosto desideri, sentimenti, frustrazioni che si vanno via via diffondendo nella nostra società che, caduta nella trappola del consumismo, cerca disperatamente di liberarsene.

Un fatto distingue anzitutto Calcata dai moltissimi paesi del Lazio che le somigliano sia per il paesaggio sia per la suggestiva forma dell'insediamento "a fuso di acropoli": il fatto che fu condannata a morte una prima volta nel 1908 e, successivamente, alla fine degli anni Trenta, in base a una legge che obbligava allo sgombero un certo numero di abitati pericolanti impegnando lo Stato - allora le ragioni non avevano ancora un ruolo politico - a contribuire alla realizzazione di un insediamento sostitutivo.

La seconda guerra mondiale costrinse lo Stato a rinviare la sua opera distruttrice e negli anni cinquanta Calcata era ancora abitata dai calcatesi e da trecento asini, che permettevano agli abitanti di coltivare la terra in luoghi impervi, oggi tornati allo stato selvaggio.

Entrando nel paese si era colpiti dal fatto che la vita quotidiana era ancora improntata dai ritmi e dai riti della civiltà contadina; le donne stavano riunite nel lavatoio pubblico, o potevi sorprendere a prender l'acqua dall'unica fontanella, nell'atto di issarsi sulla testa la conca di rame dopo aver formato una bella ciambella.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

bella di panno per attutirne il peso. Nella piazzetta gli uomini, seduti tutt'intorno sugli stretti sedili disposti lungo i muri, pecore, capre, maiali e asini. Sotto il paese, un secondo paese sonoro di raggi, belati e grugiti che la vicina altura di Narce replicava rimbombando. Rispetto a questa immagine, ciò che oggi i turisti vedono e vivono venendo a Calcata durante il week-end è solo un pallido surrogato, non privo però di luci nuove, suggestioni e significati che si sono aggiunti in questi ultimi decenni; mentre la società cambiava non solo nelle campagne ma anche nella città e, sparita ormai la civiltà contadina con il suo profondo legame con la terra, era proprio la cultura urbana che scopriva la necessità di stabilire con la natura una nuova alleanza.

Ma torniamo alle ragioni che hanno visto Calcata acquistare rinomanza e divenire un polo di attrazione turistica. Queste ragioni possono raggrupparsi secondo caratteristiche di tre specie: sociologiche, naturalistiche e archeologiche. Le ragioni sociologiche sono probabilmente quelle che più hanno contribuito al successo del mito di Calcata e consistono nella presa di possesso del vecchio centro storico, abbandonato dagli abitanti nel periodo tra il '62 e l'80, da parte di un gruppo eterogeneo di persone provenienti in maggioranza da Roma; ma anche da altre città italiane e soprattutto da paesi europei e non solo europei. La prima ondata degli immigrati era composta da giovani hippies e da "tittadini scontenti", alla ricerca di luoghi lontani dai rumori e dalle inquietudini urbane, in cui tuffarsi durante il week-end, magari sperimentando l'allungamento progressivo della pausa settimanale fino ad azzardare una ipotesi di trasferimento integrale. Molti degli immigrati, soprattutto appartenenti alla seconda categoria, non dimostrarono però grande costanza e cedettero la casa acquistata ad altri, con cospicui vantaggi economici, dando luogo a un transito rapido di proprietà e poco vantaggioso per Calcata, con il risultato di indispette i vecchi calcatesi che vedevano le case, cedute da loro per cifre modestissime, divenire oggetto di speculazione. La selezione naturale ebbe però il merito di far sì che i più costanti restavano non per pigrizia ma per amore: per essere riusciti a trasferirsi definitivamente o per aver acquisito, come permanente abitudine, quella di una consolatoria seconda casa, contrapposta alla prima, ormai tollerata o addirittura odiata. Nacquero così molte botteghe e ristoranti all'inscena - ci si consenta il paradosso - di un consumismo alternativo, botteghe in cui si può comprare carta riciclata senza legno, cibi macrobiotici, cosmetici a base di erbe e prodotti naturali, maschere di cartapesta o ristoranti in cui si possono consumare pasti vegetariani o basati sulle locali tradizioni culinarie. Tra queste si annoverano le viscianelle, lunghissimi fili di pasta fatti a mano con incredibile destrezza e avvolti intorno al gomito come gomitoli di spago; la minestra di gnocchetti e piccoli fagioli bianchi in tempo coltivati in loco (molto simili ai "fagioli del fuggatorio" che ancora si producono a Gradoli, sul lago di Bolsena), i "cappellacci" (molto simili alle crêpes, ma ripieni di pecorino grattugiato), le pizze con la cipolla, le lasagne con uova sode e piatti di carne profumati con le erbe locali, tra le quali primeggiano il polline di finocchio e il sarapallo, appellativo umbro-laziale del Trino Serpillo.

Potersi allontanare dalla città, visitando un luogo di cui spesso si interessano i media, dove si può partecipare a un concerto di musica classica o di "musica preistorica", ascoltare una conferenza, visitare una mostra all'interno del "Granarone" o partecipare a un dibattito sui beni ambientali, costituisce evidentemente una esperienza gra-



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

ttificante, anche perché chi vive drammaticamente i problemi dell'inquinamento urbano intruisce che una tale esperienza può proiettarsi nel futuro, può prefigurare un'Italia diversa, in cui le metropoli saranno costrette a ridimensionarsi per sopravvivere e i piccoli centri acquisteranno – in un mondo dominato dall'informatica e dalle telecomunicazioni – una competitività imprevedibile, non solo per chi ama la quiete, ma anche per chi vuole esercitare una attività culturale, artistica e persino scientifica.

LA STORIA GEOLOGICA

Se i vulcani prepararono la giacitura del paesaggio romano della Etruria meridionale, fu però l'acqua a plasmarlo nelle sue forme caratteristiche, erodendo rapidamente le tenere rocce tufacee, fino a scavare nel loro corpo valli strette come canali con pareti rocciose e fondi propizi alla formazione di vegetazione selvaggia, le famose "torre" e i "fossi" che, come vene e capillari, irrano il tessuto terrestre della zona.

Le attrattive naturalistiche e ambientali del territorio di Calcata si collegano a quelle del parco regionale Valle del Treja e, più in generale, a tutta la vasta area che circonda la città di Roma, a sud l'area dei Castelli romani, a nord quella parte a sinistra del Tevere che fu la culla della civiltà etrusca. L'Etruria meridionale a partire dai ruderi di Veio ormai circondata dalle propaggini esterne della città fino alle pendici del monte Amiata, offre un insieme di paesaggi fortemente caratterizzati e dotati di uno speciale fascino evocativo. La struttura orografica fondamentale vede in netta contrapposizione una superficie "esterna", collinosa o pianeggiante con una vasta rete di "spazi" interni, costituiti dalle forre: valli strette e profonde, scavate dai corsi d'acqua nei banchi di tufo, coperte da una vegetazione ricchissima e non di rado costeggiate da alti speroni rocciosi di colore rossastro. La rete delle forre costituisce una riserva inesauribile di esplorazioni a partire da qualcuno degli innumerevoli paesi, costruiti sulle isole e penisole che si innalzano sui cosiddetti "fusi d'acropoli", di solito dove due corsi corsi d'acqua si incontrano, come Calcata, Civita Castellana, Bleda, Barbarano, Vitorchiano, Faleria. Sul fondo delle forre, wotoli antichissimi, immersi nella vegetazione più fitta, permettono di allontanarsi dagli insediamenti ancora abitati e di individuare i luoghi dove sorgevano insediamenti abbandonati, vecchi santuari o necropoli: permettono in molti casi di osservare uno scenario naturale ancora intatto, in tutto simile a quello in cui i primi abitanti della zona cercarono i luoghi più adatti per costruire le loro case.

Una descrizione tra le più efficaci di questo paesaggio delle forre l'ha lasciata Massimo D'Azeleglio ne *I miei ricordi*: «Una delle più belle e pittoresche parti della campagna romana è quella che incomincia a Nepi e si stende fino al Tevere per larghezza; per lunghezza giunge sino ad Otricoli ed anco fino a Narni. I forestieri, i turisti, non ne seppero mai nulla sino ad oggi; e tanto meno la conoscevano nel maggio 1821. Ho sempre trovate saporte infinitamente quelle parti della terra italiana sulle quali non rimasero stampate le suole degli stranieri. Buona o cattiva, è la terra nostra vergine quale la fece Iddio e non guastata da nessuno.

Questa regione veduta in distanza, sembra una pianura leggermente ondulata. Chi invece si inoltra in essa, si trova ad un tratto sul ciglio di larghi burroni che solcano il suolo ed in fondo ai quali corre un piccolo torrente. Questi rivi nascono nelle colline di Sutri, di Viterbo e dapprima scendono quasi a fior di terra. A poco a poco si vengono poi avallando, e serpeggiando in mezzo a queste valli profonde, larghe talvolta più di un miglio, né può facilmente concepirsi in qual modo così piccoli rigagnoli abbiano potuto scavare letti tanto estesi e profondi. Ed al contrario quale altra forza se non l'acqua può averli formati? Le pareti di queste voragini sono per lo più grandiosi squarci di rocce a pendicchio, talvolta scoscienti erbose o vestiti di boscaglie. Il fondo è fresco e verdeggianti per grandi alberi ed ombre opache, le correnti, i filletti d'acqua, i ristagni ove questa impadua; che ora si vedono e riflettono il verde della campagna o l'azzurro del cielo, ora irrimangono confusi o celati sotto le volte d'una robusta e fitta vegetazione. Non ho mai veduto un più ricco tesoro di bellezze naturali per lo studio di paese.»

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, questo paesaggio accidentato e ambiguo è un paesaggio geologicamente giovane, risultato di un evento catastrofico avvenuto in età cenozoica, quando l'Italia centrale sia dal punto di vista geologico, sia dal punto di vista botanico eragla stabilmente assestata. La terra si squarciò e almeno

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

cinque gruppi vulcanici, che hanno dato origine a una cinquantina di crateri ancora rintracciabili, vomitarono lava e proiettarono cenere e lapilli per una amplissima estensione.

Prima che avvenisse, durante il quaternario, questo evento cosmico formidabile, con il formarsi della più vasta zona vulcanica d'Europa, un golfo occupava la regione compresa a un dipresso tra il Monte Amiata a nord e i monti Lepini a sud. Il Tevere aveva la sua foce di fronte all'isola di Cetona, e al posto dei sette colli c'erano solo dei fondali marini. Nell'orizzonte del golfo spiccavano alcune isole che ancora fanno parte, per noi, di un repertorio familiare: il Circeo, il Soratte, le colline di Montecelio e di Sant'Angelo di fronte a Tivoli.

Durante il Pleistocene o poco prima emersero le più antiche formazioni vulcaniche: i monti della Tolfa, i Volisini (uno dei crateri è occupato oggi dal lago di Bolsena), i Cimini (cratere occupato del lago di Vico) e i Sabatini (cratere occupato dal lago di Bracciano).

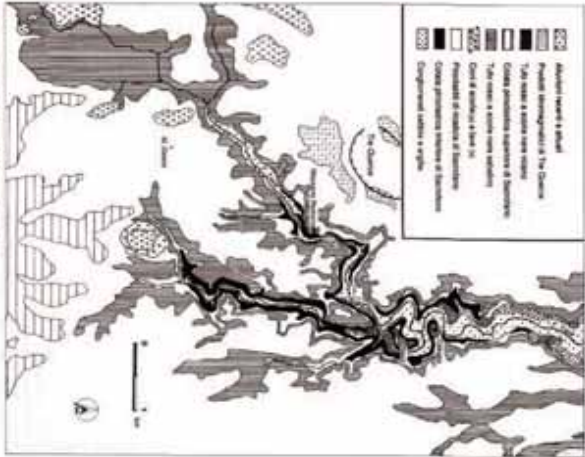
I vulcani del sistema meridionale, dei quali i colli Albani sono il più vistoso ricordo, risalgono invece al neozoico e le loro eruzioni e trasformazioni giungono probabilmente alle soglie del periodo storico. Mentre il sistema settentrionale comprendeva almeno cinquanta crateri, il sistema meridionale era composto di tre anelli concentrici con un minor numero di bocche. Il minore degli anelli è quello ancora visibile, dove i laghi di Castello e di Nemi hanno riempito due vecchi crateri.

L'emersione dal mare dei due sistemi di vulcani, le colate di lava e più ancora le piogge di cenere e di detriti, i bradisismi, le scosse telluriche: e tutto ciò prima da nord, poi da sud. Il territorio dove Roma sarebbe sorta fu il teatro di sconvolgimenti cosmici tra i più violenti e spettacolari. Per farne una idea approssimativa si può pensare a qualcosa di simile a ciò che si vedeva sullo schermo in quella parte del film *Fantasia*, di Walt Disney, dedicata alla *Saga della Primavera* di Stravinsky.

E quando le colate che provenivano da nord si arrestarono e cominciarono a essere incise dalle acque, altre colate giunsero da sud quasi a stabilire un equilibrio di forze avverse con una linea di demarcazione che venne pressappoco a coincidere con il corso del Tevere, più volte deviato dalle vicende eruttive.

Per quanto riguarda in particolare il bacino del Treja, una serie di grafici pubblicati in: *L'ambiente della Tuscia Laziale*, edito dalla Università di Viterbo, consente di chiarire il succedersi degli eventi eruttivi che hanno influito sulla morfologia del territorio. Il primo mostra la valle dove si trova l'insediamento di Calcata in rapporto ai tre sistemi vulcanici. Un altro grafico rappresenta due sezioni della valle del Treja in corrispondenza di Nare e Calcata, dalle quali si rileva l'andamento a gradinata dei versanti vallivi dovuto alla diversa attitudine alla erosione delle masse tufacee.

Un terzo grafico infine, attorno al percorso del Treja, mostra, tra le altre, tre campiture principali: una a tratteggio incrociato che corrisponde al tufo rosso a scorie nere proveniente dal cratere dove è oggi il lago di Vico e che si può far risalire a 18 – 15 milioni di anni fa; una a tratteggio verticale che corrisponde al tufo rosso a scorie nere



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

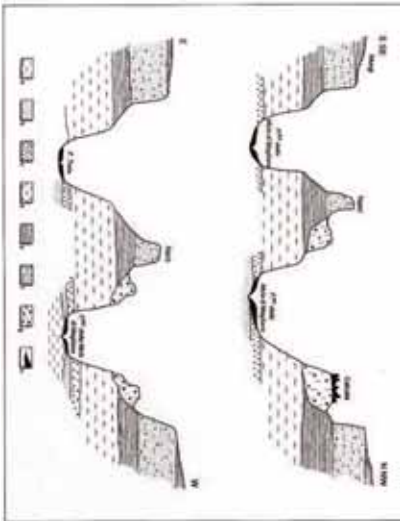


Figura 5. Profili geologici e morfologici di alcune gree tra le più caratteristiche del parco. E' chiaramente evidente l'andamento a gradinata dei versanti, in lega alla diversa erodibilità delle rocce affioranti. Altrettanto chiaro appare la presenza all'interno delle valli di superfici suborizzontali: tali superfici rappresentano la sommità della colata piroclastica del "tuffo rosso" vicino, la cui messa in posto deve aver parzialmente riempito una precedente valle in via di approfondimento.



proveniente dal sistema Sabatino (Sacrofano) databile a quattro milioni di anni fa, e un'ultima, totalmente nera, che corrisponde alla colata piroclastica inferiore del sistema Sabatino (Sacrofano) che ha generato un tufo grigio a scorie nere con caratteristiche simili al peperino anche se assai meno compatto. Secondo gli studi più recenti il sorgere del vulcano Sabatino e la colata piroclastica conseguente, avrebbe determinato sei milioni di anni fa la deviazione del Tevere che percorreva da Nord verso Sud l'attuale bacino del Treja.

La storia geologica spiega le sorprendenti qualità di un paesaggio sia sotto il profilo della forma delle torri e delle loro sponde scoscese, sia sotto il profilo della varietà delle rocce e dei resti alluvionali e dei conglomerati di sabbia e di argilla che si scoprono alla base dei blocchi rocciosi. La rupe su cui sorge il paese di Calcata, come l'emergente "Pizzarello" che si scorge all'imbocco della forra del fosso del Peccato, è di un bel tufo ocra intenso con schegge carbonizzate che per contrasto ne esaltano il colore, mentre la scogliera a est (località "i Grotti") è di quel tufo grigio scuro della colata piroclastica di Sacrofano che anch'esso presenta lo stesso tipo di schegge carbonizzate. Percorrendo la valle si evidenziano a tratti sezioni di strati sedimentari che hanno consistenza variabile, dalla polverissima come talco che si trova sotto tra Narce e l'altipiano di Morgi, agli strati sabbiosi con ciottoli multi-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

colori che si notano alla base del tufo nelle valli affluenti del fosso della Selva.

Tra le attrattive geologiche vanno certamente ricordate le acque di cui la regione è particolarmente ricca: oltre al fiume Treja che ha tratti di straordinario fascino naturalistico, numerose rapide e le celebri cascate di Monte Gelato riprese in un numero incredibile di film, si distinguono per la loro bellezza i fossi e le relative torri dei suoi affluenti: il fosso Cerreto, lungo il quale non vi sono insediamenti veri e propri e che presenta caratteri di naturalità ancora maggiori della valle del Treja, il fosso del Ponte che costeggia Nepi e Castel Sant'Elia, con la valle Subpentonia e lo stupendo scenario della basilica romanica e del santuario di Santa Maria ad Rupes, il rio Flietto che raccoglie le acque dell'emissario del lago di Vico, e il Rio Maggiore che attraversa Civita Castellana e lungo il quale si incontra la zona archeologica della via Amerina e la tagliata dei Fonti Bassi.

Le acque del Treja assumono aspetti infinitamente variabili e non di rado creano scenari di straordinaria bellezza, soprattutto lungo i sentieri che collegano Monte Gelato con Mazzano e Mazzano con Calcata, dove l'acqua si fa strada tra massi giganteschi o ristagna in ampie distese sotto tenebrose pareti di roccia, si divide creando isole, a tratti risplende, agitata in mulinelli o sollevata dall'impeto della corrente, sotto i raggi di sole che filtrano qua e là, tra i rami della vegetazione ora folta, ora improvvisamente interrotta da radure luminose. Tra le bellezze se-gre che animano il percorso lungo il fiume non va dimenticata la confluenza del fosso Stramazzone che genera due altissime cascatelle ed è affiancato da un percorso nella boscaglia lungo il quale si può gustare l'acqua minerale di una sorgente. Per osservare queste meraviglie occorre risalire la corrente perché le ripe sono troppo scoscese e percorse soltanto dagli animali assetati. Ma la fatica è premiata dalla limpidezza delle acque e dalla magia naturalistica dei luoghi dove l'acqua è nello stesso tempo responsabile del lavoro di erosione (per via di levare come il lavoro di uno scultore) che ha costruito lo scenario e del movimento di danza che sullo sfondo dello scenario essa stessa disegna con il rapido fluire.

LA VEGETAZIONE

La particolare struttura geologica della valle del Treja è alla base della singolarità della vegetazione locale che costituisce una delle più spiccate attrattive del luogo: una vegetazione in cui si mescolano parti fortemente antropizzate a parti ad altissima "naturalità" in cui quindi l'influenza diretta della presenza umana è quasi inavvertibile. Le prime coincidono anzitutto con quella parte pianeggiante o collinosa nella quale si inclinano come crepacci in un ghiacciaio le torri del bacino idrologico. Su questo paesaggio "esterno" la terra è tutta coltivata ad eccezione delle zone a forte pendenza dove predominano cespuglietti e frammenti di bosco. Le coltivazioni prevalenti sono l'oliveto, il nocciolo e la vigna, con qualche frutteto e qualche seminativo nella zona verso Magliano Romano. Nel fondo delle torri un tempo, nelle zone più ampie, si estendevano i noccioli e le vigne e, qua e là, anche gli orti familiari per la disponibilità ravvicinata dell'acqua. Sui lati di questi campi coltivati, dove la pendenza rendeva impossibile o particolarmente faticosa la coltivazione o nelle zone dove la forra si stringeva limitando l'irradiazione, la vegetazione aveva ed ha ancora caratteristiche di forte naturalità che l'abbandono della tradizione della raccolta della legna da ardere e la sospensione dei tagli periodici del bosco tende progressivamente ad aumentare. La vegetazione delle torri, ampiamente studiata negli ultimi decenni presenta diverse tipologie ma caratteri generali abbastanza omogenei. Di solito sul bordo superiore delle torri insieme alle rocce affioranti si osservano le chiome dei lecci: una barriera discontinua che mette in rilievo il felice contrasto di colori tra il verde scuro e l'ocra rossiccia spesso accompagnata a primavera dal bianco dei fiori dell'erica e del cisto e dal verde più chiaro delle foglie di corbezzolo. Al di sotto di questa cortina che nella continua oscillazione in alto e in basso sembra seguire l'impulso di una mano che adopera il pennello, sorge dal fondo della valle, o più spesso dalle superfici inclinate che lo raccondivano alle pareti rocciose, il bosco ripariale dove si alternano il cerro (un tipo di quercia a sviluppo prevalentemente verticale), l'acero campestre, il carpino nero, il salice, il bagolaro, l'albero di Giuda e il carpino bianco. Il sottobosco arbustivo è costituito di solito dal corniolo, dal biancospino, dal pero selvatico e da tre protagonisti che denunciano con affascinante tempestività il cambio delle stagioni. Il primo a fiorire è il prugnolo (*Prunus spinosa*) che alla fine di febbraio punteggia con le sue macchie bianche, leggere

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

come vell. lo sfondo ancora grigiastro dei boschi delle caducifoglie. Il secondo è la ginestra dei carbonai (Cytisus scoparius) che annuncia la primavera con il giallo intenso dei suoi fiori, dalla forma accattivante di una spirale o di un minuscolo bas-tuba. Terzo protagonista la vitalba, che a settembre rende più chiaro il verde dei boschi senza creare contrasti e dà ai boschi, esplorati dall'interno, l'attiva delle liane della vitalba che si aggomitano per ogni dove e presentano d'inverno acheni aperti come ciglia e che, osservati in controluce, creano splendidi effetti di spazi prospettici che si espandono uno dentro l'altro con la leggerezza delle piume e la fluidità della spuma.

Al di sotto dei cespugli nel fondo delle foreste è possibile trovare il pungitopo con le sue bacche rosse, il bucanere, l'asparago, l'agrifoglio, l'equisetum che annuncia i terreni acquitrinosi, il cardo dei tessitori e quello della Madonna, il ginepro, le felci, le primule, le violette, gli anemoni, le pervinche e i ciclamini. Erodemia e sorprendente è l'apparizione dei ranuncoli gialli che affiancano i sentieri con un rigoglio zampillante e approfittano della superficie lucida dei loro piccoli petali gialli per captare - come se si trattasse dei riflettori a "occhio di bue" di un palcoscenico teatrale - i raggi del sole che filtrano dall'alto. Non meno clamorosa, anche se assai meno endemica l'apparizione, che oscilla tra la fine di gennaio e il tardo febbraio, del bucanere che, nella valle del Treja, ha un epicentro spettacolare proprio sotto alla rupe di Calcata nel punto rivolto a est, dove il sentiero proveniente da Mazzano si innalza e si incurva. Lì, sopra un insieme di massi tufacei crollati dall'alto, ma ormai addolciti dal vellutello e irrigiditi dalla vegetazione, una miriade di capolini bianchi spocchia all'unisono per celebrare i primi sentori di un clima intepidito o il prolungarsi progressivo del giorno. È un fiore, il bucanere, che sembra voler celebrare la forza e la purezza della luce che trasmette per riflessione e per trasparenza. Rivolto verso il basso come una lampada che voglia illuminare il prato sotto di sé, fu usato da Henry Guimard come modello per le lampade che ancora illuminano gli ingressi della Metropolitana parigina.

Nei vecchi sentieri che scendono verso il greto del fiume o dei fossi non è difficile incontrare a primavera orchidee come quelle bellissime a forma di pagoda, le Orchis morio L.. Altra particolarità della vegetazione della valle del Treja e delle valli dei suoi affluenti è quella di costruire sopra i corsi d'acqua delle vere e proprie gallerie in cui giocano un ruolo determinante gli ontani, ma spesso entrano in gioco anche roverelle e salici. Nel tratto tra Calcata e Città Castellana le gallerie sono frequenti e contribuiscono a dare un volto architettonico al paesaggio che prefigura a mio parere in molti punti degli spazi urbani. E come non parlare a questo punto delle radure? Vere e proprie piazze che interrompono la linearità dei percorsi e ripropongono ampie vedute in campo lungo dopo la sensazione di accerchiamento data dai boschi e dalle gallerie.

LA STORIA

Nell'agro falisco le prime tracce della presenza umana risalgono a diecimila anni orsono come dimostrano le cavernette lungo le pareti rocciose del Rio Maggiore scavate alla fine dell'Ottocento e, proprio davanti a Calcata, troneggia l'altura di Narce che insieme alle alture vicine di Prizopiede e Monte U Santi ospitò, a partire dal secolo XIV a. C. (età del bronzo medio), un insediamento falisco di grande importanza che si può con ogni probabilità identificare con l'antica Fescennium, celebre nell'antichità per le fescennine, sceneggiate che venivano recitate per strada nella Roma repubblicana. La proposta di identificazione, già avanzata alla fine dell'Ottocento da F. Bernabei e G. F. Gamurrini, recentemente ripresa in modo convincente da Giovanni Colonna, si basa sulla scarsa credibilità della identificazione alternativa con Corchiano (il cui toponimo si può invece collegare a quello di Norchia) e alla importanza dei resti archeologici che configurano nell'ambito degli insediamenti falisci l'unico primario urbano dopo quello di Faleri Veteres. Alla identificazione tra Narce e Fescennium portano un contributo di immagine anche i versi dell'Eneide virgiliana che si riferiscono al contingente di truppe falisce accolto in aiuto di Turno: «Hi Fescennius aces aequosque Faliscos, /hi Soractis habent arcus Flaminiaque arva/et Cimini cum monte lacum lucosque Capenos». Gli abitatori delle asperità fescennine sono qui contrapposti - come fa notare il Colonna - ai Falisci del piano, gli abitatori delle vette del Soratte a quelle dei campi flavini, gli abitatori del Cimino a quelli del fondovalle tibertino «in un crescendo di contrasti che abbraccia l'intera regione».

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Per rappresentarsi l'immagine urbana di Fescennium bisogna pensare agli insediamenti (pagi) distribuiti sulle colline della Roma delle origini, a un sistema urbano policentrico con almeno cinque nuclei distinti perché ai tre colli già citati, recentemente studiati dal Potter, vanno aggiunti con molte probabilità sia quello detto "la Rocchetta", identificato dal Colonna con la sua massima quota che è di m. 210, sia l'altura su cui insiste l'insediamento medievale di Calcata e forse, come sostennero a suo tempo Cozza e Pasqui anche la vicina altura di Santa Maria. Il fatto che il Potter non abbia fatto il minimo accenno a queste possibili estensioni dell'area archeologica lascia infatti il dubbio che non potendo estendere i suoi scavi si sia attenuto a una reticenza tutta inglese sul dibattito argomentato. Certo è che il problema è importante e c'è da augurarsi che venga presto affrontato da una nuova generazione di studiosi. Visitare i luoghi dove si trovano le poche tracce superstiti degli insediamenti, per quanto l'itinerario non manchi di fascino e di suggestione sacrale, aiuta poco a capire come poteva essere questa città diffusa. Le mura a grandi blocchi di tufo ai margini della collina di Narce danno l'idea di un luogo fortificato, forse l'acropoli, mentre la presenza di due santuari nei pressi del fiume fa capire l'importanza, nella scelta del luogo di insediamento, della presenza dell'acqua, non solo per gli usi connessi all'agricoltura e forse per le comunicazioni (potendosi ipotizzare una almeno parziale navigabilità del Treja sicuramente più ricca di acque a quei tempi) ma anche per il suo valore simbolico e sacrale. Per il resto le tombe numerosissime concentrate in più luoghi sopra e sotto le alture, i fondi di capanne, i buchi nella pietra che servivano sicuramente di base a strutture lignee verticali offrono solo qualche spunto per immaginare la qualità ambientale di villaggi immersi in un paesaggio, l'aspettativa del quale ne esaltava il carattere terrestre, "ctonio".

La decadenza del centro Falisco di Narce (che si identifichi o no con Fescennium) inizia nel periodo successivo alla conquista romana di Faleri Veteres nel 241 a. C. e alla realizzazione di Faleri Novi, e la mancanza di resti archeologici successivi ai primi secoli a. C. fa supporre che l'insediamento abbia perso gradualmente la sua importanza, integrato e poi sostituito da insediamenti diffusi nel territorio. Un insediamento romano è documentato nei pressi del fosso Stramazzo e una villa è stata recentemente scavata nei pressi di Monte Gelato, costruita molto probabilmente agli inizi del primo secolo dopo Cristo dal liberto Gaio Valerio Fausto, commerciante di buoi, una «residenza di lusso», scrive T. W. Potter, «con piacevole vista sul fiume Treja e sulle cascate, costruita come residenza estiva per un uomo di notevole ricchezza». Nel secondo secolo alla villa venne aggiunto un complesso termale e un piccolo mausoleo mentre intorno al 200 un evento traumatico ne provocò la distruzione: il sito rimase inutilizzato fino alla metà del IV secolo, quando quanto rimaneva della villa venne sostituito da un insediamento collettivo di coloni agricoli dotato più tardi di una chiesa ad aula absidata di datazione incerta. Si arriva così al secolo VIII, quando la ricostruzione ampliata della chiesa fa supporre che sia già intervenuta quella riorganizzazione del territorio come grande tenuta di proprietà papale che viene ricordata come Domus Culta Capracorum, il cui epicentro si trovava a Santa Cornelia, nei pressi di Formello, ma della quale il nucleo presso Monte Gelato (per il quale è sopravvissuto il toponimo Crepacuore) doveva essere una delle sedi più significative. L'iniziativa pontificia, avversata dalla nobiltà romana, ebbe alterne vicende ma la fattoria rimase in uso fino all'inizio del XII secolo quando il complesso ecclesiastico in rovina venne raso al suolo, preoccupandosi però di non cancellare la sacralità del luogo.

Nel secolo X era iniziato il processo di riaccentramento della popolazione agraria che vide sorgere, quasi sempre negli stessi luoghi degli insediamenti etruschi e falisci, castelli e villaggi fortificati. Il fenomeno, determinato dalla concomitanza tra le invasioni dei saraceni e degli ungari e di una parallela crescita demografica, avvenne sullo sfondo di una organizzazione imperiale in profonda decadenza e di una volontà della nobiltà di organizzare un potere alternativo garantendo alla popolazione agricola ordine e sicurezza. Il fenomeno del cosiddetto "incastellamento" ebbe un grande sviluppo nella regione falisca sia perché attraversata dalle principali strade di collegamento tra Roma e il nord, sia per la predisposizione del territorio che, per la sua struttura geologica, presentava, come abbiamo visto, luoghi a forte vocazione difensiva, come le rupi accessibili solo da un lato. Se sulla piattaforma rocciosa dove è sorto il paese di Calcata esistesse o no un insediamento falisco, parte dell'insieme di villaggi

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

situati sulle alture, rimane tuttora un interrogativo al quale sembra difficile dare una risposta certa basata su dati archeologici. Lo studio sulla Campagna Romana del Tomassetti attribuisce al periodo falisco un tratto di mura tufacee privo di malta sul lato sud, sotto la casa parrocchiale, e la scala segreta usata nel periodo medievale per sfuggire agli assedi. Anche alcune grotte di dimensioni notevoli, scavate a notevole profondità sotto le case, sembra difficile possano risalire al periodo medievale ed è molto probabile che alcune delle moltissime grotte situate sullo sperone roccioso sotto il paese fossero in origine tombe falsche. Le prime notizie dell'insediamento di Calcata risalgono al 974, quando il "castello" fu donato all'abate del monastero di San Gregorio Magno a Roma, ma per immaginare il suo ruolo nel contesto bisogna tener conto della rete di luoghi alti fortificati che si stava formando tutt'intorno.

La storia del villaggio di Calcata dalle origini al Novecento si riduce, secondo le uniche fonti storiche sopravvissute, a una ardua serie di passaggi di proprietà che vedono emergere, sparire e poi riemergere tre grandi famiglie - i Sinibaldi, gli Anguillara, i Vico e i Massimo - attraverso le alterne vicende di eredità, matrimoni, alienazioni e acquisti.

Le vicende storiche di Calcata medievale sono state accuratamente riassunte da Louise Desmond McDermott in *Calcata, cerni storici*, da cui trascriviamo le notizie più significative, in parallelo con altre informazioni (tra parentesi) dalla relazione sulla storia del castello baronale presentata al Comune dall'Arch. Patrizia Grisanti in occasione dei lavori di restauro: «(dopo i secoli bui delle invasioni barbariche [...] il nome della valle [del Treja] ricompare in un documento papale del 780, con cui tutta l'area veniva incorporata in una "domusculae".

Le domusculae. Erano queste delle tenute che papa Zaccaria prima e poi Adriano I andavano costituendo raggruppando varie fattorie della campagna romana in singole vaste tenute. Era un modo per ripopolare la campagna romana e quindi ricreare le condizioni di una economia agricola locale che la ripresa di Roma richiedeva. Anche se le incursioni saracene da Centumcellae (Civitavecchia) e l'opposizione di alcuni proprietari terrieri non consentirono un gran successo, in qualche modo le domusculae invertirono l'esodo dalle campagne e segnarono la ripresa di economie agricole locali.

Capracorum. Ad Adriano I si deve la creazione di quattro domusculae tra cui quella di Capracorum alla quale apparteneva Calcata. Adriano I inviò anche quattro reliquie per santificare la nuova chiesa di Capracorum. Tra queste anche quella di San Cornelio, papa martirizzato a Civitavecchia nel terzo secolo, e che è rimasto uno dei due patroni di Calcata. Frammenti di marmo antico che furono probabilmente portati dal fundus originale con le pietre usate nella costruzione del primo nudo, esistono tuttora nel paese.

Castel Sinibaldi. A giudicare dalle citazioni documentali, c'è da credere che la rinascita di Calcata abbia inizio verso la fine del millennio. Un atto dell'8 marzo 974 attesta la donazione del Castello, probabilmente una semplice torre, all'abate di S. Gregorio di Roma, mentre il 1° luglio 1006 varie fattorie della zona vengono donate allo stesso abate. Nel 1180 la famiglia Sinibaldi risulta proprietaria di numerose fattorie nei pressi del paese che nel *Liber Censuum* del 1192 viene chiamato Castum Sinibaldorum. Nel 1266 papa Clemente IV concede alla famiglia dei Prefetti di Vico il diritto di investitura di Nepi, Civitacastellana e Castel Sinibaldi, quest'ultimo divenendo chiaramente una pedina nelle rivalità tra i guelfi di Anguillara ed i ghibellini di Vico.

Nel 1291 il borgo viene descritto dall'esattore papale Lanfranco di Scano, come un rudere che i proprietari, Conti di Anguillara, stanno riedificando. È del resto possibile che la sua distruzione fosse seguita a una delle frequenti lotte che, nel nome del papa o dell'imperatore, riempirono di sangue tutta l'Italia del 1200 e in particolare l'area tra Roma e Viterbo, quest'ultima a lungo sede papale.

La torre. Secondo una leggenda locale, il paese venne abbandonato per un periodo di 50 anni a favore di un colle più a nord, oggi denominato Santa Maria, dove si possono vedere ancora butti, granai, pozzi, le rovine di una chiesa, di un monastero, oltre ad una torre, forse il mastio, tuttora in buone condizioni. Il nome originiale del colle è ignoto, ma quello odierno di Santa Maria gli fu dato dal monastero costruito nel XIV secolo quando al declino del borgo corrispondeva la ripresa di Calcata. Nel 1363 il villaggio è citato in un inventario dei beni di

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Francesca, vedova di Giovanni degli Anguillara, tra i quali viene rilenato anche l'anno dopo. Nel 1420 il villaggio viene affittato e sette anni dopo venduto con Nepi e Monterosi come parte del castello di Filisano.

Nel 1432 il villaggio torna ai vecchi proprietari, i Sinibaldi, e da allora per 400 anni sarà oggetto di continui passaggi tra questi e gli Anguillara dei quali merita di essere ricordato qualche nome: Pandolfo, Averso (Eversol), Dolce, Pensoso, Arfida, Virgino, Flaminio e Filippo Gambalunga. (Dopo il 1465 i discendenti di Everso II, di nuovo un Anguillara, "organizzano la corte intorno al castello di Stabia che ristrutturano e ingrandito per tutto il XVI secolo vive il momento di maggior splendore del casato: acquisto di Mazzano, parentele con gli Orsini, i Savelli, gli Strozzi"). La non trascurabile fertilità dei campi e la notevole difendibilità del borgo, ne facevano evidentemente una preziosa merce di scambio. Facile da ipotecare qualora una dote o una guerra rendessero necessario del capitale liquido, era anche un prezioso rifugio di per se stesso tant'è che nel 1599 il signore preferì vender Mazzano piuttosto che privarsi di Calcata per far fronte ad una ipoteca scaduta. Nel 1549 Flaminio degli Anguillara spartì il patrimonio della famiglia con suo fratello: nella sua parte rientravano i villaggi di Stabia (Faleria), Mazzano e Calcata.

Quest'ultimo era ancora conte quando, otto anni più tardi, si verificò l'avvenimento più importante della storia religiosa di Calcata: il rinvenimento di un reliquiario contenente il Sacro Preputio di Cristo. Da trent'anni, cioè dal Sacco di Roma del 1527, agenti papali avevano sporadicamente setacciato il paese alla ricerca della singolarissima reliquia. Ad indirizzare le loro ricerche verso Calcata era stato un Lanzicheneco che, poco dopo il Sacco, confessò di averla trafugata da S. Giovanni in Laterano e successivamente di averla nascosta a Calcata.

Miracoli. Ancor oggi gli anziani del paese sanno indicare dove fu trovata, "proprio lì, sotto il letame". E fu proprio in quell'anno, durante la cerimonia per la sua apertura da parte di una vergine, che la reliquia compì il suo primo miracolo: una densa nube profumata invase la chiesa, anzi il villaggio intero, impedendo persino agli spettatori di vedersi a vicenda il cielo si illuminò di lampi e sembrava che le stelle volessero cadere. I miracoli della reliquia ebbero sempre carattere meteorologico, con addensarsi di nubi e lo scatenarsi di furiosi temporali soprattutto quando essa subiva minaccia di trasferimento.

Altri prodigi. Ne *Les clefs de S. Pierre* Roger Peyrefitte osserva che "sembra ci siano posti predestinati per certe reliquie". Effettivamente dal 1555 la reliquia è sempre rimasta a Calcata e un decreto papale del 3 febbraio 1900 ne proteggeva e limitava il culto. Ogni primo gennaio, giorno della Circoncisione, il vescovo accompagnato dal popolo e dalla banda la portava in processione per tutto il villaggio che ne veniva benedetto. Questa festa ha rappresentato per secoli una tradizione religiosa profondamente radicata nei sentimenti degli abitanti. Nel 1985 però il prezioso reliquiario scompariva dalla sagrestia della nuova chiesa di Calcata. Un'altra festa di Calcata si celebra il 16 settembre, giorno di S. Cipriano che, assieme a S. Cornelio papa, fin dai tempi di Adriano si suddivide la protezione di Calcata. Un'altra usanza inconsueta è quella dei fedeli di custodire a turno, e con amorevole cura, la statua che due volte all'anno, con grande solennità cambia ospite.

[Gli Anguillara "dopo la vendita di Stabia ai Borghese nel 1599 e di Mazzano nel 1660 [...] possiedono solo Calcata e [...] Lorenzo, dopo che nel 1697 era stato Conservatore di Roma, andrà a vivere nel palazzo di Calcata dove morirà all'età di 73 anni nel 1724. Il cardinal Cybo in visita nel novembre 1722 scrive nel suo diario: "avendo io osservato che la chiesa era quasi che un fenile con il tetto rotto che fa acqua [...] appariva che il conte Anguillara che era padrone temporale di quel luogo, quantunque di un'illustre famiglia era nulladimeno così ristretto di rendite che appena rimaneva per che vivere". Nel 1724 Calcata fu venduta per 16.500 scudi ("nel 1734 il figlio Carlo riuscì a vendere il feudo ad un parente ricco, lo zio Fabrizio Sinibaldi"). È assai difficile capire se fosse o meno un prezzo proporzionato al valore che poteva avere all'epoca, numerosi documenti esistono tuttora nell'archivio comunale, ma non sono stati studiati a fondo. È prevalentemente materiale di natura amministrativa, libri mastri, lettere e conti per la macina del XVII secolo che portano un sigillo del villaggio di tutto diverso da quello odierno: uno stemma a forma di mandorla che fa da cornice alla figura di un prelato (o un vescovo?) con un pastorale nella mano sinistra e uno scudo nella destra. Lo stemma attuale invece risale al 1905 circa. ("Giulio

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

il primogenito [di Fabrizio Sinibaldi] sposa Petronilla Massimi e nel 52 il fratello Lorenzo rinuncia in suo favore a tutti i beni, ma continua a frequentare Calcata con la sorella Virginia e il vecchio zio Carlo Anguillara [...]. Durante la loro assenza la casa era tenuta da un servitore e abitata dal cappellano Lorenzini che lo affittò nel 71 e nel 72. L'anno dopo muore il marchese che lascia il feudo alla sorella Virginia, che provvede subito ad affittarlo alla famiglia romana dei Cornelfi fino all'84. [...] Nel 1805 Cesare Sinibaldi lascia in eredità il feudo al genero Angelo Massimi dei duchi di Rignano che nel 1816 rinuncia ai diritti baronali. [...] I Massimi continuano ad affittarlo [il palazzo] fino a che nel 1925 fu definitivamente venduto a un loro enfiutea Giovanni Ferrauti").

Letà moderna. Nel 1828 la lunga tradizione di trasferimenti del paese tra i Sinibaldi e gli Anguillara ebbe fine, alorché Calcata passò in eredità alla famiglia Massimo ed entrò a far parte del nuovo ducato di Rignano e Calcata. Nel 1909 il titolo si estinse con Emilio Massimo che non aveva figli maschi, ma la figlia Maria, moglie di Prospero Colonna, principe di Sonnino, ottenne per decreto reale dell'8 agosto 1909 il diritto di successione al padre. Successivamente, primeggiò la famiglia Ferrauti, fattori dei duchi Massimo, e più tardi la proprietà si distribui tra i vari abitanti".

("Nel nostro secolo [...] è sempre più di uso promiscuo il piano terra [del castello] che viene ricordato dai paesani come sede delle scuole elementari [...], della posta, dell'ambulatorio, di un piccolo bar e [...] luogo di festeggiamento per i novelli sposi che almeno una volta nella vita potevano bianchettare nel salone degli antichi padroni").

UN'IPOTESI DI RESTAURO AMBIENTALE

L'importanza assunta da Calcata come polo turistico suburbano rende necessario e irrimandabile uno studio rigoroso delle strategie necessarie per conservare il suo valore, la sua qualità estetica e migliorare nel contempo la funzionalità rispetto alla destinazione d'uso delle sue parti.

L'ipotesi di un restauro puramente conservativo che cristallizzi lo stato attuale dell'insediamento e del suo ambiente contrasta con i rischi di progressivo degrado, con le esigenze degli abitanti e dei turisti e con il fatto che l'ambiente naturale in cui l'insediamento è immerso si sta modificando sensibilmente anno per anno travolgendo quei segni di antropizzazione che ne avevano caratterizzato l'immagine durante i secoli della sua storia.

Esamineremo separatamente le strategie che riguardano l'insediamento e quelle che riguardano l'ambiente sebene siano strettamente complementari.

L'INSEDIAMENTO: consolidamento, restauro, realizzazione dei servizi indispensabili per la vita comunitaria.

L'abitato di Calcata sorge - come abbiamo visto - su una penisola tufacea nei pressi della confluenza del torrente Treja e del fosso della Mola di Magliano. Il blocco tufaceo di forma ellittica su cui sorge la parte più compatta dell'abitato poggia com'è noto su un banco sedimentario di sabbia e argilla.

I rischi di degrado e di crollo di parti del blocco



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



tufaceo sono evidenziati dalle condizioni attuali del suolo. Il banco argilloso è soggetto a un processo di progressiva erosione mentre le superfici esterne del blocco tufaceo, esposte agli agenti atmosferici, pioggia, vento, variazioni climatiche, hanno perso compattezza e rischiano il distaccarsi di parti significative che altererebbe irrimediabilmente la fisionomia del paese.

Da quanto premesso deriva quindi la necessità di provvedere al più presto al CONSOLIDAMENTO della rupe e a una analisi accurata delle superfici tufacee che consenta di valutare i rischi di degrado e di determinare le opere necessarie per il consolidamento conservativo.

Il problema del consolidamento non può essere separato da un altro scottante problema: quello delle FOGNATURE, senza le quali gli abitanti sono costretti a provvedere allo smaltimento di rifiuti organici per mezzo di tubature verticali visibili che scendono lungo la rupe tufacea fino al suo basamento, spettacolo indecoroso che non è più conciliabile - in una paese civile - con l'igiene, la qualità ambientale, la corretta gestione del territorio, tanto più se si tiene conto della alta frequentazione turistica del luogo. La realizzazione di un impianto fognario di qualità adeguata alla delicatezza del



bene culturale interessato presuppone accorgimenti che qui di seguito elenchiamo.
RILEVAZIONE, eseguita con rigore scientifico, della rete discontinua di cavità sotterranee che caratterizzano la rupe tufacea. Il rilievo consentirà l'individuazione dei punti in cui sarà possibile scavare i pozzi necessari senza coinvolgere le proprietà private.

CONTROLLO SISTEMATICO delle superfici esterne della rupe e intervento di consolidamento con mezzi adeguati di alta tecnologia, che lascino inalterata la qualità materica della pietra e nello stesso tempo ne assicurino la stabilità nel tempo.

Particolare attenzione è necessaria per evitare fratture innaturali della coltre vegetazionale che riveste la base argillosa e sabbiosa del blocco tufaceo. L'idea di creare un collettore fognario anulare alla base del blocco, magari coperto con una pista ciclabile, è una delle ipotesi assurde di cui si è sentito parlare e che vio-



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

lerebbe in modo violento e arbitrario proprio quella fascia di vegetazione che cambia di stagione in stagione e di anno in anno creando un meraviglioso accostamento tra wilderness e antropizzazione. Il fascino di Calcata sta proprio in questi aspetti particolari della sua immagine che la distinguono da ogni altro insediamento di analoghe caratteristiche geologiche.

L'AMBIENTE CIRCOSTANTE

Per quanto riguarda lo scenario ambientale nel quale l'insediamento è incastonato, come una pietra preziosa la situazione è molto diversa. Nei quaranta anni che ci separano dalla istituzione del parco regionale (definito all'inizio sub-urbano) una serie di fenomeni collegati hanno sensibilmente modificato le caratteristiche vegetazionali:

- a) il progressivo abbandono delle colture agricole nei fondali delle forre;
- b) l'abbandono delle zone a tempo prative usate per l'allevamento degli animali domestici;
- c) la concentrazione dei percorsi turistici intorno a Calcata e alle cascate di Montegelato.

La nuova situazione ha determinato la crescita spontanea di alberature sulle originarie zone prative e un forte sviluppo di cespugli e alberi oggetto un tempo di sistematiche potature per l'approvvigionamento della legna da ardere.

Gli aspetti positivi o comunque accettabili di questa nuova situazione si uniscono ad aspetti discutibili e in parte decisamente negativi tra i quali vanno segnalati i seguenti:

- a) la spartizione di elementi caratteristici del paesaggio dietro una coltre di vegetazione che neanche durante l'inverno li rende chiaramente visibili. Esempio tipico il cosiddetto "pizzarello", un blocco tufaceo staccato dalla scogliera retrostante, oggi appena individuabile tra la fitta vegetazione che lo circonda che appariva un tempo con l'evidenza di un *land-mark*, sulla strada Mazzano-Calcata, subito dopo l'attraversamento del ponte sul Treja;
- b) la progressiva spartizione alla vista della scogliera tufacea, con il suo contorno di vegetazione termofila;
- c) il conseguente degrado della rete originaria di sentieri usati un tempo per l'attività agricola, la caccia e l'allevamento.

I problemi sottolineati non consentono probabilmente soluzioni interamente soddisfacenti e richiedono una articolata discussione ma certamente sarebbe utile se con i fondi europei si potessero approfondire gli studi già esistenti e ipotizzare nuove funzioni per il parco regionale, l'ampliamento del quale è da tempo auspicato.

Tra le nuove funzioni da prospettare sarebbero particolarmente interessanti quelle terapeutiche, adottate, soprattutto in Germania nella pianificazione dei parchi, con le quali sarebbe possibile creare itinerari differenziati sulla base delle diverse possibili caratteristiche curative.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Gabriele SCARASCIA MUGNOZZA

INTRODUZIONE

Il paesaggio della Tuscia laziale è contraddistinto dall'esteso affioramento di rocce piroclastiche, derivanti dall'attività eruttiva dei distretti vulcanici Vulsino, Cimino-Vicano e Sabotino, di età quaternaria, ovvero tra circa 800ka e 30ka. Le rocce piroclastiche poggiano a loro volta su successioni sedimentarie argilloso-sabbioso-conglomeratiche. Questa peculiare sovrapposizione di depositi vulcanici su un substrato sedimentario plio-pleistocenico, oltre a conferire all'area una notevole omogeneità geomorfologica contraddistinta da plateaux, rupi tufacee isolate, pareti subverticali e forre incise, determina condizioni particolarmente favorevoli a fenomeni di frana riconducibili, in accordo con i più noti ed utilizzati sistemi di classificazione, ai seguenti tipi principali: crolli, ribaltamenti e scorrimenti rotazionali. Nella medesima area, sono numerosi i centri abitati sorti, fin dall'epoca etrusca, sulla sommità dei rilievi isolati e il cui impianto urbanistico costituisce di per sé un patrimonio storico-culturale cui si aggiungono innumerevoli testimonianze artistiche di grande valore. Il caso universalmente noto della rupe di Orvieto (foto 1) è particolarmente esemplificativo, sia per i vari tipi di frana che aggre-discono i versanti circostanti al centro storico, sia per l'elevato valore del patrimonio artistico ed architettonico.



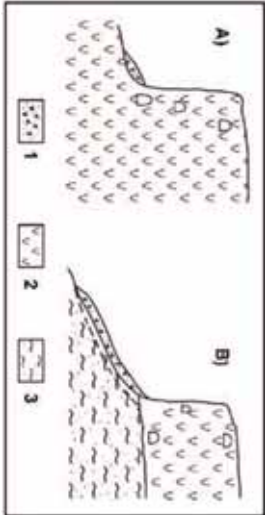
Foto 1. Veduta panoramica della rupe di Orvieto (foto di A. Bretschneider).

Da questa breve premessa si possono facilmente dedurre le significative condizioni di rischio di frana che sussistono per i numerosi centri abitati dell'area, sulla base della seguente relazione:

Rischio frana = Pericolosità evento * Vulnerabilità elementi a rischio * Esposizione categorie elementi [1]

A questo riguardo, con particolare riferimento alla pericolosità di evento ed agli assetti illustrati grafici che concorrono a modularne le differenti condizioni (figura. 2), si rimanda alla cospicua bibliografia sull'argomento ed in particolare ai recenti studi di Bozzano et al. (2005; 2008) in cui sono ampiamente illustrati e discussi i risultati e le conclusioni di autori che si sono cimentati in precedenza su queste tematiche in diversi settori dell'area che comprende i tre citati distretti vulcanici (Brizi et al., 2015).

Figura 2. Rappresentazioni schematiche di assetti illustrati grafici tipici delle rupi tufacee:
1) detrito di versante e di frana;
2) depositi piroclastici;
3) depositi clastici prevalentemente argilloso-sabbioso-ghiaiosi.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

In questo contributo, dopo una sintetica descrizione dell'assetto geologico dell'area di Calcata, sono accennati i principali fattori che influenzano le condizioni d'instabilità dei versanti circostanti al centro storico di Calcata (foto 3), che presenta un assetto geologico-geomorfologico tipico del paesaggio delle rupi vulcaniche.

Foto 3. Veduta della rupe di Calcata con delimitazione delle unità piroclastiche affioranti (da Bozzano et al., 2005).



ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI CALCATÀ

La successione litostratigrafica riconoscibile nelle aree adiacenti ed in corrispondenza della rupe di Calcata è costituita, dal basso verso l'alto, da Conglomerati del Pilo-Pleistocene (di età compresa tra 1 e 5 Milioni di anni), costituiti generalmente da ciottoli di ambiente fluvio-lacustre, cui si sovrappone per contatto erosivo (foto 4) il Tufo Giallo della Via Tiberina (circa 550ka, età radiometrica basata sul rapporto isotopico $40\text{Ar}/39\text{Ar}$); questa formazione è costituita da una spessa sequenza di unità deposizionali originate da flussi piroclastici, a loro volta conseguenti al collasso gravitativo di colonne eruttive. I depositi si presentano da litoidi a debolmente litoidi, da massivi a stratificati con laminazione incrociata. A questa segue la formazione dei Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano (490ka), composta da una fitta alternanza policroma di livelli piroclastici da caduta a pomici, scorie e cenere, nonché il Tufo Rosso a Scorie Nere Sabatino (450ka); quest'ultimo è un deposito da colata piroclastica («ignimbrite»), litode, massivo, di colore rosso-giallastro, a matrice cineritica prevalente con abbondanti scorie nere porfiriche a leucite e sandino (prevalente) e frammenti litici vulcanici e sedimentari. Più recente è la formazione dei Tufi Stratificati Varicolori di La Storta (410ka), spessa sequenza stratificata di depositi piroclastici da caduta con livelli di spessore da decimetrico a metrico di scorie, pomici e cenere, alternati a livelli di palcosuoli ed epiclastiti. Infine, il termine piroclastico più recente è il Tufo Rosso a Scorie Nere Vicano (circa 400ka), rappresentato da un deposito di colata piroclastica, massivo, litode, a matrice pomicea di colore arancione, ricco di scorie nere a sandino e leucite. Generalmente, questa formazione è discordante rispetto alle unità sottostanti e si localizza in corrispondenza delle antiche valli esistenti al momento della sua deposizione, arrivando a spessori di alcune decine di metri.

Per quanto riguarda la rupe sottostante all'antico abitato (foto 3), non affiorano né i Tufi di La Storta, né il Tufo Rosso Sabatino, entrambi erosi, insieme a gran parte dei Tufi di Sacrofano, prima della messa in posto del Tufo Rosso Vicano su cui è edificato l'antico borgo.

Lo stesso Tufo Rosso a Scorie Nere Vicano è pertanto sovrapposto (foto 3) ai Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano, il cui spessore diminuisce repentinamente dal settore orientale verso quello occidentale della rupe; in corrispondenza di questo litotipo è osservabile una netta rottura di pendio con abbondante vegetazione. Al di sotto dei Tufi di Sacrofano affiora il Tufo Giallo della Via Tiberina in corrispondenza del quale la rupe assume nuovamente una configurazione subverticale.

Analogamente a quanto osservabile a Calcata, nell'intera Valle del Treia l'assetto geomorfologico è caratterizzato da valli profondamente incise, con profilo a gradoni dovuto a fenomeni di erosione selettiva per netta differenza di resistenza dei depositi di colata piroclastica rispetto a quelli di ricaduta (Ottaviani, 1988). I processi

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

morfogenetici in atto nell'area inducono un arretramento parallelo dei versanti prodotto dall'effetto combinato di scalzamento alla base dei versanti, scolpite nelle formazioni piroclastiche di ricaduta (ovvero cenere, scorie e lapilli), e di fenomeni di crollo e ribaltamento nelle sovrastanti formazioni litoidi, con il coinvolgimento di volumi di roccia di modeste dimensioni, che si esplicano lungo superfici di discontinuità e fratture parallele o sub-parallele al versante.

Infatti, riguardo alla rupe su cui sorge l'antico abitato di Calcata, il confronto tra le mappe del catasto gregoriano del 1819 e del 1872, rispetto alla cartografia riferita al 1987, mette in evidenza un graduale assottigliamento delle fasce marginali che sono arrivate a lambire gli edifici del centro abitato, senza però registrare nessun evento distruttivo nei confronti delle strutture abitative. Successivamente al 1987 (in particolare nel 1990-1992) sono invece da segnalare crolli che hanno coinvolto anche parte di alcune abitazioni.

CENNI SUGLI ASPETTI GEOLOGICI CHE INCIDONO SUL RISCHIO DI FRANA DELLE RUPI VULCANICHE

Le indagini geologico-tecniche svolte negli ultimi decenni per la ricostruzione dei meccanismi evolutivi dei versanti delle rupi vulcaniche, affiancate da sperimentazioni di laboratorio su modelli analogici in scala e modellazioni numeriche, convergono nell'evidenziare alcuni elementi di significativa influenza, tra cui:

- le condizioni di fratturazione dell'ammasso roccioso di origine vulcanica costituente le rupi, classificate quale roccia tenera in base alle caratteristiche di resistenza a compressione uniaassiale (UCS);
- le variazioni spaziali delle caratteristiche di resistenza all'interno degli stessi depositi di ricaduta stratificati e di quelli dovuti a flussi piroclastici;
- la differenza erodibilità delle unità affioranti lungo i versanti, dal fondovalle fino alle sommità, e la diversa intensità dei processi di scalzamento al piede delle pareti litoidi;
- il marcato contrasto di deformabilità tra le unità piroclastiche sommitali e quelle argillose-sabbiose-conglomeratiche sottostanti;
- le variazioni di spessore e di estensione delle placche tufacee a comportamento rigido;
- la circolazione idrica sotterranea (derivante dalle precipitazioni meteoriche e dagli scarichi fognari) governata da marcati contrasti di permeabilità tra gli ammassi rocciosi piroclastici variamente fratturati (quindi permeabili per fratturazione) e i litotipi argillose-sabbiosi (con permeabilità assai variabile, connessa con la porosità primaria del deposito).

In generale, con riferimento ad intervalli temporali di durata almeno millenaria, i processi di detensionamento dovuti sia all'approfondimento dei versanti sia al contrasto di rigidità tra i litotipi giustapposti, determinano processi morfo-evolutivi caratterizzati dalla progressiva disarticolazione dei margini delle placche tufacee ed il conseguente isolamento di lembi e rilievi secondo lo schema riportato in figura 5.

Tenuto anche conto dell'influenza del fattore tempo, i risultati complessivi delle indagini menzionate hanno quindi permesso di definire le condizioni di pericolosità di frana delle rupi vulcaniche in relazione ai diversi spessori delle unità piroclastiche, allo stato di fratturazione ed al grado di disarticolazione delle placche tufacee.

Sulla base degli elementi geologici e geomorfologici, descritti sommariamente in questa sede, è stato possibile ricostruire il modello geologico-tecnico della rupe di Calcata, passo irrinunciabile per una corretta progettazione e realizzazione di interventi volti alla mitigazione del rischio che coinvolge il centro abitato.



Foto 4. Affioramento del contatto tra i Conglomerati e il Tufo Giallo della Via Tiberina.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

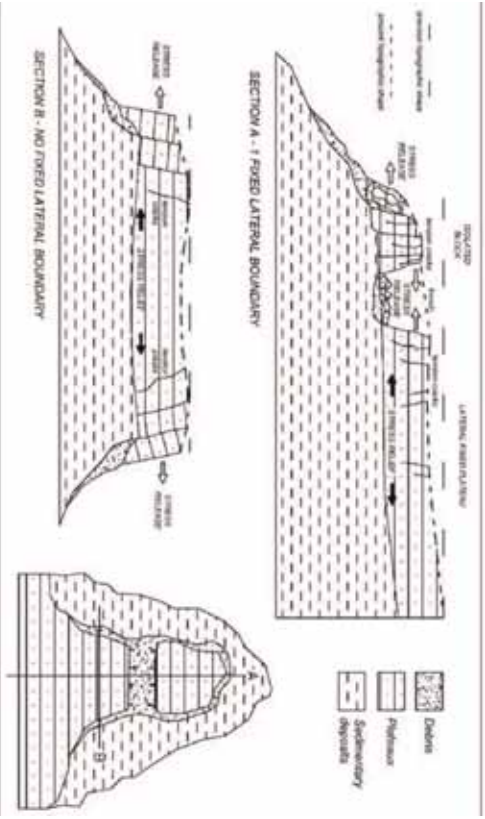
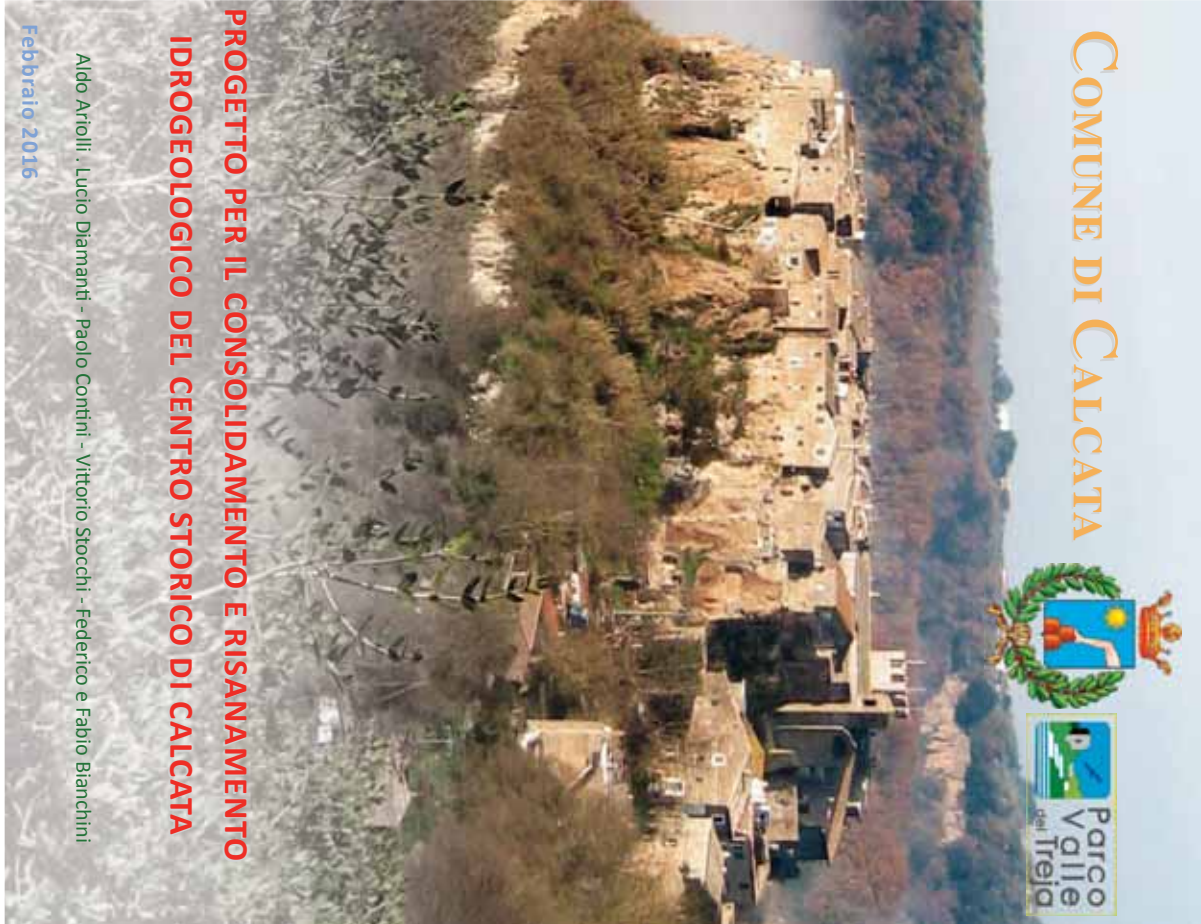


Figura 5. Schema evolutivo delle rupi tufoce in relazione alle condizioni tenso-deformative delle unità litotecniche presenti.

RIFERIMENTI

Bozzano F., Floris M., Gaeta M., Martino S. & Scarscia Mugnozza G. (2005) – Assetto geologico ed evoluzione per frana di rupi vulcaniche nel Lazio settentrionale. Boll. Soc. Geol. It., 124, 413-436.
Bozzano F., Bretschneider A. & Martino S. (2008) – Stress-strain history from the geological evolution of the Orvieto and Rodicofni cliff slopes (Italy). Landslides, 5, 351-366.
Ottoviani M. (1988) - Proprietà geotecniche di tufi vulcanici italiani. Rivista Italiana di Geotecnica, 3, 173-178.
Brizi E., Brunetti, A., Margottini, C., Martino S., Mazzanti P., Scarscia Mugnozza G. (2015) - Terrestrial Laser Scanning survey of the Sugano cliff (Orvieto, Italy) for slope stability analyses. REND. ONLINE SOC. GEOL. IT., 35, 38-41, 10.3301/ROL.2015.58.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

**Aldo ARIOLI - Lucio DIAMANTI - Paolo CONTINI - Vittorio STOCCHI
Federico BIANCHINI - Fabio BIANCHINI**

STRALCIO DEI CAPITOLI DEL PROGETTO PRESENTATO ALLA REGIONE LAZIO

1. PREMESSA	
2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO	
2.1 CENNI STORICI	
2.2 GENERALITÀ	
2.3 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO	
2.3.1 INQUADRAMENTO FISICO GENERALE	
2.3.2 GEOMORFOLOGIA	
2.3.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE	
2.3.4 EMERGENZE ARCHEOLOGICHE	
2.4 CRONOLOGIA DEGLI EVENTI DI DISSESTO	
2.5 COMPONENTI GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	
2.5.1 IDROGEOLOGIA	
2.5.2 SISMICITÀ	
2.6 COMPONENTI GEOTECNICHE	
3. ANALISI FINANZIAMENTO	
4. DESCRIZIONE DELLO SCENARIO DI INTERVENTO	
4.1 STATO ATTUALE	
4.2 CAUSE DEI DISSESTI	
4.3 FILOSOFIA D'INTERVENTO	
5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	
5.1 GENERALITÀ	
5.2 DETTAGLI OPERATIVI	
5.3 INTERVENTI	
6. CATEGORIE DELLE LAVORAZIONI E CARATTERISTICHE FUNZIONALI E TECNICHE	Omissis
7. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	Omissis
8. ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E PAESAGGISTICA	Omissis
9. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE	Omissis
10. LIVELLI DI PROGETTAZIONE	Omissis
11. FASI AMMINISTRATIVE E PROCEDURALI	Omissis
12. COMPONENTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE	Omissis
13. PRIME INDICAZIONI PIANO DI SICUREZZA	Omissis
14. ANALISI ECONOMICA DELLO SCENARIO DI INTERVENTO	Omissis
15. ESPROPRI ED OCCUPAZIONI TEMPORANEE	Omissis
16. COMPUTI METRICI ESTIMATIVI	Omissis
16.1 COMPOSIZIONE DEL QUADRO ECONOMICO	Omissis
17. ANALISI COSTI E BENEFICI	Omissis
18. STUDI SPECIALISTICI	Omissis

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

1. PREMESSA

Il progetto del consolidamento del rilievo tufaceo su cui sorge il borgo antico di Calcata deriva dalla necessità di ottenere la messa in sicurezza dell'intera rupe e di perseguire l'eliminazione o comunque la mitigazione di alcune delle cause che concorrono a provocare i dissesti gravitativi, completando gli interventi anche su settori di parete non interessati dai lavori precedenti (fig. 1).

Le frane che interessano l'abitato di Calcata sono essenzialmente costituite da fenomeni di crollo e ribaltamento che provocano l'arretramento del fronte tufaceo, con grave rischio per le abitazioni perimetrali (fig. 2 e 3).

Gli interventi precedenti, pur preservando da dissesti le singole aree d'intervento, non hanno influito positivamente sulle cause d'innescio degli stessi.

Stante la notevole acclività della rupe e lo stato di parziale fraturazione della roccia tufacea, si è rilevata la totale assenza di sistemi idraulici in grado di evitare l'azione destabilizzante delle acque meteoriche e sub superficiali. In precedenti progetti di consolidamento di rupi tufacee, inseriti in contesti simili a quello di Calcata come per esempio Orvieto (Lunardi 1980), si è considerato imprescindibile integrare gli interventi in parete con lo sviluppo e la realizzazione di sistemi di raccolta ed allontanamento delle acque piovane e di quelle circolanti nell'ammasso tufaceo, contraddistinto da un fitto e pervasivo reticolo di discontinuità che delimita singoli blocchi di roccia intatta. Nel caso citato di Orvieto, l'efficacia e l'efficienza dell'intervento di consolidamento sono state ampiamente riconosciute e documentate, anche a livello scientifico.

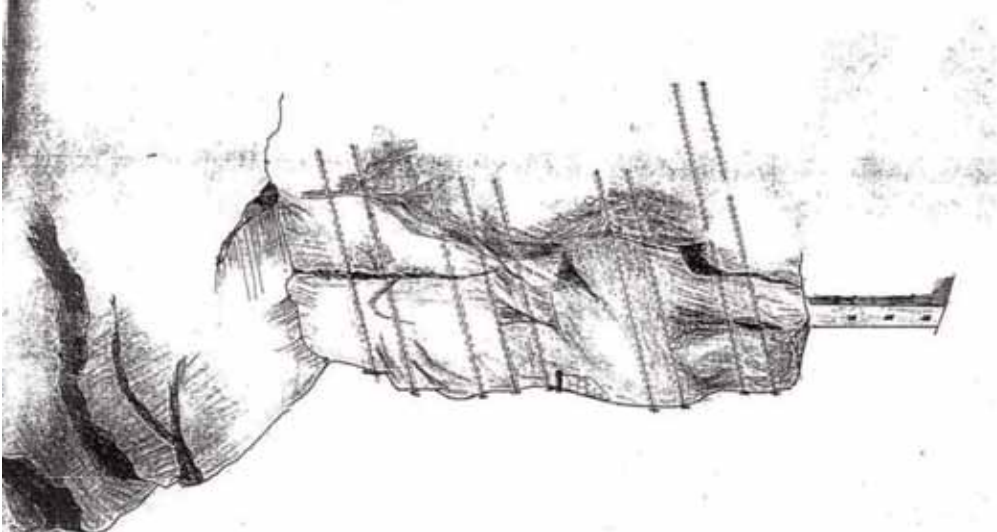


Fig. 1 - Estratto dal progetto del Genio Civile anni '90'

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 2 - Parete nord-ovest soggetta a crolli, foto archivio British School anno 1960.

Infatti, tra le cause d'innescò delle frane, la circolazione di acqua a tergo di pareti in litotipi tufacei, assimilabili ad ammassi rocciosi definiti tecnicamente "teneri", risulta di estrema importanza per gli effetti negativi che produce, a tutti i nodi e di seguito sinteticamente descritti:

- 1) aumento delle pressioni interstiziali con effetti negativi sulle superfici di scivolamento e di contatto;
- 2) decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali saturi

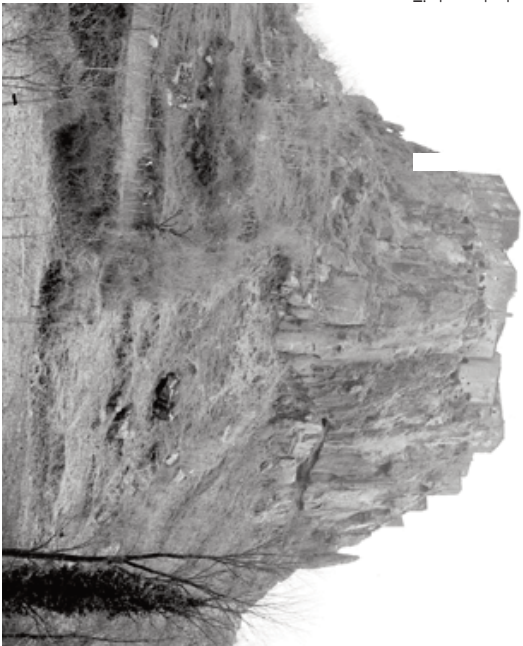


Fig. 3 - Blocchi franati, foto archivio British School anno 1960.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- 3) alimentazione della vegetazione nociva lungo le pareti e dei relativi apparati radicali;
- 4) aggressione chimica delle rocce e delle malte utilizzate eventualmente per collegamenti strutturali, dovuta soprattutto alla circolazione di acque reflue;
- 5) sviluppo di crioclastismo con formazione di neofratture ed allargamento di quelle esistenti;
- 6) dilavamento ed asportazione della componente fine nelle porzioni di ammasso roccioso a basso grado di cementazione.

Le considerazioni sopra esposte, unitamente all'esame delle evidenze locali hanno suggerito, quindi, di sviluppare un progetto completo, contenente sia interventi di consolidamento in parete, come chiodi e tiranti sia la costruzione di una galleria drenante, posta alla base dell'affioramento tufaceo (tutto rosso a scorie nere), in grado di raccogliere non solo le acque bianche circolanti liberamente nell'ammasso ma di convogliare anche le acque reflue oggi disperse lungo i versanti, con effetti assai negativi sia dal punto di vista paesaggistico che igienico ambientale. La soluzione in sotterraneo e/o interrata comporta un notevole miglioramento delle condizioni ambientali e paesaggistiche dei luoghi, avendo previsto l'eliminazione delle condutture che calano lungo le scarpate ed il convogliamento delle relative acque reflue verso il depuratore cittadino. Pertanto, l'obiettivo primario del presente progetto è di influire con efficacia sui molteplici aspetti riguardanti la criticità della rupe di Calcata, intervenendo mediante un approccio integrato sia in relazione al consolidamento geo-strutturale della parete tufacea sia riguardo al risanamento idrogeologico della stessa eliminando così le principali cause d'innescò dei fenomeni franosi, oltre che fonte d'inconvenienti di ordine igienico ambientale. Solo in tal modo il progetto, nella sua unicità e complessità, potrà essere risolutivo delle problematiche dell'abitato storico di Calcata, un "unicum" che va preservato per le future generazioni.



Fig. 4 - Perimetrazione dell'area oggetto delle problematiche di cui in premessa, scala 1:5000

2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

La presente Relazione Illustrativa è stata redatta ai sensi dell'art. 17 comma 1 e dell'art. 18 del DPR 207/2010 (regolamento per l'esecuzione dei contratti pubblici).

La relazione del Progetto è articolata nei punti seguenti:

- a) Definizione dello stato di fatto (vincoli e parametri progettuali),
 - b) Obiettivi progettuali da perseguire,
 - c) Impostazione delle possibili alternative progettuali,
 - d) Selezione della soluzione progettuale da perseguire,
 - e) Descrizione puntuale delle caratteristiche progettuali della soluzione selezionata,
 - f) Indicazioni per la prosecuzione dell'iter progettuale,
 - g) Riepilogo degli aspetti economici e finanziari del progetto preliminare.
- Per quanto attiene le indagini di monitoraggio previste per il controllo delle strutture nel corso degli interventi, ci si è riferiti all'attuale "stato dell'arte", sarà comunque possibile, a parità di risultati, usare anche altre tecniche diagnostiche innovative in sede di Progetto Definitivo/Esecutivo.

2.1 CENNI STORICI

Il Borgo di Calcata illustra perfettamente le qualità che venivano ricercate in un insediamento del primo medioevo.

Collocato su un piedistallo di roccia (un ovale di circa m 180x80) può essere raggiunto solo attraverso uno stretto crinale che collega lo sperone tufaceo con il bordo della valle; tutti gli altri lati si affacciano su dirupi sub verticali di altezza variabile, generalmente superiore ai trenta metri.



Fig. 1 - Vista del centro storico

Nello stesso tempo, la sommità del piedistallo è posta sotto la quota della campagna circostante per cui l'insediamento non è visibile sinché non si giunge sul bordo della vallata. Le abitazioni sul perimetro esterno (204 edifici censiti) costituiscono, di fatto, un cerchio di mura in prolungamento delle pareti della rupe, su cui si aprono, ad intervalli regolari, dei terrazzini in posizione aggettante sulla valle a controllare la Rupe perimetralmente.

Le tracce della presenza umana, dovute all'esistenza di un corso d'acqua perenne, facilmente guadabile, alla folta vegetazione ed alla presenza conseguente di abbondante risorse alimentari, risalgono ai tempi preistorici come attestato dal ritrovamento sporadico di manufatti litici.

La valle del Treja ha sicuramente rappresentato, prima della conquista Romana del 241 a.C., una delle vie naturali di comunicazione tra l'ager Etrusco e l'ager Falisco e centri abitati di medie dimensioni controllavano la valle.



Fig. 2 - Sito medievale di Santa Maria - torre (foto Archivio Parco)

Si può di conseguenza affermare che anche il borgo di Calcata è stato abitato sin da questa epoca anche se non rimangono tracce in loco, tenuta presente l'esistenza di importanti elementi di carattere archeologico, risalenti al quel periodo, nelle immediate vicinanze.

Nei terreni intorno, infatti, si estendono diverse necropoli ed i resti della città falisca di Narce (VIII –VII sec. a.C.).

Il nome Calcata appare per la prima volta in un documento del pontificato di Adriano (772-795): in una delle domusclitae (tenuta papale destinata all'approvvigionamento di Roma) vi era compresa una fattoria denominata Calcata.

La zona raggiunge la sua massima importanza nell'Alto Medioevo è allora, infatti, che l'imperatore Ottone III frequenta la zona e muore nel 1002 a Castel Portiano, nelle immediate vicinanze.

Nel 1180 la famiglia Sinibaldi era proprietaria di numerose fattorie nel paese. Nel 1291 la fattoria di Calcata dopo essere stata distrutta venne riedificata dai Conti Anguillara.

Tornata nel 1432 ai vecchi proprietari, per i successivi 400 anni passò tra i Sinibaldi e gli Anguillara. Nel 1828 fu trasferita in eredità ad un ramo della famiglia Massimo. Dopo la seconda guerra mondiale il borgo si spopolò. La mancanza di vie di comunicazione fino agli anni '60 del secolo scorso ha fatto sì che il paese restasse intatto nelle sue caratteristiche originarie.

2.2 GENERALITÀ

Il Lazio è una delle regioni d'Italia maggiormente interessata da problemi di carattere geomorfologico, sia per la natura del suo territorio, sia per la profonda antropizzazione subita.

La conformazione geologica della Regione Lazio, nella zona oggetto del nostro studio, è relativamente giovane, almeno in senso geologico e ciò comporta una notevole dinamicità dei processi evolutivi del territorio, con una morfologia piuttosto particolare e caratterizzata da plateaux vulcanici sub pianeggianti, profondamente incisi dal reticolo idrografico.

Nell'Etruria meridionale, molte cittadine di grande valore storico ed artistico sono in condizioni critiche di insta-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

bilità. Per ragioni di difesa esse sono sorte su speroni rocciosi, delimitati da ripide pareti subverticali e collegati al retrostante pianoro da piccoli istmi facilmente difendibili. Queste condizioni geomorfologiche che costituivano un prerequisito al tempo della loro fondazione, sono oggi un intrinseco fattore di instabilità. I fenomeni d'instabilità sono oggi tuttavia accelerati per effetto dell'azione antropica e senza un continuo intervento sistematico di conservazione, quasi una manutenzione preventiva, rischiano di subire danni importanti. Calcata è uno di questi esempi.

In questo scenario posto nella Valle del Treja si inserisce il "Progetto di Consolidamento e Risanamento idrogeologico del Centro Storico di Calcata".

Il manifesto stato di pericolosità dovuto al dissesto idrogeologico ha comportato, già alla fine del XX secolo, la progettazione di importanti opere di consolidamento e risanamento solo in parte realizzate. La presente iniziativa è incentrata, essenzialmente, sull'urgenza della messa in sicurezza delle pareti tufacee che affiancano il suddetto abitato e sulla realizzazione ed il ripristino dell'efficienza della rete idrica e fognaria le quali, come verrà dimostrato nel Progetto, sono tra loro intimamente connesse.

La finalità di questo documento, previsto per legge nell'iter di realizzazione di un'opera pubblica, è quella di illustrare, con sufficiente dettaglio, non solo gli aspetti tecnici ed economici dei lavori (articolati nelle fasi progettuali, esecutive e gestionali) ma anche la preventiva verifica della sostenibilità, nel rispetto dei distinti vincoli e requisiti ambientali e paesaggistici, in funzione delle disponibilità economico-finanziarie e dei benefici economico-sociali conseguenti per la comunità di Calcata.

Sulla base del presente Progetto, unitamente agli studi specialistici ed elaborati grafici illustrativi allegati, è possibile concludere, con elementi oggettivi di valutazione, che lo scenario di intervento prospettato è concretamente fattibile in tempi certi.

Per lo sviluppo del presente progetto, ha costituito una fondamentale base di riferimento l'esperienza dell'insieme d'interventi progettati e realizzati nel caso di consolidamenti di abitati in condizioni geomorfologiche equivalenti. Questi interventi sono consistiti nel consolidamento statico delle pareti perimetrali e nella revisione o ricostruzione dei retrostanti collettori fognari, nella sistemazione idrogeologica delle pendici ove l'instabilità di queste ultime condizionava quella della sovrastante rupe o quella di manufatti posti lungo il versante.

Il Progetto descrive gli interventi necessari al completamento delle opere di consolidamento già eseguite e all'eliminazione costituita dalla circolazione idrica all'interno dell'ammasso tufaceo, attraverso la costruzione di una galleria anulare drenante, in grado di captare le acque presenti sia di origine meteorica che reflua e di convogliarle le prime al sottostante fiume Treja e le seconde all'impianto di depurazione esistente.

La stabilità nel tempo delle pareti è strettamente legata alla serie di interventi previsti, concernenti la definitiva sistemazione delle acque meteoriche e reflue.

Il Progetto ha una duplice valenza che può essere sintetizzata nel consolidamento della rupe mediante il risanamento idrogeologico ed il completamento delle opere di sostegno e nel recupero del valore storico culturale dei luoghi.

Per le considerazioni sopraespresse e per gli aspetti tecnico-scientifici argumentati, nei capitoli a seguire, si evidenzia che trascurare la presenza di un notevole fattore di rischio idrogeologico, comporta la certezza di veder crollare parte della Rupe con il sicuro coinvolgimento di abitazioni e di attività e, quindi, con conseguenze non accettabili per la collettività. Oggi i punti dissestati a maggiore rischio della rupe sono localizzati nella parte Nord ove non si è ancora intervenuti a distanza di quasi vent'anni dalla redazione del primo progetto. Comunque, la mancata realizzazione di un sistema di captazione delle acque comporta la certezza che in un futuro più o meno prossimo si abbiano nuovi fenomeni di dissesto lungo le pareti. È opportuno ricordare che il centro storico di Calcata, dopo essere stato oggetto con apposita legge di un trasferimento (fig. 3), è stato nuovamente utilizzato ed ha subito un reinsediamento della popolazione; oggi le case situate lungo il perimetro sono state

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 3 - Vista satellitare del centro storico e del nuovo insediamento.

rioccupate e sono sedi di frequenti attività, per cui eventuali crolli potrebbero coinvolgere anche vite umane. Calcata rappresenta come Orvieto e Civita di Bagnoregio, un Unicum che va preservato.

Il progetto deve, quindi, essere considerato quasi un restauro statico - conservativo, data la tipologia del patrimonio culturale su cui si viene ad intervenire. A tal scopo, sono state seguite le indicazioni contenute nella Carta 1987 del Restauro degli oggetti d'Arte e di Cultura. Il fine prioritario del progetto è quello di riportare la rupe di Calcata, consolidata dal punto di vista geomorfologico, all'aspetto originario, quale si può desumere dalle foto realizzate tra il 1954 ed il 1960, messe gentilmente a disposizione dalla British School di Roma.



Fig. 4 - Vista da sud, anno 1962 - fonte British School.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 5 - Vista recente da sud.

CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO

2.3.1 INQUADRAMENTO FISICO GENERALE

Posto su una sperone tufaceo, delimitato da un'ansa del fiume Treja e degradante rapidamente verso il corso d'acqua, il sito, che appartiene al sistema geomorfologico delle forme vulcaniche, presenta un'elevata naturalità, caratterizzata dal rapporto diretto con la valle fluviale sottostante.

L'area oggetto degli interventi corrisponde a circa 1,3 ha, contiene una popolazione stanziale di un centinaio di persone, la popolazione nei periodi del weekend può giungere sino 2.000 – 3.000 persone (censite) per l'apporto del turismo.

Il centro storico di Calcata si è sviluppato a partire dall' VIII secolo su precedenti insediamenti le cui tracce sono state obliterate dalle costruzioni attuali, che spesso si impongono direttamente sulla roccia in situ.

Normalmente, sotto l'abitato, sono presenti dei cunicoli più o meno grandi, utilizzati tuttora come cantine e scavati nella formazione piroclastica. Altre cavità sono costituite dall'antico sistema di sistemi, i resti di alcune delle quali sono visibili sul ciglio delle pareti del lato Ovest, a testimonianza di antichi crolli.

Dal punto di vista geomorfologico, il distretto vulcanico sabatino è contraddistinto da una caldera di origine vulcano-tettonica, legata allo sprofondamento della camera magmatica su cui si è imposto il bacino lacustre di Bracciano e da forme vulcaniche circostanti, abbastanza complesse, con varie depressioni, come quella di Sacrofano e di Baccano con numerosi crateri legati all'attività idromagmatica nel settore orientale e con di scorie e lave nel settore occidentale, in particolare a nord del lago di Bracciano.

Il comune di Calcata si trova in una zona periferica delle emissioni sabatine, in direzione nord orientale dove i prodotti hanno formato degli estesi plateaux digradanti in direzione della valle del Tevere, profondamente incisi dal reticolo idrografico.

Queste incisioni fluviali hanno dato luogo alla formazione di veri e propri canyon con profondità che raggiungono il centinaio di metri, e con versanti sub verticali, legati alla presenza delle formazioni vulcaniche di tipo prevalentemente ignimbritico.

PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE DI CALCATÀ

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Dove tali formazioni si alternano ai depositi piroclastici di ricaduta, non saldati, incoerenti e più facilmente erodibili, i versanti tendono a formare dei gradoni; questi livelli di tufi incoerenti, posti sotto placche tufacee compatte e fratturate, costituiscono delle zone di debolezza geomorfologica, che favorisce fenomeni di dissesto tipo crolli e ribaltamenti.

I crolli si instaurano quando vi è la mancanza di appoggio alla base di un cuneo roccioso (fig.6) mentre i ribaltamenti quando il cuneo ruota fino a ribaltarsi a valle (fig.7).

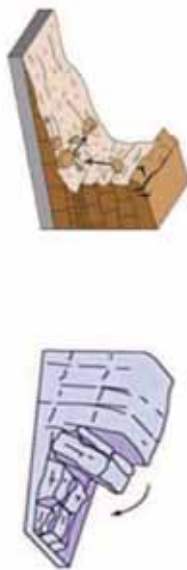


Fig.6 - Frana per crollo

Fig. 7 - Frana per ribaltamento

Spesso le parti tufacee litoidi sono contraddistinte da una fessurazione principale sub verticale, con vario tipo di orientamento, le cui intersezioni danno luogo alla formazione di cunei più o meno instabili in funzione del loro orientamento rispetto al fronte ed alla presenza o meno di ulteriori linee di fessurazione sub orizzontali; tale conformazione dei versanti li rende suscettibili a fenomeni franosi che provocano l'arretramento del fronte tufaceo.

Questi dissesti sono favoriti dalla presenza di grotte e cantine e dai fenomeni di erosione al piede della scarpata, specie al contatto tra le vulcaniti e le sottostanti formazioni sedimentarie sia continentali, ghiaioso sabbiose, che marine, sabbiose ed argillose, più antiche.

La geomorfologia del centro storico è quella tipica di uno sperone tufaceo delimitato, su tre lati (nord, ovest e sud) dall'incisione fluviale del torrente Treja, con una quota media del centro abitato intorno ai 170 m s.l.m. Lo sperone si erge sull'ampio fondovalle fluviale, posto ad una quota di circa 90 metri s.l.m. e quindi con un dislivello di circa 80 metri.

Il torrente Treja è il corso principale di tutta l'area e va ad affluire, alcuni chilometri ad est, in riva destra del fiume Tevere, ad una quota intorno ai 35 m s.l.m.

Il bacino imbrifero del torrente Treja e dei suoi affluenti è molto esteso ed ha origine in prossimità dei Monti di Lagusello, prossimi alla caldera del lago di Bracciano, ad una quota di circa 250 m s.l.m.

Il bacino ha una superficie complessiva di 490 km², una forma allungata in direzione ovest - est, con lunghezza di circa 60 km e larghezza media di 30 km e comprende numerosi affluenti quali: il fosso della Mola di Magliano, Cernetto, il rio Maggiore, il rio Vicano, il fosso del ponte di Castello, il fosso Validano ed altri minori.

Al suo interno ricadono molti centri abitati oltre a quello di Calcata, quali Civita Castellana, Faleria, Mazzano Romano, Nepi, Castel Sant'Elia, Magliano Romano, Monterosi, Caprarola, Ronciglione, Capranica, Sutri e Bassano Romano.

La lunghezza dell'asta del torrente Treja è di 36,2 km e la sua pendenza media dello 0,6%, il 30% del bacino è coperto da bosco, il 15 % da pascolo ed il rimanente è prevalentemente coltivato a seminativo, ad esclusione degli agglomerati urbani. In prossimità del paese di Calcata, il torrente ha un aspetto maturo, meandiforme e riceve le acque del fosso della Selva o Coderano, poco a sud del centro storico; la sua direzione di scorrimento locale è da sud verso nord, lungo una linea di probabile origine tettonica. Il reticolo idrografico del torrente Treja e dei suoi affluenti può essere classificato come dendritico – subparallelo, con locali tratti subangolari,

40 PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE DI CALCATÀ

dove la direzione di scorrimento devia bruscamente, come in prossimità di Mazzano, poco a monte di Calcata, da sud ovest - nord est a sud - nord.



Fig. 8 - Bacino idrogeologico torrente Treja (Ventriglio).



Fig. 9 - Vista valle del Treja nei pressi di Calcata

2.3.3 GEOMORFOLOGIA

La valle del Treja, in questo tratto, ha la tipica forma a U delle forme tufacee di queste zone ed è costituita da un profondo canyon a debole pendenza longitudinale, ben incassato all'interno del pianoro vulcanico circostante, con pareti sub verticali la cui altezza supera diverse decine di metri.

Le caratteristiche di dettaglio della roccia sono descritte nella specifica relazione tecnica, per ora basta mettere in rilievo che il coefficiente di sicurezza della parete agli effetti di un eventuale crollo si approssima per difetto ad 1 e quindi la parete è suscettibile di fenomeni di collasso anche per minime variazioni delle condizioni al contorno.

La morfologia dell'area in oggetto, è caratterizzata dalla presenza del grande torrione roccioso alla sommità del quale vi è un plateau delle dimensioni di 180*80 m² posto mediamente a quota di circa 170 metri s.l.m., collegato al pianoro sovrastante, posto a quota di circa 180 metri s.l.m., da un piccolo istmo.

Tenuto conto che il ciglio si presenta slabbrato in più punti, c'è da supporre che anche il plateau presenti al suo interno una serie di incisioni che sono state colmate per effetto antropico.

Tali incisioni veicolano le acque meteoriche all'interno della Rupe in assenza di una accurata impermeabilizzazione delle strade.

2.3.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERICALE

Il borgo medievale oggi è alimentato, in alternativa all'antico sistema di cisterne, da un acquedotto realizzato alla fine del secolo scorso.

Il paese è sostanzialmente privo di un sistema unitario di raccolta delle acque meteoriche e anche per quelle reflue, non esiste un collettore fognario per il recapito di queste ad un sistema di depurazione; anche la pavimentazione delle strade è in molti casi in cattivo stato.

Allo stato attuale esistono 6 collettori principali, tra loro indipendenti, che raccolgono le acque reflue della maggior parte degli edifici ed in misura minore anche quelle meteoriche e le convogliano ai margini della rupe dove i collettori si interrompono dopo pochi metri di condotta lasciando che le acque ruscellino lungo la scarpa. I collettori si sviluppano lungo i vicoli del borgo seguendo l'andamento piano altimetrico di questi, per convogliare a gravità le acque sino ai margini perimetrali della rupe, dai quali i margini si dipartono tubazioni di diversa natura e dimensione (diametri variabili da 100 a 400 mm) aggettanti e/o discendenti per pochi metri lungo le pareti tufacee. In molti casi è evidente che le originarie tubazioni idrauliche (di polivinilcloruro o ghisa) sono state sostituite e/o prolungate con tubi corrugati in PEAD anche del tipo che solitamente viene impiegato per la formazione dei cavidotti degli impianti elettrici. Fa eccezione il solo collettore di recente costruzione, che raccoglie le acque reflue del palazzo baronale e di alcune delle abitazioni limitrofe e le convoglia al di fuori delle mura medievali sino all'impianto di sollevamento posto sul versante meridionale dell'insediamento ottocentesco.

Inoltre, lungo le pareti del perimetro della rupe sono presenti una ulteriore serie di tubazioni di piccolo diametro, costituenti dei punti di scarico privato supplementivi, afferenti fondamentalmente alle abitazioni che si affacciano direttamente lungo i margini perimetrali della rupe.

Il sistema fognario urbano è limitato solo alla parte centrale del borgo, ove le pendenze ne hanno permesso la costruzione con scavi limitati. Nelle rimanenti zone le acque reflue, in mancanza di impianti di sollevamento, sono state recapitate lungo il ciglio. La creazione dell'acquedotto ha portato ad un notevole aumento dei volumi d'acqua circolanti per effetto delle acque reflue.

Una delle cause primarie dei dissesti è costituita dalla incontrollata circolazione delle acque meteoriche e reflue e questa è legata sia alla collocazione dei collettori che alle perdite lungo il tracciato.

2.3.4 EMERGENZE ARCHEOLOGICHE

Tutta la zona del centro medievale e la sottostante vallata del Treja sono sottoposte a vincolo archeologico e paesaggistico. Eventuali emergenze saranno immediatamente segnalate e se del caso, gli scavi dovranno es-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

sere eseguiti in presenza di un archeologo.

2.4 CRONOLOGIA DEGLI EVENTI DI DISSESTO

I dissesti delle pendici di Calcata hanno origini storiche, come rilevabile dagli accumuli di detrito visibili al piede della scarpata, i quali testimoniano una continua dinamicità del versante nel tempo, caratterizzata da eventi parossistici segnati da crolli di notevoli quantità di materiale.

2.5 COMPONENTI GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il territorio in esame appartiene al versante orientale dell'apparato vulcanico sabatino ed i terreni affioranti provengono, in gran parte, dall'intensa attività eruttiva pleistocenica (da circa 500.000 anni e oltre).

Sono visibili, come nel caso di Calcata, affioramenti residui dell'apparato vicano poiché, in zona, tali prodotti sia affiancano o si sovrappongono a quelli sabatini.

I prodotti dell'attività sabatina e vicana si estendono per diverse centinaia di chilometri quadrati, con spessori anche notevoli, soprattutto in prossimità dei centri di emissione, appartengono ad un chimismo prevalente di tipo feritico fonolitico e sono caratterizzati da abbondanti colate piroclastiche ed ignimbritiche, a facies diverse, con intercalazioni di lave generalmente leucitiche.

La morfologia del territorio è caratterizzata dal versante orientale dell'apparato sabatino che degrada abbastanza dolcemente verso est, pur movimentato da profonde incisioni fluviali, orientate localmente in direzione nord - sud.

Siamo, quindi, in presenza di un reticolo idrografico esterno alla caldera, di tipo inizialmente radiale centrifugo, poi sub parallelo, che si diparte dalla sommità dell'orlo del cratere e procede, allineandosi localmente verso est, con i versanti delle valli fluviali anche sub verticali, molto incisi, per diverse decine di metri. Il corso d'acqua principale è quello del torrente Treja che delimita il margine occidentale del centro storico di Calcata.

La scarpata in esame è localizzata circonda quasi l'intero centro storico del paese. Ci troviamo, quindi, lungo il versante destro (orientale) della profonda valle incisa dal torrente Treja, orientata localmente in direzione nord - sud.

La valle ha la tipica forma di queste zone ed è costituita da un profondo canyon dal fondo sub pianeggiante, ben incassato all'interno del pianoro vulcanico circostante, con pareti sub verticali di diverse decine di metri d'altezza.

A monte delle scarpate, al contrario, la morfologia è piuttosto tranquilla ed è caratterizzata da un pianoro inclinato che scende dolcemente verso est, con pendenza media intorno al 5 %. Il borgo che delimita la parte alta della scarpata tufacea è localizzato ad una quota di circa 170 metri sul livello del mare.

L'alveo del fosso è molto inciso nella valle alluvionale e sul lato sud è leggermente più vicino alla parete tufacea.

Il pendio, partendo dal fondovalle, è costituito da un primo tratto, poco acclive ed inciso nelle alluvioni recenti, il quale degrada verso il detrito posto al piede della scarpata, il quale copre parte delle alluvioni grossolane del Tevere, poste alla base del versante.

La parete vera e propria è interessata dall'affioramento dei tufi sabatini e poi da quelli vicani, sui quali poggia il centro abitato.

Le grandi scarpate circostanti presentano fenomeni geomorfologici tipici di questa zona, sia recenti sia passati, quali frane per crollo e ribaltamento di varie dimensioni, con distacchi progressivi di materiale lapideo, in funzione dello stato di fratturazione, nonché di locali fenomeni di erosione concentrata.

Le tipologie di dissesto franoso più frequenti, che hanno interessato e che attualmente interessano i versanti della zona, appartengono alla categoria delle "frane per crollo", le quali si verificano quando i prismi rocciosi vengono a trovarsi privi di sostegno alla base.

Seguono le "frane per ribaltamento", caratterizzate dalla rotazione del materiale intorno ad un punto situato al di sotto del baricentro della massa; in entrambi i casi sono frequenti i rotolamenti a valle dei blocchi lungo il

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

versante.

L'accumulo della coltre detritica di frana genera, a lungo termine, una stabilizzazione del versante stesso, che assume una forma convessa, in corrispondenza delle zone di accumulo.

I dissesti sono generati sia per la presenza di particolari piani di fessurazione legati alla messa in posto dell'ammasso tufaceo o, più frequentemente, da fenomeni di tensione lungo i margini degli affioramenti, che generano piani di fenditure parallele al versante.

La vegetazione, specialmente arborea, presente per lunghi tratti alla testa della scarpata, favorisce l'instabilità, sia con il sovraccarico sia con l'azione divarcatrice degli apparati radicali che tendono ad allargare le fessure di tensione, fino all'innescio di nuovi dissesti franosi. In particolare si riporta, per esempio, l'evoluzione gravitativa di un dissesto franoso sul lato sud est in località

Fellaria, dove si nota che i diversi sistemi di fessurazione tendono a creare dei blocchi tufacei di forma prismatica che possono generare fenomeni di crollo e ribaltamento solo in caso di mancanza di



Fig.10 - Stralcio PAI

appoggio alla base, per scalzamento dell'ammasso roccioso o in caso di aggetto. Per tali motivi, la cartografia del PAI del Bacino del Tevere segnala che il versante comprende un'ampia porzione di un orlo di scarpata in frana ed una porzione di frana attiva di crollo o ribaltamento classificata come R4 (rischio molto elevato -

fig.10 stralcio del PAI.)

Si segnala, inoltre, che la scarpata ed il pianoro sovrastante sono interessati, in alcune porzioni, da un'estesa rete di cantine a più livelli, le quali minano la stabilità globale del centro storico, non solo lungo la scarpata ma anche nel resto dell'abitato.

Lungo la scarpata sottostante il centro storico si rileva, in massima parte, la presenza della liva colata piroclastica vicana od ignimbrite C (Locardi, 1965), con giacitura sub orizzontale, in facies prettamente tufacea compatta, di colore giallo rossiccio, la quale affiora lungo tutta il versante in esame, con uno spessore variabile, stimato come sempre superiore ai 10 metri (fig.11 e 12).

Sotto la liva colata piroclastica vicana affiorano i tufi stratificati di Sacrofano, di origine sabatina, composta da una fitta alternanza policroma di livelli piroclastici di caduta, cineritici, con livelli di pomici giallastre, scorie, lapilli e sabbie vulcaniche rimaneggiate, ondulazioni e pseudo stratificazioni.

Procedendo verso il basso, affiora una seconda formazione sabatina, anch'essa emessa da più flussi piroclastici (ignimbriti) del centro di Sacrofano.

Questo litotipo ha un aspetto anch'esso litioide, da massivo a stratificato, con laminazione incrociata, con una matrice cineritica di colore grigio e giallo chiaro, con pomici grigie e nerastre, e numerosi inclusi millimetrici di altri tufi, lave, litici (prevalentemente carbonatici ma anche marnosi ed argillosi), frequenti lapilli accrezionari e resti vegetali nella parte bassa basale, inclusi tronchi o loro impronte.

Alla base della sequenza vulcanica vicano-sabatina, affiora, in prossimità del fondovalle, spesso mascherata

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

dalla coltre detritica di versante, una formazione prevalentemente conglomeratica, di colore avana chiaro, costituita da clasti prevalentemente calcarei arrotondati, di tipico ambiente fluviale, con una matrice sabbiosa ricca di elementi vulcanici rimaneggiati, a testimonianza della deposizione coeva all'attività vulcanica sabatina. Al piede del versante, si rilevano delle diffuse coperture detritiche, formate prevalentemente da blocchi e frammenti più o meno alterati di tufo e suolo, provenienti dalle pareti sub verticali sovrastanti. Sui fondovalle sono presenti depositi di origine alluvionale recenti ed attuali, probabilmente dotati di spessore discreto e di granulometria variabile con prevalenza di limi sabbiosi.



Fig.11 - Stratigrafia da Scarascia Mugnozza ed altri.

- T.R.S.N.V. Tufo Rosso a Scorie Nere (Ignimbrite IV)
- T.S.V.S. Tufo stratificati varicolori di Sacrofano
- T.G.V.T. Tufo Giallo della Via Tiberina

2.5.1 IDROGEOLOGIA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

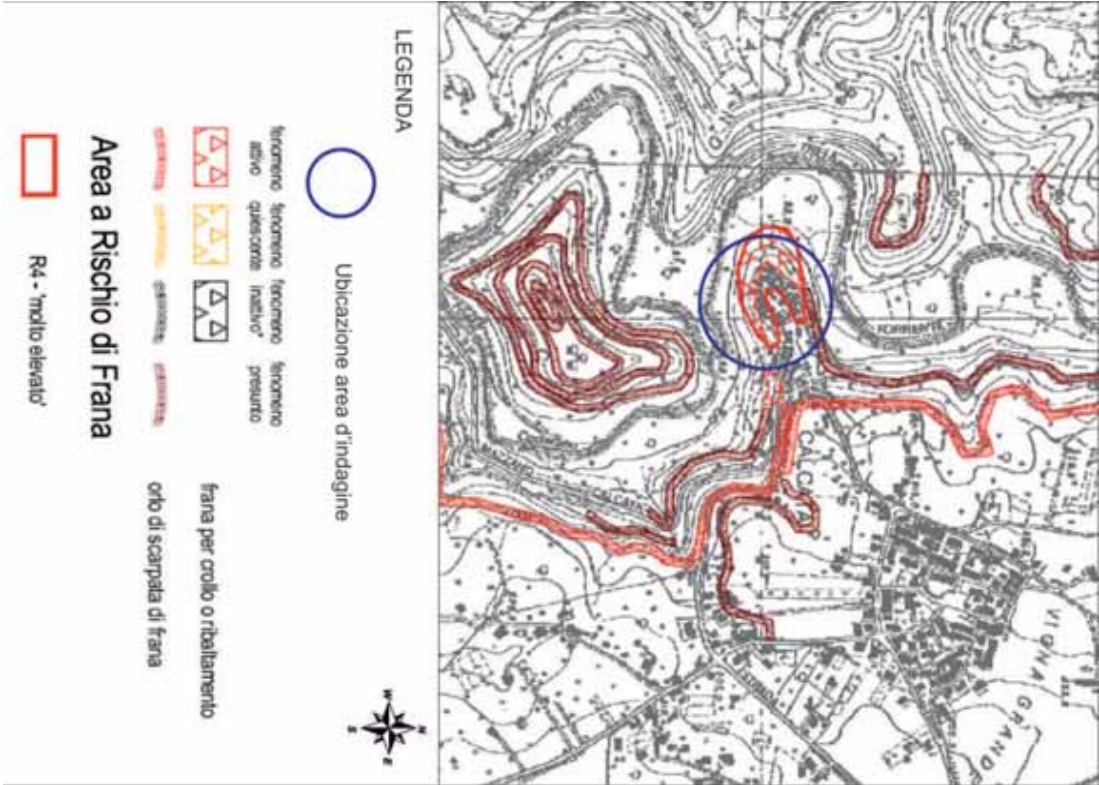
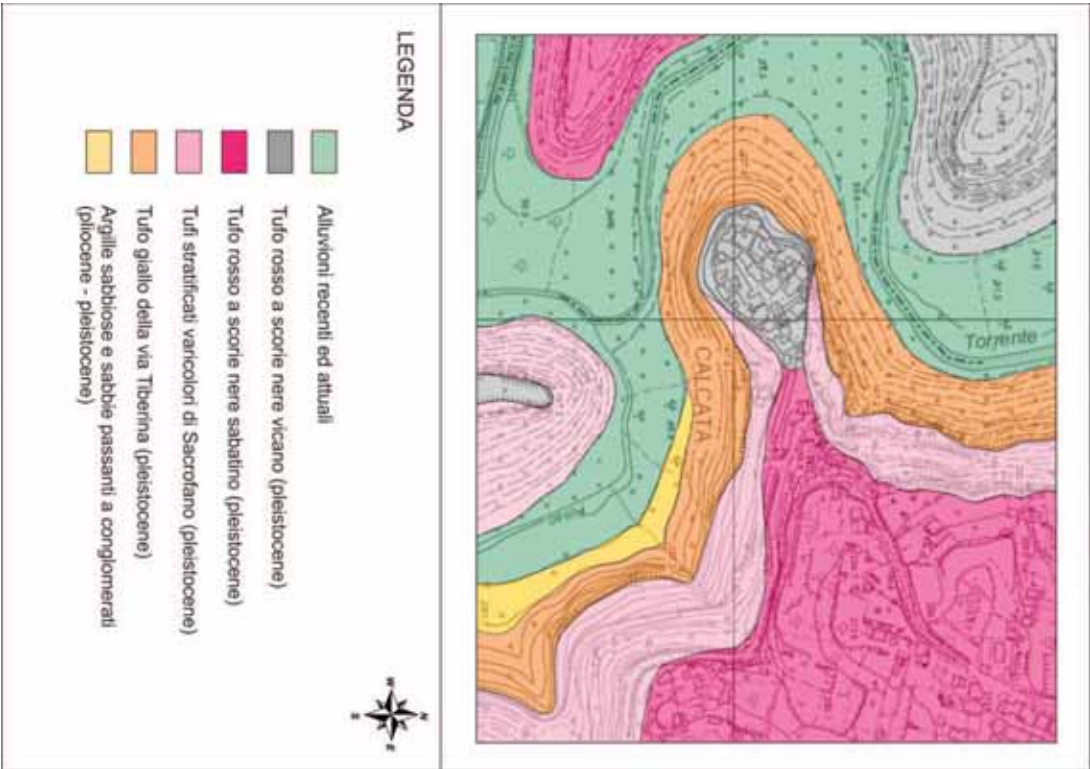


Fig.10 - Stralcio PAI

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

I terreni vulcanici affioranti hanno, complessivamente, permeabilità variabile da media a medio - bassa, con frequenti variazioni dovute, in massima parte, alla porosità ed al grado di fratturazione. La falda acquifera basale è contenuta nelle vulcaniti sia sabatine sia vicane e nella porzione superiore del substrato sedimentario, permeabile, a matrice ghiaioso sabbiosa, di origine continentale. L'acquifero è sostenuto, in profondità, da un livello impermeabile di notevole potenza, a matrice prevalentemente argillosa, costituito dai terreni sedimentari marini più pleistocenici. Il deflusso generale della falda acquifera delle vulcaniti è da ovest verso est, cioè dalle zone di ricarica lungo le pendici dell'apparato vicano e sabatino verso la valle del Tevere; in tale direzione le isopleze diminuiscono di quota.

Questo andamento generale può essere alterato localmente dalle profonde incisioni fluviali che incidono il plateau vulcanico, come quella del torrente Treja.

In questo caso, infatti, i corsi d'acqua sono classificati come "drenanti" la falda acquifera locale e vengono alimentati, oltre che dagli apporti meteorici diretti per ruscellamento, anche dal flusso idrico sotterraneo, che dà luogo a numerose emergenze sorgive sia puntuali sia lineari lungo le incisioni fluviali stesse.

A causa di tale situazione, le isopleze, in prossimità dei fossi, tendono ad inflettersi verso monte, come si può vedere nello stralcio della carta idrogeologica regionale allegata in fig.13, dove nel territorio compreso tra Mazzano, Calcata e Faleria le isopleze si inflettono lungo i corsi d'acqua drenanti, rappresentati con le frecce blu, i quali richiamano le acque sotterranee sia da sud che da est ed ovest, con quote variabili tra i 100 - 80 m s.l.m.

Rispetto al centro storico, la quota della falda basale si attesta a circa 90 metri s.l.m., corrispondente, all'incirca, al fondovalle alluvionale.

Il centro storico, essendo delimitato su tre lati dalla forra del torrente Treja, può essere alimentato solo parzialmente dal lembo tufaceo che lo congiunge al resto del plateau vulcanico ad ovest e quindi di fatto si ritiene possa avere una falda acquifera con potenzialità molto ridotte e/o assenti, a causa di questa particolare conformazione geomorfologica - idrogeologica.

Localmente, le formazioni tufacee, ignimbritiche, che interessano il centro di Calcata sono contraddistinte da valori di permeabilità secondari per fratturazione, mentre i depositi tufacei di ricaduta, stratificati, sono dotati principalmente di una permeabilità per porosità come pure il substrato sedimentario, incoerente, dove si passa a valori medio alti.

Per quanto riguarda i dati climatici sono stati considerati quelli del "bacino idrogeologico dei corsi d'acqua alimentati dai monti cimini orientali" (Capelli et. al, 2005), da cui risulta una piovosità annua media di 696 mm.

2.5.2 SISMICITÀ

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Calcata è stato interessato da rari terremoti, con epicentri localizzati prevalentemente lungo la fascia appenninica ed in minor misura nella zona romana.

Il territorio di Calcata è compreso nella zona sismogenetica ZS 42 orientata in direzione nord ovest - sud est, parallelamente alla fascia tirrenica.

In base all'O.P.C.M. n° 3274 ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Lazio (D.G.R. n. 387 del 22/05/2009) è stato classificato in zona 3A.

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo

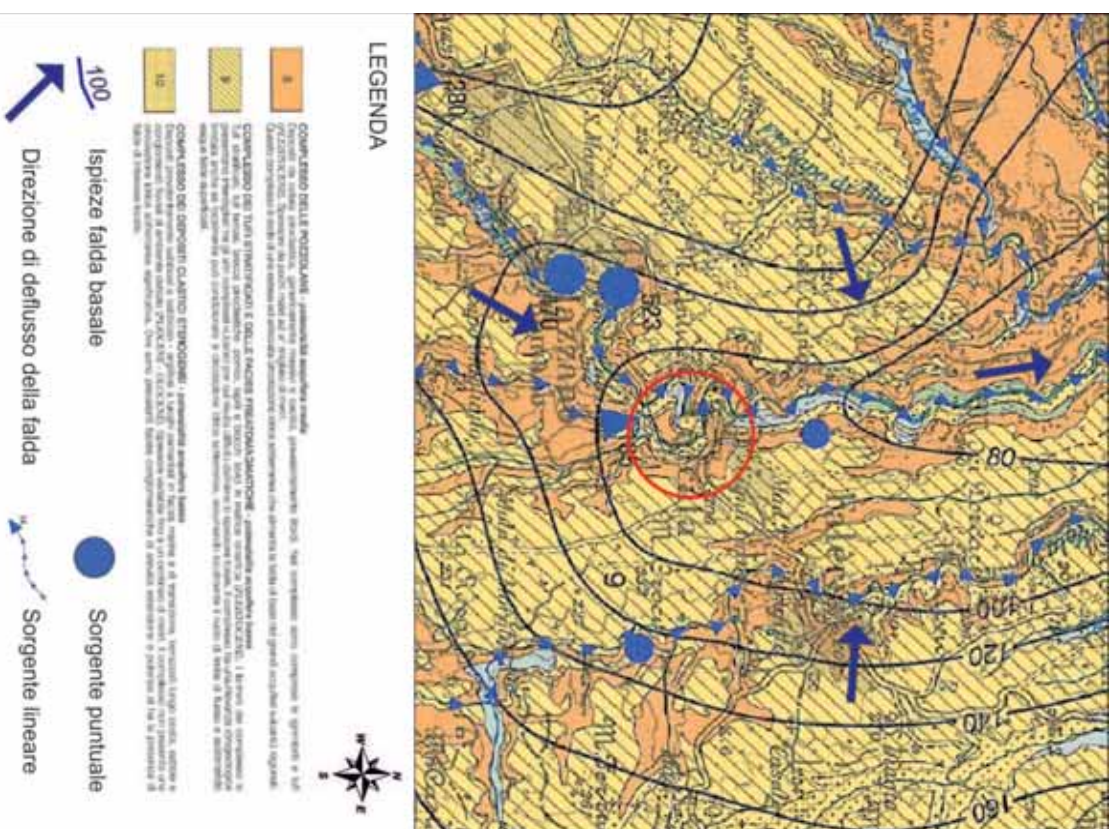


Fig.13 - Carta Idrogeologica Regione Lazio

INGV - CP1004, dove sono evidenziate le intensità sismiche 15 di tutti i principali eventi sismici che hanno colpito la zona, per i quali vengono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro 10, i terremoti che hanno raggiunto l'area con maggiore intensità sismica (15 a 15°) furono quelli con epicentro nell'appennino laziale-abruzzese, abbastanza recentemente nel 1994 e 1997 (fig. 14).

Vista la tipica geomorfologia di sperone tufaceo, con pareti subverticali su tre lati, sono da segnalare possibilità di amplificazioni topografiche nel centro storico, ricadente in categoria topografica T2.

2.6 COMPONENTI GEOTECNICHE

Con i dati disponibili in letteratura e con le relazioni tecniche fornite dall'amn. ne comunale è stato effettuato un inquadramento geologico-strutturale dell'ammasso tufaceo, sul quale poggia il centro abitato, mettendo in luce le principali proprietà geotecniche ed il relativo rischio di dissesto.

Il tufo rosso a scorie nere è dotato dei seguenti parametri geomeccanici medi, desunti da indagini di laboratorio (Affm 1997) e da ricerche dell'Università di Roma (Bozzano et al., 2005):

Peso di volume naturale:

$$Y = 1,5 - 1,6t/m^3$$

Porosität

n = 45-53 %

Resistenza rottura compres-

sione $q = 167\text{--}239 \text{ kg/cm}^2$

Modulo Young

 $E = 2039 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente Poisson

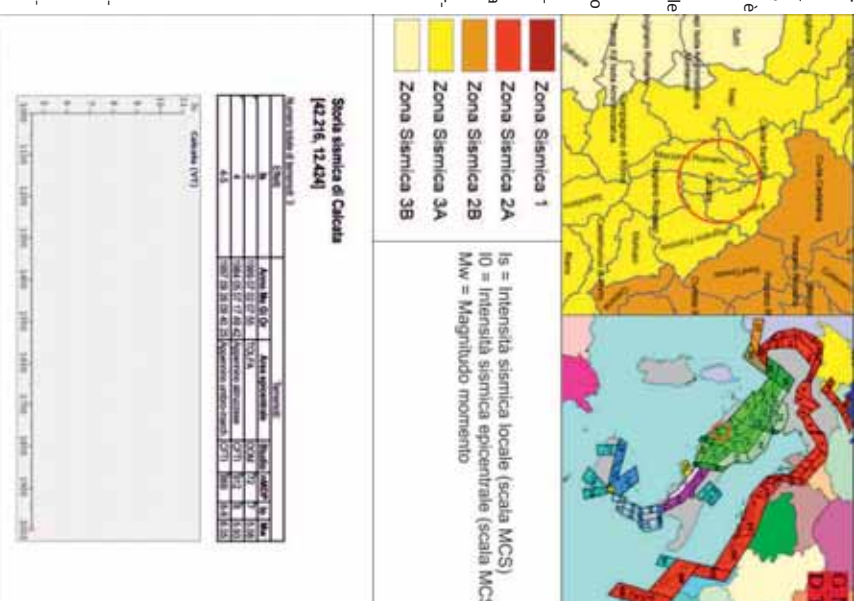
 $v = 0,24$

I tufi stratificati varicolori di Sa-

Fig.1.4 Classificazione sismica e ta-



Fig.14 Classificazione sismica e tabella terremoti Calcata



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S _i
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq \alpha < 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

crofano sono dotati dei seguenti parametri geomeccanici medi (Bozzano et al., 2005):

Peso di volume naturale: $\gamma = 1,1 \text{ t/m}^3$

Angolo di attrito interno $\phi = 30^\circ$

Coesione $c' = 0,34 \text{ kg/cm}^2$

Modulo Young $E = 306 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente Poisson $\nu = 0,17$

Il tufo giallo della via Tiberina è dotato dei seguenti parametri geomeccanici medi (Bozzano et al., 2005):

Peso di volume naturale: $\gamma = 1,25 \text{ t/m}^3$

Modulo Young $E = 1122 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente Poisson $\nu = 0,22$

I rilievi geologico-strutturali degli studi pregressi indicano tre sistemi di fessurazione principali, con orientamento NO-SE, NE-SO e N-S a giacitura verticale o subverticale; la lunghezza delle fessure è variabile da pochi metri a qualche decina di metri, la spaziatura, in genere, è inferiore alla decina di metri.

La presenza della debole ciotte dei tufi stratificati varicolori di Sacrofano sotto il tufo rosso a scorie nere, a sua volta sovrastante la formazione del tufo giallo della via Tiberina, crea, di fatto, un ulteriore elemento di debolezza nel versante.

Il livello piezoclastico di ricaduta, infatti, è facilmente erodibile e può favorire i fenomeni di dissesto della parete rocciosa. I dissesti sono favoriti dalla presenza di acqua nei giunti che tende al dilavamento ed all'allargamento delle fessure.

I fenomeni di gelo-disgelo, inoltre, contribuiscono alla fratturazione della roccia, specialmente lungo il versante settentrionale della rupe.

L'acqua, all'interno del centro storico, proviene in gran parte dalle infiltrazioni di acque reflue e meteoriche, dovute allo stato fatiscente o all'assenza stessa della rete fognaria.

Sono tristemente note le dispersioni di liquame lungo le pareti tufacee che accelerano la degradazione del

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

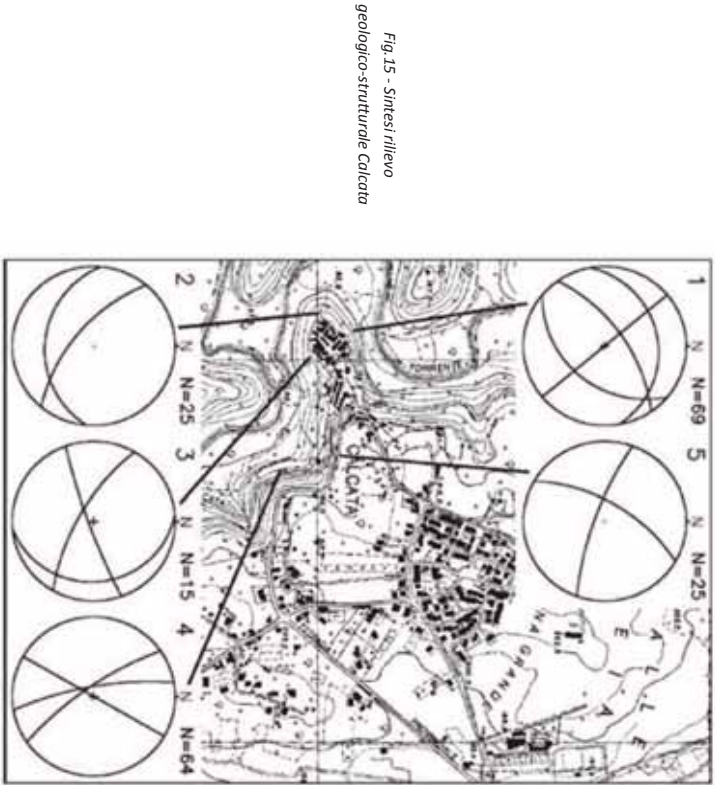
tufo e favoriscono l'innescio dei dissesti, non dimenticando l'azione aggressiva delle acque reflue nei confronti delle malte e delle rocce affioranti.

La falda acquifera principale è segnalata all'incirca alla base del versante, intorno alla quota di 90 m s.l.m., non sono note falde sospese ma si può ipotizzare una circolazione idrica all'interno dei litotipi granulari.

Anche la presenza di piante lungo le scarpate, con l'azione divarcatrice dell'apparato radicale, contribuisce allo sviluppo dei fenomeni gravitativi, pertanto ogni progetto di consolidamento deve prevedere l'eliminazione di tale vegetazione.

Per quanto attiene lo stato fessurativo delle pareti, si riporta la sintesi del rilievo strutturale del centro storico, dove sono indicate le direzioni e le inclinazioni rilevate lungo le scarpate (da Bozzano et al. 2005) (fig. 15). Da tale studio, si riporta la direzione (strike) ed inclinazione (dip) dei principali sistemi di fessurazione e la loro spaziatura (variabile da 2,5 a 3,5 m) per il tufo rosso a scorie nere (T.R.S. N.V.), con altre proprietà quali JRC (rugosità), JCS (resistenza a compressione delle pareti dei giunti), Jv (numero di discontinuità totali per unità di volume), Ib (stima dimensioni dei blocchi) (fig. 16). Il sistema fessurativo non è limitato alle pareti esterne dello sperone tufaceo ma si propaga anche all'interno, come verificato dai rilievi strutturali all'interno delle cantine. A titolo di esempio, si riporta l'evoluzione gravitativa di un dissesto franoso sul lato sud est del paese, dove si nota (fig. 17) che i diversi sistemi di fessurazione tendono a creare dei blocchi tufacei di forma prismatica (17a) i quali, incuneandosi, esercitano una pressione divarcatrice (17b), fino a provocare il ribaltamento secondario dei blocchi più esterni (17c) (Bozzano et al. 2005).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Giacit. (Strike/R/Dip)	Spaz.	Jv	Ib	JCS	JRC
set a:b:c	set a:b:c (m)	(joint/m ³)	(m)	(MPa)	
CALCATA					
T.R.S.N.V.	76/83,136/60	2,5;3,5	0,3	3,0	33 17
T.S.V.S.	110/80	x	x	x	x x
T.G.V.T.	x	1,5	0,66	1,5	21 17
CONGL.	x	x	x	x	x x

Fig.16 - Tabella geologico-strutturale

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

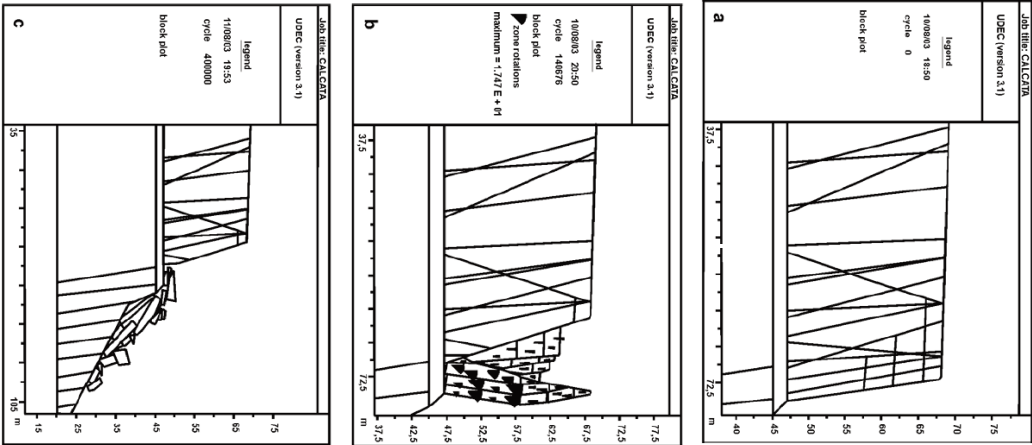


Fig.17 - Analisi evolutiva di stabilità della rupe Calcata
a=situazione geometrica stato fessurativo
b = schema delle rotazioni dei blocchi
c = evoluzione finale con fenomeni di ribaltamento

3. ANALISI DEL FINANZIAMENTO

Il presente Progetto trova copertura finanziaria all'interno del POR FESR Lazio 2014-2020, approvato dalla Commissione Europa in data 13 febbraio 2015 (decisione C-924 del 12/02/2015), Asse 5 "Prevenzione del rischio idrogeologico. Obiettivo Specifico 5.1 "Riduzione del rischio idrogeologico e di erosione costiera", Codice 087 "Misure di adattamento ai cambiamenti climatici, prevenzione e gestione dei rischi connessi al clima, quali erosione, incendi, inondazioni, tempeste e siccità, comprese azioni di sensibilizzazione, protezione civile nonché sistemi e infrastrutture per la gestione delle catastrofi".

4. DESCRIZIONE DELLO SCENARIO DELL'INTERVENTO

4.1 STATO ATTUALE

L'area oggetto degli interventi descritti è ancora oggi soggetta a fenomeni geomorfologici di rilievo, che coinvolgono sia porzioni di parete comprese nelle aree classificate come R4 (carta PAI), sia porzioni di parete classificate "orlo di scarpata di frana presunta".

In alcuni casi, i dissesti riguardano anche le porzioni di parete e di muraglioni già soggette a lavori di consolidamento e protezione, per i quali si evidenzia l'esigenza di interventi manutentivi e migliorativi.

4.2 CAUSE DEI DISSESTI

Le principali cause dei processi di dissesto che contraddistinguono Calcata, comuni ad altri centri storici del Lazio settentrionale, sono di seguito illustrate.

- Cause geomorfologiche ed idrogeologiche

La morfologia dei luoghi è caratterizzata da elevate pendenze e dalla presenza di una sequenza di terreni di natura vulcanica, poggiati su un substrato sedimentario. Questa situazione caratterizza il versante che risulta formato da materiali dalle caratteristiche meccaniche ed idrauliche diverse.

Una successione stratigrafica come quella descritta, con terreni più consistenti e molto attivi, poggiante su tufo meno addensati e su un substrato sedimentario anch'esso meno consistente, comporta lo sviluppo di fenomeni erosivi più evidenti al piede della scarpata, con il conseguente scalzamento della base del versante, al quale segue il crollo della porzione di roccia sovrastante, oramai in aggetto.

Inoltre, i tufi affioranti sono soggetti a fratturazione dovuta sia al raffreddamento del materiale eruttato sia allo sviluppo di tensioni proprie di pareti dotate di tali pendenze. La presenza di faglie di frattura tra loro intersecate, nel caso in questione, porta alla formazione di prismi tufacei in grado di distaccarsi dalla parete e di precipitare a valle.

L'instabilità delle pareti tufacee subisce un ulteriore sviluppo dalla presenza di acqua, la quale comporta una serie di azioni sfavorevoli che possono essere così sintetizzate:

1. aumento delle pressioni interstiziali con effetti negativi sulle superfici di scivolamento e di contatto;
2. decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali saturi;
3. alimentazione della vegetazione nociva lungo le pareti e dei relativi apparati radicali;
4. aggressione chimica delle rocce e delle malte eventualmente presenti come legante strutturale, soprattutto legata alla circolazione di acque reflue;
5. sviluppo di crioclastismo con formazione di neofratture ed allargamento di quelle esistenti, disaggregazione del materiale saturo;
6. dilavamento ed asportazione della componente fine nelle porzioni di materiale più sciolto.

- Cause dendrologiche

All'interno delle fratture si possono installare degli apparati radicali in grado di penetrare in profondità ed esercitare, nella crescita, fortissime spinte sulle pareti, tale fenomeno è noto come dendroclastismo.

- Cause dovute alle

escursioni termiche

L'escursione termica diurna e notturna determina variazioni locali di dimensioni, legate alla resistenza ed alla capacità termica del materiale tanto maggiore quanto più evidente è questa differenza. (termoclastismo).

Sull'intera torre tufacea ed in special modo la parte Nord, le temperature invernali possono scendere sotto 0°C., con ulteriori fenomeni di crioclastismo per la presenza di acqua che dà luogo a formazioni di ghiaccio nelle fessure beans. La probabilità di crolli è, infatti, maggiore in condizioni estreme in pieno inverno

- Cause antropiche

Tali cause, nello specifico, sono costituite dal mancato controllo delle acque meteoriche e reflue. Le prime non incanalate possono portare, come già accen-

Fig. 1 - Esempio di dendroclastismo, foto al piede della parete, 2015.



nato, ad aumentare delle pressioni interstiziali all'interno del masso tufaceo, le seconde, che nel caso specifico sversano anche lungo il perimetro, direttamente in parete, contribuendo da una parte all'alimentazione della vegetazione arborea ed arbustiva che si è installata, in particolare nella zona Est e Nord della rupe. Tali fenomeni sono esaltati dalle variazioni di temperatura e dagli eventi piovosi.

Le cause, sopra descritte, sono generalmente concomitanti e complementari; trascurare una di esse potrebbe limitare e/o condizionare l'efficacia di interventi eventualmente attuati per la risoluzione delle altre cause, senza quindi risolvere in modo esaustivo i fenomeni di dissesto.

I dissesti si manifestano come crolli improvvisi della parete rocciosa e sono evidenziati dalla presenza di grandi blocchi lungo la pendice, alcuni dei quali rotolati sino all'attuale alveo del torrente Treja.

4.3 FILOSOFIA DI INTERVENTO

Gli interventi di consolidamento dei dissesti previsti sono finalizzati all'eliminazione delle cause pre-senti e potenziali del fenomeno rappresentate dal pericolo di crollo delle pareti (deficienza meccanica delle rocce, presenza delle acque di circolazione, sia meteoriche). La tipologia d'intervento è quella, ormai canonica, messa a punto sulla base delle esperienze in interventi di consolidamento, realizzati e completati con successo negli ultimi trent'anni, in situazioni simili, a salvaguardia di altri centri storici, quali ad esempio Orvieto, Orte, Ronciglione, località che sono caratterizzate da condizioni geologiche e morfologiche equivalenti, nonché sulla precedente esperienza di Calcata

Essi sono quindi articolati nei:

A- Completamento degli interventi di consolidamento della parete perimetrale nella parte Nord della Rupe

B – Eliminazione delle acque di infiltrazione all'interno della Rupe, fondamentalmente costituite dalle acque di origine reflua che non solo sono nel rapporto 2/1 rispetto a quelle hanno meteoriche ma hanno la anche la caratteristica di essere diffuse in tutto l'arco dell'anno. La presenza dell'acqua cost-tuisce infatti l'elemento alla base dei dissesti agendo in due diverse modalità in quanto:

22a seguito delle pressioni interstiziali causa un aumento delle sollecitazioni all'interno della roccia che superano i limiti di resistenza del materiale e portano all'instaurarsi dei fenomeni di crollo;
22Inoltre, l'alimentazione idrica favorisce la crescita della vegetazione parassita, vegetazione che con il sistema radicale determina il dendroclastismo, altra di causa fondamentale del dissesto presente.

5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1 GENERALITÀ

Criteri di consolidamento e sistemazione idrogeologica

Gli interventi di consolidamento e sistemazione idrogeologica sono finalizzati:

- al consolidamento e la messa in sicurezza delle pareti nella parte Nord per il tratto residuale rispetto ai lavori già attuati nel 1998-2000, intervenendo sia nella fascia superiore sia nella fascia al piede della rupe.
- all'eliminazione delle cause ed alla limitazione degli effetti conseguenti, attraverso il contenimento, per quanto possibile, dei fenomeni di circolazione idrica all'interno del masso tufaceo;
- all'eliminazione delle cause ed alla limitazione degli effetti conseguenti, attraverso il contenimento, per quanto possibile, dei fenomeni di circolazione idrica all'interno del masso tufaceo;

5.2 OPERE DI CONSOLIDAMENTO PARETE NORD
5.2.1 Generalità



Fig. 14 - Parete nord zona d'intervento, foto archivio British School anno 1960.

Dal confronto tra le fotografie è evidente l'aumento della vegetazione in parete in conseguenza del maggior af-flusso idrico dovuta alla costruzione negli anni della fine del secolo scorso dell'acquedotto.



Fig. 15 - Parete nord zona d'intervento, foto 2016.



Fig. 16 - Parete nord zona d'intervento, foto 2002.

Si ritiene che la soluzione più idonea sia quella di proseguire nella tipologia d'intervento già adottata con successo lungo la rupe. Di conseguenza, s'interrà al piede con un sistema di ancoraggi attivi profondi ed un sistema di ancoraggi passivi profondi in testa lungo il ciglio della Rupe, prevedendo nella zona intermedia, ove la presenza di fratture lo renda necessario, un consolidamento corticale con un reticolo di chiodature.

Il sistema di ancoraggi attivi è dimensionato in modo da ottenere un controllo delle deformazioni reciproche tra gli elementi colonnari ed una parziale ricompressione del tufo alla base delle colonne, in tal modo la stabilità del complesso risulta meno condizionata dalla differenza di modulo elastico tra la formazione tufacea T.R.S.N.V. e la sottostante formazione tufacea T.S.V.S., di qualità meccaniche più scadenti (m 25).

Il sistema di ancoraggi passivi in testa al ciglio impedisce che i blocchi perimetrali della formazione tufacea T.R.S.N.V. siano soggetti a possibili fenomeni localizzati di ribaltamento, per cui la loro lunghezza sarà decrescente dall'alto verso il basso e comunque funzione di una verifica locale delle dimensioni delle colonne.

Nella zona intermedia, si procederà all'esecuzione di un reticolo di chiodature orientate, la cui lunghezza sarà funzione delle caratteristiche locali (sistema di fratture) del volume su cui s'interviene e dell'ordine massimo di m 5-8, in modo da impedire che il sistema di fessure presenti si possa propagare.

La finalità è quella di ricostruire la continuità longitudinale delle colonne verticali. La cementazione dei chiodi avrà un ulteriore benefico effetto poiché la diffusione della bolacca di cemento porterà ad una cementazione dei sistemi di frattura presenti, incrementando la resistenza complessiva della parete.

Per impedire che si formino, alle spalle delle zone cementate, falde pensili e quindi pericolosi accumuli delle pressioni interstiziali potrà essere predisposto anche un sistema di dreni sub verticali a tre livelli di lunghezza, tale da superare la zona corticale cementata.

Il sistema complessivamente comporta un signifi-

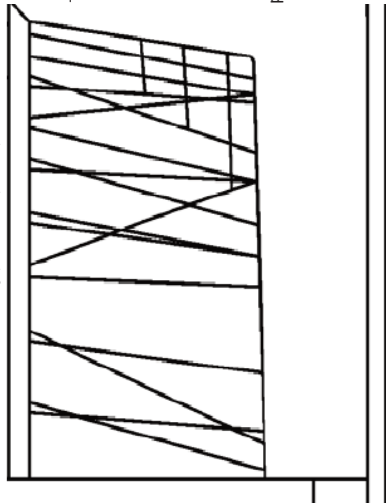


Fig. 17 - Schema dei sistemi di fratturazione in parete.

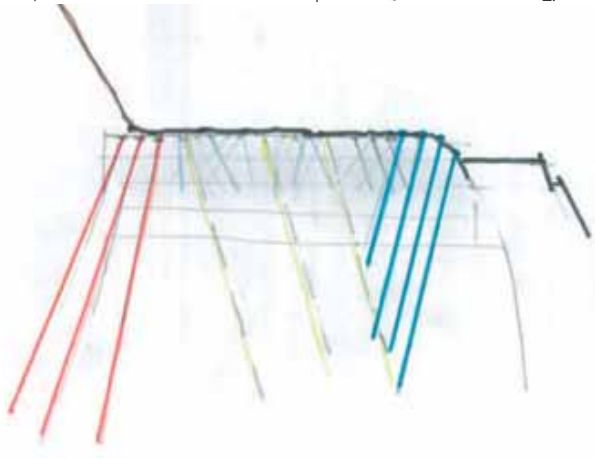


Fig. 18 - Schema degli ancoraggi in parete.

cattivo aumento del coefficiente di sicurezza della colonna tuffacea sia a ribaltamento sia a scorrimento.

Tali interventi verranno integrati dalla manutenzione straordinaria, previo loro controllo statico, delle opere di consolidamento della parete tuffacea già realizzate nel periodo tra gli anni 1998-1999, fondamentalmente costituita dall'eliminazione delle essenze vegetali presenti in parete, che dovranno essere devitalizzate e successivamente eliminate.



Fig. 19 - Schema ancoraggi passivi intesa al ciglio.

5.2.2 Dettagli Esecutivi

Si prevedono due distinte fasi: una fase iniziale d'indagine e preparazione dei luoghi, in

modo da intervenire successivamente in condizioni di massima sicurezza ed una successiva fase di esecuzione degli stessi.

Fase iniziale:

1. Ricognizione e rilievi; Si prevede di eseguire la ricognizione con due diverse tecniche. Dapprima verrà preparata la base per un rilievo di dettaglio Laser Scanner, in modo da ottenere una restituzione definita della parete, completata da un'indagine geostutturale con l'impiego di maestranze specializzate (geologi rocciatori) in modo da acquisire i dati geometrici necessari a caratterizzare l'ammasso roccioso sia dal punto di vista geostutturale che meccanico. Sarà anche eseguito il rilievo piano altimetrico dei luoghi, propedeutico alla redazione del Progetto Definitivo, perché è necessaria disporre, per quest'ultimo, di una visione di dettaglio dei luoghi, possibile solo dopo una diretta puntuale ricognizione della parete.
2. Operazioni di diserbo e devitalizzazione piante.

Le parti di parete rocciosa oggi parzialmente ricoperte dalla vegetazione, verranno trattate come di seguito descritto. Previo taglio della vegetazione alla base, si procederà alla devitalizzazione delle radici con prodotti biodegradabili, iniettabili a pressione ridotta, dopo 10/20 giorni, verificato il disseccamento/devitalizzazione



Fig. 20 - Schema ancoraggi attivi alla base della parete.

dell'essenza infestante, si procederà all'estirpazione degli apparati radicali. Il tutto verrà eseguito in parete con l'ausilio di personale specializzato (rocciatori) sulla base delle direttive del Regolamento Regionale Lazio 18 aprile 2005.

L'operazione va estesa a tutto il perimetro anche alle zone consolidate dove è presente una nuova abbondante vegetazione

3. Posa in opera reti di protezione

In fase transitoria, per garantire la sicurezza delle maestranze verranno poste in opera delle reti in modo da evitare che in caso di distacchi e caduta di elementi lapidei o vegetali si possano verificare incidenti.

Fase successiva:

4. Disgaggio elementi pericolanti

Il disgaggio degli elementi lapidei in equilibrio precario, identificati dalla ricognizione, sarà eseguito con l'ausilio di leve, attrezzature idrauliche o l'utilizzo di malte espansive.

Il tutto sarà funzione dei volumi unitari da abbattere e sarà eseguito in parete con l'ausilio di personale specializzato (rocciatori), curando che durante queste operazioni sia inibito l'accesso alle zone interessate sia in parete sia lungo il pendio sino all'alveo del fiume Treja.

5. Ancoraggi attivi

Gli ancoraggi attivi, da eseguire al piede della rupe, saranno del tipo definitivo con barre di tipo dywidag a doppia protezione. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno singolarmente una capacità tensionale di ton 15, la forza di tesaggio sarà limitata al 2/3 in modo da limitare il carico unitario localizzate.

6. Ancoraggi passivi

Gli ancoraggi passivi, da eseguire al ciglio della rupe, saranno del tipo definitivo o geoway a doppia protezione, tenuto conto che eventuali perdite del sistema fognante. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno una capacità tensionale globale di ton 10, ma la forza di tesaggio sarà limitata al 1/4 per garantire la completa connessione.

7. Chiodature

Le chiodature, da eseguire lungo la parete, saranno del tipo definitivo a trefolo ed a doppia protezione, tenuto conto che eventuali perdite del sistema fognante della rupe, giungerebbero per percolazione attraverso le fratture dei tufi sino alla zona di ancoraggio. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno singolarmente una capacità tensionale di ton 15, la forza di tesaggio sarà limitata al 2/3 in modo da limitare il carico unitario localizzate.

8. Dettagli copertura teste

Le teste dei tiranti attivi, dei tiranti passivi e delle chiodature saranno realizzate previo scavo di una nicchia profonda almeno cm 25 e, successivamente alle operazioni di tensionamento, tale nicchia verrà chiusa con una muratura in scaglie di materiale tuffaceo, predisposto in maniera tale da ricalcare l'andamento della parete ed ottenere un aspetto identico alla parete circostante.

9. Sigillatura delle lesioni e delle fratture

Le lesioni, previa scansitura ove necessaria un'opera di rettificazione, saranno sigillate con una malta di calce ed inerte derivato dalla demolizione dei tufi locali nel caso di piccole lesioni (2-5 mm), nel caso di lesioni di dimensioni maggiori con una muratura in piccole scaglie di materiale tuffaceo predisposto in maniera tale da ricalcare l'andamento della parete.

Mentre le notizie di carattere geologico, geotecnico e idrologico oggi disponibili dopo gli studi preliminari sono ampiamente sufficienti all'elaborazione del Progetto, le indagini complementari necessarie vengono descritte nel competente capitolo e serviranno a calibrare nel dettaglio il Progetto Definitivo, esse riguardano un esame di dettaglio delle pareti e, soprattutto, un censimento definitivo delle cavità presenti lungo il perimetro ed un

censimento degli scarichi privati afferenti al ciglio della rupe.

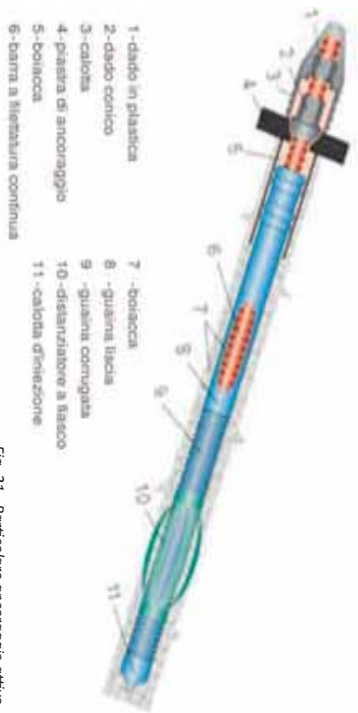


Fig. 21 - Particolare ancoraggio attivo.

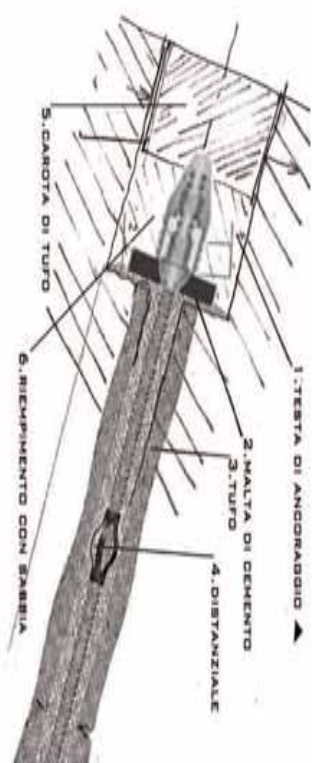


Fig. 22 - Particolare testa ancoraggio.

5.2.2.1 Ancoraggi

Poiché non è possibile accedere al piede della parete in sicurezza per la possibile presenza su di essa di elementi lapidei pericolanti, di cui data l'altezza della parete è difficoltoso e pericoloso il disaggio da valle, è stato studiata una soluzione idonea, prevedendo la preventiva posa in opera di una rete paramassi che metta in sicurezza provvisoriamente la parete. La parete infatti in tal modo è da considerarsi sufficiente stabile in questa fase.

I lavori verranno eseguiti procedendo dall'alto verso il basso e discendendo la parete si opereranno i piccoli disaggi necessari. In particolar modo si interverrà: con dei rocciatori specializzati muniti di piccole attrezzature di perforazione come già precedentemente eseguito.

In funzione di questa necessità operativa si è optato per un consolidamento realizzato con degli ancoraggi armati con barre del diametro 26,5 mm in acciaio tipo dywidag 950/1050; tali barre possono essere messe in opera da parte di una squadra di rocciatori specializzati. Grazie alle loro caratteristiche costruttive, è possibile lavorare con relativa semplicità. Infatti le barre sono a filettatura continua il che consente che la lunghezza finale dell'ancoraggio si ottenga collegando tra di loro degli elementi di lunghezza modulare da m 3 e m 6 di peso limitato di cui è possibile la movimentazione in parete. Inoltre l'utilizzo di una barra di grosso diametro permette di resistere in modo più rigido ad eventuali azioni di taglio che dovessero sorgere per la presenza di fratture nella roccia parallele alla fronte del crollo.

Per la costruzione di questi tiranti è prevista la perforazione di un foro di diametro non superiore ad 80 mm, la posa in opera delle barre e la successiva iniezione del tratto attivo con bolacca di cemento reoplastico espansivo con resistenza a compressione a 28 gg non inferiore a 80 N/mm². Agli ancoraggi sarà quindi applicata una tesatura a 10 ton pari ad 1/5 del carico di lavoro ammissibile, per garantire l'aderenza dell'ancoraggio alla parete tramite la sua piastra senza sollecitare eccessivamente il tufo a compressione.

La presenza della filettatura garantisce l'aderenza necessaria per la trasmissione del carico. Inoltre le teste delle barre sono previste del tipo zincato e possono successivamente essere adoperate per ancorare alla parete il muro di rivestimento all'atto della sua ricostruzione.

La maglia degli ancoraggi, che verrà eseguita nella zona dove la formazione è francamente lapidea, senza lesioni verticali e già dotata di un adeguato coefficiente di sicurezza, sarà realizzata a quinconce con spaziatura di 3,00 m * 3,00 m con la lunghezza totale ancoraggi che è variabile secondo la posizione in parete tra i m 10,00 ed i m 18,00. Gli ancoraggi saranno inclinati di 30° sull'orizzonte.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

5.3 DETTAGLI OPERATIVI
5.3.1 Opere di sistemazione idrogeologica

Le acque presenti sono sia di origine meteorica e reflua e la loro l'eliminazione rappresenta la priorità nei lavori di risanamento; per ragioni di semplicità queste opere sono descritte come "sistemazione idrogeologica". Le opere sono costituite da una galleria drenante anulare costruita all'interno dell'ammasso tufaceo, alla quota di circa 160 metri s.l.m.,. Un ulteriore sistema di dreni radiali, spiccati dalla calotta della galleria, permette di ampliare a tutta la fascia perimetrale le opere drenanti, in modo captare la maggior parte delle acque di circolazione all'interno del masso tufaceo.

Fig. 2 - Censimento scarichi urbani anno 1995



Stato di fatto e valutazione dell'apporto idrico: all'interno dell'ammasso tufaceo non esiste un livello di falda definito ed il tufo corticale è da considerarsi un elemento estremamente permeabile, a causa della presenza di fratture, per contro sono possibili piccole falde pensili a causa di strati impermeabili, sub orizzontali, che possono convogliare le acque di percolazione presenti in zone ben definite delle pareti; qui esse fuoriescono favorendo sia i fenomeni di dissesto, che si evidenziano sulle pareti, sia la crescita della vegetazione.

Fig. 3 - Censimento scarichi urbani anno 2015.



Il borgo medievale di Calcata ha un'estensione areale pari a circa 1,3 Ha ed è occupato per il 90% da edifici e per il 10% circa dalle strade e dalle piazze. Le strade urbane, la cui pavimentazione è in molti casi ammaloriata, dispongono solo di un limitato numero di caditoie e ad esse recapitano normalmente anche le grondaie dei tetti. Quota parte di queste acque ruscellano lungo le strade e sono recapitate naturalmente tramite dei doccioni sulle pareti al termine delle stesse, il rimanente s'infiltra nel masso, per una portata complessiva stimabile

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Fig. 4 - Schema collettori fognari comunali, anno 2015.



in circa 90 l/s. Sulla base dei documenti disponibili e dei sopralluoghi eseguiti oltre ai 6 scarichi afferenti ai collettori comunali, che sono fondamentalmente collettori di acque reflue, si è avuto modo di censire circa altre 60 tubazioni aventi diametri compresi tra 100 e 150 mm, quasi sempre riconducibili a singole unità abitative. Sia i collettori comunali che quelli privati discendono solo per pochi metri dal ciglio di sommità della rupe e poi scaricano liberamente.

Concludendo, poiché le strade urbane dispongono solo di un limitato numero di caditoie ed ad esse recapitano normalmente le grondaie dei tetti delle abitazioni e la loro pavimentazione è in molti casi pervia, quasi tutte le acque reflue e meteoriche presenti nel centro storico s'infiltrano per gravità nel masso tufaceo o scorrono lungo la parete.

Questa continua diffusa percolazione ed infiltrazione delle acque reflue alimenta e favorisce il mantenimento di falde pensili, l'aumento delle pressioni interstiziali con pericolo di innesco di crolli e, soprattutto, lo sviluppo della vegetazione a discapito dell'integrità e stabilità della formazione tufacea.

5.3.2 INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA

Le opere sono costituite da una galleria drenante principale di circa 8 metri quadrati di sezione, dimensioni che permettono anche la realizzazione della serie di ventagli di dreni subverticali sviluppati dalla calotta dello stesso per la captazione delle acque in circolazione.

La lunghezza e la spazialità dei dreni permette di interessare un volume di circa 120.000 mc³, che corrisponde al 60 % del volume complessivo della rupe, ossia l'intera fascia perimetrale soggetta a possibili rischi di crollo. Tali drenaggi saranno collegati all'interno della galleria ad una condotta del diametro di 250 mm e recapiteranno le acque al fiume Treja.

Per quanto attiene le acque reflue, il progetto prevede di creare una serie dei pozzi di caduta di piccolo diametro (da 100 mm a 250 mm) all'interno della rupe, localizzandoli nei punti più opportuni dell'abitato. Tramite questi pozzi sarà possibile portare, nella galleria principale le discenderie dei condotti fognari realizzati con tubazioni in PEAD, il cui diametro può essere, in base ai calcoli, minore od eguale a 100 mm nel caso delle singole unità abitative mentre aumenterà a 200 mm nel caso delle 6 discenderie principali. I pozzi di caduta saranno costituiti da un tombino iniziale di dimensioni sufficienti per realizzare i fori di collegamento tra il pozzo di caduta e le cantine delle case nelle quali i privati dovranno predisporre i loro allacci.

Il cunicolo principale anulare, realizzato con una pendenza tra il 0, 5% e 1%, conterrà al suo interno una condotta fognaria del diametro 500 mm, ampiamente sufficiente per le portate e le pendenze previste, realizzata con tubazioni in PEAD, che recapiterà le sole acque reflue sino all'impianto di sollevamento.

Per evitare intasamenti delle colonne di calata e del collettore anulare, in testa ed al piede le calate saranno dotate di pozzetti sifonati ispezionabili prima dell'immissione in condotta. Il pozzetto di valle sarà realizzato con un tubo in PEAD di grosso diametro (almeno 600 mm) profondo 1,50 m in modo da assicurare la presenza di un

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

idoneo cuscinio d'acqua in grado di dissipare l'energia cinetica associata al salto idraulico delle acque reflue convogliate dalla calata verticale.

Verranno utilizzate tubazioni in PEAD, materiale plastico che oltre ad avere un'ottima resistenza agli agenti chimico-fisici presenta un indice di scabrezza minimo ed è molto versatile per leggerezza e modalità di posa in opera ed assemblaggio. Tale prodotto potendo utilizzare per le giunzioni la termosaldatura consente di ottenere una condotta priva di giunti e completamente impermeabile. La differenziazione delle due condotte adibite rispettivamente alle acque d'infiltrazione ed alle acque reflue, permette limitare alle sole acque reflue quelle da sollevare e portare al successivo trattamento previsto nell'impianto di depurazione. L'aerazione della galleria è assicurata dalla presenza del doppio imbocco e dalla leggera pendenza che consente una ventilazione naturale nonché dalla predisposizione di una serie di 6 camini distribuiti lungo il tracciato.

La galleria sarà perforata con l'utilizzo di frese puntuali di piccole dimensioni mentre i pozzi verticali saranno perforati a rotazione od a rotoperdussione, il livello di vibrazioni sarà pertanto nullo od estremamente limitato. Propedeutica alla realizzazione dei pozzi di maggiore diametro, sarà l'esecuzione di una paratia perimetrale in micropali armati, collegati in testa da una trave in cemento armato con il doppio scopo di realizzare una cucitura perimetrale del tufo, consolidando il perimetro in modo da evitare la trasmissione di eventuali improbabili vibrazioni alla struttura perimetrale. Le tecnologie previste per lo scavo dei pozzi saranno del tipo "vibration free" – perforazioni a rotazione, uso di malte espansive etc.

La messa in opera nelle perforazioni verticali di tubi estraibili ne permette inoltre la manutenzione e ripristino in caso di occlusione delle condotte.

I drenaggi dall'interno della galleria saranno realizzati con perforazione a rotazione od a rotoperdussione del diametro di mm 80 armati con un tubo microtessurato in materiale plastico del diam 60 mm rivestito di tessuto non tessuto. Poiché le acque così drenate sono nel 95% già naturalmente filtrate non è necessario portarle all'impianto di depurazione; le acque saranno pertanto derivate in una condotta più piccola e recapitate al fiume Treja.

Tale soluzione in sotterraneo e/o interrata, dal punto di vista dell'impatto ambientale, risolve definitivamente il problema della presenza di tubazioni fognarie lungo la rupe, che tanto danno arrecano alla bellezza dei luoghi.

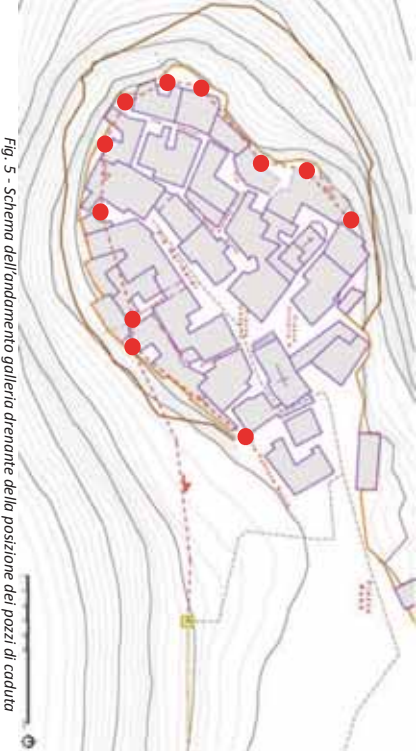


Fig. 5 - Schema dell'andamento galleria drenante della posizione dei pozzi di caduta

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

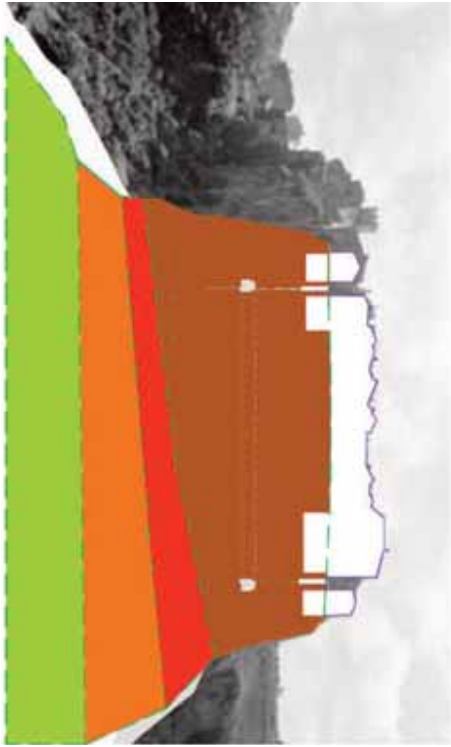


Fig. 6 - Sezione galleria tra i pozzi n.3 e n.9.

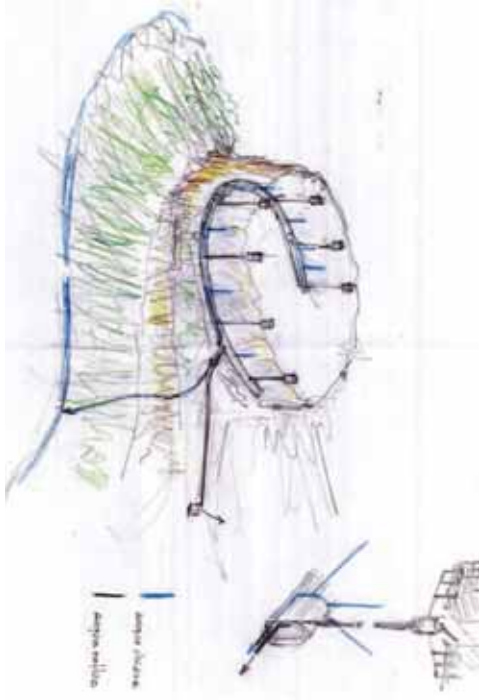


Fig. 7 - Bozza della visione prospettica galleria drenante

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

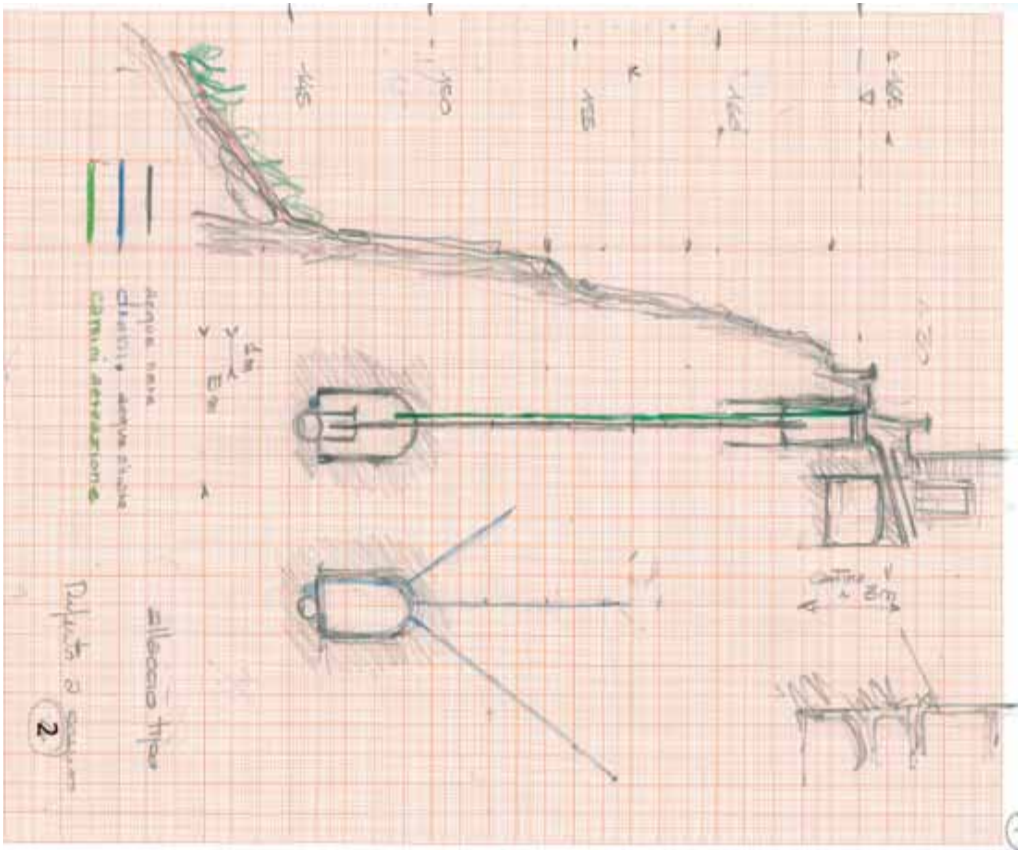


Fig. 8 - Sezione galleria in corrispondenza del pozzo n.3.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

8. ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ PAESAGGISTICA ED AMBIENTALE

Il progetto riguarda l'esecuzione di opere che non alterano l'aspetto attuale dei luoghi, anzi inducono un indubbio miglioramento della situazione sia dal punto di vista ambientale che igienico sanitario.

Le soluzioni adottate, infatti, permettono di ottenere un impatto nullo sulla scarpata, per quanto attiene la messa in opera di chiodature e tiranti, debitamente ricoperti con lo stesso materiale tufaceo che costituisce la parete.

L'aspetto più evidente del miglioramento della situazione attuale è il frutto dell'eliminazione di tutte le tubazioni di scarico che oggi deturpano il paesaggio urbano del centro storico di Calcata.

A questo insindacabile vantaggio estetico, si aggiunge il notevole impatto igienico sanitario, dovuto alla raccolta delle acque reflue che non andranno più ad inquinare il versante e ad intaccare la roccia in posto.



Fig.1 - Scarichi in parete.

Il progetto riguarda l'esecuzione di opere che non alterano l'aspetto attuale dei luoghi, anzi inducono un indubbio miglioramento della situazione sia dal punto di vista ambientale che igienico sanitario.

Le soluzioni adottate, infatti, permettono di ottenere un impatto nullo sulla scarpata, per quanto attiene la messa in opera di chiodature e tiranti, debitamente ricoperti con lo stesso materiale tufaceo che costituisce la parete.

L'aspetto più evidente del miglioramento della situazione attuale è il frutto dell'eliminazione di tutte le tubazioni di scarico che oggi deturpano il paesaggio urbano del centro storico di Calcata.

A questo insindacabile vantaggio estetico, si aggiunge il notevole impatto igienico sanitario, dovuto alla raccolta delle acque reflue che non andranno più ad inquinare il versante e ad intaccare la roccia in posto.

Le opere rispettano tutti i vincoli urbanistici previsti nel P.R.G. del Comune di Calcata sia nel caso degli interventi sulla scarpata che di quello riguardante gli impianti fognari.

Le opere previste in parete sono finalizzate alla loro messa in sicurezza e consistono in interventi di consolidamento statico e ripristino delle zone ammantate o dissestate, rispettando le caratteristiche naturali preesistenti. Tali opere non alterano, quindi, la componente estetica dell'abitato in quanto realizzate con tecniche consolidate di restauro, che non determinano modifiche dell'aspetto originario dei luoghi. Il consolidamento,

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

anzi, permette una maggiore fruibilità da parte della popolazione del centro storico stesso e della valle sottostante.
Si rammenta che il borgo e la valle sottostante sono compresi all'interno del Parco della Valle del Treja, a testimonianza del valore ambientale e paesaggistico dei luoghi (fig.2).

fig.2 - Carta del Parco.



Gli interventi sulle reti fognarie sono per la loro totalità in sotterraneo e le metodologie previste sono da considerare tra le migliori disponibili nell'attuale stato dell'arte.
In conclusione, la soluzione in sotterraneo e/o interrata progettuale proposta presenta una serie di vantaggi che contemplano innanzi tutto la messa in sicurezza dei luoghi come primo obiettivo e poi, in aggiunta, l'eliminazione di una serie di scarichi in parete che rappresentano, per Calcata, una vera e propria ferita all'interno di una ambiente affascinante ed incontaminato.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

9. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Il progetto è organizzato in linee di intervento, a sua volta organizzate in attività, che prevedono, nel caso più semplice, una linea di intervento costituita da una singola attività, nel caso più complesso, una linea di intervento costituita da molteplici attività, ciascuna delle quali potrebbe essere suddivisa a sua volta in più sotto-attività, che vengono riportate nell'elenco delle linee di intervento del successivo Progetto Definitivo ed Esecutivo.

- L00 - Indagini
- L00_AT01 – Indagini per affinamento progetto esecutivo
- L01 – Progettazione esecutiva
- L01_AT03– Progetto esecutivo
- L01_AT04 – Approvazione
- L01_AT05 – Gara ed assegnazione
- L02 – Lavori
- L02_AT01 – Galleria drenante
- L02_AT02 – Consolidamento parete nord

Al fine della valutazione della sequenza temporale delle varie attività progettuali, sulla base delle linee di intervento individuate, viene riportato il possibile Cronoprogramma.

		CRONO PROGRAMMA																							
		mesi																							
L00		INDAGINI																							
L00_AT01		Indagini preliminari																							
L01		PROGETTAZIONE																							
L01_AT01		Progetto definitivo																							
L01_AT01		Approvazioni																							
L01_AT01		Progetto esecutivo																							
L01_AT01		Gara ed assegnazione																							
L02		LAVORI																							
L02_AT01		Galleria drenante																							
L02_AT01		Consolidamento parete nord																							

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

1.2. COMPONENTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE

Il centro storico di Calcata si affaccia sulla Valle del Treja senza arroganza ma completando il magnifico paesaggio della forra lussureggiante di vegetazione, con il profilo delle sue antiche case abbaccicate con tenacia alla roccia.



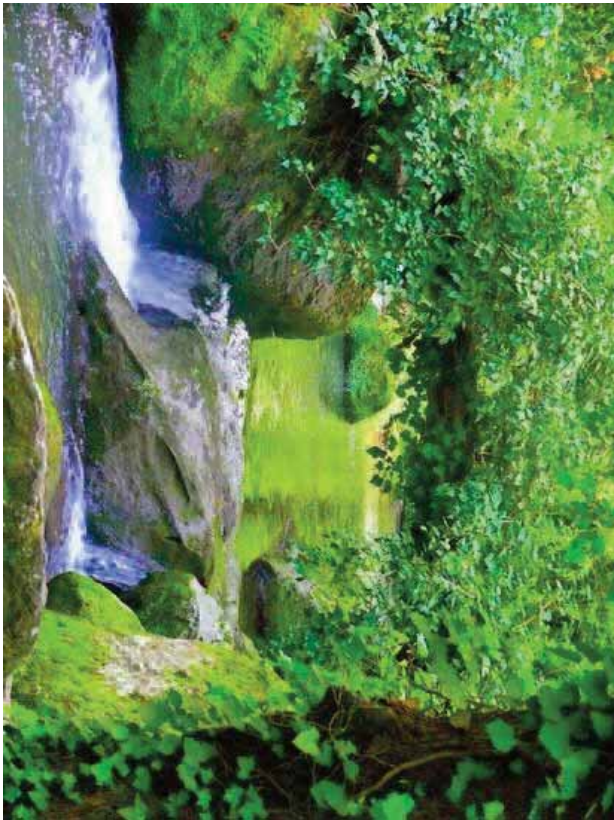
Queste ultime sono costruite con lo stesso tufo dello sperone roccioso sul quale poggiano e arricchiscono armoniosamente uno spettacolo primigenio, laddove l'opera umana, per una rara volta, non ha deturpato lo scenario naturale ma lo ha integrato ed arricchito con la sua genialità.
La valle del fiume Treja, già sede del parco naturale omonimo si presenta, quindi, come un luogo selvaggio e antico, ricco di testimonianze di un passato remoto di civiltà e lavoro.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Già prima dei romani la zona di Calcata era luogo di importanti insediamenti, data l'abbondanza di acqua e la particolare conformazione della valle che permetteva di difendere gli abitati e di renderli poco visibili dall'altopiano circostante.

Tutto questo immerso in una vegetazione abbondante e verdissima, che cinge il piede della forra, coperta di tufo rossiccio, la quale si innalza verticale e maestosa, con mille sfumature, come cingesse di mura questo pic-



colo scrigno di natura e storia.

A monte, lungo l'altopiano, si vedono ampi spazi coltivati a nocciolo e spazi lasciati a ceduo in basso, il paesaggio si fa più selvaggio con boschetti di querce, siepi e macchia di pruni e sterpi.

Al centro della valle, scorre il fiume con il suo rumore incessante e lieve, sinuoso e affascinante, a ricordare lo scorrere del tempo e la grandiosità della natura.

In questo contesto paesaggistico e ambientale, rinunciare al recupero dei luoghi e dell'abitato, per non avere la volontà di mettere in sicurezza la rupe e di conseguenza bonificare dagli scarichi le scarpate, assume la valenza di una rinuncia grave, di una perdita incommensurabile, di una sconfitta per gli abitanti e non solo per loro.

Attualmente, infatti, il sistema valle – centro storico presenta una situazione evidente di degrado, con un potenziale assai alto per quanto riguarda la potenzialità di rivalorizzazione dei luoghi. Il legame tra natura e uomo, storia e paesaggio, appare fin troppo palese per non comprendere le potenzialità di tale spazio ed i benefici legati al suo recupero al fine della fruizione stessa del territorio ed alla sua salvaguardia.

17. ANALISI COSTI E BENEFICI

Nel caso di un progetto finalizzato come il presente, "Progetto dei lavori di risanamento idrogeologico, paesaggistico ed ambientale del Centro Storico Altimedievale di Calcata mentre per quanto riguarda i costi questi ultimi possono essere analizzati in un dettaglio che giunge a quello di un Computo Metrico Estimativo quantificare economicamente il risultato in termini economici è molto più elusivo. Il risanamento idrogeologico della rupe ed in particolare la messa in sicurezza delle pareti è essenziale nell'ambito della conservazione di un sito che rappresenta un "unicum" culturale nell'ambito del Lazio. Il primo problema che ci si deve porre è, pertanto quanto valga la sicurezza e l'incolumità degli abitanti, le cui dimore sono in fregio alla rupe, e quanto valga la perdita di un insediamento Altimedievale perfettamente conservato ed attivo culturalmente, in subordine quanto valga un risanamento che permetta un miglioramento nella fruizione del Bene Culturale. Ci concentreremo solo nell'esame del primo punto, al secondo punto infatti è difficile dare una valutazione obiettiva. Anche se è semplice affermare che la sicurezza dell'uomo e la sua incolumità sono dei criteri obiettivi, prezzo, questa è una risposta retorica e troppo semplice, si tratta quindi di fissare dei criteri obiettivi condivisibili. E, certo, invece che l'obiettivo della sicurezza della rupe è invece quello da perseguire dopo che negli anni 1975-1990 si è deciso di sopraspedere al trasferimento dell'abitato e se ne è riniziato il suo riutilizzo con notevoli risultati culturali ed economici: il flusso turistico è stimato infatti in quasi 100.000 visitatori l'anno e ciò ha già portato in passato (1994-2000) alla progettazione di numerosi interventi di consolidamento in parete. Il valore dei beni sul Ciglio della Rupe è costituito:

- dalle case di civile abitazione presenti;
- dai Beni Culturali presenti
- dalle opere di consolidamento in parete già in precedenza eseguite.

Un conto approssimativo dà i seguenti valori:

- il valore delle case ricavabile da quello catastale ed è di circa euro 4.000.000
- il valore delle due Chiese presenti è impossibile da stimare trattandosi di beni unici si assume per difetto pari a circa euro 2.500.000
- il valore del Castello Baronale si assume per difetto pari a circa euro 3.000.000

Complessivamente il valore dei beni da proteggere è di circa euro 9.500.000. Il tutto a prescindere dai danni economici indiretti conseguenti al loro eventuale crollo in quanto in mancanza della definitiva messa in sicurezza la fruizione del Bene Culturale potrebbe essere messa in crisi. Poiché il costo diretto complessivo del progetto è di circa 1,3 milioni di euro oltre le spese accessorie che lo portano a circa 1,9 milioni di euro, è ovvio che intervenire oggi serve ad evitare un danno dovuto al rischio idrogeologico, con un investimento che equivale al solo 25% del valore stimato, ne consegue che il rapporto costi/benefici è notevolmente elevato anche nei soli termini economici. Inoltre la definitiva sistemazione della rupe permetterà di migliorare la viabilità ed i contenuti turistici del centro storico incrementandone ulteriormente il flusso dei visitatori.

Vittorio COLOMBINI

PREMESSA

Nel presente lavoro si illustrano i principi che hanno condotto alla realizzazione del risanamento di un settore della rupe tufacea di Civita, attraverso 2 pozzi cavi in c.a. scavati in prossimità dell'edificio del Vescovado; tali pozzi rappresentano l'anello di collegamento tra un sistema di trinitature attive e chiordinate passive del bordo esterno della rupe con un sistema di trinitature attive orientate verso l'interno dell'ammasso tufaceo. La realizzazione delle opere di consolidamento attraverso tale approccio oltre ad aver eliminato qualsiasi impatto ambientale nella valle dei calanchi con le pendici instabili di Civita, ha realizzato un consolidamento che le tradizionali metodologie operative avevano difficoltà ad eseguire.

INTRODUZIONE

In ogni attività risulta sempre più evidente la necessità di prestare particolare attenzione alla valutazione dei problemi ambientali. L'importanza storica e costruttiva, nel caso di insediamenti abitativi rupestri di notevole interesse storico, artistico e turistico rendono estremamente visibile ogni tipo di lavori, soprattutto quelli per mettere in sicurezza le pendici franose e quelli di consolidamento di massi pericolosi perimetrali. A tale scopo per il Centro abitato Bagnoregio (Foto 1) è stato studiato un intervento pilota a basso impatto ambientale implementabile su tutti i 360 gradi di esposizione della Rocca.

Tale intervento è stato avviato in collaborazione con il Centro Pilota dell'ENEA avente l'obiettivo di dimostrare che il consolidamento del dissesto geologico può coniugarsi con la riqualificazione paesaggistica degli interventi. Con l'aiuto dell'incaricato del Centro, dott. Claudio Margottini è stato possibile di reperire tutti i dati necessari per lo sviluppo di un progetto esecutivo di rinforzo del masso tufaceo di sommità.

In particolare gli studi effettuati sulla geologia e geotecnica dei terreni interessati dai dissesti ed un rilievo piano-altimetrico dettagliato e delle lesioni superficiali, hanno permesso realizzare i vari disegni planimetrici e sezioni verticali, prima e dopo le ultime frane. I dati storici forniti, meteorologici ed idraulici, unitamente ai molteplici parametri geomecanici dell'ammasso tufaceo, integrati con quelli più recenti correlati con i valori delle registrazioni delle deformazioni delle lesioni sono risultati esaurienti per lo sviluppo progettuale dei modelli evolutivi e di calcolo.

L'ABITATO DI CIVITA ED L'EVOLUZIONE MORFOLOGICA NEL TEMPO

La nascita del primo nucleo abitativo di Civita risale al periodo etrusco o forse precedente; la città ebbe periodi di grande espansione in epoca romana e durante il Medioevo. L'insediamento è a quota 443 m s.l.m., sulla cima di un colle di altezza sul fondo valle di circa 200.

Foto 1. Ripresa da Nord in cui è visibile il calanco di frana.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Civita di Bagnoregio è situata nella parte Nord del Lazio, nella provincia di Viterbo, in una zona collinare nella quale il reticolo idrografico ha prodotto valli profondamente incise e soggette a continue erosioni. A tale proposito si riporta nella nota il susseguirsi dei danni provocati dalle più antiche frane i cui effetti hanno comportato un arretramento di alcuni metri del fronte tufaceo oltre che a danni irreparabili sulle costruzioni di maggiore rilevanza storica ed artistica.

La successione temporale delle ultime frane, documentate e basate con tecniche di rilievo e di studio ancora valide, mostrano la portata, la pericolosità e la cadenza di questi eventi calamitosi.

Tali eventi, a partire dal 1967, debitamente valutati, hanno fornito i parametri di calcolo del progetto pilota con i quali è stato possibile conciliare il procedimento costruttivo di consolidamento della rupe tufacea con gli



Foto A. Frana del 1967



Foto B. Frana del 1992

aspetti ambientalistici.

FOTO RECENTI E BREVE DESCRIZIONE DEI MAGGIORI DANNI PROVOCATI

Si ritiene utile mostrare le seguenti foto al fine di valutare l'importanza, la correlazione e la conseguenzialità dei fenomeni di instabilità.

- Frana del crollo del 1967 (Foto A).
- Frana del crollo del febbraio 1992 (Foto B). I crolli sono avvenuti in prossimità della piazza del Vescovado e hanno causato l'arretramento del ciglio della scarpata per uno spessore stimato in circa 2 metri, lungo un fronte di circa 40 metri; i blocchi lapidei crollati si sono accumulati in prossimità del piede della rupe su un preesistente detrito di frana). Inoltre, sul bordo della rupe di neoformazione, in corrispondenza del piazzale del Vescovado, si osservava una frattura beante, subparallela al fronte con direzione N 65 verso ovest e N 50. La frattura, nella sua prosecuzione verso ovest interseca un edificio, al cui interno la discontinuità si presenta aperta e ribassata; parte del pavimento è crollato su una sottostante cantina scavata nel tufo; il muro perimetrale tende ad aprirsi verso valle.
- Frana del crollo dell'Agosto/Settembre 1993 (Foto C). I crolli sono avvenuti ad ovest dei precedenti per un'ampiezza di fronte stimabile in circa 50-60 metri. Il crollo ha coinvolto, oltre alla formazione dei tufi con-patti, anche parte della formazioni dei tufi stratificati ed ha causato un arretramento del ciglio sommitale fino a 6 metri di spessore. Crolli, anche se più limitati, sono avvenuti inoltre in corrispondenza dell'area dei dissesti

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

del 1992.

- Nei mesi precedenti al crollo, in corrispondenza della parte più occidentale del nuovo bordo della rupe, si era osservata una frattura aperta e ribassata e sprofondamenti locali. Tale frattura rappresenta la prosecuzione di quella tutt'ora esistente nel piazzale del Vescovado e prolungantesi verso ovest, al di sotto dell'edificio crollato. Dopo l'evento principale è continuata la caduta di blocchi isolati, segno del perdurare delle precarie condizioni di equilibrio del fronte. Il materiale franato si era accumulato nella sottostante profonda incisione preesistente nel pendio argilloso, fino a raggiungere, con alcuni blocchi isolati, l'alveo del fosso Cireneo distante circa 300 metri dalla rupe.
- Successivamente all'intervento si sono avute altre importanti frane nel 1996, 1999, 2001 e 2004 che non hanno causato danni nella zona dei lavori.

CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Civita di Bagnoregio è ubicata sulla cima di una rupe originata dall'intensa azione erosiva spiegata da due incisioni fluviali presentanti direzione grossolanamente E-W. La rupe è costituita da:

- Una parte sommitale di tufo rosso a sctorie nere compatto a forme colomari di dimensione 2/3 m di diametro, di potenza variabile da 20 a 25 m circa ed interessati da uno stato fessu-

rativo con direzione prevalente E-W più intenso verso i bordi (Vedi figura 1)

- Al disotto di questo materiale è presente, con uno spessore di circa 40-50 m una formazione di materiali vulcanici fittamente stratificata con caratteristiche geomecaniche differenziate in funzione dei vari livelli. Anche in questo caso si assiste ad uno stato fessurativo con prevalente direzione E-W, anche se con minor beanza ri-



Foto C. Frana del 1993



Figura 1

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- spetto ai tufi compatti superiori.
- Al disotto è presente un livello sabbioso-conglomeratico dello spessore di alcuni metri.
 - Al disotto una formazione argilloso-sabbiosa che costituisce l'elemento dominante di tutte le valli circostanti.
- Lo spessore è di alcune centinaia di metri mentre la parte affiorante è di circa 150 e 200 m rispettivamente nella valle settentrionale e meridionale. Le caratteristiche geotecniche sono quelle tipiche delle argille pleistoceniche con forte pre-consolidazione.

MECCANISMI GENETICI DELLE FRANE DI CIVITA

In seguito alla situazione geologico-morfologica sopra evidenziata, l'area di Civita di Bagnoregio è interessata da una notevole serie di fenomeni franosi: nella parte alta si manifestano *frane di crollo dei tufi colomari* (del tipo riportato in figura 6 rockfall, toppling e block slide) che coinvolgono le formazioni vulcaniche in conseguenza dell'azione retrogressiva dei fenomeni erosivi, mentre in corrispondenza degli affioramenti argillosi sono evidenti frane tipo "colate di fango", "rotazionali" e "colate detritiche" (debris flow). I meccanismi di inscasso delle frane risultano confermati confrontando la sequenza temporale delle foto A-B-C precedenti secondo il grafico della figura 2.

CAUSE DEI FENOMENI FRANOSI

Nella zona di Civita di Bagnoregio le instabilità di pendio sono riconducibili ad un insieme complesso ed integrato di cause che, partendo dall'approfondimento dei fondovalle, si trasferisce alle pendici e quindi alla rupe innescando così una evoluzione ciclica delle frane, riportata sempre nella figura 2. Purtroppo questi cicli non sono stati fermati ed hanno provocato fenomeni di degrado e crolli degli edifici di tale entità per cui l'insediamento è stato chiamato anche "Civita la città che muore" (B. Tecchi).

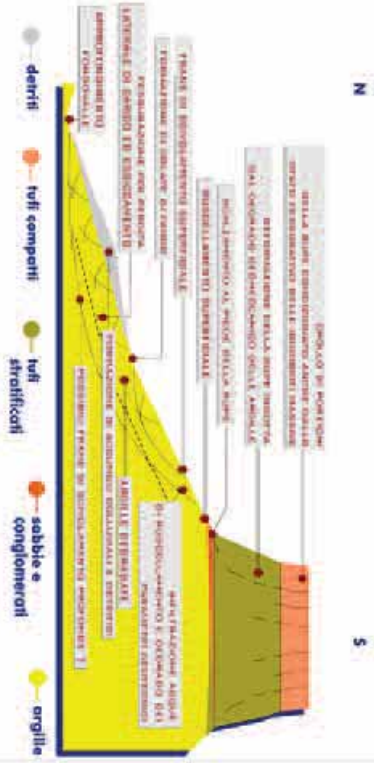


Figura 2. Dislocamento lungo tutto la pendice dei dissesti franosi e loro evoluzione (dal progetto ISPRA)

Le cause dei crolli possono essere riconducibili, partendo dal basso in alto a:

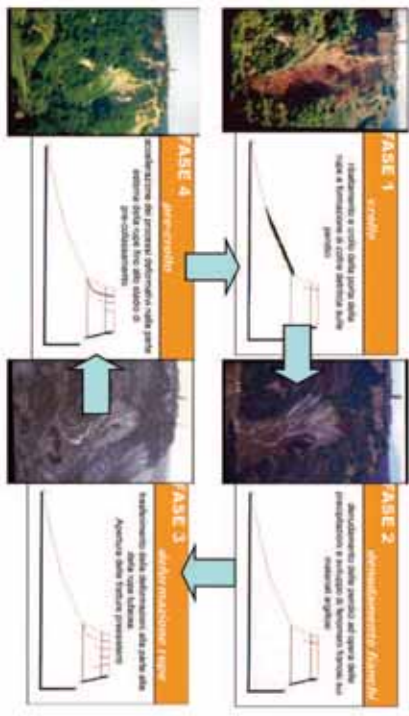
1. Approfondimento degli alvei dei torrenti ad opera delle acque piovane;
2. Decadimento delle caratteristiche geotecniche delle argille quando esposte all'azione degli agenti atmosferici (argille allentate) fino allo spessore di 5 - 10 m di profondità dal piano campagna, con prevalenza nei primi 0,5-1 m;
3. Formazione di colate di argilla nei primi 0,5-1 m di spessore, in seguito ad intense precipitazioni che provocano l'asportazione continua di materiali e l'esposizione di sempre nuove porzioni di materiali;
4. Intensa erosione superficiale conseguente all'azione degli agenti meteorici (diversi cm l'anno);

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

5. Deformazione delle argille di base allentate in seguito al decadimento delle caratteristiche geotecniche ed induzione di processi deformativi nel sovrastante complesso tufaceo;
6. Inizio della fratturazione all'interno della formazione dei tufi basali stratificati in seguito al significativo incremento dello stress deviatorio associato con la mancanza di contenimento laterale del pendio;
7. Apertura delle lesioni pre-esistenti nella parte alta dei tufi compatti in seguito a fenomeni termoclastici, crio-clastici ed in seguito alla presenza di acqua all'interno delle fratture che incrementa la pressione interstiziale alla base del litotipo; formazione di crolli nella sola parte apicale della rupe, in corrispondenza dei tufi compatti;
8. Incremento delle deformazioni nella parte alta della rupe con formazione di dissesti che, originatisi nella formazione dei tufi compatti in corrispondenza delle fratture preesistenti, si propagano nella parte bassa della rupe, all'interno della formazione dei tufi stratificati. In corrispondenza quest'ultima formazione si registra la tendenza ad assorbire i processi deformativi estensionali, trasformandoli in movimenti rotazionali in corrispondenza di livelli più plastici.

Evoluzione ciclica della rupe



IL RISANAMENTO DELLA PORZIONE DI RUPE INTRESSATA DALLA FRANA DI CROLLO NEL FEBBRAIO 1992

In seguito a tali fenomeni il Dipartimento per la Protezione Civile finanziava la bonifica di una prima porzione di rupe che soddisfacesse i seguenti requisiti:

1. fosse congruente con le limitate risorse finanziarie disponibili al momento;
2. fossero completati i lavori nel più breve tempo possibile
3. realizzasse un intervento in modo da risolvere completamente i problemi di instabilità, anche se soltanto in una porzione limitata della rupe;
4. realizzasse un intervento in modo da non pregiudicare la stabilità a medio termine delle parti circostanti la rupe e non raggiunte dallo stesso;
5. realizzasse un intervento che in modo da non pregiudicare l'esecutività di interventi successivi nelle aree adiacenti;
6. mantenesse l'aspetto esterno della rupe nel rispetto del paesaggio e dei valori storico-artistici del paese

80 INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- anche durante la fase dei lavori.
7. realizzasse un intervento che, oltre a bonificare l'area dissestata prescelta, facilitasse i futuri interventi nella zona dissestata del "Cavon grande", oggetto dei crolli del 1993 e non risanabile con i limitati fondi a disposizione.
 - Sulla base dei vincoli di cui sopra si è deciso di intervenire nella zona prospiciente il Vescovado in quanto:
 1. interessata dai fenomeni di crollo del febbraio 1992;
 2. interessata da un forte rischio residuo, come testimoniato da una frattura beamte che isola con uno spessore di circa un metro, la parte più esterna della rupe;
 3. la bonifica di tale zona risulta indispensabile per il risanamento dell'area di frana del "Cavon Grande", infatti tale frana potrà essere aggredita solo dopo aver garantita la stabilità delle aree adiacenti da cui accedere ed a cui collegare gli interventi di risanamento successivi.
 4. l'intervento risulta, in questo progetto, limitato alla sola formazione dei tufi compatti superiori in quanto la sottostante formazione dei tufi stratificati risulta completamente ricoperta da un'antica paleofrana e da coltri detritiche recenti e quindi abbastanza protetta da non richiedere immediati interventi di consolidamento; inoltre, la sottostante zona (terreni argillosi), oltre ad affiorare a notevole distanza dal bordo della rupe non sembra mostrare indizi che possano far ipotizzare deformazioni di pendio particolarmente profonde, tali da raggiungere il bordo della rupe.
 5. sarebbe stato impossibile realizzare, **ai fini della sicurezza dei lavori**, un intervento che partisse dal basso o, in maniera più pericolosa, di consolidamento dall'alto con i metodi allora utilizzabili considerando l'alternarsi delle frane.
 6. gli operatori e le attrezzature esterne non sarebbero stati investiti in caso di frana
 7. non sarebbe stato necessario movimentare ingombranti macchinari e carichi elevati e dunque sarebbero state evitate le relative vibrazioni ed una eccessiva viabilità urbana.
 8. sarebbe stato possibile evitare di impiantare grossi e diversi cantieri di lavoro, di deposito materiali e di attrezzature.
 9. **si sarebbero potuti impiegare carichi leggeri e poco ingombranti, tali da non interferire con le condizioni statiche e geometriche della passerella pedonale di collegamento.**

IL PROGETTO PILOTA (Figure 3, 4 e 5) è stato impostato e realizzato per la parte geotecnica insieme al Geologo Dott. Claudio Margottini.

In base a quanto precedentemente prefissato sono state investigate varie tipologie di intervento che tenessero in debita considerazione i requisiti prima elencati, si è quindi redatto un progetto pilota per stabilizzare la formazione dei tufi compatti (ingombrati massivi, con caratteri geomeccanici ascrivibili alla famiglia delle rocce tenere) attraverso pozzi cavi in ca. ubicati, opportunamente, a ridosso del fronte di frana. Tali pozzi cavi, hanno permesso, sin dalle prime fasi di esecuzione, il loro ancoraggio verso l'interno (tiranti profondi), per garantire la sicurezza e la stabilità del tratto in esecuzione, in quanto capaci di trasferire le forze stabilizzanti all'interno nel masso litoido. Successivamente l'esecuzione delle chiodature rivolte verso l'esterno, ha svolto il compito di ancorare il masso tufaceo instabile esterno. La tesatura dei tiranti è avvenuta dopo la realizzazione della testa di ancoraggio. Lo sforzo totale (di prova) è stato applicato incrementalmente al martinetto, in misura superiore a quello di esercizio in modo da testare immediatamente la resistenza della fondazione, anche tramite la misura degli allungamenti del tirante o del calo della forza del martinetto. Se ci fossero stati dubbi sulla prova così stabilita si sarebbe potuto rifare o sfiliare l'ancoraggio, approfondire la fondazione e ripetere il test. Successivamente è stata eseguita l'iniezione a base di malta cementizia per bonificare e bloccare il materiale limitrofo. Queste operazioni hanno garantito la massima sicurezza per la stabilità del manufatto e di chi vi ha operato.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

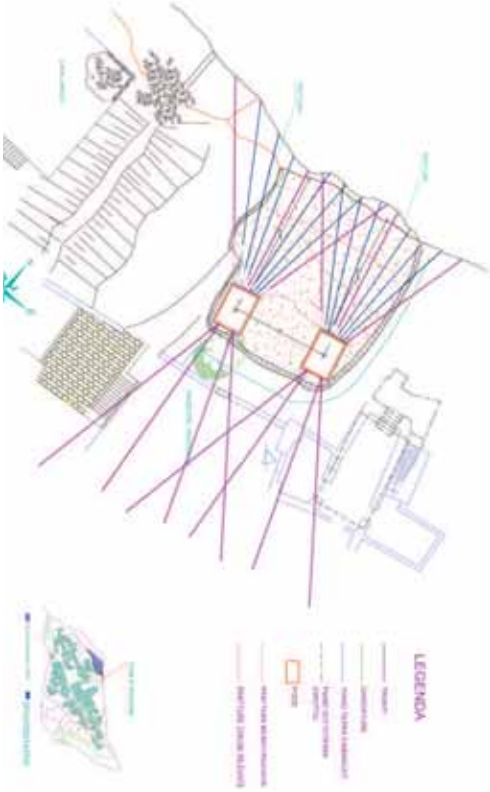


Figura 3. Planimetria dei pozzi da realizzare

La fondazione della chiodatura è stata eseguita in tutte le fasi di lavoro con gli stessi mezzi d'opera dei tiranti senza produrre elevate forze di contrasto sulla piastra esterna e, una volta inietta, ha garantito anche la stabilità di porzioni di roccia di dimensioni medio-piccole, soggette ad instabilità per scioglimento (cunei di roc-

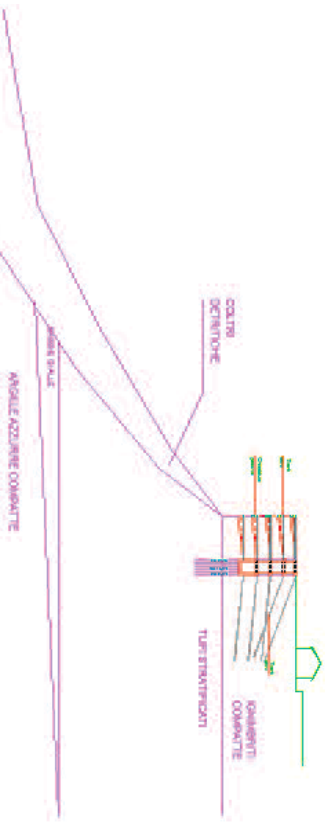


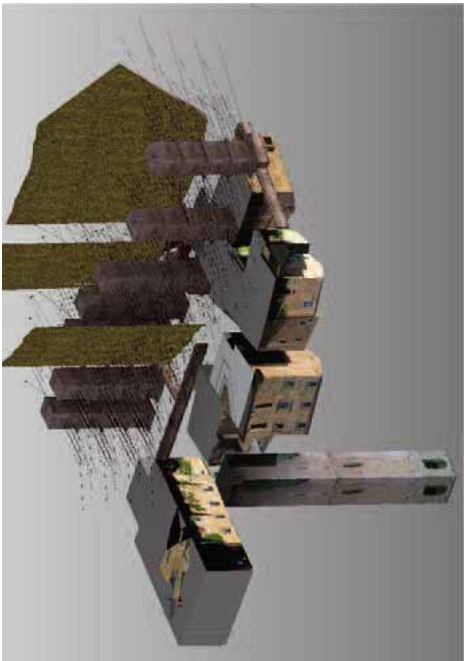
Figura 4. Sezione tipo

cia), ribaltamento o crollo. Tale intervento ha realizzato inoltre un miglioramento diffuso della qualità dell'ammasso roccioso più esposto al fenomeno di degrado, soprattutto per l'effetto legante delle miscele cementizie intasando le fratture parietali colonnari. Le chiodature o ancoraggi passivi, in questo caso, non devono provocare eccessive forze dirette dal paramento esterno verso l'interno per non aumentare ulteriormente le deformazioni, la diffusione delle lesioni o nuove fratture sugli elementi di ciglio. Sul fondo di ogni pozzo cavo (per alleggerire i carichi litostatici), profondo 16 metri, è stata prevista una serie

82 INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Figura 5. Schema ossomometrico intervento pilota



di micropali lunghi 25 m, aventi la funzione di consolidamento dei tufo stratificati e di assorbire la componente verticale delle sollecitazioni indotte dall'intervento prima del getto delle pareti verticali.

Una volta eseguiti gli scavi dei pozzi, è stato possibile procedere alla fase di collegamento con quelli adiacenti, tramite ancoraggi trasversali, realizzando quindi una struttura unica e poco deformabile.

I tiranti di ancoraggio trasversali hanno la funzione di fornire un contenimento laterale alla parete della rupe e soprattutto di contrastare fenomeni di ribaltamento, distacco o crollo di porzioni intermedie. Tale funzione ha una efficacia maggiore quando i pozzi sono incatenati tra loro. In tale modo si verrebbe a creare una fascia cerchiante del fronte esterno. Evidentemente, nel caso di due soli pozzi, tale azione risulta applicata parzialmente. Qualora il progetto fosse esteso a tutte le pareti esterne sarebbe possibile stabilizzare definitivamente tutta la roccia iniettando tutte le fratture presenti all'interno del perimetro.

Per maggiore chiarezza si riportano di seguito le principali voci di lavoro previste nel progetto pilota per realizzare i due pozzi. Queste attività costituiscono, come è noto, la base per lo sviluppo della programmazione dei lavori:

Primo tratto iniziale H= 2/3 m

- Preparazione del piano di lavoro
 - Picchettamento e fili fissi
 - Esecuzione dei 4 micropali di allineamento verticale
 - Prescavo a mano
 - Asportazione materiali di risulta con escavatore leggero
 - Costruzione di un muretto perimetrale (di controterra) in blocchi cavi di cemento. Foto 7
 - Esecuzione di Micropali verticali (ove necessario in dipendenza dello stato fessurativo del materiale incontrato durante la perforazione a vuoto).
 - Realizzazione di un riquadro orizzontale (completo di tendini verticali per la ripresa dei getti) costituito da profilati metallici collegati ai micropali tramite saldatura.
- Tratti intermedi H= 4,0 m circa**
- Scavo con impiego di martelli pneumatici leggeri.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- Asportazione materiali di risulta (con escavatore leggero. Foto. 7).
- Realizzazione del riquadro orizzontale (completo di tendini verticali di ripresa dei getti) costituito da profilati metallici collegati ai micropali tramite saldatura.
- Posa in opera di rete metallica elettrosaldata.
- Collegamento rete metallica ai riquadri orizzontali tramite saldatura.
- Predisposizione delle riserve per i fori di ancoraggio (e barbacani) sulle pareti Foto. 9.
- Calcestruzzo proiettato.
- Posa in opera dei pannelli di rete metalliche costituenti l'armatura delle pareti verticali.
- Casseratura delle pareti.
- Getto del cls dei vari tratti del pozzo
- Maturazione del getto del tratto di parete.
- Esecuzione dei fori interni (inclinati) sul tratto del precedente del pozzo Foto. 8.
- Posa in opera dei tiranti Dywidag con piastre di ancoraggio (con le barre giuntate).
- Preparazione delle testate dei tiranti interni in roccia con iniezioni di boiacca cementizia (anche in più riprese).
- Esecuzione dei fori sui tratti precedenti (già maturati) realizzati dall'interno all'esterno (inclinati), posa in opera delle barre Dywidag di chiodatura (giuntate) delle le piastre metalliche di contatto, l'esatura delle testate e blocco con iniezioni di boiacca cementizia. Foto 10.
- Analoga voce ripetuta successivamente per gli ancoraggi esterni, oltre al posizionamento e collegamento delle piastre delle testate esterne. Foto 11.
- Esecuzione dei tiranti trasversali a collegamento con il pozzo limitrofo, (quando presente) da realizzarsi con le analoghe modalità descritte.
- Eventuale ritisatura delle barre.
- Il tratto finale ripete le stesse lavorazioni, prevedendo in più, alla base, una soletta armata di cls s = 50 cm circa.



Foto 6. Vista della zona di intervento bene inserito nell'ambiente e della sistemazione superficiale dopo la fine dei lavori. Si notano ancora sulla parete di sinistra le piastre di testata (incassate nella parete) ma non ancora nascoste da un rivestimento superficiale di tufo.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

TEMPI, MODI E COSTI DI REALIZZAZIONE

Il consolidamento della rupe tufacea di Civita di Bagnoregio seguendo la metodologia sopradescritta comporta il vantaggio di una rigida sequenzialità e ripetitività delle voci di lavoro per cui tutte le lavorazioni non hanno molti slittamenti e quindi in realtà costituiscono il Percorso Critico. In tale modo viene calcolato il tempo minimo totale necessario per realizzazione dell'opera. Lo svantaggio di assumere tale tempo consiste, ovviamente, nel rischio che qualsiasi ritardo di una qualsiasi voce di lavoro del Percorso Critico, prolungherà i tempi di consegna finali. Nel nostro caso considerando la ripetitività, la semplicità ed il basso numero delle singole lavorazioni si può ritenere di recuperare il tempo perso per l'affittamento, nel corso del lavoro, delle squadre operatrici. Inoltre i tempi previsti nel progetto Pilota possono essere confrontati con quelli del progetto eseguito e quindi modificati di conseguenza. In questo caso si ritengono soddisfacenti i confronti.

Nel progetto pilota sono state effettuate alcune scelte di carattere generale che hanno poi condizionato l'intero procedimento costruttivo ed i relativi tempi al fine di valutare l'impegno economico.

In particolare anche la cantierizzazione è stata fatta valutando i rendimenti più bassi dell'impiego dei macchinari e del rendimento degli operatori a causa di:

1. tipi di lavorazione con basso uso di mezzi meccanici al fine di evitare pericolose vibrazioni sul fronte frana, che condizionano l'avanzamento in roccia anche se eseguito con martelli demolitori, ad aria compressa, di tipo "leggero" e azionati manualmente. L'allontanamento dei materiali di risulta è avvenuto manualmente e con mezzi leggeri per non creare interferenze sulle case vicine e sulla passerella di accesso pedonale. Per garantire la massima sicurezza degli operai nelle fasi dello scavo è stata prevista la realizzazione di un anello di micropali lunghi ben 4,1 metri (nelle zone che all'atto della perforazione presentassero benché minimi segni di fratturazione o di frizione del tubo). Questi micropali, oltre a costituire la futura palificata di contenimento e di fondazione dei pozzi, hanno fornito un "cassero" dello scavo stesso realizzato dall'alto.
2. messa in sicurezza con il procedere dei lavori di scavo sia rispetto al fronte di frana che al tipo di lavorazione interna e ai tratti in corso di esecuzione;
3. approvvigionamento e confezionamento dei materiali a pie d'opera, stante l'inaccessibilità del cantiere.

Con una attenta programmazione si è ovviato parzialmente a tali aspetti eseguendo lo scavo dei pozzi in parallelo e alternando le fasi esecutive nei due pozzi in modo da impiegare le squadre di lavoro senza interruzione. I cui risultati sono:

L'intervento di bonifica e stabilizzazione realizzato complessivamente ha interessato la parete tufacea per circa 400 mq di fronte nelle condizioni di accessibilità sopradescritte **è stato eseguito in circa 9 mesi**.

Si ritiene, dopo l'esperienza attuale, che sia possibile ottimizzare ulteriormente i tempi di esecuzione operando su una filiera di tre pozzi, e quindi sarebbero sufficienti tre mesi per ogni pozzo.

Dal punto di vista economico il costo complessivo per i due pozzi è risultato di circa 800 milioni di Lire, oltre l'IVA, con un impegno finanziario totale, ovviamente, leggermente superiore, se paragonato ad altri interventi di chiodatura e trinfature basati su voci di costo di tipo tradizionale.

Sarebbe errato quantificare le differenze del progetto e di lavoro adottato con uno dei tipi tradizionali in quanto irrealizzabile e che il progetto pilota era l'unico che garantisse il rispetto della sicurezza e dei vincoli imposti.

Si segnala infine che non ci sono stati apprezzabili divari di costo tra il progetto preliminare e quello esecutivo.

RIASSUMENDO

Questa tipologia di intervento, dall'inizio fino alla fine della fase esecutiva e si è dimostrata valida e rispondente agli scopi prefissati. In particolare rende vantaggiosamente possibile:

- intervenire dall'alto e non dall'esterno per il pericolo di frane o scossonamenti di massi;
- annullare l'impatto ambientale dovuto a ponteggi e strade di servizio;
- alleggerire la zona prospiciente il fronte e quindi diminuire il carico litologico sullo strato di base.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- realizzare un elemento strutturale che oltre a costituire il drenaggio del terreno consente di avere una visione diretta del materiale attraversato, modificarlo, se necessario, anche i parametri geotecnici con i relativi provvedimenti statici e costruttivi. In tale modo si ottiene il controllo diretto delle varie fasi e quindi mantenere gli adeguati livelli di sicurezza prefissati.

- consentire un eventuale monitoraggio delle deformazioni;

- rendere possibile un eventuale ritecatura degli ancoraggi.

- creare una serie di strutture semirigide all'interno del masso tufaceo.

- realizzare una maglia di collegamento su vari piani orizzontali sia in senso perpendicolare al fronte di frana (chiodi e tiranti all'esterno e tiranti all'interno dei pozzi) sia parallelo al fronte (collegamento tra i vari pozzi).

- **rendere più sicure, rapide e convenienti tutte le operazioni entro e fuori l'area di cantiere** per il sistema di realizzazione a tratti concatenando scavi-perforazioni-trinfature e chiodature a favore della sicurezza. Rende inutili le opere provvisorie alla base del masso di frana e sul fronte con relativa strada di accesso evitando anche di rimuovere i detriti lapidei accumulati alla base per consentire l'appoggio dei ponteggi e la realizzazione della strada di accesso. In questo caso vanno considerati anche altri fattori secondari, ma non del tutto trascurabili in quanto, non rimuovere i materiali depositati alla base della scarpa comporta che il loro peso conferisce l'effetto stabilizzante di un carico posto alla base del fronte stesso, costituisce una coltre di protezione superficiale del terreno sottostante, attenuerebbe l'impatto dei materiali di nuove frane ed elimina (come detto) i tempi ed i costi di allontanamento e discarica dei detriti.

Particolari Costruttivi del PROGETTO ESEGUITO

I particolari costruttivi delle foto (7-11) sono quelli impiegati nel progetto esecutivo realizzato dalla ISPRA, redatto secondo le indicazioni del Progetto Pilota. Come prima detto i tempi ed i costi del Progetto esecutivo sono rientrati nei tempi e nel bilancio dello stanziamento dei fondi previsti nel progetto pilota.

Progetto ISPRA

Foto 7, si vede il prescavo con il muretto in blocchi di cls. Per lo scavo si è utilizzato un mini escavatore dotato di fresa, che è stato movimentato mediante una piccola gru per eseguire lo scavo e la perforazione dei fori per i tiranti.

CONSIDERAZIONI TECNICHE E scelte dei materiali

Il vantaggio del sistema è costituito dalla modularità delle operazioni

(già descritte) e dalla possibilità di inserire planimetricamente il pozzo nella zona più idonea. Si potrà infatti procedere alla realizzazione delle nuove serie di pozzi procedendo dalla zona meno critica a quella più critica operando a partire dai due pozzi realizzati in modo di rimanere sempre, almeno da un lato, nel volume di massa già stabilizzato. La linearità dello schema progettuale è evidente.

Anche nel progetto esecutivo si è scelto di operare con dei tiranti di tipo Dywidag (barra singola di medio diametro) per il vantaggio che la barra rigida presenta: l'inserimento di una lunga barra può essere fatto con moduli corti (minori pesi ed ingombri) uniti tra loro da manicotti filettati e permette così di superare, grazie alla rigidità



Foto 8. Esecuzione di un foro per un tirante d'angolo



Foto 7

86 INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

della stessa barra, anche cavità di piccole dimensioni (come quelle presenti nel masso di Civita e consente ancora di inserire un rivestimento in questi tratti in modo da assicurare la continuità della protezione.

Nel progetto pilota sono state considerate lavorazioni più particolari di quelle impiegate nei lavori tradizionali infatti bisogna considerare, ad esempio, che la perforazione delle chiodature deve avvenire in un continuo controllo dell'allineamento e della quota della perforazione in relazione della distanza tra gli estremi della barra e diametro del foro. In queste operazioni è stato necessario valutare con un minimo margine di errore la lunghezza dei tiranti per diminuire le forze da trasmettere dalle aste nelle zone fratturate, e specialmente in vicinanza del fronte per ridurre le forze ribaltanti sulla "colonna" per evitare l'estruzione di un blocco irregolare fronte della rupe in corrispondenza del foro. Inoltre ci sarebbero notevoli difficoltà a posizionare, allestire e mascherare la piastra esterna. (Queste operazioni devono essere eseguite in due fasi con sospensione dal-



Foto 10. Testate di ancoraggi dei tiranti eseguiti all'interno di un pozzo



Foto 11. Elemento colonnare di tufo fortemente lesionato e le piastre esterne di ancoraggio delle barre (ancora da mascherare con l'uso di una piastrina mobile).

l'esterno con l'impiego di rocciatori specializzati). Queste operazioni riducono la produzione e aumentano i costi. Il confronto delle varie voci di lavoro tra il Progetto Pilota e il suo sviluppo Esecutivo può condurre a stimare più precisamente i costi ed i tempi di realizzazione di altre opere analoghe da eseguire. Nel nostro caso il maggiore costo risulta giustificato considerando l'eliminazione delle opere provvisorie anche dal solo fronte di intervento.

IL PROGETTO GLOBALE DI CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE

Il completamento della stabilizzazione globale dei fenomeni franosi è riportato in figura 12 e comprende il progetto pilota per la parte sommitale, una serie di tiranti nell'ammasso tufaceo stratificato al disotto, dove la pendenza è minore e i fenomeni di instabilità sono diversi si prevede terra armata e pozzi drenanti stabilizzanti sulle argille affioranti oltre ad una sistemazione drenante secondo lo schema della seguente figura.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

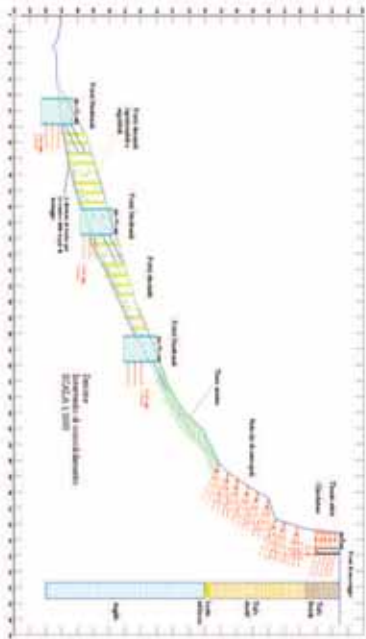


Figura 12. Sezione riplotto degli interventi previsti in sommità in base ai progetti eseguiti ed alle verifiche geotecniche previste

CONCLUSIONI

Solo in questo modo sarebbe possibile scavare pozzi di comunicazioni verticali, pozzi profondi drenanti e pozzi di aerazione o di lavoro per gallerie. In questo caso, collegando tra loro i vari pozzi con gallerie al disotto delle fondazioni degli edifici, sarebbe possibile accedere alla roccia direttamente dal vicino paese eliminando così i problemi statici e vian della passerella pedonale e del relativo impatto ambientale.

Le esperienze condotte a Civita di Bagnoregio, seppur non esaustive per la risoluzione di tutti i gravi problemi in per avere un'idea del danno arrecato nel tempo dalle frane si riporta la serie pregressa dei maggiori dissesti e dei danni alle cose.

Alla fine del Medioevo iniziò la decadenza di Civita, a causa della progressiva riduzione dell'abitato ad opera di fenomeni quali frane e terremoti. La prima documentazione dei dissesti risale al 1450 (Margottini C., 1990), quando il monastero delle Clarisse, situato in contrada Carcere, cominciò ad andare in rovina a causa di frantumati prodotti. Successivamente, tra il 1466 e il 1469, si verificò il crollo di alcune case sul lato Nord della rupe, di fronte all'abitato di Lubbiano.

Altre notizie riguardanti fenomeni di dissesto sono riconducibili ad eventi verificatisi in un arco di tempo che va dal 1554 fino al 1888. Le più antiche notizie sulla via di collegamento tra Civita e Bagnoregio risalgono al 1545, quando fu necessario modificare il tracciato stradale in seguito ai verificarsi di una frana di notevoli dimensioni. Dopo alcuni anni si ebbe la distruzione della Porta di Civita con il crollo parziale delle mura della contrada Carcere che determinò la rovina di alcuni edifici.

A partire dal XVII secolo si hanno notizie più dettagliate sugli eventi che hanno interessato Civita, quali il crollo della strada di accesso a Civita (1606-1608), in prossimità della chiesa di S. Vittoria, in seguito completamente distrutta, ed il crollo di alcuni edifici sul lato meridionale dell'abitato in prossimità della casa di S. Bonaventura.

Crollo del ponte di accesso (1684). L'11 giugno 1695 si verificò un terremoto di intensità pari al IX-X grado della scala MCS con epicentro nei pressi dell'abitato (Margottini C. et al., 1985) che causò il crollo del ponte e provocò ampie fessure nell'abitato; la contrada Carcere scomparve a seguito di un esteso fenomeno franoso. Questi avvenimenti segnarono l'inizio della decadenza di Civita, anche a seguito del trasferimento della sede vescovile alla vicina Bagnoregio.

Tra i numerosi eventi registrati nel XVIII secolo, quello del 1707 determinò, in seguito ad una frana di notevoli dimensioni, l'istituzione del no Torbido. Un ulteriore crollo del ponte si verificò nel 1764 in occasione di una frana che coinvolse anche il convento di S. Francesco, poi demolito, nel cui sito fu realizzata la nuova strada di collegamento a Civita.

Nel 1810, dopo varie interruzioni della strada di accesso ed il frantumamento di parte della rupe comprendente la Chiesa di S. Bonaventura, furono abbandonate alcune case sulla rupe in prossimità della chiesa.

Oltre al crollo della Chiesa di S. Bonaventura, nel XIX secolo si segnalò la demolizione della Chiesa di S. Vittoria avvenuta dopo il crollo parziale del 1888.

Nel XX secolo numerosi dissesti hanno interessato la strada di collegamento tra Civita e il borgo di Mercatello. Oltre ai dissesti naturali, nel 1944 avvenimenti di diversa natura portarono alla distruzione del ponte in muratura, ad opera delle truppe tedesche in ritirata. La costruzione di una passerella in legno consentì il collegamento con l'abitato. Il ponte fu danneggiato definitivamente nel 1963 a causa del crollo di parte della passerella e del muro di sottoscampo. Dopo questo episodio venne realizzato l'attuale ponte, che fu inaugurato nel 1965.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

cui versano le pendici inferiori dell'importante sito storico, dimostrano che una corretta ed efficace politica di risanamento del dissesto può armonicamente inserirsi nell'ecosistema locale, contribuendo alla conservazione dei caratteri estetico-paesaggistici senza deturpare i tratti fondamentali dell'ambiente naturale. Con i dati ricavati da questo intervento parziale, risulta evidente la validità, l'applicabilità, la sicurezza, ed il rispetto ambientale del metodo proposto rispetto a quelli fino allora impiegati. Contemporaneamente, la soluzione concettuale adottata per la stabilizzazione di frane di crollo, rappresenta una innovazione nel settore del consolidamento dei centri abitati instabili, specialmente in tutti quei casi dove non è possibile operare dall'esterno del fronte di instabilità. Infine, l'esperienza condotta ha confermato l'importanza di reperire preventivamente dati tecnici completi al fine di redigere un progetto pilota nel caso generale di analoghi interventi impegnativi. Il vantaggio di un progetto pilota consiste nel poter prevedere una realizzazione dei lavori riducendo al minimo le varianti, fissando i costi e i tempi di realizzazione delle opere stesse. Questi progetti redatti per luoghi simili potrebbero costituire un laboratorio di riferimento per l'intera comunità scientifica ed imprenditoriale. E' auspicabile che varie località del Lazio, aventi le stesse conformazioni morfologiche e gli stessi problemi, possano creare un polo culturale per lo studio di questi fenomeni franosi, addirittura favorendo il collegamento con realtà similari nazionali, in cui la bonifica dei fenomeni franosi va coniugata con la sperimentazione e la realizzazione di opere a basso impatto ambientale.

BIBLIOGRAFIA

Per la redazione della memoria si sono utilizzati i seguenti documenti:

- <http://www.fabricasrl.it/consolidamento2.htm>
- www.dfs.enea.it/protiprev/www/cases/civita/allegato1a.jpg
- [Luomamonte.photoshelter.com](http://luomamonte.photoshelter.com)
- [Civita di Bagnoregio consolidamento immagini](http://civita.di.bagnoregio consolidamento immagini)

Si ringraziano gli interessati per averli messi a disposizione.

Parte della presente memoria è stata già presentata a Firenze nel 2004 in occasione della "Nuova tipologia di consolidamento a basso impatto ambientale per i centri storici instabili: l'esperienza di Bagnoregio" dal prof. ing. Vittorio Colombini e dal dott. Claudia Margottini.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Carlo BLASI, Ilaria ANZELLOTTI & Laura ZAVATTERO

Le attività umane influenzano fortemente il territorio: in Europa circa 1500 ettari di territorio agricolo viene perso ogni giorno a causa dell'urbanizzazione del suolo; inoltre l'espansione urbana e la costruzione di vie di trasporto hanno gradualmente frammentato le aree naturali con conseguente riduzione delle ricchezze di specie. Ciò indebolisce la capacità degli ecosistemi di produrre servizi ecosistemici intesi come "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano" secondo la definizione fornita dalla Valutazione degli ecosistemi del millennio (Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2005). Il Millennium Ecosystem Assessment descrive quattro categorie di servizi ecosistemici:

- supporto alla vita (come ciclo dei nutrienti, formazione del suolo e produzione primaria),
- approvvigionamento (come la produzione di cibo, acqua potabile, materiali o combustibile),
- regolazione (come regolazione del clima e delle maree, depurazione dell'acqua, impollinazione e controllo delle infestazioni),
- valori culturali (fra cui quelli estetici, spirituali, educativi e ricreativi).

Nasce dunque l'esigenza di creare una rete di aree tutelate o comunque in buono stato di conservazione che accresca la biodiversità e che garantisca la funzionalità dei servizi ecosistemici anche al di fuori delle aree tutelate.

Nell'ambito della Strategia Europea sulla Biodiversità 2020, l'obiettivo 2 vuole preservare e valorizzare i servizi ecosistemici nonché ripristinare gli ecosistemi degradati, ricorrendo alle infrastrutture verdi come strumento per la pianificazione del territorio. L'Unione europea in questi ultimi anni ha promosso il progetto MAES (mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi) che ha come obiettivo principale la conservazione e la valorizzazione degli ecosistemi in quanto serbatoi di biodiversità e la promozione delle Green Infrastrutture (GI) o infrastrutture verdi quali strumento di connessione tra ecosistemi di vario tipo.

In questo contesto si inserisce la strategia definita dalla Commissione Europea per le GI come strumento per ricommettere le aree naturali e per mantenere gli ecosistemi in buono stato di conservazione contribuendo così allo sviluppo sostenibile. Le GI sono definite come reti di aree naturali e seminaturali, pianificate a livello strategico con altri elementi ambientali, progettate e gestite in maniera da fornire un

ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu), nel caso di ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono promosse nei contesti rurali e urbani. La finalità è quindi quella di creare un'infrastruttura con elementi paesaggistici a diverso grado di naturalità che contribuisca al mantenimento della biodiversità garantendo al tempo stesso prestazioni sostenibili e a costi ridotti per la società (CE, 2013a).

Il tema delle GI fonda le sue radici nel contesto della conservazione della biodiversità e della pianificazione territoriale. Quattro sono i principi alla base delle GI (Benedict & McMahon, 2006):

- 1) preservare e collegare le aree naturali



Figura 1: Benefit economici delle Green Infrastructure (da Ecorec & NEWU, 2008)

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- per favorire la biodiversità e contrastare la frammentazione degli habitat;
- 2) collegare gli spazi verdi per il benessere dell'uomo;
 - 3) identificare e proteggere il sistema interconnesso di spazi naturali per assicurare un futuro sostenibile;
 - 4) integrare i principi della conservazione della biodiversità nella gestione e pianificazione del territorio.
- Le Gi sono multifunzionali in quanto forniscono servizi e benefici non solo ecologici ma anche sociali e economici (Figura 1). Questo è riconosciuto dal programma di ricerca e innovazione dell'Unione Europea per il periodo 2014–2020 (Horizon 2020).

Investire sulle infrastrutture verdi, proteggendo il capitale naturale e dando quindi il giusto valore agli ecosistemi è tra le priorità dell'UE che spinge verso una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Le Gi rappresentano un'alternativa sostenibile che promuove soluzioni più economiche e durature che si basano sulla natura e che in molti casi creano opportunità di lavoro a livello locale (CE, 2013a).

In questo quadro è evidente il forte legame tra gli elementi ecologici e sociali che rappresenta tra l'altro la differenza tra l'approccio alle Gi e la conservazione tradizionale della biodiversità (Benedict & McMahon, 2006). Le Gi considerano i bisogni sia della natura che dell'uomo affrontando sia gli effetti delle proposte di sviluppo che il benessere delle comunità. Pertanto vista la natura multifunzionale, le Gi si inseriscono non solo all'interno di un quadro legato alla conservazione della biodiversità ma anche a politiche e azioni rivolte al settore agricolo e allo sviluppo rurale, alle foreste, all'acqua, al cambiamento climatico, alla green economy, ai trasporti e energia, al benessere e alla pianificazione spaziale (Naumann et al., 2011). Nel quadro della politica agricola comune (PAC) e dello sviluppo rurale sono stati messi ad esempio a punto strumenti e misure che promuovono le infrastrutture verdi sia nel prevenire l'abbandono e la frammentazione dei terreni che negli investimenti non produttivi, misure agro-ambientali e pagamenti per favorire la coerenza con Natura 2000. Anche tra gli obiettivi della programmazione dei fondi strutturali europei 2014-2020 sono inserite le Gi come un mezzo per il raggiungimento dell'obiettivo che mira a proteggere l'ambiente e promuovere l'efficienza delle risorse: nel Fondo di coesione e nel Fondo europeo di sviluppo regionale, in particolare, le Gi rappresentano uno strumento per la protezione e il ripristino della biodiversità. Inoltre, le Gi possono dare un contributo nel conservare e migliorare le funzioni nelle aree naturali protette, nel potenziare la connettività tra i siti della rete Natura 2000 e nel ridurre la frammentazione (Art. 10 Direttiva Habitat 92/43/CEE). L'inserimento delle Gi nelle politiche fondamentali rappresenta il primo punto della strategia europea (CE, 2013a) seguito poi dal migliorare le informazioni, consolidare la base delle conoscenze e incentivare l'innovazione, migliorare l'accesso ai finanziamenti e sviluppare progetti di Gi a livello europeo.

IL PARCO DEL TREJA: INQUADRAMENTO DELL'AREA E VALORE NATURALISTICO

Il Parco regionale suburbano del Treja è stato istituito nel 1982 ed è compreso in parte nella provincia di Roma e in parte nella provincia di Viterbo. È classificato "suburbano" per la sua vicinanza a Roma, per la limitata estensione l'alto valore storico e naturalistico e per la presenza di due centri urbani, Mazzano Romano e Calcata.

Il territorio occupa il settore orientale del bacino idrografico del fiume Treja e include i centri abitati di Mazzano Romano (in provincia di Roma) e di Calcata (provincia di Viterbo). Il settore settentrionale è caratterizzato da una forma molto incisa di larghezza massima 1,5 Km, il settore centrale con forte ampie dove confluiscono tre corsi d'acqua e il settore meridionale con una forma stretta e incassata. I corsi d'acqua sono a rapido deflusso, con pendenze medie modeste e portate relativamente costanti durante tutti i mesi dell'anno, compresi i mesi estivi. Ciò è dovuto alla presenza di sorgenti perenni, emergenti soprattutto alla base dei terreni vulcanici che alimentano il reticolo idrografico. All'interno delle foreste si determina un tenore di umidità dell'aria in grado di influenzare la vegetazione.

Dal punto di vista litologico prevalgono le formazioni del complesso vulcanico sabatino, ovvero tufi e tefriti leucitiche a chimismo basico e con consistenza varia, compatta e incoerente. Lungo le sponde del Treja nel settore

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUCTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

più settentrionale del Parco, dove la sezione della forra si allarga, si sono accumulate alluvioni recenti con suoli scarsamente sviluppati. Il centro abitato di Calcata sorge su un rilievo isolato tufaceo denominato "Tufo rosso a scorie nere", emesso 0.18 e 0.15 milioni di anni fa durante l'attività del vulcano di Vico.

L'area ha un elevato valore naturalistico dettato in gran parte dalla conformazione geomorfologica del paesaggio caratterizzato da foreste. La vegetazione reale è prevalentemente di tipo forestale, a latifoglie decidue a carattere mesofilo all'interno delle foreste e un tipo forestale a sclerofille nella parte alta delle pareti. In particolare si distinguono quattro fisionomie vegetazionali: (1) i quereti misti a *Quercus cerris* (cerro) e *Q. pubescens* (roverella) a cui si accompagnano *Acer campestre* (acero opoplo), *Corylus avellana* (nocciolo) e *Ulmus minor* (olmo comune) con sporadiche presenze di *Quercus robur* (farnia). (2) i quereti misti termofili a dominanza di *Quercus pubescens* accompagnato da *Ostrya carpinifolia* (carpino nero), *Quercus cerris*, *Acer campestre* e *Fraxinus ornus*; (3) i boschi misti a *Quercus cerris* e *Corylus avellana* all'interno delle foreste. Strettamente legata ai corsi d'acqua troviamo la vegetazione igrofila la cui specie dominante è l'*Alnus glutinosa* con *Salix alba*, *Populus nigra* e *Ulmus minor*, in minore presenza si ritrovano lembi di saliceto a *Salix alba*. La vegetazione delle parti alte delle pareti delle foreste è caratterizzata da vegetazione sempreverde a *Quercus ilex* con *Acer monspessulanum* e nelle situazioni soleggiate presso Calcata anche *Quercus pubescens*. Le zone coltivate sono a prevalenza di noccioli.

La vegetazione potenziale dei plateaux e dei versanti piroclastici a debole pendenza è riconducibile alla serie del *Carpinus orientalis-Quercus cerridis signatum*, subacido e caratteristica dei substrati piroclastici del territorio preappenninico tirrenico centrale. Lo stadio maturo è rappresentato da boschi a dominanza di *Quercus cerris*, con *Carpinus orientalis*, *Acer campestre*, *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*. La vegetazione igrofila è riconducibile alle serie del *Salix albae*, *Populus albae*, *Alo-Ulmion*.

La forra è invece caratterizzata da un mosaico di vegetazione. Sul ciglio dell'incisione si sviluppano boschi a *Quercus ilex* con *Fraxinus ornus* e nello strato erbaceo *Cyclamen hederifolium* (*Fraxino ornus-Quercus ilex*); *Cyclaminum hederifolium-Quercus ilex*. Sui versanti e fin quasi il fondo della forra sono presenti cenosi forestali mesofile a dominanza di *Quercus cerris* e *Carpinus betulus*, con *Corylus avellana* (*Pulmonario aperiinae-Carpinionem betuli*).

Da un punto di vista floristico, il territorio in cui si sviluppa la Valle del Treja offre ospitalità ad un numero modesto di emergenze floristiche. Gran parte di queste specie sono legate agli ambienti umidi. (Anzalone et al., 2010). Di seguito l'elenco delle specie più interessanti:

Lamium flexuosum Ten. – MR; VU margini boschivi, boscaglie, 50-1300 m. Entità con distribuzione prevalentemente meridionale
Polygonum majus A. Braun – MR incolti, ruderi, sponde, 0-600 m. Entità con distribuzione prevalentemente settentrionale
Carex pauciflora F.W. Schultz – R prati umidi, boscaglie e radure boschive, 500-1500 m. Entità con distribuzione prevalentemente settentrionale

Senecio luteus L. – R rupi, incolti, sponde, radure, 0-500 m. Entità con lacune distributive discontinue nella penisola e presenza più continua nelle regioni meridionali
Pulsatilla vulgaris Gaertn. – PC prati umidi, sponde, radure, 0-600 m. Presente quasi ovunque nella penisola.
Glechoma hirsuta Waldst. et Kit. – PC boschi, arbusteti, ambienti umidi, 0-1000 m. Presente con maggiore continuità nel settore centro-meridionale della penisola.

IL CONTRIBUTO DELLA RETE ECOLOGICA TERRITORIALE ALLA PROGETTAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VERDI

La rete ecologica ha lo scopo di assegnare specifiche funzioni a differenti aree in relazione al loro valore ecologico e al loro potenziale di risorse naturali (Bennett & Mulongoy, 2006). La valutazione del mosaico spaziale in

¹ La frequenza delle specie è relativa al territorio laziale; la distribuzione si riferisce all'Italia (MR: molto rara, R: rara, VU: vulnerabile, PC: poco comune).

92
COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUCTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

termini di rete ecologica nasce per valutare l' idoneità spaziale avendo come riferimento una popolazione o una specie (rete specie-specifica). Negli ultimi anni il gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Carlo Blasi ha elaborato un nuovo modello di Rete Ecologica Territoriale (RET) finalizzata a valutare nel suo complesso la funzionalità e l' idoneità ecologica di un territorio (sia a piccola che a grande scala) partendo sempre dall' analisi del pattern del mosaico determinato dall'attuale copertura e uso del suolo (Blasi et al., 2008).

Nell' individuazione della RET l' eterogeneità naturale viene analizzata e valutata mediante la classificazione ecologica del territorio (Blasi et al., 2011 e 2014) finalizzata a definire unità omogenee per caratteri fisici e biologici e pertanto destinate a ospitare, in assenza di disturbo, un solo tipo di vegetazione naturale potenziale. In questa logica la funzionalità degli ecosistemi viene valutata mediante il confronto tra eterogeneità reale e potenziale. Riconoscere infatti in una porzione di territorio la coincidenza tra la situazione reale e potenziale (in termini fisici e biologici) significa riconoscere la massima funzionalità possibile per quel territorio.

La RET non contempla quindi solo la salvaguardia e riqualificazione delle aree naturali e la protezione delle specie, ma anche il riconoscimento e la relativa conservazione nel territorio di una struttura territoriale coerente con un modello spaziale ecologicamente funzionale in cui le diverse aree e i diversi usi permettono comunque di individuare aree core, aree buffer ed elementi funzionali e strutturali di connessione ecologica non solo nei sistemi naturali e semi-naturali, ma anche nella ricca articolazione dei sistemi agricoli e nel sistema urbano. L'attenzione si sposta quindi dal considerare solo le aree sottoposte a diverse forme di protezione alla necessità di analizzare e pianificare l' intero mosaico territoriale (Blasi et al., 2008).

La RET è quindi il prodotto finale di un modello interdisciplinare sullo studio dell' intero mosaico territoriale, che riunisce in se i contributi dell' ecologia del paesaggio, della classificazione ecologica territoriale, dello studio della vegetazione e della biologia della conservazione, con le necessità pianificatorie dei portatori d' interesse e delle amministrazioni locali.

La RET punta l' attenzione su tutto il mosaico di copertura del suolo individuando, tramite la valutazione dello stato di conservazione, quegli ambiti più adatti al mantenimento del patrimonio biologico, evidenziando le criticità e i conflitti presenti e indicando le aree dove ipotizzare i progetti di infrastruttura verde. La RET rappresenta quindi l' elemento di conoscenza di base essenziale per la valutazione e la pianificazione di una GI.

Le GI consistono in un ampio range di tipologie ecosistemiche o di interventi concreti che possono operare a scale diverse da quella a maggior dettaglio (es. i filari, i tetti verdi, piccole isole di naturalità, parchi urbani il- near) fino ai grandi ecosistemi complessi (boschi di pianura, ricostituzione delle fasce ripariali, inserimento di vaste distese di cespuglieti e mantelli di vegetazione, ecc.) caratterizzanti vaste unità territoriali e di paesaggio (es. le pianure alluvionali, le foreste planiziali, sistemi fluviali). Ognuno di questi elementi può contribuire a de- finire le GI nelle aree urbane, peri-urbane e rurali dentro e fuori il sistema di aree protette migliorando l' effi- cienza ecologica e i servizi ecosistemici ad essa collegata alle diverse scale spaziali. Non tutti gli spazi verdi però qualificano una infrastruttura verde; solo quelli con un' alta qualità ambientale e che fanno parte di una rete in- terconnessa di elementi naturali e seminaturali (CE, 2013b).

Le potenziali componenti di una GI, così come avviene nella Rete Ecologica Territoriale, possono essere così schematizzate (CE, 2013b; Naumann et al., 2011):

- Aree Core: sono le aree a maggiore biodiversità che hanno la funzione di nodi della rete della GI e possono essere rappresentate sia dal sistema di aree protette come i siti Natura 2000, parchi nazionali, riserve forestali, che da aree non protette ma che contengono ecosistemi importanti;
- Aree Buffer: aree "cuscinetto" gestite in maniera sostenibile che aiutano a migliorare la qualità e la permeabi- lità del paesaggio;
- Restoration zone: aree di recupero che aiutano a riconnettere o a migliorare le aree naturali esistenti; zone di riforestazione; aree di riconversione verso le condizioni iniziali mediante azioni di gestione del territorio;
- Natural connectivity features: elementi di connessione naturale come i corridoi ecologici (siepi, filari...) step-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- ping stones, vegetazione ripariale;
- Artificial connectivity features: elementi progettati per aiutare il movimento delle specie (es. aree di risaliti dei pesci, tetti verdi, eco-ponti) che possono derivare da misure di compensazione per ricreare delle connes- sioni fisiche perse o alterate dalla costruzione di infrastrutture grigie;
 - Multifunctional zones: zone multifunzionali dove sono compatibili più usi che possono creare combinazioni di diverse gestioni nella stessa area geografica (produzione di cibo, svago, turismo...).

L'uso di un' infrastruttura verde deve quindi prevedere inizialmente l' analisi, in termini di rete ecologica terri- toriale, dell' ambito in cui viene prevista; infatti l' adozione di criteri che tengano conto delle condizioni del mo- saico territoriale rispetto alle potenzialità ecologiche permette di scegliere le soluzioni più efficaci per far fronte alle criticità di un dato ambito omogeneo. Conoscere le caratteristiche ecologiche di un territorio consente quindi di indirizzare con maggior efficacia qualsiasi intervento che ha come obiettivo il ripristino degli ecosi- stemi e della fornitura dei loro servizi.

Nell' adottare misure per promuovere le GI occorre quindi far distinzione tra ambiti in cui è opportuno creare nuove GI e ambiti dove la priorità è rappresentata dal mantenimento o dalla cura del paesaggio.

I progetti delle GI devono essere calati all' interno del contesto territoriale che, oltre a soddisfare le condizioni ambientali, possono anche rispondere a particolari esigenze proposte dalla società. Anche in quest' ultimo caso è necessaria conoscere lo stato di conservazione del territorio prima dell' opera, al fine di poter valutare l' effec- tiva efficacia del progetto in termini di biodiversità. Per il buon esito dei progetti di GI è necessario garantire fin dalle prime fasi la partecipazione degli attori della società civile a livello regionale e locale che devono avere un ruolo attivo e determinante. Il progetto deve prevedere infatti un' iniziale analisi dei conflitti con l' individua- zione delle possibili soluzioni al fine di prevedere un esito positivo dell' opera.

Corridoio verde da Roma verso Calcata

Secondo la classificazione ecoregionale (Blasi et al. 2014) il Parco della Valle del Treja ricade in due ambiti eco-

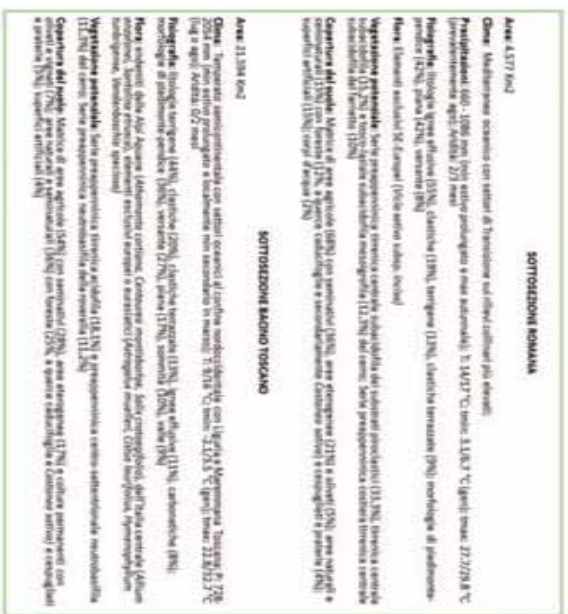


Figura 2. Descrizione delle sotto- sezioni in cui ricade il parco del Treja

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

La Rete Ecologica Territoriale, elaborata nell'ambito del Piano Territoriale Provinciale Generale (PTPG) della Provincia di Roma, nel tratto compreso tra Roma e Calcata evidenzia la netta prevalenza del sistema agricolo che svolge un ruolo di componente di connessione primaria. Lungo questo "Corridoio", si è creduto opportuno ipotizzare la presenza di tre diverse infrastrutture nel contempo di valore ambientale, economico e sociale legate alla valorizzazione della biodiversità, delle produzioni agricole locali e di pratiche culturali tipiche delle periferie urbane (orti urbani).

In particolare, in prossimità del raccordo anulare di Roma si vuole destinare una o più aree ad "orti urbani". L'area edificata in prossimità del parco dell'Insugherata potrebbe infatti favorire la presenza di questa infrastruttura particolarmente utile per migliorare la qualità e il benessere (fisico e sociale) della vita degli abitanti e nel contempo favorire l'integrazione con i numerosi cittadini provenienti da paesi extra-europei.

Nell'area del Comune di Campagnano si ipotizza invece la presenza di un mercato a "chilometro zero" capace di promuovere la vendita dei prodotti locali tipici dei sistemi agricoli della Campagna romana. Questa infrastruttura, progettata per la vendita dei prodotti locali, sarà anche dotata di spazi per la ricreazione dei bambini e degli adolescenti e per la realizzazione di piccoli ristoranti fortemente connotati con il territorio ospitante.

A Mazzano Romano si prevede invece la realizzazione di un centro specializzato dedicato alla diversità ittonorfolgica e biologica delle foreste tipiche della Campagna romana. Anche in questo caso il Centro ospiterà spazi per corsi di formazione permanente naturalistica e vivaistica per tutte le età. In particolare si caratterizzerà anche per una didattica tecnico-pratica dedicata alla coltivazione delle piante erbacee ed arbustive tipiche della sottosezione del Bacino Toscano. Tutto ciò può determinare nuove forme di occupazione ecosostenibile particolarmente attente non soltanto alla conservazione della biodiversità ma anche agli aspetti legati alla coesione sociale.

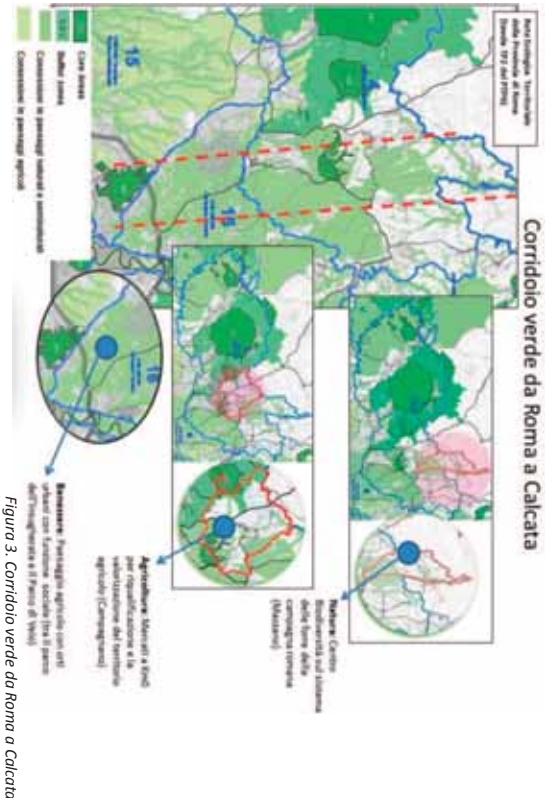


Figura 3. Corridoio verde da Roma a Calcata

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUTTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Nell'oro insieme questi interventi realizzano la "Green Infrastructure Insugherata-Mazzano", in grado di migliorare la funzionalità dei servizi ecosistemici, valorizzando la naturalità diffusa di questo territorio grazie alla conoscenza della distribuzione e valutazione dello stato di conservazione degli ecosistemi presenti.

BIBLIOGRAFIA

Abbate G. 1992. La vegetazione del Parco Regionale Suburbano Valle del Treja. In "L'Ambiente della Tuscia laziale" a cura di Olmi M. e Zappalà M. Università della Tuscia, Union Printing Edizioni Viterbo.

Abbate G., Biasi C., Foschetti S., Michetti L., Fiesi L. 1990. La vegetazione del Parco suburbano Valle del Treja. Regione Lazio, Dip. Biologia Vegetale, Univ. di Roma "La Sapienza".

Anzalone B., Iberti M., Lattanzi E. 2010. La flora vascolare del Lazio. Inform. Bot. Ital. 42(1), 187-317.

Bennett G., Jo Mulongoy K. 2006. Green Infrastructure: Linking landscapes and Communities, Washington, Island Press.

Bennett G., Secretariat of the convention on biological diversity, Montreal, Quebec, Canada.

Biasi C., Abbate G., Foschetti S., Michetti L. 1981. La vegetazione del bacino del F. Treja. Collana del programma finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" AQ/1/237 Roma.

Biasi C., Zovattero L., Marignani M., Smiraglia D., Copiz R., Rosati L., Del Vico E. 2008. The concept of land ecological network and its design using a land unit approach. Plant Biosystems 142, 540-549.

Biasi C., Copotorti G., Frondoni R., Guida D., Mollo B., Smiraglia D., Zovattero L. 2011. Vegetation science and the ecological land approach: a proposal for the ecological land classification of Italy. Fitosociologia 48, 67-80.

Biasi C., Copotorti G., Copiz R., Guida D., Mollo B., Smiraglia D., Zovattero L. 2014. Classification and mapping of the ecoregions of Italy. Plant Biosystems 148(6), 1255-1345.

Capotorti G., Anzellotti I., Attorre F., Copiz R., Mollo B., Zovattero L., Biasi C. 2014. Ecological classification of land and ecosystem mapping, towards the implementation of action 5 of the European biodiversity strategy to 2020 in Italy. Annali di Botanica 4, 9-17.

CE. 2013a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al comitato delle Regioni Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa. COM (2013) 249 final.

CE. 2013b. Building a Green Infrastructure for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union 2013, 24 pp.

ECOTEC for NENW. 2008. The economic benefits of Green Infrastructure: the public and business case for investing in green infrastructure and a review of the underpinning evidence. Funded by Commissioned from ECOTEC by The Mersey Forest on behalf of Natural Economy Northwest.

MA – Millennium Assessment 2005. Ecosystems and Human Well-being: opportunities and challenges for business and industry. Millennium Ecosystems Assessment/World Resource Institute. Washington, DC.

Naumann S., McKenna D., Kaplengst T., Kaplengst T., Pieterse M., Roymet M. 2011. Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report, Brussels: European Commission.

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUTTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Luciana ORLANDO

INTRODUZIONE

Le tematiche inerenti la messa in sicurezza del territorio stanno diventando sempre più stringenti e di attualità in quanto incidono direttamente sulla vita quotidiana della popolazione e dell'economia del paese. Data la complessità e fragilità del territorio e del tessuto urbano spesso si è in presenza di contesti critici e ad alto rischio che richiedono interventi complessi e costosi. La buona riuscita di un intervento di messa in sicurezza del territorio dipende non solo dalle capacità progettuali e tecniche dell'intervento ma anche dalle conoscenze di base acquisite a monte della progettazione. Questo fattore, spesso trascurato, è di fondamentale importanza, non solo per la riuscita dell'intervento, ma anche per l'abbattimento dei costi. È ovvio che gli investimenti per le conoscenze di base sono direttamente dipendenti dalla complessità del contesto idrogeologico e tessuto urbano dell'area di studio.

Le conoscenze di base possono essere di vario tipo e possono basarsi su una semplice ricerca bibliografica oppure richiedere studi funzionali alla progettazione. In funzione degli obiettivi sono necessari rilievi topografici di dettaglio, controlli catastali, conoscenze sui caratteri costruttivi degli edifici, ricostruzioni di dettaglio del sottosuolo, conoscenze sulla geologia e idrogeologia, caratterizzazione geotecnica delle rocce e dei terreni di fondazione, ecc.

In questa memoria si analizzano quali possano essere le indagini preliminari non invasive da impiegare per il pro-



Figura 1. Immagine del borgo medievale di Calcata.

getto di raccolta delle acque reflue del borgo medievale di Calcata (Figura 1).

Nel lavoro si focalizzerà l'attenzione sull'utilizzo di tecniche non distruttive per l'acquisizione di informazioni del sottosuolo delle aree che potrebbero essere interessate dall'intervento.

Il borgo medievale di Calcata si colloca su uno sperone tufaceo rilevato rispetto alle vallate circostanti di una trentina di metri (Figura 1). La sommità dello sperone è completamente edificata con strutture che si trovano in elevato e in continuità con la parete sub-verticale tufacea (Figura 2). Oltre alle strutture in elevato sono presenti anche strutture scavate nel tufo (Figura 2). Inoltre non si può escludere la presenza di cavità e resti archeologici

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

di età precedenti a quella del borgo. Pertanto al momento non si ha la conoscenza dello spessore dello strato antropico al di sotto del piano di calpestio e poche informazioni si hanno anche sulla sequenza geologica che caratterizza lo sperone tufaceo di Calcata. Tali conoscenze possono essere acquisite sia tramite indagini dirette che indagini indirette di tipo geofisico. I due approcci sono tra loro complementari e sono entrambi caratterizzati da pregi e difetti. Le indagini dirette sono distruttive, forniscono informazioni puntuali ma restituiscono informazioni precise dell'assetto del sottosuolo lungo il sondaggio; le indagini indirette sono non distruttive, forniscono informazioni di dettaglio ma possono avere incertezze interpretative. L'ideale è avere a disposizione sia dati diretti che indiretti in modo da utilizzare i dati diretti per vincolare l'interpretazione di dati indiretti e i dati indiretti per la pianificazione delle indagini dirette e per la loro estrapolazione laterale. In questo modo si può ottenere una ricostruzione bi o tridimensionale robusta del sottosuolo.

Ai fini della scelta progettuale più idonea, in termini di costi e mitigazione dell'impatto ambientale, è pertanto necessario effettuare rilievi di dettaglio finalizzati alla caratterizzazione e definizione dello spessore dello strato antropico e dei depositi in situ. Gli studi preliminari verranno basati prevalentemente sulle indagini non distruttive. Le indagini non distruttive avranno come obiettivi:

- 1) caratterizzazione dello strato superficiale finalizzato alla determinazione dello spessore dello strato antropico con verifica della presenza di resti archeologici, cavità ipogee, cunicoli, ecc., attualmente non censiti;
- 2) investigazione della parte sommitale dello strato geologico tufaceo.

Nella nota si focalizzerà l'attenzione sui principi di funzionamento di alcuni metodi geofisici normalmente impiegati



Figura 2. Immagini fotografiche di strutture in elevato e scavate nel tufo nel borgo medievale di Calcata.

per la risoluzione di tali problematiche mettendo l'accento sui pregi e difetti delle indagini non distruttive in ambito urbano e sulle informazioni utili che esse potranno fornire per la progettazione dell'intervento a Calcata.

CENNI SULLE METODOLOGIE GEOFISICHE DA IMPIEGARE NEL BORGO DI CALCATÀ

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

I metodi geofisici usualmente impiegati nel rilievo di strutture antropiche sepolte e per l'investigazione dei terreni superficiali in ambito urbano sono la tomografia elettrica e il georadar. Altri metodi, quali i sismici, vengono impiegati in funzione di esigenze specifiche.

Di seguito si riportano alcuni cenni sui principi teorici su cui si basano la tomografia elettrica e il georadar, che si intendono utilizzare per lo studio del sito di Calcata.

Tomografia elettrica

La tomografia elettrica si basa su misure di potenziale elettrico effettuate sulla superficie topografica dopo aver generato un campo elettrico a corrente continua o alternata assimilabile a continua. Il campo viene immesso nel terreno con l'ausilio di due picchetti metallici collegati alla sorgente di energia elettrica, attraverso cavi. La corrente immessa nel terreno si distribuisce nel sottosuolo in funzione delle resistività delle formazioni o strutture in esso presenti. La resistività apparente che si ricava dalle misure è funzione della differenza di potenziale misurata tra due picchetti, della distanza tra gli elettrodi di corrente e potenziale, dell'intensità di corrente utilizzata per generare il campo e della distribuzione delle resistività nel sottosuolo. Misure di resistività apparente eseguite con diverse distanze elettrode e con il punto centrale del dispositivo fisso danno luogo ai sondaggi elettrici verticali (Figura 3a); mentre misure di resistività con distanza elettrode fissa e con punto centrale del dispositivo spostato lungo un allineamento rettilineo danno luogo ai sondaggi elettrici orizzontali (Figura 3b). In ambo i casi le resistività apparenti si riferiscono a porzioni del sottosuolo che sono funzione delle distanze elettrode e delle caratteristiche elettriche dei terreni interessati dal campo elettrico. In particolare con i sondaggi elettrici verticali si ottiene un profilo verticale di resistività apparente e con i sondaggi elettrici orizzontali un profilo orizzontale di resistività apparente. Misure di resistività apparente effettuate seguendo lo schema dei sondaggi elettrici verticali con i centri del dispositivo molto ravvicinati o dei sondaggi elettrici orizzontali per diverse distanze elettrode danno luogo al metodo misto conosciuto come tomografia elettrica o metodo multielettrodo (Figura 3c).

La tomografia elettrica pertanto consiste nell'effettuare misure lungo un allineamento utilizzando un numero elevato di elettrodi che in funzione delle geometrie di acquisizione, fungono come elettrodi di corrente o di potenziale. La profondità massima di investigazione è funzione della lunghezza del profilo, mentre la risoluzione è funzione della distanza tra gli elettrodi, del tipo di dispositivo e a parità di parametri geometrici, decresce con la profondità. Stabiliti i parametri di acquisizione, le misure vengono eseguite automaticamente e registrati nella memoria rigida del sistema. Oltre al dato di resistività apparenti, vengono registrati tutti i parametri geometrici utilizzati per l'acquisizione e l'intensità del campo elettrico utilizzato in ogni singola misura. I dati di campagna forniscono una pseudo sezione verticale di resistività apparente del sottosuolo lungo l'allineamento elettrodi.

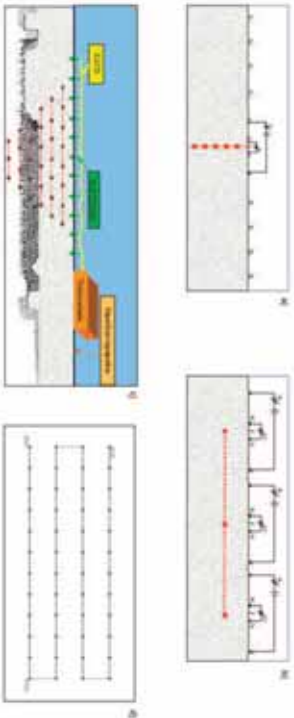


Figura 3. Sondaggi elettrici verticali (a), sondaggi elettrici orizzontali (b) tomografia elettrica (c), grigliato a serpentina per acquisizione tridimensionali (d).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Acquisendo profili di tomografia elettrica tra loro paralleli o a serpentina (Figura 3c,d) si effettua una acquisizione tridimensionale che, a seguito dell'inversione dei dati, fornisce una ricostruzione volumetrica della porzione del sottosuolo investigato.

Utilizzando algoritmi di inversione si ottiene la più probabile distribuzione delle resistività presenti lungo la sezione (2D) o all'interno di volumi (3D) da cui ricavare informazioni sulle litologie e/o manufatti presenti al di sotto della superficie topografica per la porzione di sottosuolo investigato. La distribuzione della resistività nel sottosuolo viene ottenuta con l'inversione dei dati basata su un processo iterativo che mette a confronto i dati reali di resistività apparente acquisiti in campagna con i dati di resistività apparente calcolati sulla base di modelli teorici che riproducono l'assetto del sottosuolo. Il processo iterativo viene interrotto nel momento in cui le resistività apparenti teoriche coincidono con quelle apparenti misurate a meno di un errore prefissato. L'errore viene calcolato come scarto quadratico medio tra i due set di misure, resistività apparente misurate e teoriche.

La tomografia elettrica ha il pregio di poter essere utilizzata in ambito urbano anche in presenza di pavimentazioni. In questi contesti vengono utilizzati picchetti di rame a base quadrata (Figura 4). L'accoppiamento picchetto-pavimento avviene attraverso l'utilizzo di gel conduttivo. Un altro vantaggio risiede nella possibilità di investigare il sottosuolo anche al di sotto delle strutture posizionando gli elettrodi nelle aree perimetrali delle strutture.

Gli svantaggi sono legati a disturbi elettrici che si hanno in ambito urbano, alla riduzione di risoluzione ottenibile con la profondità, alla dipendenza della profondità di indagine con la lunghezza delle stese e dalla non accessibilità di aree coperte da manufatti.

Come esempio si riportano dei dati di tomografia elettrica, bi e tridimensionali acquisiti per la mappatura di cavità, residuo dello sfruttamento di pozzole, in zona Casalbertone (Roma). In figura 5 si riportano due sezioni bidimensionali e in figura 6 la mappa planimetrica della distribuzione delle cavità relativa alla stessa area ottenuta a seguito di inversione di dati di tomografia tridimensionale.

Come ulteriore esempio si riporta in figura 7 una sezione bidimensionale di tomografia elettrica e in figura 8 una



Figura 4. Picchetto di rame non invasivo (a), acquisizione di tomografia elettrica in ambito urbano e all'interno di edificio (b, c).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

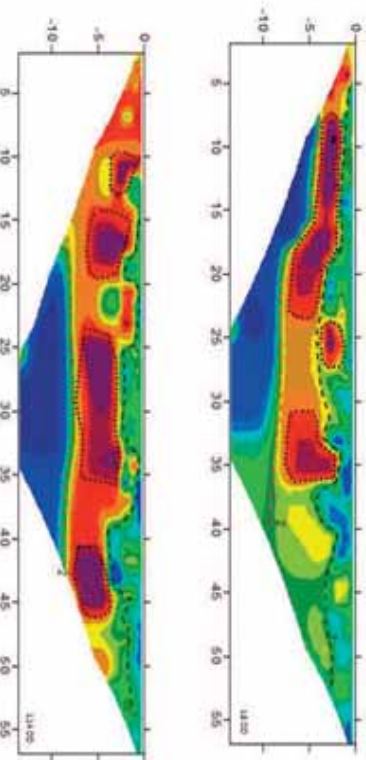


Figura 5. Esempi di profili bidimensionali acquisiti con dispositivo doppio dipolo in area urbana interessata da cavità per sfruttamento di pozzo/line. Le cavità sono indicate con linee tratteggiate.

raccomandazione planimetrica (profondità 3m) ottenuta da iniezione di dati di tomografia elettrica tridimensionale. I dati si riferiscono a una tomba a camera (2x2x2m) rilevata nella necropoli sabina di Veio (Roma). La tomba è scavata in terreni vulcanici ed ha come copertura una placca di tufo litioide.

Georadar

Il metodo Georadar o GPR (Ground Penetrating Radar), sviluppatosi negli ultimi 20-30 anni, si basa sull'analisi della propagazione nel terreno di onde elettromagnetiche con frequenze comprese tra 10 MHz e 2,5 GHz. L'onda elettromagnetica sotto forma di impulso (durata dell'ordine di 10-9 s) viene immessa nel terreno mediante un'antenna trasmettente di tipo dipolare (Figura 9). Durante il suo percorso l'onda elettromagnetica, nell'incontrare mezzi con caratteristiche elettromagnetiche diverse, si modifica in ampiezza, forma e direzione di propagazione. I fenomeni che si hanno in presenza di discontinuità sono fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione. La distribuzione dell'energia tra le varie onde e la direzione di propagazione delle singole onde che vengono generate dalle interfacce sono funzione dei mezzi e seguono i principi dell'ottica geometrica. Mentre l'energia rifratta continua il suo percorso verso il basso, le energie riflesse e diffratte tornano in superficie dove vengono captate dall'antenna ricevente.

Parte dell'energia legata all'onda elettromagnetica nell'attraversare il sottosuolo viene assorbita, e quindi solo una parte di energia emessa torna in superficie sotto forma di energia riflessa e diffratta. L'assorbimento dell'energia e quindi la profondità di indagine è funzione delle caratteristiche elettriche dei terreni attraversati: maggiore è la conducibilità (terreni argillosi) maggiore è l'assorbimento e minore è la profondità di indagine.

L'energia riflessa e diffratta dal sottosuolo viene captata dall'antenna ricevente e registrata in digitale. Il segnale registrato viene visualizzato come variazione di ampiezza dell'onda elettromagnetica in funzione del tempo (traccia georadar) e dello spazio. Per ogni

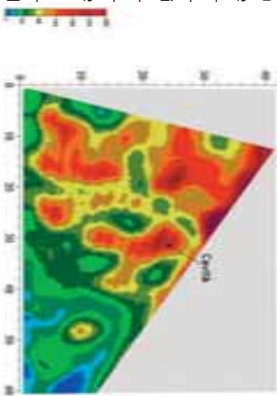


Figura 6. Rappresentazione planimetrica (3m dal piano campagna) di dati di resistività con acquisizione tridimensionale in area urbana interessata da cavità per sfruttamento di pozzo/line. Le cavità sono in rosso.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

impulso si ha una traccia e le singole tracce affiancate danno origine alla sezione georadar, che rappresenta le variazioni di ampiezza delle onde riflesse e diffratte in funzione della posizione (ascissa) e del tempo di andata e ritorno (ordinata). Le informazioni fornite da una sezione georadar pertanto sono riferite all'assetto del sottosuolo posto al di sotto dell'allineamento del profilo.

Le antenne georadar operano su bande spettrali molto ristrette: la profondità di indagine aumenta, a parità dell'energia emessa e al diminuire della frequenza. La risoluzione cresce all'aumentare delle frequenze e della larghezza di banda del segnale georadar.

Il georadar ha il pregio di poter essere impiegato in ambito urbano e all'interno di edifici, permette un'acquisizione di dati in tempi veloci e a basso costo e fornisce una ricostruzione bi o tridimensionale del sottosuolo ad alta risoluzione (da centimetrica a decimetrica in funzione delle frequenze utilizzate).

I limiti sono principalmente legati alla bassa profondità di indagine che si riesce a ottenere, in ambito urbano è dell'ordine dei 2-3 metri.

In figura 10 si riporta un esempio di sezione georadar acquisita sulla tomba a camera di 2x2x2m nella necropoli di Veio (Roma) lungo lo stesso allineamento del profilo di tomografia elettrica di figura 7. Nella figura sono riportate due sezioni acquisite con le antenne da

200 e 80 MHz lungo lo stesso allineamento. Si osserva la maggiore risoluzione e la minore profondità di indagine nel profilo acquisito con l'antenna da 200 MHz rispetto a quello acquisito con l'antenna da 80 MHz. Nella figura 11 si riporta una restituzione planimetrica relativa alla profondità di 1,8m di una tomba sabina rinvenuta a Colle del Forno (Monterotondo-Roma). La tomba di 2x1,5x1,5 è scavata in tufo.

PROGETTAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE DI CALCATÀ

Nel borgo di Calcata si prevede di eseguire indagini di tomografia elettrica e georadar di dettaglio con obiettivi superficiali in tutte le

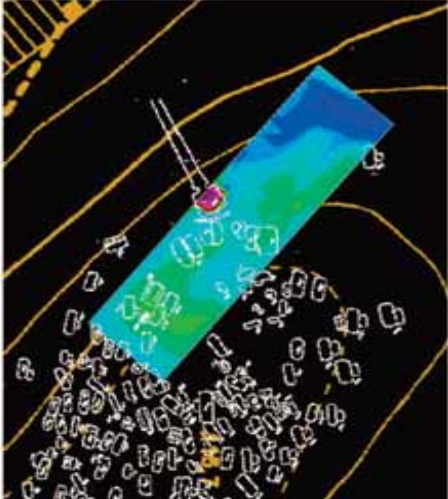
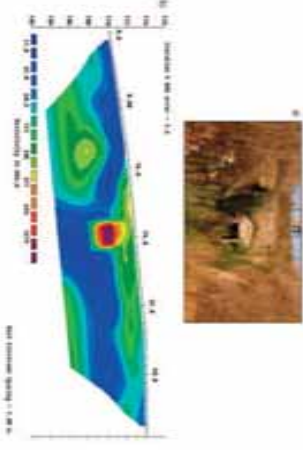


Figura 8. Rappresentazione planimetrica di dati di resistività tridimensionali acquisiti nella necropoli di Veio (Roma) in corrispondenza di una tomba a camera. I dati di tomografia elettrica sono sovrapposti a dati topografici e mappatura dello scorso anno '30.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Figura 9. Strumento georadar a singola frequenza (a) e a doppia frequenza (b).

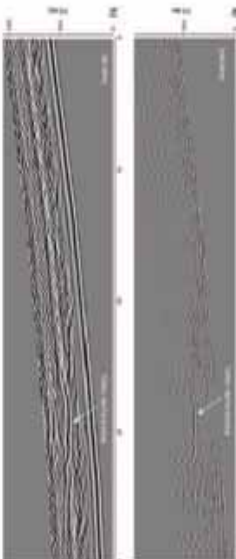


Figura 10. Esempi di profili georadar bidimensionali acquisiti nella necropoli di Veio (Roma) con le antenne da 200 (a) e 80 MHz (b).

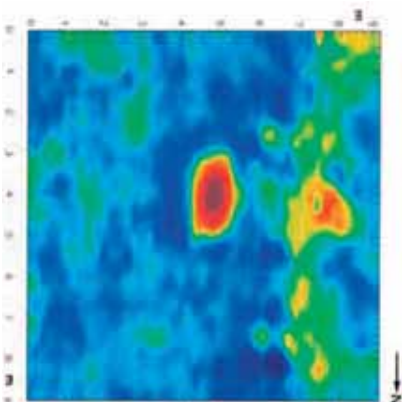


Figura 11. Rappresentazione planimetrica (1,8 m) di dati georadar acquisiti nella necropoli sobina di Colle del Forno (Roma). I dati sono stati acquisiti con antenna da 100 MHz. In *Archaeological Prospection*, Vol. 3, 13-23, (1996) - location of archaeological structures using GPR methods: Three - dimensions data acquisition and radar signal processing, Malogolp S., Orlando L., Piro S., Rosso F..

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Figura 12. Ipotesi delle aree di probabile interesse per le indagini geofisiche di dettaglio (cerchi blu) e a larga scala (linee rosse).

aree in cui la progettazione prevede interventi che interessino il sottosuolo e/o la caratterizzazione, e indagini a larga scala, in prevalenza di tomografia elettrica, per la caratterizzazione dell'ammasso tufaceo.

Le indagini di dettaglio verranno eseguite in prevalenza nelle aree perimetrali del borgo dove il progetto prevede la raccolta delle acque reflue. Al momento si può ipotizzare che le aree di indagine siano quelle indicate in figura 12 con cerchi in blu. In queste aree verranno eseguite indagini georadar a doppia frequenza con antenne da 80 e 200 MHz. Se verrà riscontrata la necessità, si potranno acquisire anche dati ad alta risoluzione utilizzando l'antenna da 600MHz. In funzione degli spazi a disposizione si prevede di eseguire indagini lungo profili tra loro paralleli in modo da restituire una ricostruzione tridimensionale del sottosuolo. Si prevede che le indagini georadar possano fornire informazioni utili sul grado di antropizzazione dei primi 2-3m di sottosuolo, la mappatura di sotto servizi e di eventuali strutture sepolte, cavità, ecc.

Laddove sarà possibile, in queste aree verranno effettuate anche indagini di tomografia elettrica per lo più di tipo tridimensionale. Verrà impiegata una strumentazione equipaggiata con 48 canali con la disposizione degli elettrodi posti lungo i piani di calpestio. Verranno impiegati elettrodi di rame non invasi che consentiranno di preservare l'attuale pavimentazione. Le indagini verranno progettate con l'obiettivo di investigare i primi metri di sottosuolo. Anche con questa metodologia si prevede di definire lo spessore dello strato antropico e di rilevare la presenza di cavità, strutture, ecc. I risultati ottenuti con queste indagini saranno utilizzati per la caratterizzazione, e scelta e progettazione dell'intervento.

Le indagini a larga scala saranno in prevalenza basate sulla tomografia elettrica. In questo caso verranno effettuati profili per lo più bidimensionali che verranno ubicati lungo le arterie principali del borgo di Calcata come riportato in figura 12 (linee rosse). Anche in questo caso verranno impiegati picchetti non invasi di rame e strumentazione equipaggiata con 48 elettrodi. La progettazione delle indagini avrà come obiettivo l'investigazione delle formazioni in situ. Poiché la profondità di indagine dipende dalla lunghezza massima della stesa le distanze elettrodeche verranno definite in funzione degli spazi disponibili, a tal fine si privilegeranno lunghezze di stese massime per ottenere la massima profondità di investigazione. Per aumentare la profondità di indagine, oltre al dispositivo Schlumberger, verrà impiegato anche il dispositivo polo-dipolo che è ritenuto essere caratterizzato da una maggiore profondità di indagine a parità di lunghezza della stesa.

L'obiettivo delle indagini a larga scala è quello di ricostruire la sequenza elettrostratigrafica della formazione tufacea sommitale della rupe.

Paolo MAZZANTI

INTRODUZIONE

Ai fini della realizzazione degli interventi di messa in sicurezza della rupe di Calcata si prevede di eseguire indagini e monitoraggio attraverso l'integrazione di innovative tecniche di telerilevamento, di seguito meglio descritte. Tali tecniche, in abbinamento alla supervisione di personale altamente qualificato di NHAZCA S.r.l., consentirebbero di fornire il supporto nelle seguenti fasi del presente progetto:

- i) Identificazione e caratterizzazione di settori di ammasso maggiormente suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa alla scala di versante, utili alla definizione dei principali interventi di stabilizzazione;
 - ii) Monitoraggio per finalità di sicurezza nella fase di realizzazione degli interventi in parete;
 - iii) Verifica dell'efficacia degli interventi di stabilizzazione mediante controlli multi-temporali.
- Le moderne tecniche di telerilevamento consentono infatti di superare il concetto di analisi puntuale e di condurre analisi pervasive alla scala dell'intero versante. Il principale risvolto di tale evoluzione consiste soprattutto nella maggiore versatilità di utilizzo del dato rilevato, soprattutto se impiegato per l'identificazione di settori d'ammasso potenzialmente suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa, per analisi di stabilità all'equilibrio limite globale e per analisi di suscettibilità secondo diverse ipotesi di scenario (come l'azione di forzanti sismiche pseudo-statiche, variazioni dei livelli di falda, presenza di acqua nei giunti che svincolano i blocchi ecc.).

ANALISI GEOSTRUTTURALI D'AMMASSO E MONITORAGGI MULTI-TEMPORALI MEDIANTE RILIEVI CON TECNICA

LASER SCANNER TERRESTRE

Il Laser Scanner Terrestre (TLS) è un'innovativa tecnica di rilievo topografico che consente di acquisire le coordinate geografiche (x, y e z) di una nuvola di punti dello scenario oggetto di indagine attraverso la misura del "time of flight" (TOF), ovvero il tempo necessario perché un impulso laser venga emesso, riflesso su un oggetto e ricevuto di ritorno dal sensore. Ad ogni impulso corrisponde una posizione angolare azimutale e zenitale che, combinata con il TOF, consente di identificare le coordinate dei punti rilevati, con una frequenza temporale di campionamento di circa 120.000 punti al secondo.

Grazie all'integrazione con una fotocamera ad alta risoluzione, è possibile, inoltre, acquisire immagini ottiche calibrate con il sensore laser. Il risultato del rilievo è, pertanto, una nuvola di punti ad altissima risoluzione e in colori RGB reali [Figura 1] sulla quale è possibile eseguire le comuni operazioni di misura spaziale (calcolo di distanze, superfici e volumi) ed estrarre profili su tracce definite dall'utente.

Le nuvole di punti, acquisite nel sistema di riferimento geografico strumentale, possono essere trasposte, nella fase di post processing, in un sistema di riferimento geografico assoluto mediante un processo di georeferenziazione, condotto sulla base delle coordinate di punti di controllo noti acquisite con un rilievo topografico di supporto.

I rilievi laser scanner saranno eseguiti attraverso un sensore Riegl VZ1000 (o altro di simili caratteristiche); tale sensore è dotato di una tecnologia che consente di acquisire informazioni di punti della superficie topografica anche in zone con copertura vegetativa rada, sebbene con un grado di precisione ed accuratezza minore rispetto alla situazione di assenza di vege-



Figura 1. Esempio di una nuvola di punti in colori reali acquisita con rilievo Laser Scanner Terrestre.

tazione. Si prevede di eseguire scansioni da un numero di punti idoneo per la riduzione delle zone d'ombra al fine di acquisire il modello 3D ad alta risoluzione del versante.

I dati saranno elaborati con software commerciali o algoritmi proprietari di NHAZCA S.r.l. al fine di:

- i) estrarre curve di livello e profili topografici [Figura 2];
- ii) definire le principali caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso per l'identificazione delle aree più suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa; in particolare, saranno eseguite delle indagini mirate a definire lo stato di fratturazione (numero di discontinuità per m3, glaciature dei principali sistemi di discontinuità [Figura 3], blocco tipico d'ammasso ecc.) e ad identificare i principali fattori predisponenti l'innescio di fenomeni gravitativi (come la presenza di acqua nei giunti, l'azione di forzanti sismiche ecc.).

Attraverso rilievi ripetuti nel tempo dalle medesime postazioni di misura saranno inoltre identificati, mappati e



Figura 2. Esempio di estrazione delle curve di livello dalla nuvola di punti acquisita con rilievo TLS.

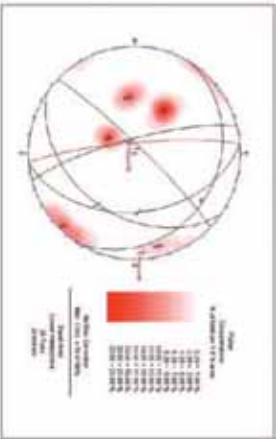


Figura 3. Esempio di risultato ottenuto da analisi geostrutturali condotte su nuvole di punti Laser Scanner.

quantificati eventuali crolli avvenuti nei periodi compresi tra le sessioni di rilievo [Figura 4] e sarà possibile verificare, al termine dei lavori, l'efficacia degli interventi di consolidamento eseguiti e lo stato di conservazione delle opere di sostegno.

RILIEVI CON TECNICHE OTTICHE e/o TERMOGRAFICHE

A supporto delle indagini mediante rilievi Laser Scanner, per una completa ed esaustiva caratterizzazione dell'ammasso roccioso e per il monitoraggio periodico dello stato di conservazione degli interventi realizzati, si prevede di eseguire anche dei rilievi con tecniche fotogrammetriche e termografiche (Figura 5 e Figura 6) che consentano di:

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- I) individuare e mappare eventuali venute d'acqua nell'ammasso roccioso o nelle opere di sostegno presenti;
 - II) identificare indizi riconducibili ad ammaloramenti delle strutture di sostegno, come anomalie termiche dovute all'insorgenza di lesioni o di nuove venute d'acqua ecc.
 - III) fornire supporto all'analisi geostutturale per l'identificazione delle principali discontinuità d'ammasso (Figura 6).
- Inoltre, attraverso la ripetizione periodica dei rilievi, si potranno acquisire informazioni (come anomalie termiche e/o cromatiche temporali) riconducibili ad indizi cinematici o geostutturali.

STUDIO DELLE DEFORMAZIONI SUPERFICIALI STORICHE CON INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE

A completamento delle indagini preliminari, finalizzate all'individuazione delle aree d'ammasso più critiche, sarà eseguita l'analisi degli spostamenti superficiali nelle zone prospicienti la rupe di Calcata con interferometria SAR Satellitare. Tale tecnica consente di individuare, con elevata accuratezza, i processi di spostamento di terreno e strutture presenti nel territorio e caratterizzati da buona stabilità nel tempo alla riflessione delle onde radar emesse dai sensori satellitari (strutture, edifici, rocce esposte, etc.). Grazie all'uso delle immagini SAR satellitari d'archivio, inoltre, è possibile conoscere le deformazioni storiche subite dal terreno negli anni coperti dall'acquisizione delle immagini.

In particolari condizioni, grazie a specifiche analisi interferometriche avanzate (A-DInSAR), è possibile ricostruire i trend deformativi e le serie temporali di spostamento di elementi naturali e antropici presenti sul terreno e caratterizzati da alta stabilità alla riflessione delle onde radar (punti di misura) senza la necessità di installare sensori o riflettori artificiali.

In particolare, si prevede di elaborare, mediante software commerciali ed algoritmi proprietari di NHAZCA S.r.l., dati acquisiti negli ultimi anni dai satelliti gestiti dalle agenzie spaziali al fine di fornire entità e trend di spostamento nel tempo e di identificare settori affetti da deformazioni superficiali lente (Figura 7).

MONITORAGGIO PER FINALITÀ DI SICUREZZA

Si prevede l'esecuzione di una campagna di monitoraggio con interferometria SAR Terrestre (TInSAR) che sarà effettuata da NHAZCA S.r.l. nelle fasi di realizzazione degli interventi di stabilizzazione di maggiore criticità.

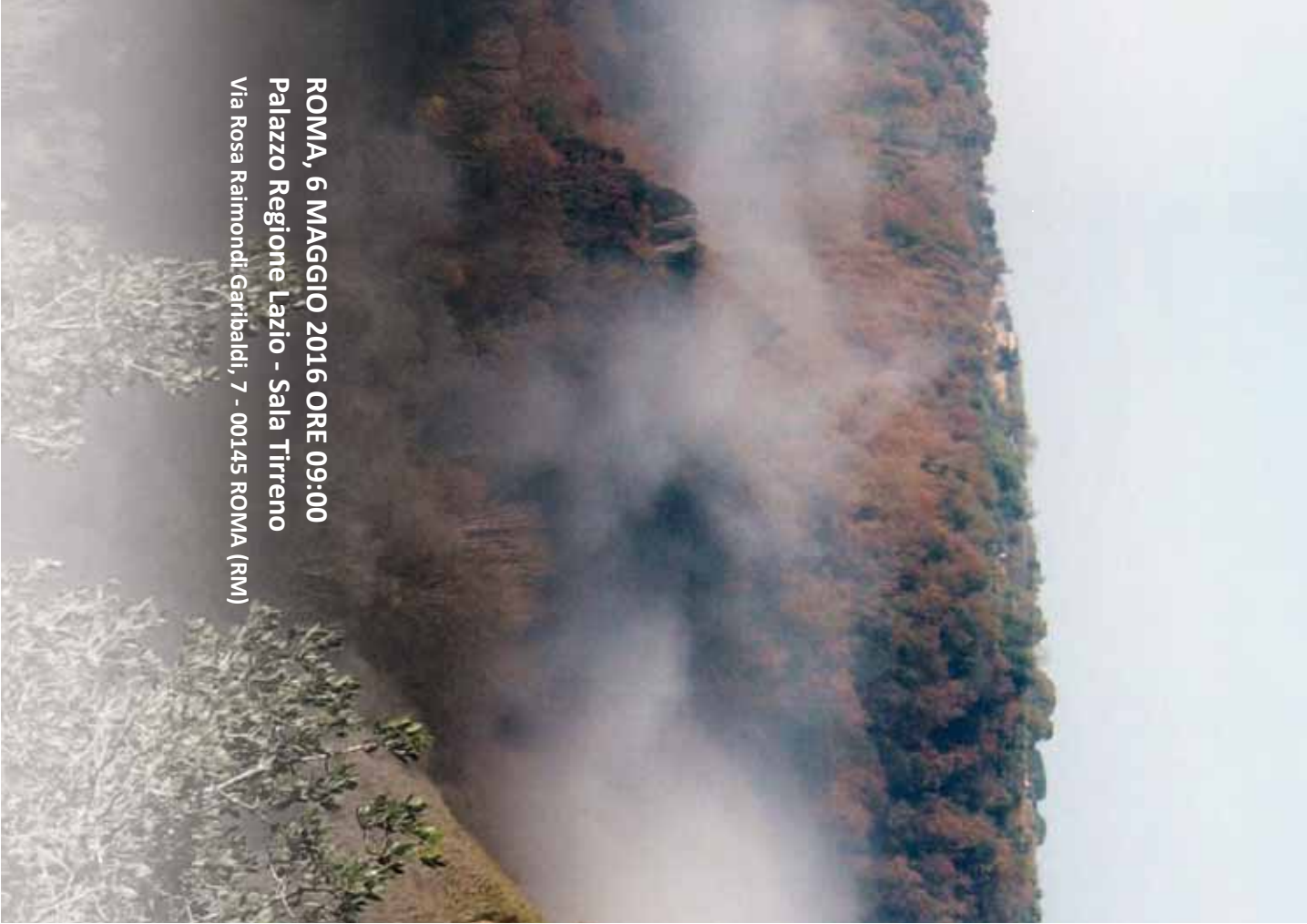
La tecnica SAR (Synthetic Aperture Radar) permette di sintetizzare un'antenna di grandi dimensioni, combinando i segnali retrodiffusi dallo scenario e ricevuti dal radar, mentre questo si sposta lungo un apposito binario (Figura 8). In questo modo si possono ottenere risoluzioni elevate in range (direzione strumento-target) ed in cross-range (direzione ortogonale alla linea di vista).

L'output strumentale così ottenuto è una mappa bidimensionale degli spostamenti dello scenario lungo la linea di vista dello strumento (Figura 9).

E' possibile, infine, ottenere la serie temporale di spostamento di ogni singolo pixel che costituisce la mappa SAR ed integrarla con eventuali altri dati (dati meteo, dati acquisiti da altre strumentazioni di monitoraggio ecc.).

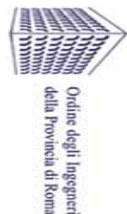
Il sensore radar interferometrico sarà installato su piattaforma QUIBTM, un basamento modulare componibile ideato e realizzato da NHAZCA S.r.l. che consente l'installazione non invasiva e in tempi rapidi di postazioni di monitoraggio TInSAR (Figura 10). Il sensore sarà ubicato a valle della rupe, in zone che consentano di monitorare i settori di versante interessati dalle lavorazioni con accuratezze millimetriche o sub millimetriche senza la necessità di installare riflettori artificiali.

I dati saranno acquisiti in continuo 24 ore su 24 e trasferiti in automatico al Centro di Elaborazione dati e Controllo di NHAZCA S.r.l. di Roma, dove saranno elaborati da tecnici specializzati al fine di estrarre informazioni in merito alle condizioni di stabilità del versante e di comunicare prontamente eventuali criticità alle autorità competenti attraverso piattaforme di comunicazione rapida e/o tramite portale web dedicato con accesso riservato alla Comittenza.



ROMA, 6 MAGGIO 2016 ORE 09:00
Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno
Via Rosa Raimondi Garibaldi, 7 - 00145 ROMA (RM)

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



CON IL PATROCINIO DI



ORDINE GEOLOGI LAZIO

UNIVERSITA DI ROMA

DIPARTIMENTO

SCIENZE DELLA TERRA



Ordine degli Architetti Professionisti e Conservatori
di Roma e Provincia

IN COLLABORAZIONE CON IL COMUNE DI CALCATA



ORGANIZZANO

SEMINARIO DI STUDIO

PRESIEDUTO DAL PROF. PAOLO PORTOGHESI

CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI

ROMA, 6 MAGGIO 2016 ORE 09:00

Regione Lazio - Palazzina C - II° Piano - Sala Tirreno

Via Rosa Raimondi Garibaldi, 7 - 00145 ROMA

DIREZIONE SCIENTIFICA: **ARIOLLI ING. ALDO** — **NOLI PROF. ALBERTO**

COORDINAMENTO DEL SEMINARIO: **RICCI DOTT. MARCO**

SUPPORTO TECNICO: **IORIO RENATA** - **BEVLACQUA ARCH. SILVIA**

PARRETTI GIULIA - **PEPICELLI VALERIA**

PROGRAMMA

1

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Seminario tecnico gratuito valido per il rilascio del CFP agli iscritti degli Ordini Professionali degli Ingegneri, degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori e dei Geologi della Regione Lazio. La partecipazione al Seminario per l'intera durata, previo controllo delle firme d'ingresso e di uscita all'evento, rilascia ai fini professionali crediti formativi (CFP) secondo i rispettivi regolamenti degli Ordini. Il materiale didattico – informativo inerente il seminario, qualora disponibile, sarà distribuito ai partecipanti all'atto della registrazione elettronica dei convenuti, mediante tessera sanitaria.

ISCRIZIONE OBBLIGATORIA AL SEMINARIO:

Ordine Ingegneri: sul sito degli ordini di Roma e Viterbo.

Ordine Architetti online: <http://www.architettitirroma.it/formazione>

Ordine dei Geologi del Lazio alla mail seminario.calcata@gmail.com

Il Seminario di studio sul Centro Storico di Calcata ha anche l'obiettivo di illustrare gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici connessi alla progettazione e realizzazione delle opere di consolidamento della Rupe di Calcata, con riferimento all'azione n. 27 POR FESR Lazio 2014-2020, approvato dalla Commissione Europea il 13 febbraio 2015, per l'Asse Prevenzione del Rischio Idrogeologico

PROGRAMMA

Ore 09:00 – 09:15

Registrazione iscritti

Ore 09:15 – 09:30: Saluti Istituzionali

Presidente Commissione VI - Ambiente, lavori pubblici, mobilità, politiche della casa e urbanistica

Assessore Infrastrutture, Politiche Abitative, Enti locali Regione Lazio

Sindaco Sandra Pandolfi

Sindaco di Calcata

Ore 09:15 – 09:45: Saluti dei Presidenti degli Ordini

Ing. Paolo Bacchiarri

Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo

Ing. Carla Cappiello

Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Arch. Alessandro Ridolfi

Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Roma

Arch. Danilo Pasquini

Presidente dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Viterbo

Dott. Roberto Troncarelli

Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio

Ore 09:45 – 10:00: Introduzione dei lavori

Ing. Mauro Lasagna

Direttore - Direzione Regionale Risorse Idriche e Difesa del Suolo

PROGRAMMA

2

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Ore 10:00 – 10:40: Paesaggio culturale e urbano di Calcata

Prof. Paolo Portoghesi
Professore Emerito Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 10:40 – 11:20: Calcata: un centro abitato a rischio di frana.

Progetto per la messa in sicurezza della rupe di Calcata.
(Arioli – Diamanti – Noli)

Prof. Gabriele Scarscia Mugnozza
Vice Presidente Commissione Grandi Rischi
Pro-Rettore Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 11:20 – 11:50: Un progetto pilota a Civita di Bagnoregio a basso impatto ambientale

Prof. Vittorio Colombini
Professore Associato Università della Basilicata, Potenza

Ore 11:50 - 12:20: Cogliere le potenzialità delle “green infrastructure” per conservare e valorizzare il Parco del Treja

Prof. Carlo Biasi
Dipartimento Biologia Ambientale-Direttore del Centro Interuniversitario “Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio”
Professore Ordinario Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 12:20 – 12:50

PAUSA

Ore 12:50 – 13:10: Tecniche non distruttive per la caratterizzazione di Calcata sotterranea

Prof.ssa Luciana Orlando
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale
Professore Associato Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 13:10 – 13:30: NHAZZA spin off di Sapienza - Metodologie innovative di monitoraggio per la mitigazione del rischio geologico

Prof. Paolo Mazzanti
Docente di Telerilevamento-Dipartimento Scienze delle Terre.
Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 13:30 – 13:50: Conclusioni

Prof. Paolo Portoghesi
Professore Emerito Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Ore 13:50 – 14:00: Dibattito



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Sandra PANDOLFI
Sindaco di Calcata

Un saluto di benvenuto a tutti gli iscritti degli ordini professionali che sono convenuti qui oggi per partecipare a questa giornata di studio.

Ringrazio tutti i relatori e coloro che hanno accettato di partecipare portando il loro contributo per una tematica così importante per il Comune di Calcata. Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università La Sapienza di Roma e il Parco Valle del Treja per la concessione del Patrocinio.

Ringrazio, in modo particolare, gli ordini professionali che hanno ritenuto meritevole di dedicare un seminario di formazione sulle tematiche di consolidamento e risanamento idrogeologico del vecchio abitato di Calcata.

Dato il livello di qualità della documentazione predisposta, mi sembra opportuno, un ringraziamento al gruppo di lavoro, che si è adoperato in questi mesi, supportando oltre all'Ufficio tecnico comunale, che ringrazio per il lavoro svolto, anche i relatori nella fase di editing dei loro contributi tecnico-scientifici. Da ultimo, doverosamente, un ringraziamento ai rappresentanti della Regione Lazio, che, oltre ad averci sostenuto sono presenti oggi per portare il saluto istituzionale.

Da Sindaco di Calcata mi trovo davanti due sfide: gestire una comunità parzialmente sradicata dall'abitato originario e preservare un patrimonio di riconosciuta valenza storica e ambientale, situato a pochi chilometri da Roma e Viterbo, con potenzialità turistiche e culturali eccezionali.

Purtroppo la bellezza del paesaggio locale, caratterizzato da profonde forre scavate nei materiali tufacei e ricche di una vegetazione lussureggiante, è causa anche della sua vulnerabilità geomorfologica, la quale costituisce un rischio costante per gli abitanti del centro storico.

La situazione è peggiorata da cause antropiche, come la circolazione delle acque reflue lungo i costoni tufacei ed all'interno di essi, facendo sì che si renda necessario risolvere o mitigare il problema, mediante un approccio multidisciplinare che spazi dal rafforzamento delle ripide pareti di tufo al corretto convogliamento delle acque reflue e meteoriche, per ottenere il recupero dell'ambiente naturale preesistente. Ritengo di aver operato, fin dall'inizio del mio mandato, per assolvere al meglio il compito di individuare un gruppo di eccellenze professionali, in grado di scegliere le soluzioni ottimali, in proficua collaborazione con l'Ufficio tecnico comunale.

Questo Seminario di studio, dedicato a Calcata e anche all'illustrazione dei principi che hanno guidato le scelte progettuali, costituisce per me il primo importante passo verso la completa soluzione dei problemi che mi sono trovata ad affrontare.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Paolo BACCHIARRI
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo

L'ordine degli ingegneri ha sempre considerato il dissesto idrogeologico come una delle priorità di intervento della propria realtà professionale, pur nel rispetto della competenze altrui ed anzi con la ferma volontà di collaborare, al fine di ottenere risultati di valore rispetto alle esigenze provenienti dal territorio.

L'opportunità offerta dal Comune di Calcata, con la possibilità di condividere un'esperienza sul campo e di proporre una visione allargata delle problematiche inerenti il dissesto, ha quindi ricevuto il nostro pieno accoglimento, nella speranza di offrire agli iscritti nuovi stimoli ed informazioni utili alla pratica professionale.

La presenza di altri ordini conferma, quindi, la complessità della materia trattata, che richiede un approccio multidisciplinare, soprattutto nel caso di opere in ambito urbano e comunque in ambiente ad alto valore paesaggistico.

Si spera inoltre che la richiesta delle nostre competenze e di quelle dei nostri colleghi professionisti, non avvenga sempre e soltanto a seguito di eventi calamitosi ma possa precedere gli eventi stessi, garantendo la sicurezza e quindi la fruibilità del territorio.

Un ultimo accenno lo vorrei dedicare all'aspetto economico delle opere e dei progetti che il seminario non trascura ma, anzi, mette ben in risalto, proponendo un approfondimento in merito ai fondi europei, oggi forse l'unica fonte di riferimento per gli enti locali, costretti ad una spasmodica ricerca di risorse economiche, sempre carenti anche di fronte al grave problema del dissesto idrogeologico, il cui costo è in realtà molto maggiore proprio per la carenza di interventi preventivi.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Carla CAPPIELLO
Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

L'area di Calcata è di grande interesse stratigrafico, sedimentologico, paleogeografico e geomorfologico. Infatti, sorge nel Parco Suburbano della Valle del Treja, la cui origine ed evoluzione geologica è connessa all'eruzione degli apparati vulcanici Viciano e Sabatino. Durante le esplosioni vulcaniche un mix di magma e di gas ha emanato all'esterno grandi quantità di materiali che hanno dato origine agli attuali banchi di tufo nel Parco. Ceneri, lapilli, scorie si sono accumulati nel tempo sui sedimenti marini e fluvio-lacustri preesistenti ed oggi messi in luce dall'erosione del fiume Treja nella parte medio bassa del suo bacino.

Tufo con inclusi lavici e pomice, pozzolane, ignimbriti dal colore rossastro e giallastro e pomici sono molto presenti nell'area del Parco. Durante i circa 400 mila anni di attività vulcanica, i processi di erosione fluviale ed eolica, l'azione divaricatrice della vegetazione arbustiva, nonché quella del gelo e del disgelo, hanno modellato inevitabilmente il paesaggio. L'agglomerato abitativo di Calcata rappresenta l'esempio perfetto di questi fenomeni. Infatti, il borgo si sviluppa su una rupe tufacea in un'area di ricca vegetazione. Come sappiamo, in seguito ad ampi crolli della rupe, Calcata fu per un lungo periodo abbandonata dai suoi abitanti, trasferitisi a valle, per poi essere riscoperta da qualche anno da artisti... e turisti.

Calcata rappresenta un sito di grande valore per la sua bellezza e per la sua storicità, motivi per cui la rupe su cui sorge, deve essere tutelata e messa sempre più in sicurezza, grazie anche al POR FESR Lazio 2014-2020.

E' necessario riflettere molto seriamente su come prevenire e limitare i disastri idrogeologici e geologici, poiché Calcata non è il solo centro a rischio in Italia. Sono circa 7 mila i comuni che potrebbero rappresentare forti criticità nel prossimo futuro. Le cause delle problematiche sono più o meno sempre le stesse: riduzioni e modifiche dei percorsi fluviali, cementificazioni in alveo e soprattutto la mancanza della manutenzione ordinaria dei letti dei fiumi. L'acqua piovana va ad incidere non solo su questa situazione, ma anche sul terreno, "vittima" di un'edificazione selvaggia, di un impoverimento dei suoi elementi naturali, della mancanza dei necessari e corretti lavori di contenimento e di sistemazione idraulica.

Si deve ragionare, quindi, in maniera programmatica e in termini di prevenzione. Bisognerebbe "mettere in sicurezza" l'esistente, come il borgo di Calcata, perché, come più volte dimostrato, le risorse che vengono impiegate per "salvaguardare", rappresentano un investimento sicuro e a lungo termine, che garantisce la sicurezza di luoghi e dei relativi abitanti.

Noi ingegneri desideriamo fornire il nostro supporto per chiarire a livello tecnico le cause di queste problematiche e soprattutto proporre soluzioni condivise e concrete, in collaborazione con gli altri professionisti tecnici.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Alessandro RIDOLFI
Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Roma

Temi come quelli trattati in questo seminario sono, per l'Ordine degli Architetti PPC della provincia di Roma, fondamentali. Da anni l'OAR è impegnato, infatti, sul problema del recupero e del riuso dei centri storici e dei manufatti esistenti in generale. Alcuni anni fa lanciò anche un appello ed una raccolta firme per un piano strategico per la messa in sicurezza dei manufatti esistenti.

Problemi denunciati da molti, ma spesso disattesi proprio da quelli deputati al controllo; anche le recenti cronache ci raccontano di edifici che crollano "improvvisamente" con la sorpresa di quelli che inaspettatamente scoprono che un territorio antropizzato come quello italiano, fatto di storia, di vestigia importanti, di tessuti urbani costruiti su altri tessuti, su paesaggi manipolati fin dai tempi più remoti, non può che richiedere un grado di attenzione puntuale ed efficiente.

È evidente che le tematiche di consolidamento e risanamento idrogeologico di un centro abitato devono vedere la partecipazione di più professionalità; è necessario che anche i tecnici italiani escano dai loro piccoli recinti e comincino a lavorare in gruppo, la qualità diffusa del nostro territorio non può prescindere dalla tutela e dalla salvaguardia della salute pubblica. Temi sempre più attuali nel momento in cui le politiche di consumo del territorio vedono una nuova sensibilità crescere; non più consumo del suolo ma recupero di quello esistente, riconversione tecnologica dei manufatti esistenti nel rispetto della storicità e della vetustà del manufatto stesso.

Nello specifico, poi, il territorio di Calcata è una splendida realtà che richiede sicuramente investimenti, non solo economici, importanti da parte di tutti noi. Non possiamo permetterci di perdere luoghi così evocativi e per questo è necessario mettere in atto ogni possibile procedura per cercare di arginare il normale declino di un luogo così antico.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Danilo PASQUINI
Presidente dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Viterbo

La gran parte del territorio del nostro Paese è purtroppo gravemente esposta a frequenti dissesti idrogeologici, spesso dovuti ad una maldestra gestione della cosa pubblica e ad una scarsa cultura ambientale dei cittadini.

Abusivismo e mancanza di manutenzione hanno così determinato situazioni di rischio alle quali è molto difficile porre rimedio, se non a costi sociali ed economici molto elevati.

L'Ordine degli Architetti PPC di Viterbo e Provincia ha, quindi, partecipato con entusiasmo alla realizzazione di questo seminario, voluto dal Comune di Calcata ed ospitato dalla Regione Lazio, a testimonianza della proficua collaborazione con i colleghi ingegneri e geologi e con la pubblica amministrazione, nella convinzione che una tale iniziativa possa contribuire a sensibilizzare noi tecnici e l'opinione pubblica in generale, sulla necessità di progredire nelle politiche di gestione territoriale.

E' necessario quindi un impegno comune per maturare una gestione ordinaria del territorio e non soltanto vedere applicata una politica emergenziale costosa e tardiva.

Se è evidente che il problema tocca più direttamente e più da vicino i geologi e gli ingegneri, dall'altra anche noi architetti siamo chiaramente chiamati a fare la nostra parte.

Una rinnovata cultura della sostenibilità in generale e di quella paesaggistica in particolare, si è ampiamente diffusa negli ultimi anni, coinvolgendo università, mondo professionale e associazionismo, nella comune consapevolezza del fatto che la crisi economica non deve trasformarsi per forza in crisi culturale.

Il recupero dei centri storici, per esempio, non può prescindere dalla sicurezza dei luoghi e gli interventi proposti non possono prescindere, a loro volta, dal valore ambientale dei luoghi stessi.

Ecco qui che le diverse professionalità intersecano le loro strade, al fine di proporre nuove soluzioni in grado sì di produrre sicurezza ma anche di rispettare la bellezza che l'Italia ci regala.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Roberto TRONCARELLI
Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio

L'Ordine dei Geologi del Lazio ringrazia il Sindaco del Comune di Calcata, per l'opportunità offerta ai nostri iscritti, di poter partecipare a questo seminario, organizzato in collaborazione con altri Ordini, su un argomento di rilevante importanza per l'intera comunità viterbese.

La stabilità delle rupi tufacee della Tuscia, infatti, è un problema diffuso, che riguarda tante altre realtà della nostra provincia e non solo.

Il frequente coinvolgimento dei centri abitati ed in particolare dei centri storici dei paesi coinvolti, richiede lo svolgimento di uno studio interdisciplinare, che dimostri quale importanza abbia una fattiva collaborazione tra le diverse professionalità, chiamate ad offrire le loro specifiche conoscenze per l'ottenimento di un obiettivo comune.

L'iniziativa è particolarmente pregevole poiché tratta, in un momento di cronica mancanza di risorse da dedicare alla salvaguardia del territorio e dei suoi abitanti, un tema di tale rilevanza, senza trascurare proprio l'aspetto economico, proponendo l'utilizzo di fondi europei, ad oggi gli unici in grado di permettere alle amministrazioni locali di affrontare problematiche così impegnative.

L'idea di confrontarsi su problemi comuni da parte di amministrazioni diverse, inoltre, potrebbe costituire l'avvio di una buona prassi di comportamento, da applicare anche in altre situazioni.

La presenza di un progetto pilota, inoltre, permette di verificare concretamente la bontà delle soluzioni tecniche adottate e la possibilità che tali soluzioni sia estendibili ad altre situazioni comparabili.

La speranza è che il progetto possa essere realizzato in tempi ragionevoli in modo da verificare l'applicabilità delle soluzioni proposte e da poter servire da stimolo per proporre ulteriori iniziative in altre realtà del nostro territorio

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Mauro LASAGNA
Direttore - Direzione Regionale Risorse Idriche e Difesa del Suolo

LA NUOVA PROGRAMMAZIONE REGIONALE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO
POR LAZIO 2014/2020

La Regione Lazio ha formulato le proposte di intervento per la nuova programmazione 2014-2020 in relazione al Quadro Strategico Comune (QSC) che tutti i fondi SIE (FESR-FSE-FEASR) dovranno trattare per promuovere la crescita intelligente sostenibile e inclusiva, come previsto nel Regolamento (UE) n.1303/2013 relativo alle disposizioni comuni fondi SIE.

Con l'approvazione dei nuovi programmi di intervento, la Direzione ha avviato rapidamente le procedure per il finanziamento di un pacchetto strutturato di interventi di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico ai fini dell'assegnazione dei contributi ai soggetti pubblici territoriali.

Si tratta di una vasta programmazione, che sta riguardano soprattutto 2 attività:

il POR festr Lazio 2014-2020 e il nuovo Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020.

POR FESR LAZIO 2014-2020

Con la DGR n. 397 del 28/07/2015 relativa alle Modalità Attuative del programma Operativo (MAPO) sono stati approvati i criteri per le azioni formulate ed inserite nell'asse 5 "Prevenzione del rischio idrogeologico" in cui per la difesa del Suolo è prevista:

l'AZIONE 5.1.1 "interventi di messa in sicurezza e per l'aumento della resilienza dei territori più esposti a rischio idrogeologico e di erosione costiera" (finalizzata a realizzare interventi infrastrutturali per il consolidamento e la sistemazione di versanti caratterizzati da fenomeni gravitativi di massa, superficiali e profondi, di difesa idraulica e di rigenerazione dei bacini idrogeografici e delle aree fluviali).

La dotazione finanziaria prevista è di 90M.

Con Determinazione n. G13802 del 10/11/2015 relativa all'Azione 5.1.1 è stato approvato il documento nel quale vengono approvati nel dettaglio i criteri di ammissibilità e di selezione delle proposte di intervento di mitigazione del rischio idraulico e gravitativo.

Le risorse finanziarie, pari a 90 milioni di euro, sono così ripartite:

- € 35.000.000,00 per gli interventi di difesa idraulica;
- € 55.000.000,00 per gli interventi di contrasto al dissesto gravitativo.

Per evitare inoltre la concentrazione dei finanziamenti in alcune zone specifiche il territorio sarà suddiviso, per quanto riguarda il dissesto idraulico, sulla base dei bacini idrografici così ripartiti:

- Bacino del Tevere: 45%
- Bacino Liri – Garigliano: 25%
- Bacini regionali ed interregionali: 30%

La Commissione di valutazione ha recentemente approvato gli interventi ammissibili, nel frattempo la Direzione ha avviato un vasto programma di sopralluoghi effettuati dai tecnici regionali (geologici, ingegneri, architetti, ecc.) che garantirà la correttezza e la qualità del processo avviato.

Il prossimo mese si chiuderà la fase di istruttoria e la Commissione di valutazione potrà procedere alla selezione finale degli interventi da ammettere a finanziamento

Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e del Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Il Programma di Sviluppo Rurale del Lazio per il periodo di programmazione 2014/2020, approvato con Decisione della Commissione Europea n. C(2015)8079 del 17 novembre 2015, prevede la specifica Misura MOS "Ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali e da eventi catastrofici e introduzione di adeguate misure di prevenzione", che costituisce un importante strumento di prevenzione territoriale per la politica di sviluppo rurale.

Nel Comitato di Sorveglianza dello scorso dicembre sono stati approvati i criteri di selezione della misura, conseguentemente la Direzione ha avviato la stesura del bando pubblico che potrà essere approvato e pubblicato nel mese di maggio.

Si tratta della Tipologia di intervento 5.1.1 a "Sostegno a investimenti in azioni di prevenzione volte a ridurre i rischi del dissesto idrogeologico e la salvaguardia del territorio", finalizzata all'attuazione di azioni sul territorio in grado di rendere maggiormente competitive e produttive le zone rurali, dando un significativo contributo al settore agricolo che subisce ingenti danni economici a causa della perdita di produttività del potenziale agricolo dovuto all'inescarsi di eventi meteorici di carattere catastrofico, le cui cause d'inesame possono essere riconducibili anche ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici in atto. La misura è coerente ed attuativa della "Strategia europea per i cambiamenti climatici" e delle successive Conclusioni del Consiglio Europeo del 13 giugno 2013 "Una Strategia europea di Adattamento al Cambiamento Climatico", nonché della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), approvata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare con Decreto Direttoriale Prot. 86/CLE del 16 giugno 2015, il cui obiettivo principale è quello di individuare un set di azioni ed indirizzi per far fronte all' impatto dei cambiamenti climatici migliorando la capacità di adattamento dei sistemi naturali.

La misura prevede principalmente la realizzazione di interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua e del sistema dei canali, a tutela delle potenziale produttivo agricolo, con particolare riferimento alle seguenti azioni: pulizia e risagomatura delle sezioni idrauliche, finalizzate a garantire il deflusso delle piene nelle aree di valle, realizzazione di opere di regimazione e bacini di espansione, salti di fondo e briglie, finalizzati al contenimento del trasporto solido ed alla riduzione della velocità di deflusso delle piene nelle aree di monte, realizzazione di arginature ed opere di consolidamento spondale, finalizzate alla protezione delle aree agricole contermini ai corsi d'acqua, ecc.

Le suddette attività saranno sviluppate adottando, ove possibile e conveniente, l'uso di tecniche di ingegneria naturalistica, utili anche ad una ottimale rinaturalizzazione dell'area di intervento, alla mitigazione dell'impatto e mascheramento della parte strutturale, alla conservazione e al miglioramento della conservazione della biodiversità.

Gli interventi dovranno riguardare prioritariamente gli ambiti territoriali indicati nelle mappe di pericolosità da alluvione, come previsto nell'articolo 6 della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni (Floods Directive), attuata in Italia con il D.Lgs. 49/2010, che ha previsto la redazione, a livello di distretto idrografico o di unità di gestione, di mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni per le aree a potenziale rischio significativo di alluvioni.

Le risorse finanziarie complessivamente destinate all'attuazione della Tipologia di intervento 5.1.1 a ammontano ad €.10.069.693,49.

INTRODUZIONE DEI LAVORI

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e del Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

PAOLO PORTOGHESI

Nella Guida della Provincia di Roma di Enrico Abate, pubblicata dal Club Alpino Italiano nel 1894, Calcata è ricordato tra i paesi raggiungibili solo su una strada "mulattiera". Gli abitanti erano allora 563, «dediti all'industria agraria». Da Roma ci si poteva arrivare con vettura di linea fino a Campagnano in partenza tutti i giorni da piazza Polarola, di fronte alla trattoria del Paradiso. «Il paese», aggiunge l'Abate, «è situato su uno scoglio tra molti burroni i quali presentano pittoresco sfondo... Nella chiesa parrocchiale si conserva una curiosa reliquia, il prepuzio di Gesù Cristo»

Circa sessant'anni dopo, nel luglio del 1957, «Le Vie d'Italia» pubblicava un articolo di Luciano Zapppegno intitolato Le Cotle del Treja, dove si parla di Calcata come di un paesino in cui il tempo si è fermato in un singolarissimo scenario naturale che viene visitato in media da «otto-dieci visitatori l'anno». Da allora sono passati trentasette anni e se lo scenario naturale è cambiato di poco - sono cresciuti molti alberi al posto dei pascoli sulle colline e le culture agricole sono quasi sparite - completamente diverso è il rapporto tra Calcata e il resto del mondo. Quello che era un luogo sconosciuto e difficilmente accessibile è diventato una meta turistica al centro di un parco regionale, in cui ogni settimana, il sabato e la domenica, si riversano migliaia di persone attratte da una sorta di mito collettivo. Le ragioni di un cambiamento così radicale sono molte e concorrenti: ma come in tutti i miti molte di esse hanno ben poco a che fare con la "ragione" così come noi la intendiamo ed esprimono piuttosto desideri, sentimenti, frustrazioni che si vanno via via diffondendo nella nostra società che, caduta nella trappola del consumismo, cerca disperatamente di liberarsene.

Un fatto distingue anzitutto Calcata dai moltissimi paesi del Lazio che le somigliano sia per il paesaggio sia per la suggestiva forma dell'insediamento "a fuso di acropoli": il fatto che fu condannata a morte una prima volta nel 1908 e, successivamente, alla fine degli anni Trenta, in base a una legge che obbligava allo sgombero un certo numero di abitati pericolanti impegnando lo Stato - allora le regioni non avevano ancora un ruolo politico - a contribuire alla realizzazione di un insediamento sostitutivo.

La seconda guerra mondiale costrinse lo Stato a rinviare la sua opera distruttrice e negli anni cinquanta Calcata era ancora abitata dai calcatesi e da trecento asini, che permettevano agli abitanti di coltivare la terra in luoghi impervi, oggi tornati allo stato selvaggio.

Entrando nel paese si era colpiti dal fatto che la vita quotidiana era ancora improntata dai ritmi e dai riti della civiltà contadina; le donne stavano riunite nel lavatoio pubblico, o potevi sorprenderle a prender l'acqua dall'unica fontanella, nell'atto di lissarsi sulla testa la conca di rame dopo aver formato una bella ciam-



PAESAGGIO CULTURALE E URBANO DI CALCATÀ

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

bella di panno per attutirne il peso. Nella piazzetta gli uomini, seduti tutt'intorno sugli stretti sedili disposti lungo i muri, pecore, capre, maiali e asini. Sotto il paese, un secondo paese sonoro di ragli, belati e grugniti che la vicina altura di Narce replicava rimbombando. Rispetto a questa immagine, ciò che oggi i turisti vedono e vivono venendo a Calcata durante il week-end è solo un pallido surrogato, non privo però di luci nuove, suggestioni e significati che si sono aggiunti in questi ultimi decenni; mentre la società cambrava non solo nelle campagne ma anche nella città e, sparita ormai la civiltà contadina con il suo profondo legame con la terra, era proprio la cultura urbana che scopriva la necessità di stabilire con la natura nuova alleanza.

Ma torniamo alle ragioni che hanno visto Calcata acquistare rinomanza e divenire un polo di attrazione turistica. Queste ragioni possono raggrupparsi secondo caratteristiche di tre specie: sociologiche, naturalistiche e archeologiche. Le ragioni sociologiche sono probabilmente quelle che più hanno contribuito al successo del mito di Calcata e consistono nella presa di possesso del vecchio centro storico, abbandonato dagli abitanti nel periodo tra il '62 e l'80, da parte di un gruppo eterogeneo di persone provenienti in maggioranza da Roma; ma anche da altre città italiane e soprattutto da paesi europei e non solo europei. La prima ondata degli immigrati era composta da giovani hippies e da "cittadini scontenti", alla ricerca di luoghi lontani dai rumori e dalle inquietudini urbane, in cui tuffarsi durante il week-end, magari sperimentando l'allungamento progressivo della pausa settimanale fino ad azzardare una ipotesi di trasferimento integrale. Molti degli immigrati, soprattutto appartenenti alla seconda categoria, non dimostrarono però grande costanza e cedettero la casa acquistata ad altri, con i consueti vantaggi economici, dando luogo a un transito rapido di proprietà e poco vantaggioso per Calcata, con il risultato di indispette i vecchi calatesi che vedevano le case, cedute da loro per cifre modestissime, divenire oggetto di speculazione. La selezione naturale ebbe però il merito di far sì che i più costanti restavano non per pigrizia ma per amore: per essere riusciti a trasferirsi definitivamente o per aver acquisito, come permanente abitudine, quella di una consuetudine seconda casa, contrapposta alla prima, ormai tollerata o addirittura odiata. Nacquero così molte botteghe e ristoranti all'insegna – ci si consenta il paradosso - di un consumismo alternativo, botteghe in cui si può comprare carta riciclata senza legno, cibi macrobiotici, cosmetici a base di erbe e prodotti naturali, maschere di cartapesta o ristoranti in cui si possono consumare pasti vegetariani o basati sulle locali tradizioni culinarie. Tra queste si annoverano le viscierelle, lunghiissimi fili di pasta fatti a mano con incredibile destrezza e avvolti intorno al gomito come gomitoli di spago; la minestra di gnocchetti e piccoli fagioli bianchi in loco (molto simili ai "fagioli del Purgatorio" che ancora si producono a Gradoli, sul lago di Bolsena), i "cappellicci" (molto simili alle crêpes, ma ripieni di pecorino grattugiato), le pizze con la cipolla, le lasagne con uova sode e piatti di carne profumati con le erbe locali, tra le quali primeggiano il polline di finocchiella e il sarapollo, appellativo umbro-laziale del Timo Serpillo.

Potersi allontanare dalla città, visitando un luogo di cui spesso si interessano i media, dove si può partecipare a un concerto di musica classica o di "musica preistorica", ascoltare una conferenza, visitare una mostra all'interno del "Granarone" o partecipare a un dibattito sui beni ambientali, costituisce evidentemente una esperienza gra-



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

tificante, anche perché chi vive drammaticamente i problemi dell'inquinamento urbano intrinseca che una tale esperienza può proiettarsi nel futuro, può prefigurare un'Italia diversa, in cui le metropoli saranno costrette a ridimensionarsi per sopravvivere e i piccoli centri acquisteranno – in un mondo dominato dall'informatica e dalle telecomunicazioni – una competitività imprevedibile, non solo per chi ama la quiete, ma anche per chi vuole esercitare una attività culturale, artistica e persino scientifica.

LA STORIA GEOLOGICA

Se i vulcani prepararono la giacitura del paesaggio romano della Etruria meridionale, fu però l'acqua a plasmarlo nelle sue forme caratteristiche, erodendo rapidamente le tenere rocce tufacee, fino a scavare nel loro corpo valli strette come canali con pareti rocciose e fondi propizi alla formazione di vegetazione selvaggia, le famose "forre" e i "fossi" che, come vene e capillari, irrorationo il tessuto terrestre della zona.

Le attrattive naturalistiche e ambientali del territorio di Calcata si collegano a quelle del parco regionale Valle del Treja e, più in generale, a tutta la vasta area che circonda la città di Roma; a sud l'area dei Castelli romani, a nord quella parte a sinistra del Tevere che fu la culla della civiltà etrusca. L'Etruria meridionale a partire dai ruderi di Veio ormai circondata dalle propaggini estreme della città fino alle pendici del monte Amiata, offre un insieme di paesaggi fortemente caratterizzati e dotati di uno speciale fascino evocativo. La struttura orografica fondamentale vede in netta contrapposizione una superficie "esterna", collinosa o pianeggiante con una vasta rete di "spazi" interni, costituiti dalle forre: valli strette e profonde, scavate dai corsi d'acqua nei banchi di tufo, coperte da una vegetazione ricchissima e non di rado costeggiate da alti speroni rocciosi di colore rossastro. La rete delle forre costituisce una riserva inesauribile di esplorazioni a partire da qualcuno degli innumerevoli paesi, costruiti sulle isole e penisole che si innalzano sui cosiddetti "fusi d'acropoli", di solito dove due corsi d'acqua si incontrano, come Calcata, Civita Castellana, Bieda, Barbarano, Vitorchiano, Faleria. Sul fondo delle forre, vortici antichissimi, immersi nella vegetazione più fitta, permettono di allontanarsi dagli insediamenti ancora abitati e di individuare i luoghi dove sorgevano insediamenti abbandonati, vecchi santuari o necropoli; permettono in molti casi di osservare uno scenario naturale ancora intatto, in tutto simile a quello in cui i primi abitanti della zona cercarono i luoghi più adatti per costruire le loro case.

Una descrizione tra le più efficaci di questo paesaggio delle forre l'ha lasciata Massimo D'Azeglio nel i miei ricordi: «Una delle più belle e pittoresche parti della campagna romana è quella che incomincia a Nepi e si stende fino al Tevere per larghezza; per lunghezza giungo sino ad Otricoli ed anco fino a Narni. I forestieri, i turisti, non ne separo mai nulla sino ad oggi: e tanto meno la conoscevano nel maggio 1821. Ho sempre trovate saporte in finitima mente quelle parti della terra italiana sulle quali non rimasero stampate le suole degli stranieri. Buona o cattiva, è la terra nostra vergine quale la fece Iddio e non guastata da nessuno.

Questa regione veduta in distanza, sembra una pianura leggermente ondulata. Chi invece si inoltra in essa, si trova ad un tratto sul ciglio di larghi burroni che solcano il suolo ed in fondo a' quali corre un piccolo torrente. Questi rivi nascono nelle colline di Sutri, di Vico, di Viterbo e dappurina scendono quasi a fior di terra. A poco a poco si vengono poi avallando, e serpeggiando in mezzo a queste valli profonde, larghe talvolta più d'un miglio; né può facilmente concepirsi in qual modo così piccoli rigagnoli abbiano potuto scavare letti tanto estesi e profondi. Ed al contrario quale altra forza se non l'acqua può averli formati? Le pareti di queste voragini sono per lo più grandiosi squarci di rocce a perpendicolo, talvolta scoscienti erosi e vestiti di bosaglie. Il fondo è fresco e verdeggiant per grandi alberi ed ombre opache, le correnti, i fiotti d'acqua, i ristagni ove questa impadua, che ora si vedono e riflettono il verde della campagna o l'azzurro del cielo, ora rimangono confusi o celati sotto le volte d'una robusta e fitta vegetazione. Non ho mai veduto un più ricco tesoro di bellezze naturali per lo studio di paese.»

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, questo paesaggio accidentato e ambiguo è un paesaggio geologicamente giovane, risultato di un evento catastrofico avvenuto in età cenozoica, quando l'Italia centrale sia dal punto di vista geologico, sia dal punto di vista botanico era già stabilmente assestata. La terra si squarciò e almeno

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

cinque gruppi vulcanici, che hanno dato origine a una cinquantina di crateri ancora rintracciabili, vomitarono lava e proiettarono cenere e lapilli per una ampissima estensione.

Prima che avvenisse, durante il quaternario, questo evento cosmico formidabile, con il formarsi della più vasta zona vulcanica d'Europa, un golfo occupava la regione compresa a un dipresso tra il Monte Amiata a nord e i monti Lepini a sud. Il Tevere aveva la sua foce di fronte all'isola di Cetona, e al posto dei sette colli c'erano solo dei fondali marini. Nell'orizzonte del golfo spiccavano alcune isole che ancora fanno parte, per noi, di un repertorio familiare: il Circeo, le colline di Montecelio e di Sant'Angelo di fronte a Tivoli.

Durante il Pleistocene o poco prima emersero le più antiche formazioni vulcaniche: i monti della Tolfa, i Volisini (uno dei crateri è occupato oggi dal lago di Bolsena), i Cimini (cratere occupato del lago di Vico) e i Sabatini (cratere occupato dal lago di Bracciano).

I vulcani del sistema meridionale, dei quali i colli Albani sono il più vistoso ricordo, risalgono invece al neozoico e le loro eruzioni e trasformazioni giungono probabilmente alle soglie del periodo storico. Mentre il sistema settentrionale comprendeva almeno cinquanta crateri, il sistema meridionale era composto di tre anelli concentrici con un minor numero di bocche, il minore degli anelli è quello ancora visibile, dove i laghi di Castello e di Nemi hanno riempito due vecchi crateri.

L'emersione dal mare dei due sistemi di vulcani, le colate di lava e più ancora le piogge di cenere e di detriti, i bradisismi, le scosse telluriche: e tutto ciò prima da nord, poi da sud. Il territorio dove Roma sarebbe sorta fu il teatro di sconvolgimenti cosmici tra i più violenti e spettacolari. Per farcene una idea approssimativa si può pensare a qualcosa di simile a ciò che si vedeva sullo schermo in quella parte del film Fantasia, di Walt Disney, dedicata alla Sagra della Primavera di Stravinsky.

E quando le colate che provenivano da nord si arrestarono e cominciarono a essere incise dalle acque, altre colate giunsero da sud quasi a stabilire un equilibrio di forze avverse con una linea di demarcazione che venne pressappoco a coincidere con il corso del Tevere, più volte deviato dalle vicende eruttive.

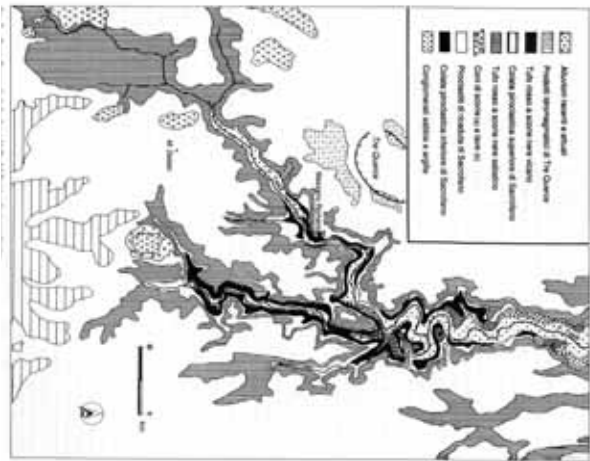


Fig. 4. Parco Regionale Suburbano Valle del Treja: schema geologico

l'insediamento di Calcata in rapporto ai tre sistemi vulcanici. Un altro grafico rappresenta due sezioni della valle del Treja in corrispondenza di Narce e Calcata, dalle quali si rileva l'andamento a gradinata dei versanti vallivi dovuto alla diversa attitudine alla erosione delle masse tufacee.

Un terzo grafico infine, attorno al percorso del Treja, mostra, tra le altre, tre campiture principali: una a tratteggio incrociato che corrisponde al tufo rosso a scorie nere proveniente dal cratere dove è oggi il lago di Vico e che si può far risalire a 18 – 15 milioni di anni fa, una a tratteggio verticale che corrisponde al tufo rosso a scorie nere

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

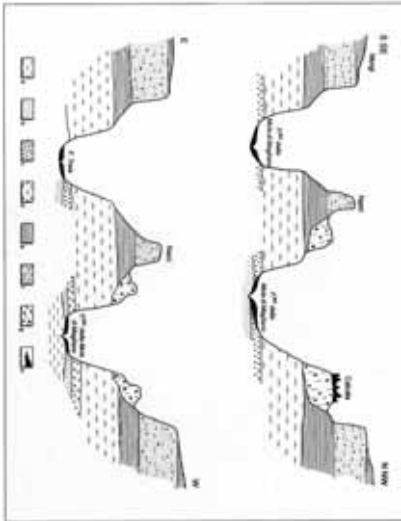


Figura 5. Profili geologici e morfologici di alcune aree tra le più caratteristiche del parco. E' chiaramente evidente l'andamento a gradinata dei versanti vallivi legato alla diversa erodibilità delle rocce affioranti. Altrettanto chiara appare la presenza all'interno delle valli di superfici suborizzontali: tali superfici rappresentano la sommità della colata piroclastica del "Tufo rosso" vicano, la cui messa in posto deve aver parzialmente riempito una precedente valle in via di approfondimento.



proveniente dal sistema Sabatino (Sacrofano) databile a quattro milioni di anni fa, e un'ultima, totalmente nera, che corrisponde alla colata piroclastica inferiore del sistema Sabatino (Sacrofano) che ha generato un tufo grigio a scorie nere con caratteristiche simili al peperino anche se assai meno compatto. Secondo gli studi più recenti il sorgere del vulcano Sabatino e la colata piroclastica conseguente, avrebbe determinato sei milioni di anni fa la deviazione del Tevere che percorreva da Nord verso Sud l'attuale bacino del Treja.

La storia geologica spiega le sorprendenti qualità di un paesaggio sia sotto il profilo della forma delle torri e delle loro sponde scoscese, sia sotto il profilo della varietà delle rocce e dei resti alluvionali e dei conglomerati di sabbia e di argilla che si scoprono alla base dei blocchi rocciosi. La rupe su cui sorge il paese di Calcata, come l'emergente "Pizzarello" che si scorge all'imbocco della forra del fosso del Peccato, è di un bel tufo ocra intenso con schegge carbonizzate che per contrasto ne esaltano il colore, mentre la scogliera a est (località "I Grotti") è di quel tufo grigio scuro della colata piroclastica di Sacrofano che anch'esso presenta lo stesso tipo di schegge carbonizzate. Percorrendo la valle si evidenziano a tratti sezioni di strati sedimentari che hanno consistenza variabile, dalla polverissima come talco che si trova sotto tra Narce e l'altipiano di Morgi, agli strati sabbiosi con ciottoli multi-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

colori che si notano alla base del tufo nelle valli affluenti del Fosso della Selva.

Tra le attrattive geologiche vanno certamente ricordate le acque di cui la regione è particolarmente ricca; oltre al fiume Treja che ha tratti di straordinario fascino naturalistico, numerose rapide e le celebri cascate di Monte Gelato riprese in un numero incredibile di films, si distinguono per la loro bellezza i fossi e le relative foreste dei suoi affluenti: il fosso Cerreto, lungo il quale non vi sono insediamenti veri e propri e che presenta caratteri di naturalità ancora maggiori della valle del Treja, il fosso del Ponte che costeggia Nepi e Castel Sant'Ella, con la valle Subpentonia e lo stupendo scenario della basilica romanica e del santuario di Santa Maria ad Rupes, il rio Flietto che raccoglie le acque dell'emissario del lago di Vico, e il Rio Maggiore che attraversa Città Castellana e lungo il quale si incontra la zona archeologica della via Amerina e la tagliata dei Fonti Bassi.

Le acque del Treja assumono aspetti infinitamente variabili e non di rado creano scenari di straordinaria bellezza, soprattutto lungo i sentieri che collegano Monte Gelato con Mazzano e Mazzano con Calcata, dove l'acqua si fa strada tra massi giganteschi o ristagna in ampie distese sotto tenebrose pareti di roccia, si divide creando isole, a tratti risplende in mulinelli o sollevata dall'impeto della corrente, sotto i raggi di sole che filtrano qua e là, tra i rami della vegetazione ora folta, ora improvvisamente interrotta da radure luminose. Tra le bellezze segrete che animano il percorso lungo il fiume non va dimenticata la confluenza del fosso Stramazze che genera due altissime cascatelle ed è affiancato da un percorso nella boscaglia lungo il quale si può gustare l'acqua minerale di una sorgente. Per osservare queste meraviglie occorre risalire la corrente perché le ripe sono troppo scoscese e percorse soltanto dagli animali assecati. Ma la fatica è premiata dalla limpidezza delle acque e dalla magica naturalità dei luoghi dove l'acqua è nello stesso tempo responsabile del lavoro di erosione (per via di levare come il lavoro di uno scultore) che ha costruito lo scenario e del movimento di danza che sullo sfondo dello scenario essa stessa disegna con il rapido fluire.

LA VEGETAZIONE

La particolare struttura geologica della valle del Treja è alla base della singolarità della vegetazione locale che costituisce una delle più spiccate attrattive del luogo: una vegetazione in cui si mescolano parti fortemente antropizzate a parti ad altissima "naturalità" in cui quindi l'influenza diretta della presenza umana è quasi inavvertibile. Le prime coincidenze anzitutto con quella parte pianeggiante o collinosa nella quale si inclinano come crepacci in un ghiacciaio le foreste del bacino idrologico. Su questo paesaggio "esterno" la terra è tutta coltivata ad eccezione delle zone a forte pendenza dove predominano cespuglietti e frammenti di bosco. Le coltivazioni prevalenti sono l'olivo, il nocciolo e la vigna, con qualche frutteto e qualche seminativo nella zona verso Magliano Romano. Nel fondo delle foreste un tempo, nelle zone più ampie, si estendevano i noccioli e le vigne e, qua e là, anche gli orti familiari per la disponibilità ravvicinata dell'acqua. Sui prati di questi campi coltivati, dove la pendenza rendeva impossibile o particolarmente faticosa la coltivazione o nelle zone dove la forra si stringeva limitando l'insolazione, la vegetazione aveva ed ha ancora caratteristiche di forte naturalità che l'abbandono della tradizione della raccolta della legna da ardere e la sospensione dei tagli periodici del bosco tende progressivamente ad aumentare. La vegetazione delle foreste, ampiamente studiata negli ultimi decenni presenta diverse tipologie ma caratteri generali abbastanza omogenei. Di solito sul bordo superiore delle foreste insieme alle rocce affioranti si osservano le chiome dei lecci: una barriera discontinua che mette in rilievo il felice contrasto di colori tra il verde scuro e l'ocra rossiccio spesso accompagnato a primavera dal bianco dei fiori dell'erica e del cisto e dal verde più chiaro delle foglie di corbezzolo. Al di sotto di questa cortina che nella continua oscillazione in alto e in basso sembra seguire l'impulso di una mano che adopera il pennello, sorge dal fondo della valle, o più spesso dalle superfici inclinate che lo racchiudono alle pareti rocciose, il bosco ripariale dove si alternano il cerro (un tipo di quercia a sviluppo prevalentemente verticale), l'acero campestre, il carpino nero, il salice, il bagolaro, l'albero di Giuda e il carpino bianco. Il sottobosco arbustivo è costituito di solito dal corniolo, dal biancospino, dal pero selvatico e da tre protagonisti che denunciano con affascinante tempestività il cambio delle stagioni. Il primo a fiorire è il prugnolo (*Prunus spinosa*) che alla fine di febbraio punteggia con le sue macchie bianche, leggere come veli, lo sfondo ancora grigio-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

stro dei boschi delle caducifoglie. Il secondo è la ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*) che annuncia la primavera con il giallo intenso dei suoi fiori, dalla forma accattivante di una spirale o di un minuscolo bas-tuba. Terzo protagonista la vitibla, che a settembre rende più chiaro il verde dei boschi senza creare contrasti e dà ai boschi, esposti dall'interno, l'attrattiva delle filare della vitibla che si aggomitolano per ogni dove e presentano d'inverno acheni aperti come ciglia e che, osservati in controluce, creano splendidi effetti di spazi prospettici che si espandono uno dentro l'altro con la leggerezza delle piume e la fluidità della spuma.

Al di sotto dei cespugli nel fondo delle foreste è possibile trovare il pungitopo con le sue bacche rosse, il bucanave, l'asparago, l'agriofiglio, l'equisetum che annuncia i terreni acquitrinosi, il cardo dei tessitori e quello della Madonna, il ginopro, le felci, le primule, le violette, gli anemoni, le pervinche e i ciclamini. Endemica e sorprendente è l'apparizione dei ranuncoli gialli che affiancano i sentieri con un rigoglio zampillante e approfittano della superficie lucida dei loro piccoli petali gialli per cappare - come se si trattasse dei riflettori a "occhio di bue" di un palcoscenico teatrale - i raggi del sole che filtrano dall'alto. Non meno clamorosa, anche se assai meno endemica l'apparizione, che oscilla tra la fine di gennaio e il tardo febbraio, dei bucanave che, nella valle del Treja, ha un epicentro spettacolare proprio sotto alla rupe di Calcata nel punto rivolto a est, dove il sentiero proveniente da Mazzano si innalza e si incurva. Lì, sopra un insieme di massi tufacei crollati dall'alto, ma ormai addolciti dal vellutello e irrigati dalla vegetazione, una miriade di capolini bianchi sboccia all'unisono per celebrare i primi sentori di un clima intipidito o il prolungarsi progressivo del giorno. È un fiore, il bucanave, che sembra voler celebrare la forza e la purezza della luce che trasmette per riflessione e per trasparenza. Rivolto verso il basso come una lampada che voglia illuminare il prato sotto di sé, fu usato da Henry Guimard come modello per le lampade che ancora illuminano gli ingressi della Metropolitana parigina.

Nei vecchi sentieri che scendono verso il greto del fiume o dei fossi non è difficile incontrare a primavera orchidee come quelle bellissime a forma di pagoda, le Orchis morto L.. Altra particolarità della vegetazione della valle del Treja e delle valli dei suoi affluenti è quella di costruire sopra i corsi d'acqua delle vere e proprie gallerie in cui giocano un ruolo determinante gli ortani, ma spesso entrano in gioco anche roverelle e salici. Nel tratto tra Calcata e Città Castellana le gallerie sono frequenti e contribuiscono a dare un volto architettonico al paesaggio che prefigura a mio parere in molti punti degli spazi urbani. E come non parlare a questo punto delle radure? Vere e proprie piazze che interrompono la linearità dei percorsi e ripropongono ampie vedute in campo lungo dopo la sensazione di accerchiamento data dai boschi e dalle gallerie.

LA STORIA

Nell'agro falisco le prime tracce della presenza umana risalgono a diecimila anni orsono come dimostrano le ceramiche lungo le pareti rocciose del Rio Maggiore scavate alla fine dell'Ottocento e, proprio davanti a Calcata, troneggia l'altura di Narce che insieme alle alture vicine di Pizzopiede e Monte Li Santi ospitò, a partire dal secolo XIV a. Cr. (età del bronzo medio), un insediamento falisco di grande importanza che si può con ogni probabilità identificare con l'antica Fescennium, celebre nell'antichità per le fescennine, sceneggiate che venivano recitate per strada nella Roma repubblicana. La proposta di identificazione, già avanzata alla fine dell'Ottocento da F. Bernabè e G. F. Gamurrini, recentemente ripresa in modo convincente da Giovanni Colonna, si basa sulla scarsa credibilità della identificazione alternativa con Corchiano (il cui toponimo si può invece collegare a quello di Norchia) e alla importanza dei resti archeologici che configurano nell'ambito degli insediamenti falisci l'unico proprio di immagine urbana dopo quello di Faleri Veteres. Alla identificazione tra Narce e Fescennium portano un contributo di immagine anche i versi dell'Eneide virgiliana che si riferiscono al contingente di truppe falische accolto in aiuto di Turno: «*Hi Fescennius actes aequosque Faliscos*»/hi Soractis habent arcas Flaminiaque anax/et Crimi cum monte lacum lucosque Capenos». Gli abitanti delle asperità fescennine sono qui contrapposti - come fa notare il Colonna - ai Falisci del piano, gli abitanti delle vette del Soratte a quelle dei campi flavini, gli abitanti del Cimino a quelli del fondovalle tibertino «in un crescendo di contrasti che abbraccia l'intera regione».

Per rappresentarsi l'immagine urbana di Fescennium bisogna pensare agli insediamenti (pagi) distribuiti sulle col-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

line della Roma delle origini, a un sistema urbano policentrico con almeno cinque nuclei distinti perché ai tre colli già citati, recentemente studiati dal Potter, vanno aggiunti con molte probabilità sia quello detto "la Rocchetta", identificato dal Colonna con la sua massima quota che è di m. 210, sia l'altura su cui insiste l'insediamento medievale di Calcata e forse, come sostennero a suo tempo Cozza e Pasqui anche la vicina altura di Santa Maria. Il fatto che il Potter non abbia fatto il minimo accenno a queste possibili estensioni dell'area archeologica lascia infatti il dubbio che non potendo estendere i suoi scavi sia attenuto a una reticenza tutta inglese sul dibattito argomentato. Certo è che il problema è importante e c'è da augurarsi che venga presto affrontato da una nuova generazione di studiosi. Visitare i luoghi dove si trovano le poche tracce superstiti degli insediamenti, per quanto l'itinerario non manchi di fascino e di suggestione sacrale, aiuta poco a capire come poteva essere questa città diffusa. Le mura a grandi blocchi di tufo ai margini della collina di Narce danno l'idea di un luogo fortificato, forse l'acropoli, mentre la presenza di due santuari nei pressi del fiume fa capire l'importanza, nella scelta del luogo di insediamento, della presenza dell'acqua, non solo per gli usi connessi all'agricoltura e forse per le comunicazioni (potrebbe ipotizzare una almeno parziale navigabilità del Treja sicuramente più ricco di acque a quei tempi) ma anche per il suo valore simbolico e sacrale. Per il resto le tombe numerosissime concentrate in più luoghi sopra e sotto le alture, i fondi di capanne, i buchi nella pietra che servivano sicuramente di base a strutture lignee verticali offrono solo qualche spunto per immaginare la qualità ambientale di villaggi immersi in un paesaggio, l'aspettativa del quale ne esaltava il carattere terrestre, "ctonio".

La decadenza del centro Falisco di Narce (che si identifichi o no con Fescennium) inizia nel periodo successivo alla conquista romana di Faleri Veteres nel 241 a. C. e alla realizzazione di Faleri Novi, e la mancanza di resti archeologici successivi ai primi secoli a. C. fa supporre che l'insediamento abbia perso gradualmente la sua importanza, integrato e poi sostituito da insediamenti diffusi nel territorio. Un insediamento romano è documentato nei pressi del fosso Stramazzo e una villa è stata recentemente scavata nei pressi di Monte Gelato, costruita molto probabilmente agli inizi del primo secolo dopo Cristo dal liberto Gaio Valerio Fausto, commerciante di buoi, una «residenza di lusso», scrive T. W. Potter, «con piacevole vista sul fiume Treja e sulle cascate, costruita come residenza estiva per un uomo di notevole ricchezza». Nel secondo secolo alla villa venne aggiunto un complesso termale e un piccolo museo mentre intorno al 200 un evento traumatico ne provocò la distruzione; il sito rimase inutilizzato fino alla metà del IV secolo, quando quanto rimaneva della villa venne sostituito da un insediamento collettivo di coloni agricoli dotato più tardi di una chiesa ad aula absidata di datazione incerta. Si arriva così al secolo VIII, quando la ricostruzione ampliata della chiesa fa supporre che sia già intervenuta quella riorganizzazione del territorio come grande tenuta di proprietà papale che viene ricordata come Domus Culti Capracorum, il cui epicentro si trovava a Santa Cornelia, nei pressi di Formello, ma della quale il nucleo presso Monte Gelato (per il quale è sopravvissuto il toponimo Crepacione) doveva essere una delle sedi più significative. L'iniziativa pontificia, avversata dalla nobiltà romana, ebbe alterne vicende ma la fattoria rimase in uso fino all'inizio del XII secolo quando il complesso ecclesiastico in rovina venne raso al suolo, preoccupandosi però di non cancellare la sacralità del luogo.

Nel secolo X era iniziato il processo di riaccentramento della popolazione agraria che vide sorgere, quasi sempre negli stessi luoghi degli insediamenti etruschi e falisci, castelli e villaggi fortificati. Il fenomeno, determinato dalla concomitanza tra le invasioni dei saraceni e degli ungari e di una parallela crescita demografica, avvenne sullo sfondo di una organizzazione imperiale in profonda decadenza e di una volontà della nobiltà di organizzare un potere alternativo garantendo alla popolazione agricola ordine e sicurezza. Il fenomeno del cosiddetto "incastellamento" ebbe un grande sviluppo nella regione falisca sia perché attraversata dalle principali strade di collegamento tra Roma e il nord, sia per la predisposizione del territorio che, per la sua struttura geologica, presentava, come abbiamo visto, luoghi a forte vocazione difensiva, come le rupi accessibili solo da un lato. Se sulla piastrina rocciosa dove è sorto il paese di Calcata esistesse o no un insediamento falisco, parte dell'insieme di villaggi situati sulle alture, rimane tuttora un interrogativo al quale sembra difficile dare una risposta certa basata su dati ar-

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

cheologici. Lo studio sulla Campagna Romana del Tomassetti attribuisce al periodo falisco un tratto di mura tufacee privo di malta sul lato sud, sotto la casa parrocchiale, e la scala segreta usata nel periodo medievale per sfuggire agli assedi. Anche alcune grotte di dimensioni notevoli, scavate a notevole profondità sotto le case, sembra difficile possano risalire al periodo medievale ed è molto probabile che alcune delle moltissime grotte situate sullo sperone roccioso sotto il paese fossero in origine tombe falische. Le prime notizie dell'insediamento di Calcata risalgono al 974, quando il "castello" fu donato all'abate del monastero di San Gregorio Magno a Roma, ma per immaginare il suo ruolo nel contesto bisogna tener conto della rete di luoghi alti fortificati che si stava formando tutt'intorno. La storia del villaggio di Calcata dalle origini al Novecento si riduce, secondo le uniche fonti storiche sopravvissute, a una ardua serie di passaggi di proprietà che vedono emergere, sparire e poi riemergere tre grandi famiglie - i Sinibaldi, gli Anguillara, i Vico e i Massimo - attraverso le alterne vicende di eredità, matrimoni, alienazioni e acquisti.

Le vicende storiche di Calcata medievale sono state accuratamente riassunte da Louise Desmond McDermott in Calcata, cenni storici, da cui trascriviamo le notizie più significative, in parallelo con altre informazioni (tra parentesi) dalla relazione sulla storia del castello baronale presentata al Comune dall'Arch. Patrizia Grisanti in occasione dei lavori di restauro: «[dopo] i secoli bui delle invasioni barbariche [...] il nome della valle [del Treja] ricompare in un documento papale del 780, con cui tutta l'area veniva incorporata in una "domusculta".

Le domuscultae. Eran queste delle tenute che papa Zaccaria prima e poi Adriano I andavano costituendo raggruppando varie fattorie della campagna romana in singole vaste tenute. Era un modo per ripopolare la campagna romana e quindi ricreare le condizioni di una economia agricola locale che la ripresa di Roma richiedeva. Anche se le incursioni saracene da Centumcellae (Civitavecchia) e l'opposizione di alcuni proprietari terrieri non consentirono un gran successo, in qualche modo le domuscultae invertirono l'esodo dalle campagne e segnarono la ripresa di economie agricole locali.

Capracorum. Ad Adriano I si deve la creazione di quattro domuscultae tra cui quella di Capracorum alla quale apparteneva Calcata. Adriano I inviò anche quattro reliquie per santificare la nuova chiesa di Capracorum. Tra queste anche quella di San Cornelio, papa martirizzato a Civitavecchia nel terzo secolo, e che è rimasto uno dei due patroni di Calcata. Frammenti di marmo antico che furono probabilmente portati dal fundus originale con le pietre usate nella costruzione del primo nucleo, esistono tuttora nel paese.

Castel Sinibaldi. A giudicare dalle citazioni documentali, c'è da credere che la rinascita di Calcata abbia inizio verso la fine del millennio. Un atto dell'8 marzo 974 attesta la donazione del Castello, probabilmente una semplice torre, all'abate di S. Gregorio di Roma, mentre il 4° luglio 1006 varie fattorie della zona vengono donate allo stesso abate. Nel 1180 la famiglia Sinibaldi risulta proprietaria di numerose fattorie nei pressi del paese che nel Liber Censum del 1192 viene chiamato Castrum Sinibaldorum. Nel 1266 papa Clemente IV concede alla famiglia dei Prefetti di Vico il diritto di investitura di Nepi, Civitacastellana e Castel Sinibaldi, quest'ultimo divenendo chiaramente una pedina nelle rivalità tra i guelfi di Anguillara ed i ghibellini di Vico.

Nel 1291 il borgo viene descritto dall'esattore papale Lanfranco di Scano, come un rudere che i proprietari, Conti di Anguillara, stanno riedificando. È del resto possibile che la sua distruzione fosse seguita a una delle frequenti lotte che, nel nome del papa o dell'imperatore, riempiono di sangue tutta l'Italia del 1200 e in particolare l'area tra Roma e Viterbo, quest'ultima a lungo sede papale.

La torre. Secondo una leggenda locale, il paese venne abbandonato per un periodo di 50 anni a favore di un colle più a nord, oggi denominato Santa Maria, dove si possono vedere ancora butti, granai, pozzi, le rovine di una chiesa, di un monastero, oltre ad una torre, forse il mastio, tuttora in buone condizioni. Il nome originale del colle è ignoto, ma quello odierno di Santa Maria gli fu dato dal monastero costruito nel XIV secolo quando al declino del borgo circostante corrispondeva la ripresa di Calcata. Nel 1363 il villaggio è citato in un inventario dei beni di Francesca, vedova di Giovanni degli Anguillara, tra i quali viene elencato anche l'anno dopo. Nel 1420 il villaggio viene affittato e sette anni dopo venduto con Nepi e Monterosi come parte del castello di Filisano.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Nel 1432 il villaggio torna ai vecchi proprietari, i Sinibaldi, e da allora per 400 anni sarà oggetto di continui passaggi tra questi e gli Anguillara dei quali merita di essere ricordato qualche nome: Pandolfo, Averso (Everso), Dolce, Perroso, Arfida, Virgino, Flaminio e Filippo Gambalunga. (Dopo il 1465 i discendenti di Everso II, di nuovo un Anguillara, "organizzano la corte intorno al castello di Stabia che ristrutturare e ingrandito per tutto il XVI secolo vive il momento di maggior splendore del casato: acquisto di Mazzano, parentele con gli Orsini, i Savelli, gli Strozzi"). La non trascurabile fertilità dei campi e la notevole difendibilità del borgo, ne facevano evidentemente una preziosa merce di scambio. Facile da ipotecare qualora una dote o una guerra rendessero necessario del capitale liquido, era anche un prezioso rifugio di per se stesso tant'è che nel 1599 il signore preferì vender Mazzano piuttosto che privarsi di Calcata per far fronte ad una ipoteca scaduta. Nel 1549 Flaminio degli Anguillara sparì il patrimonio della famiglia con suo fratello: nella sua parte rientravano i villaggi di Stabula (Faleria), Mazzano e Calcata.

Quest'ultimo era ancora conte quando, otto anni più tardi, si verificò l'averimento più importante della storia religiosa di Calcata: il rinvenimento di un reliquiario contenente il Sacro Preputio di Cristo. Da trent'anni, cioè dal Sacco di Roma del 1527, agenti papali avevano sporadicamente setacciato il paese alla ricerca della singolarissima reliquia. Ad indirizzare le loro ricerche verso Calcata era stato un Lanzicheneco che, poco dopo il Sacco, confessò di averla trafugata da S. Giovanni in Laterano e successivamente di averla nascosta a Calcata.

Miracoli. Ancor oggi gli anziani del paese sanno indicare dove fu trovata, "proprio lì, sotto il letame". E fu proprio in quell'anno, durante la cerimonia per la sua apertura da parte di una vergine, che la reliquia compì il suo primo miracolo: una densa nube profumata invase la chiesa, anzi il villaggio intero, impedendo persino agli spettatori di vedersi a vicenda. Il cielo si illuminò di lampi e sembrava che le stelle volessero cadere. I miracoli della reliquia ebbero sempre carattere meteorologico, con addensarsi di nubi e lo scatenarsi di furiosi temporali soprattutto quando essa subiva minaccia di trasferimento.

Altri prodigi. Ne Les clefs de S. Pierre Roger Peyrefitte osserva che "sembra ci siano posti predestinati per certe reliquie". Effettivamente dal 1555 la reliquia è sempre rimasta a Calcata e un decreto papale del 3 febbraio 1900 ne proteggeva e limitava il culto. Ogni primo gennaio, giorno della Circoncisione, il vescovo accompagnato dal popolo e dalla banda la portava in processione per tutto il villaggio che ne veniva benedetto. Questa festa ha rappresentato per secoli una tradizione religiosa profondamente radicata nei sentimenti degli abitanti. Nel 1985 però il prezioso reliquiario scompariva dalla sagrestia della nuova chiesa di Calcata. Un'altra festa di Calcata si celebra il 16 settembre, giorno di S. Cipriano che, assieme a S. Cornelio papa, fin dai tempi di Adriano si suddivide la protezione di Calcata. Un'altra usanza inconsueta è quella dei fedeli di custodirne a turno, e con amorevole cura, la statua che due volte all'anno, con grande solennità cambia ospite.

[Gli Anguillara "dopo la vendita di Stabia ai Borghese nel 1599 e di Mazzano nel 1660, [...] possiedono solo Calcata e [...] Lorenzo, dopo che nel 1697 era stato Conservatore di Roma, andrà a vivere nel palazzo di Calcata dove morirà all'età di 73 anni nel 1724. Il cardinal Cybo in visita nel novembre 1722 scrive nel suo diario: "avendo io osservato che la chiesa era quasi che un temile con il tetto rotto che fa acqua [...] appariva che il conte Anguillara che era padrone temporale di quel luogo, quantunque di un'illustre famiglia era nulladimeno così ristretto di rendite che appena rimaneva agli con che vivere". Nel 1724 Calcata fu venduta per 16.500 scudi ("nel 1734 il figlio Carlo riuscì a vendere il feudo ad un parente ricco, lo zio Fabrizio Sinibaldi"). È assai difficile capire se fosse o meno un prezzo proporzionato al valore che poteva avere all'epoca: numerosi documenti esistono tuttora nell'archivio comunale, ma non sono stati studiati a fondo. È prevalentemente materiale di natura amministrativa, libri mastri, lettere e conti per la macina del XVII secolo che portano un sigillo del villaggio del tutto diverso da quello odierno: uno stemma a forma di mandorla che fa da cornice alla figura di un prelati (o un vescovo?) con un pastorale nella mano sinistra e uno scudo nella destra. Lo stemma attuale invece risale al 1905 circa. ("Giulio il primogenito [di Fabrizio Sinibaldi] sposa Petronilla Massimi e nel 52 il fratello Lorenzo rinuncia in suo favore a tutti i beni, ma continua a frequentare Calcata con la sorella Virginia e il vecchio zio Carlo Anguillara [...]. Durante

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

la loro assenza la casa era tenuta da un servitore e abitata dal cappellano Lorenzini che lo affittò nel '71 e nel '72. L'anno dopo muore il marchese che lascia il feudo alla sorella Virginia, che provvede subito ad affittarlo alla famiglia romana dei Corneli fino all'84. [...] Nel 1805 Cesare Sinibaldi lascia in eredità il feudo al genero Angelo Massimi dei duchi di Rignano che nel 1816 rinuncia ai diritti baronali. [...] Massimo continuano ad affittarlo [il palazzo] fino a che nel 1925 fu definitivamente venduto a un loro effruea Giovanni Ferrauti").

L'età moderna. Nel 1828 la lunga tradizione di trasferimenti del paese tra i Sinibaldi e gli Anguillara ebbe fine, alorché Calcata passò in eredità alla famiglia Massimo ed entrò a far parte del nuovo ducato di Rignano e Calcata. Nel 1909 il titolo si estinse con Emilio Massimo che non aveva figli maschi, ma la figlia Maria, moglie di Prospero Colonna, principe di Sonnino, ottenne per decreto reale dell'8 agosto 1909 il diritto di successione al padre. Successivamente, primogenito la famiglia Ferrauti, fattori dei duchi Massimo, e più tardi la proprietà si distribui tra i vari abitanti).

("Nel nostro secolo [...] è sempre più di uso promiscuo il piano terra [del castello] che viene ricordato dai paesani come sede delle scuole elementari [...], della posta, dell'ambulatorio, di un piccolo bar e [...] luogo di festeggiamento per i novelli sposi che almeno una volta nella vita potevano banchettare nel salone degli antichi padroni").

UN'IPOTESI DI RESTAURO AMBIENTALE

L'importanza assunta da Calcata come polo turistico suburbano rende necessario e irrimandabile uno studio rigoroso delle strategie necessarie per conservare il suo valore, la sua qualità estetica e migliorare nel contempo la funzionalità rispetto alla destinazione d'uso delle sue parti.

L'ipotesi di un restauro puramente conservativo che cristallizzi lo stato attuale dell'insediamento e del suo ambiente contrasta con i rischi di progressivo degrado, con le esigenze degli abitanti e dei turisti e con il fatto che l'ambiente naturale in cui l'insediamento è immerso si sta modificando sensibilmente anno per anno travolgendo quei segni di antropizzazione che ne avevano caratterizzato l'immagine durante i secoli della sua storia.

Esamineremo separatamente le strategie che riguardano l'insediamento e quelle che riguardano l'ambiente sebbene siano strettamente complementari.

L'INSEDIAMENTO: consolidamento, restauro, realizzazione dei servizi indispensabili per la vita comunitaria.

L'abitato di Calcata sorge - come abbiamo visto - su una penisola tufacea nei pressi della confluenza del torrente Treja e del fosso della Mola di Magliano. Il blocco tufaceo di forma ellittica su cui sorge la parte più compatta dell'abitato poggia com'è noto su un banco sedimentario di sabbia e argilla.

I rischi di degrado e di crollo di parti del blocco tufaceo sono evidenziati dalle condizioni attuali del suolo. Il banco argilloso è soggetto a un processo di progressiva erosione mentre le superfici esterne del blocco tufaceo, esposte agli



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



agenti atmosferici, pioggia, vento, variazioni climatiche, hanno perso compattezza e rischiano il distaccarsi di parti significative che altererebbe irrimediabilmente la fisionomia del paese.

Da quanto premesso deriva quindi la necessità di provvedere al più presto al CONSOLIDAMENTO della rupe e a una analisi accurata delle superfici tufacee che consenta di valutare i rischi di degrado e di determinare le opere necessarie per il consolidamento conservativo. Il problema del consolidamento non può essere separato da un altro scottante problema: quello delle FOGNATURE, senza le quali gli abitanti sono costretti a provvedere allo smaltimento di rifiuti organici per mezzo di tubature verticali visibili che scendono lungo la rupe tufacea fino al suo basamento, spettacolo indecoroso che non è più conciliabile - in una paese civile - con l'igiene, la qualità ambientale, la corretta gestione del territorio, tanto più se si tiene conto della alta frequentazione turistica del luogo. La realizzazione di un impianto fognario di qualità adeguata alla delicatezza del bene culturale interessato presuppone accorgimenti che qui di seguito elenchiamo.



RILEVAZIONE, eseguita con rigore scientifico, della rete discontinua di cavità sotterranee che caratterizzano la rupe tufacea. Il rilievo consentirà l'individuazione dei punti in cui sarà possibile scavare i pozzi necessari senza coinvolgere le proprietà private.

CONTROLLO SISTEMATICO delle superfici esterne della rupe e intervento di consolidamento con mezzi adeguati di alta tecnologia, che lascino inalterata la qualità materiche della pietra e nello stesso tempo ne assicurino la stabilità nel tempo.

Particolare attenzione è necessaria per evitare fratture innaturali della coltre vegetazionale che riveste la base argillosa e sabbiosa del blocco tufaceo. L'idea di creare un collettore fognario anulare alla base del blocco, magari coperto con una pista ciclabile, è una delle ipotesi assurde di cui si è sentito parlare e che violerebbe in modo violento e arbitrario proprio quella fascia di vegetazione che cambia di stagione in stagione e di anno in anno creando un meraviglioso accostamento tra wilderness e antropizzazione. Il fascino di Calcata sta proprio



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

In questi aspetti particolari della sua immagine che la distinguono da ogni altro insediamento di analoghe caratteristiche geologiche.

L'AMBIENTE CIRCOSTANTE

Per quanto riguarda lo scenario ambientale nel quale l'insediamento è incastonato, come una pietra preziosa la situazione è molto diversa. Nei quaranta anni che ci separano dalla istituzione del parco regionale (definito all'inizio sub-urbano) una serie di fenomeni collegati hanno sensibilmente modificato le caratteristiche vegetazionali:

- a) il progressivo abbandono delle culture agricole nei fondali delle forre;
- b) l'abbandono delle zone a tempo prative usate per l'allevamento degli animali domestici;
- c) la concentrazione dei percorsi turistici intorno a Calcata e alle cascate di Montegelato.

La nuova situazione ha determinato la crescita spontanea di alberature sulle originarie zone prative e un forte sviluppo di cespugli e alberi oggetto un tempo di sistematiche potature per l'approvvigionamento della legna da ardere.

Gli aspetti positivi o comunque accettabili di questa nuova situazione si uniscono ad aspetti discutibili e in parte decisamente negativi tra i quali vanno segnalati i seguenti:

- a) la sparizione di elementi caratteristici del paesaggio dietro una coltre di vegetazione che neanche durante l'inverno li rende chiaramente visibili. Esempio tipico il cosiddetto "pizzarello", un blocco tufaceo staccato dalla scogliera retrostante, oggi appena individuabile tra la fitta vegetazione che lo circonda che appariva un tempo con l'evidenza di un land-mark, sulla strada Mazzano-Calcata, subito dopo l'attraversamento del ponte sul Treja;
- b) la progressiva sparizione alla vista della scogliera tufacea, con il suo contorno di vegetazione termofila;
- c) il conseguente degrado della rete originaria di sentieri usati un tempo per l'attività agricola, la caccia e l'allevamento.

I problemi sottolineati non consentono probabilmente soluzioni interamente soddisfacenti e richiedono una articolata discussione ma certamente sarebbe utile se con i fondi europei si potessero approfondire gli studi già esistenti e ipotizzare nuove funzioni per il parco regionale, l'ampliamento del quale è da tempo auspicato.

Tra le nuove funzioni da prospettare sarebbero particolarmente interessanti quelle terapeutiche, adottate, soprattutto in Germania nella pianificazione dei parchi, con le quali sarebbe possibile creare itinerari differenziati sulla base delle diverse possibili caratteristiche curative.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Gabriele SCARASCIA MUGNOZZA

INTRODUZIONE

Il paesaggio della Tuscia laziale è contraddistinto dall'esteso affioramento di rocce piroclastiche, derivanti dall'attività eruttiva dei distretti vulcanici Vulsino, Cimino-Vicano e Sabatino, di età quaternaria, ovvero tra circa 800ka e 30ka. Le rocce piroclastiche poggiano a loro volta su successioni sedimentarie argilloso-sabbioso-conglomeratiche. Questa peculiare sovrapposizione di depositi vulcanici su un substrato sedimentario plio-pleistocenico, oltre a conferire all'area una notevole omogeneità geomorfologica contraddistinta da plateaux, rupi tufacee isolate, pareti subverticali e forre incise, determina condizioni particolarmente favorevoli a fenomeni di frana riconducibili, in accordo con i più noti ed utilizzati sistemi di classificazione, ai seguenti tipi principali: crolli, ribaltamenti e scorrimenti rotazionali. Nella medesima area, sono numerosi i centri abitati sorti, fin dall'epoca etrusca, sulla sommità dei rilievi isolati e il cui impianto urbanistico costituisce di per sé un patrimonio storico-culturale cui si aggiungono innumerevoli testimonianze artistiche di grande valore. Il caso universalmente noto della rupe di Orvieto (foto 1) è particolarmente esemplificativo, sia per i vari tipi di frana che aggrediscono i versanti circostanti al centro storico, sia per l'elevato valore del patrimonio artistico ed architettonico.



Foto 1. Veduta panoramica della rupe di Orvieto (foto di A. Bretschneider).

Da questa breve premessa si possono facilmente dedurre le significative condizioni di rischio di frana che sussistono per i numerosi centri abitati dell'area, sulla base della seguente relazione:

Rischio frana = Pericolosità evento * Vulnerabilità elementi a rischio * Esposizione categorie elementi [1]

A questo riguardo, con particolare riferimento alla pericolosità di evento ed agli assetti litostратigrafici che concorrono a modularne le differenti condizioni (figura. 2), si rimanda alla cospicua bibliografia sull'argomento ed in particolare ai recenti studi di Bozzano et al. (2005; 2008) in cui sono ampiamente illustrati e discussi i risultati e le conclusioni di autori che si sono cimentati in precedenza su queste tematiche in diversi settori dell'area che comprende i tre citati distretti vulcanici (Brizi et al., 2015).

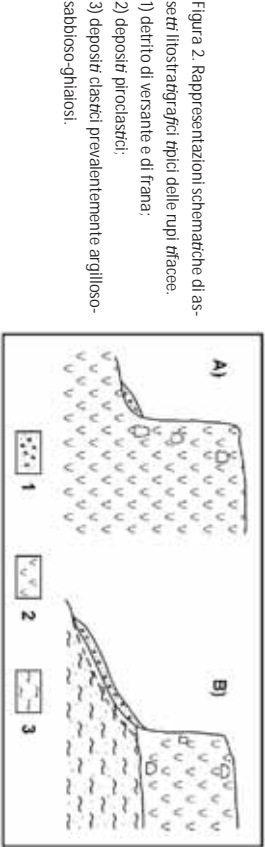


Figura 2. Rappresentazioni schematiche di assetti litostратigrafici tipici delle rupi tufacee:
1) detrito di versante e di frana;
2) depositi piroclastici;
3) depositi clastici prevalentemente argilloso-sabbioso-ghiaiosi.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

In questo contributo, dopo una sintetica descrizione dell'assetto geologico dell'area di Calcata, sono accennati i principali fattori che influenzano le condizioni di instabilità dei versanti circostanti al centro storico di Calcata (foto 3), che presenta un assetto geologico-geomorfologico tipico del paesaggio delle rupi vulcaniche.

Foto 3. Veduta della rupe di Calcata con delimitazione delle unità piroclastiche affioranti (da Bozzano et al., 2005).



ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI CALCATÀ

La successione litostратigrafica riconoscibile nelle aree adiacenti ed in corrispondenza della rupe di Calcata è costituita, dal basso verso l'alto, da Conglomerati del Plio-Pleistocene (di età compresa tra 1 e 5 Milioni di anni), costituiti generalmente da ciottoli di ambiente fluvio-lacustre, cui si sovrappone per contatto erosivo (foto 4) il Tufo Giallo della Via Tiberina (circa 550ka, età radiometrica basata sul rapporto isotopico 40Ar/39Ar); questa formazione è costituita da una spessa sequenza di unità deposizionali originate da flussi piroclastici, a loro volta conseguenti al collasso gravitativo di colonne eruttive. I depositi si presentano da litoridi a debolmente litoridi, da massivi a stratificati con laminazione incrociata. A questa segue la formazione dei Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano (490ka), composta da una fitta alternanza policroma di livelli piroclastici da caduta a pomici, scorie e ceneri, nonché il Tufo Rosso a Scorie Nere Sabatino (450ka); quest'ultimo è un deposito da colata piroclastica («ignimbrite»), litoride, massivo, di colore rosso-giallastro, a matrice cineritica prevalente con abbondanti scorie nere porfiritiche a leucite e sanidino (prevalente) e frammenti litici vulcanici e sedimentari. Più recente è la formazione dei Tufi Stratificati Varicolori de La Storta (410ka), spessa sequenza stratificata di depositi piroclastici da caduta con livelli di spessore da decimetrico a metrico di scorie, pomici e cenere, alternati a livelli di paleosuoli ed epicalcit. Infine, il termine piroclastico più recente è il Tufo Rosso a Scorie Nere Vicano (circa 400ka), rappresentato da un deposito di colata piroclastica, massivo, litoride, a matrice pomicea di colore arancione, ricco di scorie nere a sanidino e leucite. Generalmente, questa formazione è discordante rispetto alle unità sottostanti e si localizza in corrispondenza delle antiche valli esistenti al momento della sua deposizione, arrivando a spessori di alcune decine di metri.

Per quanto riguarda la rupe sottostante all'antico abitato (foto 3), non affiorano né i Tufi de La Storta, né il Tufo Rosso Sabatino, entrambi erosi, insieme a gran parte dei Tufi di Sacrofano, prima della messa in posto del Tufo Rosso Vicano su cui è edificato l'antico borgo.

Lo stesso Tufo Rosso a Scorie Nere Vicano è pertanto sovrapposto (foto 3) ai Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano, il cui spessore diminuisce repentinamente dal settore orientale verso quello occidentale della rupe; in corrispondenza di questo litorio è osservabile una netta rottura di pendio con abbondante vegetazione. Al di sotto dei Tufi di Sacrofano affiora il Tufo Giallo della Via Tiberina in corrispondenza del quale la rupe assume nuovamente una configurazione subverticale.

Analogamente a quanto osservabile a Calcata, nell'intera Valle del Treia l'assetto geomorfologico è caratterizzato da valli profondamente incise, con profilo a gradoni dovuto a fenomeni di erosione selettiva per netta differenza di resistenza dei depositi di colata piroclastica rispetto a quelli di ricaduta (Ottaviani, 1988), i processi morfogenetici

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

In atto nell'area inducono un arretramento parallelo dei versanti prodotto dall'effetto combinato di scalzamento alla base dei versanti, scarpie nelle formazioni piroclastiche che di ricaduta (ovvero cenere, scorie e lapilli), e di fenomeni di crollo e ribaltamento nelle sovrastanti formazioni litoidi, con il coinvolgimento di volumi di roccia di molte dimensioni, che si esplicano lungo superfici di discontinuità e fratture parallele o sub-parallele al versante. Infatti, riguardo alla rupe su cui sorge l'antico abitato di Calcata, il confronto tra le mappe del catasto gregoriano del 1819 e del 1872, rispetto alla cartografia riferita al 1987, mette in evidenza un graduale assottigliamento delle fasce marginali che sono arrivate a lambire gli edifici del centro abitato, senza però registrare nessun evento distruttivo nei confronti delle strutture abitative. Successivamente al 1987 (in particolare nel 1990-1992) sono invece da segnalare crolli che hanno coinvolto anche parte di alcune abitazioni.

CENNI SUGLI ASPETTI GEOLOGICI CHE INCIDONO SUL RISCHIO DI FRANA DELLE RUPE VULCANICHE

Le indagini geologico-tecniche svolte negli ultimi decenni per la ricostruzione dei meccanismi evolutivi dei versanti delle rupi vulcaniche, affiancate da sperimentazioni di laboratorio su modelli analogici in scala e modellazioni numeriche, convergono nell'evidenziare alcuni elementi di significativa influenza, tra cui:

- le condizioni di fratturazione dell'ammasso roccioso di origine vulcanica costituente le rupi, classificate quale roccia tenera in base alle caratteristiche di resistenza all'interno degli stessi depositi di ricaduta stratificati e di quelli dovuti a flussi piroclastici;
- le variazioni spaziali delle caratteristiche di resistenza all'interno degli stessi depositi di ricaduta stratificati e di quelli dovuti a flussi piroclastici;
- la differente erodibilità delle unità affioranti lungo i versanti, dal fondovalle fino alle sommità, e la diversa intensità dei processi di scalzamento al piede delle pareti litoidi;
- il marcato contrasto di deformabilità tra le unità piroclastiche sommitali e quelle argillose-sabbiose-conglomeratiche sottostanti;
- le variazioni di spessore e di estensione delle placche tufacee a comportamento rigido;
- la circolazione idrica sotterranea (derivante dalle precipitazioni meteoriche e dagli scarichi fognari) governata da marcati contrasti di permeabilità tra gli ammassi rocciosi piroclastici variamente fratturati (quindi permeabili per fratturazione) e i litotipi argilloso-sabbiosi (con permeabilità assai variabile, connessa con la porosità primaria del deposito).

In generale, con riferimento ad intervalli temporali di durata almeno millenaria, i processi di detensionamento dovuti sia all'approfondimento dei versanti sia al contrasto di rigidità tra i litotipi giustapposti, determinano processi morfo-evolutivi caratterizzati dalla progressiva disarticolazione dei margini delle placche tufacee ed il conseguente isolamento di lembi e rilievi secondo lo schema riportato in figura 5.

Tenuto anche conto dell'influenza del fattore tempo, i risultati complessivi delle indagini menzionate hanno quindi permesso di definire le condizioni di pericolosità di frana delle rupi vulcaniche in relazione ai diversi spessori delle unità piroclastiche, allo stato di fratturazione ed al grado di disarticolazione delle placche tufacee.

Sulla base degli elementi geologici e geomorfologici, descritti sommarariamente in questa sede, è stato possibile ricostruire il modello geologico-tecnico della rupe di Calcata, passo irrinunciabile per una corretta progettazione e realizzazione di interventi volti alla mitigazione del rischio che coinvolge il centro abitato.



Foto 4. Affioramento del contatto tra i Conglomerati e il Tufo Giallo della Via Tiberina.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

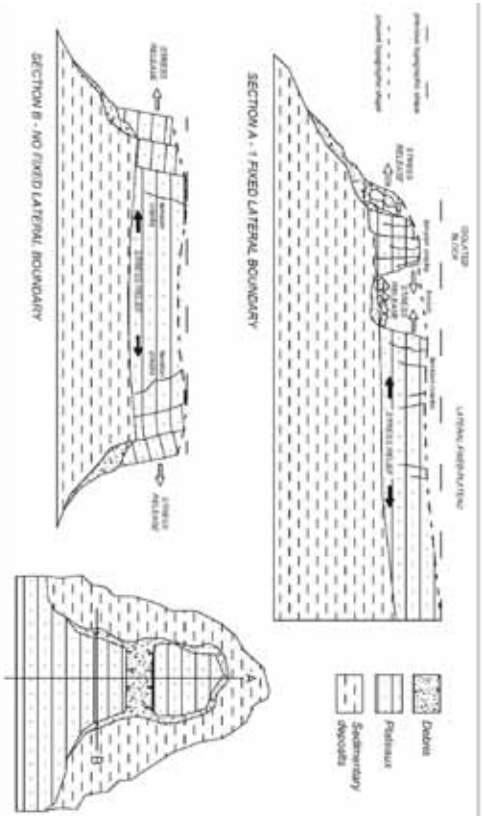
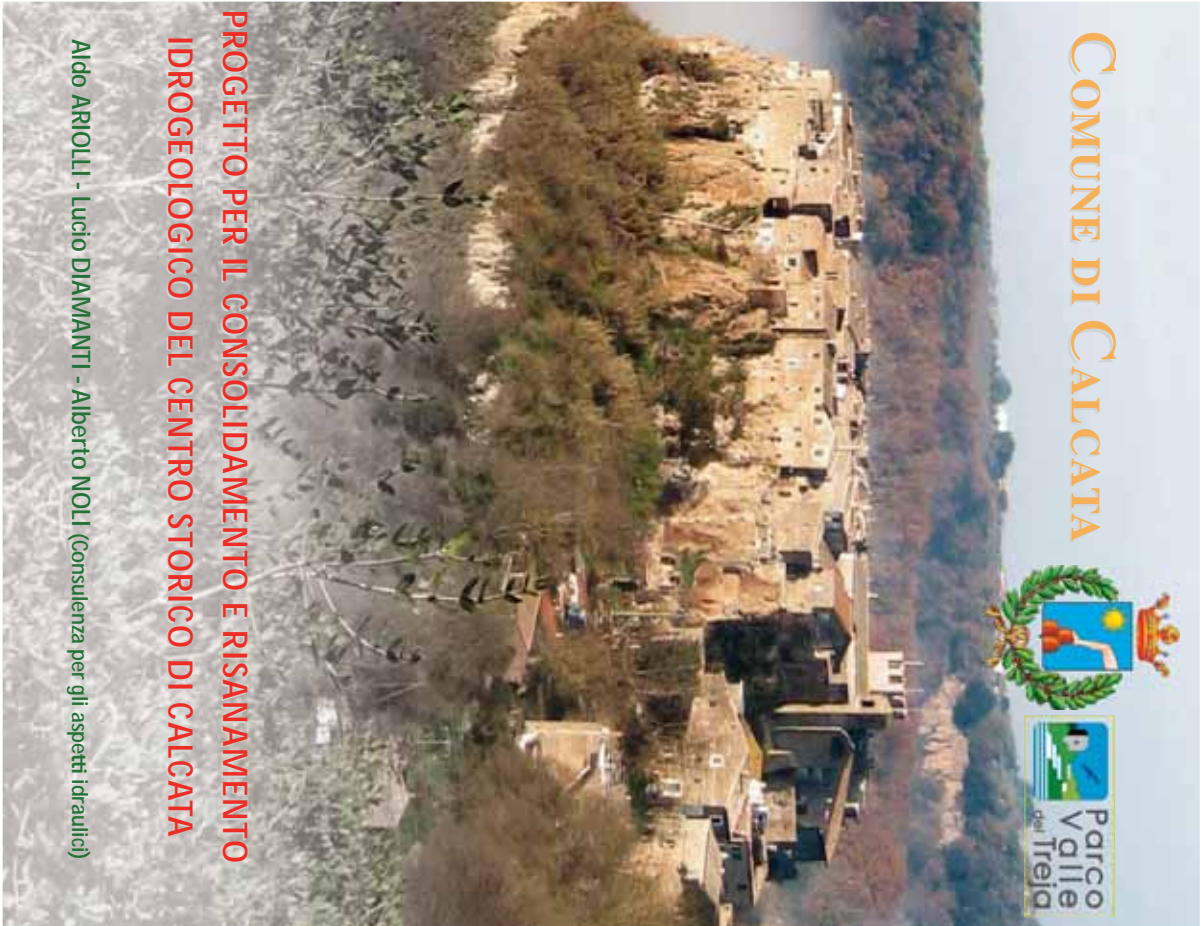


Figura 5. Schema evolutivo delle rupi tufacee in relazione alle condizioni tenso-deformative delle unità litotecniche presenti.

RIFERIMENTI

Bozzano F., Floris M., Gaeta M., Martino S. & Scarascia Mugnozza G. (2005) – Assetto geologico ed evoluzione per frana di rupi vulcaniche nel Lazio settentrionale. Boll. Soc. Geol. It., 124, 413-436.
Bozzano F., Breitschneider A. & Martino S. (2008) – Stress-strain history from the geological evolution of the Orvieto and Radicoletti cliff slopes (Italy). Landslides, 5, 351-366.
Ottaviani M. (1988) - Proprietà geotecniche di tufi vulcanici italiani. Rivista Italiana di Geotecnica, 3, 173-178.
Brtzi E., Brunetti A., Margottini C., Martino S., Mazzanti P., Scarascia Mugnozza G. (2015) - Terrestrial Laser Scanning survey of the Sugano cliff (Orvieto, Italy) for slope stability analyses. REND. ONLINE SOC. GEOL. IT., 35, 38-41, 10.3301/ROL.2015.58.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Si riportano alcuni stralci dei diversi capitoli delle Relazioni, Generale, Geologica-geotecnica e Tecnica del progetto presentato alla Regione Lazio

1. PREMESSA

Il progetto del consolidamento del rilievo tufaceo su cui sorge il borgo antico di Calcata deriva dalla necessità di ottenere la messa in sicurezza dell'intera rupe e di perseguire l'eliminazione o comunque la mitigazione di alcune delle cause che concorrono a provocare i dissesti gravitativi, completando gli interventi anche su settori di parete non interressati dai lavori precedenti (fig.1).

Le frane che interessano l'abitato di Calcata sono essenzialmente costituite da fenomeni di crollo e ribaltamento che provocano l'arretramento del fronte tufaceo, con grave rischio per le abitazioni perimetrali (fig.2 e 3).

Gli interventi precedenti, pur preservando da dissesti le singole aree d'intervento, non hanno influito positivamente sulle cause d'inesco degli stessi.

Stante la notevole attività della rupe e lo stato di parziale fratturazione della roccia tufacea, si è rilevata la totale assenza di sistemi idraulici in grado di evitare l'azione destabilizzante delle acque meteoriche e sub superficiali. In precedenti progetti di consolidamento di rupi tufacee, inseriti in contesti simili a quello di Calcata come per esempio Orvieto (Lunardi 1980), si è considerato imprescindibile integrare gli interventi in parete con lo sviluppo e la realizzazione di sistemi di raccolta ed allontanamento delle acque piovane e di quelle circolanti nell'ammasso tufaceo, contraddistinto da un fitto e pervasivo reticolo di discontinuità che delimita singoli blocchi di roccia intatta. Nel caso citato di Orvieto, l'efficacia e l'efficienza dell'intervento di consolidamento sono state ampiamente riconosciute e documentate, anche a livello scientifico.

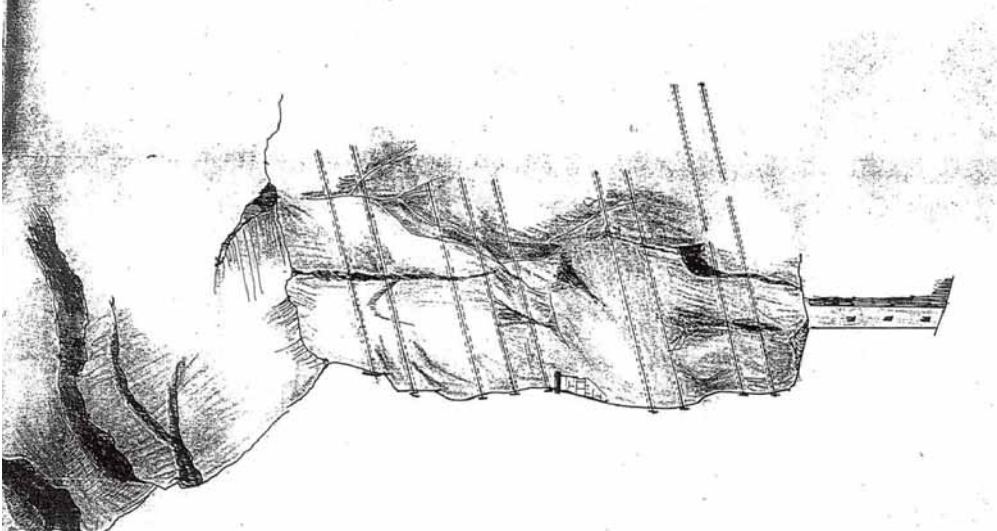


Fig. 1 - Estratto dal progetto del Genio Civile anni 90'

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 2 - Parete nord-ovest soggetta a crolli, foto archivio British School anno 1960.

Infatti, tra le cause d'innescò delle frane, la circolazione di acqua a tergo di pareti in litotipi tufacei, assimilabili ad ammassi rocciosi definiti tecnicamente "teneri", risulta di estrema importanza per gli effetti negativi che produce, a tutti i livelli e di seguito sinteticamente descritti:

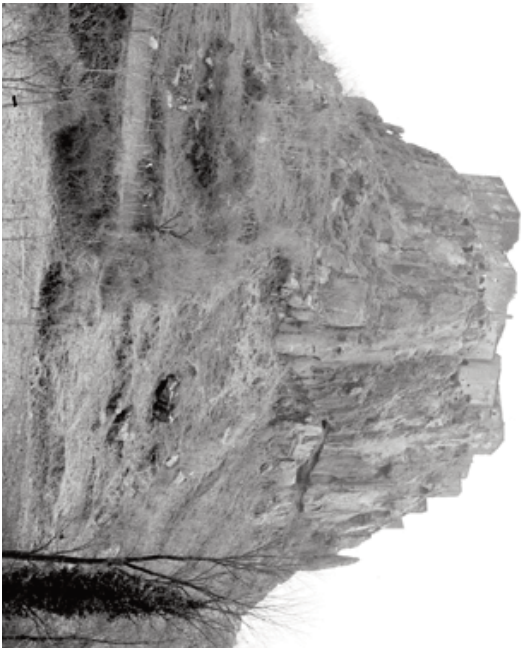


Fig. 3 - Blocchi franati, foto archivio British School anno 1960.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- 1) aumento delle pressioni interstiziali con effetti negativi sulle superfici di scivolamento e di contatto;
- 2) decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali saturi
- 3) alimentazione della vegetazione nociva lungo le pareti e dei relativi apparati radicali;
- 4) aggressione chimica delle rocce e delle malte utilizzate eventualmente per collegamenti strutturali, dovuta soprattutto alla circolazione di acque reflue;
- 5) sviluppo di circostrismo con formazione di neofratture ed allargamento di quelle esistenti;
- 6) dilavamento ed asportazione della componente fine nelle porzioni di ammasso roccioso a basso grado di cementazione.

Le considerazioni sopra esposte, unitamente all'esame delle evidenze locali hanno suggerito, quindi, di sviluppare un progetto completo, contenente sia interventi di consolidamento in parete, come chiodi e tiranti sia la costruzione di una galleria drenante, posta alla base dell'affioramento tufaceo (tutto rosso a scorie nere), in grado di raccogliere non solo le acque bianche circolanti liberamente nell'ammasso ma di convogliare anche le acque reflue oggi disperse lungo i versanti, con effetti assai negativi sia dal punto di vista paesaggistico che igienico ambientale. La soluzione in sotterraneo e/o interrata comporta un notevole miglioramento delle condizioni ambientali e paesaggistiche dei luoghi, avendo previsto l'eliminazione delle condutture che calano lungo le scarpate ed il convogliamento delle relative acque reflue verso il depuratore cittadino. Pertanto, l'obiettivo primario del presente progetto è di influire con efficacia sui molteplici aspetti riguardanti la criticità della rupe di Calcata, intervenendo mediante un approccio integrato sia in relazione al consolidamento geo-strutturale della parete tufacea sia riguardo al risanamento idrogeologico della stessa eliminando così le principali cause d'innescò dei fenomeni franosi, oltre che fonte d'inconvenienti di ordine igienico ambientale. Solo in tal modo il progetto, nella sua univocità e complessità, potrà essere risolutivo delle problematiche dell'abitato storico di Calcata, un "unicum" che va preservato per le future generazioni.

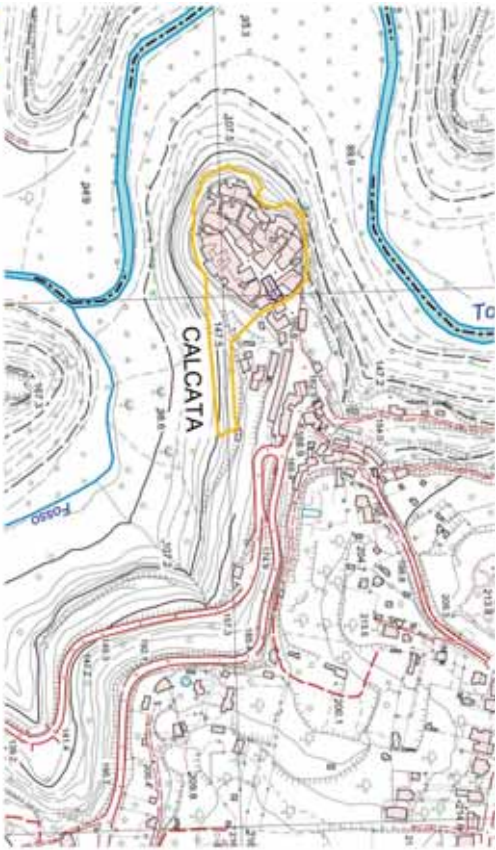


Fig. 4 - Perimetrizzazione dell'area oggetto delle problematiche di cui in premessa, scala 1:5000

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

La presente Relazione Illustrativa è stata redatta ai sensi dell'art. 17 comma 1 e dell'art. 18 del DPR 207/2010 (regolamento per l'esecuzione dei contratti pubblici).

La relazione del Progetto è articolata nei punti seguenti:

- a) Definizione dello stato di fatto (vincoli e parametri progettuali),
 - b) Obiettivi progettuali da perseguire,
 - c) Impostazione delle possibili alternative progettuali,
 - d) Selezione della soluzione progettuale da perseguire,
 - e) Descrizione puntuale delle caratteristiche progettuali della soluzione selezionata,
 - f) Indicazioni per la prosecuzione dell'iter progettuale,
 - g) Riepilogo degli aspetti economici e finanziari del progetto preliminare.
- Per quanto attiene le indagini di monitoraggio previste per il controllo delle strutture nel corso degli interventi, ci si è riferiti all'attuale "stato dell'arte", sarà comunque possibile, a parità di risultati, usare anche altre tecniche diagnostiche innovative in sede di Progetto Definitivo/Esecutivo.
- nelle sue caratteristiche originarie.

2.1 GENERALITÀ SUGLI INTERVENTI ESEGUITI E SU QUELLI PREVISTI IN FUTURO

Il Lazio è una delle regioni d'Italia maggiormente interessata da problemi di carattere geomorfologico, sia per la natura del suo territorio, sia per la profonda antropizzazione subita.

La conformazione geologica della Regione Lazio, nella zona oggetto del nostro studio, è relativamente giovane,



Fig. 1 - Vista del centro storico

almeno in senso geologico e ciò comporta una notevole dinamicità dei processi evolutivi del territorio, con una morfologia piuttosto particolare e caratterizzata da plateaux vulcanici sub pianeggianti, profondamente incisi dal reticolo idrografico.

Nell'Etruria meridionale, molte cittadine di grande valore storico ed artistico sono in condizioni critiche di instabilità. Per ragioni di difesa esse sono sorte su speroni rocciosi, delimitati da ripide pareti subverticali e collegati al

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

retrostante pianoro da piccoli istmi facilmente difendibili. Queste condizioni geomorfologiche che costituivano un prerequisito al tempo della loro fondazione, sono oggi un intrinseco fattore di instabilità. I fenomeni d'instabilità sono oggi tuttavia accelerati per effetto dell'azione antropica e senza un continuo intervento sistematico di conservazione, quasi una manutenzione preventiva, rischiano di subire danni importanti. Calcata è uno di questi esempi.

In questo scenario posto nella Valle delle Treja si inserisce il "Progetto di Consolidamento e Risanamento Idrogeologico del Centro Storico di Calcata".

Il manifesto stato di pericolosità dovuto al dissesto idrogeologico ha comportato, già alla fine del XX secolo, la progettazione di importanti opere di consolidamento e risanamento solo in parte realizzate. La presente iniziativa è incentrata, essenzialmente, sull'urgenza della messa in sicurezza delle pareti tufacee che affiancano il suddetto abitato e sulla realizzazione ed il ripristino dell'efficienza della rete idrica e fognaria le quali, come verrà dimostrato nel Progetto, sono tra loro intimamente connesse.

La finalità di questo documento, previsto per legge nell'iter di realizzazione di un'opera pubblica, è quella di illustrare, con sufficiente dettaglio, non solo gli aspetti tecnici ed economici dei lavori (articolati nelle fasi progettuali, esecutive e gestionali) ma anche la preventiva verifica della sostenibilità, nel rispetto dei distinti vincoli e requisiti ambientali e paesaggistici, in funzione delle disponibilità economico-finanziarie e dei benefici economico-sociali conseguenti per la comunità di Calcata

Sulla base del presente Progetto, unitamente agli studi specialistici ed elaborati grafici illustrativi allegati, è possibile concludere, con elementi oggettivi di validazione, che lo scenario di intervento prospettato è concretamente fattibile in tempi certi.

Per lo sviluppo del presente progetto, ha costituito una fondamentale base di riferimento l'esperienza dell'insieme d'interventi progettati e realizzati nel caso di consolidamenti di abitati in condizioni geomorfologiche equivalenti. Questi interventi sono consistiti nel consolidamento statico delle pareti perimetrali e nella revisione o ricostruzione dei retrostanti collettori fognanti, nella sistemazione idrogeologica delle pendici ove l'instabilità di queste ultime condizionava quella della sovrastante rupe o quella di manufatti posti lungo il versante.

Il Progetto descrive gli interventi necessari al completamento delle opere di consolidamento già eseguite e all'eliminazione costituita dalla circolazione idrica all'interno dell'ammasso tufaceo, attraverso la costruzione di una galleria anulare drenante, in grado di captare le acque presenti sia di origine meteorica che reflua e di convogliarle le prime al sottostante fiume Treja e le seconde all'impianto di depurazione esistente.

La stabilità nel tempo delle pareti è strettamente legata alla serie di interventi previsti, concernenti la definitiva sistemazione delle acque meteoriche e reflue.

Il Progetto ha una duplice valenza che può essere sintetizzata nel consolidamento della rupe mediante il risanamento idrogeologico ed il completamento delle opere di sostegno e nel recupero del valore storico culturale dei luoghi.

Per le considerazioni sopraesposte e per gli aspetti tecnico-scientifici argomentati, nei capitoli a seguire, si evidenzia che trascurare la presenza di un notevole fattore di rischio idrogeologico, comporta la certezza di veder crollare parte della Rupe con il sicuro coinvolgimento di abitazioni e di attività e, quindi, con conseguenze non accettabili per la collettività. Oggi i punti dissestati a maggiore rischio della rupe sono localizzati nella parte Nord ove non si è ancora intervenuti a distanza di quasi vent'anni dalla redazione del primo progetto. Comunque, la mancata realizzazione di un sistema di captazione delle acque comporta la certezza che in un futuro più o meno prossimo si abbiano nuovi fenomeni di dissesto lungo le pareti. È opportuno ricordare che il centro storico di Calcata, dopo essere stato oggetto con apposita legge di un trasferimento (fig.2), è stato nuovamente utilizzato ed ha subito un reinsediamento della popolazione; oggi le case situate lungo il perimetro sono state riacquisite e sono sedi di fiorenti attività, per cui eventuali crolli potrebbero coinvolgere anche vite umane.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 2 - Vista satellitare del centro storico e del nuovo insediamento.

Calcata rappresenta come Orvieto e Civita di Bagnoregio, un Unicum che va preservato. Il progetto deve, quindi, essere considerato quasi un restauro statico - conservativo, data la tipologia del patrimonio culturale su cui si viene ad intervenire. A tal scopo, sono state seguite le indicazioni contenute nella Carta 1987 del Restauro degli oggetti d'Arte e di Cultura. Il fine prioritario del progetto è quello di riportare la rupe di Calcata, consolidata dal punto di vista geomorfologico, all'aspetto originario, quale si può desumere dalle foto realizzate tra il 1954 ed il 1960, messe gentilmente a disposizione dalla British School di Roma.



Fig. 3 - Vista da sud, anno 1962 - fonte British School.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

2.2 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO

2.2.1 INQUADRAMENTO FISICO GENERALE

Posto su uno sperone tufaceo, delimitato da un'ansa del fiume Treia e digradante rapidamente verso il talweg del corso d'acqua, il sito, che appartiene al sistema geomorfologico delle forme vulcaniche, presenta un'elevata naturalità, caratterizzata dal rapporto diretto con la valle fluviale sottostante.

L'area oggetto degli interventi ha un'estensione di circa 1,3 ha, contiene una popolazione stanziale di un centinaio di persone. La popolazione nei periodi del weekend può giungere sino a 2.000 - 3.000 persone (censite) per l'apporto del turismo.

Il centro storico di Calcata si è sviluppato a partire dall' VIII secolo su precedenti insediamenti le cui tracce sono state obliterate dalle costruzioni attuali, che spesso si impongono direttamente sulla roccia in situ.

Normalmente, sotto l'abitato, sono presenti dei cunicoli più o meno grandi utilizzati tuttora come cantine e scavati nella formazione piroclastica. Altre cavità sono costituite dall'antico sistema di cisterne, i resti di alcune delle quali sono visibili sul ciglio delle pareti del lato Ovest, a testimonianza di antichi crolli.

Dal punto di vista geomorfologico, il distretto vulcanico sabatino è contraddistinto da una caldera di origine vulcano-tettonica, legata allo sprofondamento della camera magmatica su cui si è imposto il bacino lacustre di Bracciano e da forme vulcaniche circolanti, abbastanza complesse, con varie depressioni, come quella di Sacrofano e di Baccano con numerosi crateri legati all'attività idromagmatica nel settore orientale e con di scorie e lave nel settore occidentale, in particolare a nord del lago di Bracciano.

Il comune di Calcata si trova in una zona periferica delle emissioni sabatine, in direzione nord orientale dove i prodotti hanno formato degli estesi plateaux digradanti in direzione della valle del Tevere, profondamente incisi dal reticolo idrografico.

Queste incisioni fluviali hanno dato luogo alla formazione di veri e propri canyon con profondità che raggiungono il centinaio di metri, e con versanti sub verticali, legati alla presenza delle formazioni vulcaniche di tipo prevalentemente ignimbritico.

Dove tali formazioni si alternano ai depositi piroclastici di ricaduta, non saldati, incoerenti e più facilmente erodibili, i versanti tendono a formare dei gradoni; questi livelli di tufi incoerenti, posti sotto placche tufacee compatte e fratturate, costituiscono delle zone di debolezza geomorfologica, che favorisce fenomeni di dissesto tipo crolli e ribaltamenti.

I crolli si instaurano quando vi è la mancanza di appoggio alla base di un cuneo roccioso (fig.5) mentre i ribaltamenti quando il cuneo ruota fino a ribaltarsi a valle (fig.6).



Fig. 5 - Frana per crollo

Fig. 6 - Frana per ribaltamento

Spesso le parti tufacee litoidi sono contraddistinte da una fessurazione principale sub verticale, con vario tipo di orientamento, le cui intersezioni danno luogo alla formazione di cunei più o meno instabili in funzione del loro orientamento rispetto al fronte ed alla presenza o meno di ulteriori linee di fessurazione sub orizzontali; tale conformazione dei versanti li rende suscettibili a fenomeni franosi che provocano l'arretramento del fronte tufaceo. Questi dissesti sono favoriti dalla presenza di grotte e cantine e dai fenomeni di erosione al piede della scarpata, specie al contatto tra le vulcaniti e le sottostanti formazioni sedimentarie sia continentali, ghiaioso sabbiose, che

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

marine, sabbiose ed argillose, più antiche.

La geomorfologia del centro storico è quella tipica di uno sperone tufaceo delimitato, su tre lati (nord, ovest e sud) dall'incisione fluviale del torrente Treja, con una quota media del centro abitato intorno ai 170 m s.l.m. Lo sperone si erge sull'ampio fondovalle fluviale, posto ad una quota di circa 90 metri s.l.m. e quindi con un dislivello di circa 80 metri.

Il torrente Treja è il corso principale di tutta l'area e va ad affluire, alcuni chilometri ad est, in riva destra del fiume Tevere, ad una quota intorno ai 35 m s.l.m.

Il bacino imbrifero del torrente Treja e dei suoi affluenti è molto esteso ed ha origine in prossimità dei Monti di Lagsuèllo, prossimi alla caldera del lago di Bracciano, ad una quota di circa 250 m s.l.m.

Il bacino ha una superficie complessiva di 490 km², una forma allungata in direzione ovest - est, con lunghezza di circa 60 km e larghezza media di 30 km e comprende numerosi affluenti quali: il fosso della Mola di Magliano, Cerreto, il rio Magliore, il rio Vicano, il fosso del ponte di Castello, il fosso Valdiano ed altri minori.

Al suo interno ricadono molti centri abitati oltre a quello di Calcata, quali Civita Castellana, Faleria, Mazzano Romano, Nepi, Castel Sant'Elia, Magliano Romano, Monterosi, Caprarola, Ronciglione, Capranica, Sutri e Bassano Romano.

La lunghezza dell'asta del torrente Treja è di 36,2 km e la sua pendenza media dello 0,6%; il 30% del bacino è coperto da bosco, il 15 % da pascolo ed il rimanente è prevalentemente coltivato a seminativo, ad esclusione degli agglomerati urbani. In prossimità del paese di Calcata, il torrente ha un aspetto maturo, meandriforme e riceve le acque del fosso della Selva o Coderano, poco a sud del centro storico; la sua direzione di scorrimento locale è da sud verso nord, lungo una linea di probabile origine tettonica. Il reticolo idrografico del torrente Treja e dei suoi affluenti può essere classificato come dendritico - subparallelo, con locali tratti subangolari, dove la direzione di scorrimento devia bruscamente, come in prossimità di Mazzano, poco a monte di Calcata, da sud ovest - nord est a sud - nord.

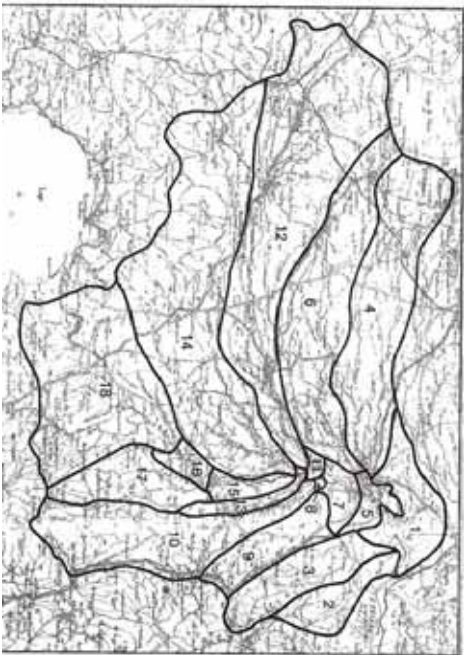


Fig. 8 - Bacino idrogeologico torrente Treja (Ventriglia).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

2.2.2 GEOMORFOLOGIA

La valle del Treja, in questo tratto, ha la tipica forma a U delle forme tufacee di queste zone ed è costituita da un profondo canyon a debole pendenza longitudinale, ben incassato all'interno del pianoro vulcanico circostante, con pareti sub verticali la cui altezza supera diverse decine di metri.

Le caratteristiche di dettaglio della roccia sono descritte nella specifica relazione tecnica, per ora basta mettere in rilievo che il coefficiente di sicurezza della parete agli effetti di un eventuale crollo si approssima per difetto ad 1 e quindi la parete è suscettibile di fenomeni di collasso anche per minime variazioni delle condizioni al contorno.

La morfologia dell'area in oggetto, è caratterizzata dalla presenza del grande torrione roccioso alla sommità del quale vi è un plateau delle dimensioni di 180*80 m² posto mediamente a quota di circa 170 metri s.l.m., collegato al pianoro sovrastante, posto a quota di circa 180 metri s.l.m., da un piccolo istmo.

Tenuto conto che il ciglio si presenta slabiato in più punti, c'è da supporre che anche il plateau presenti al suo interno una serie di incisioni che sono state colmate per effetto antropico.

Tali incisioni veicolano le acque meteoriche all'interno della Rupe in assenza di una accurata impermeabilizzazione delle strade.

2.2.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERICIALE

Il borgo medievale oggi è alimentato, in alternativa all'antico sistema di cisterne, da un acquedotto realizzato alla fine del secolo scorso.

Il paese è sostanzialmente privo di un sistema unitario di raccolta delle acque meteoriche e anche per quelle reflue, non esiste un collettore fognario per il recapito di queste ad un sistema di depurazione, anche la pavimentazione delle strade è in molti casi in cattivo stato.

Allo stato attuale esistono 6 collettori principali, tra loro indipendenti, che raccolgono le acque reflue della maggior parte degli edifici ed in misura minore anche quelle meteoriche e le convogliano ai margini della rupe dove i collettori si interrompono dopo pochi metri di condotta lasciando che le acque ruscellino lungo la scarpata. I collettori si sviluppano lungo i vicoli del borgo seguendo l'andamento piano altimetrico di questi, per convogliare a gravità le acque sino ai margini perimetrali della rupe, dai quali margini si dipartono tubazioni di diversa natura e dimensione (diametri variabili da 100 a 400 mm) aggettanti e/o discendenti per pochi metri lungo le pareti tufacee. In molti casi è evidente che le originarie tubazioni idrauliche (di polivinilcloruro o ghisa) sono state sostituite e/o prolungate con tubi corrugati in PEAD anche del tipo che solitamente viene impiegato per la formazione dei cavideotti degli impianti elettrici. Fa eccezione il solo collettore di recente costruzione, che raccoglie le acque reflue del palazzo baronale e di alcune delle abitazioni limitrofe e le convoglia ai di fuori delle mura medievali sino all'impianto di sollevamento posto sul versante meridionale dell'insediamento ottocentesco.

Inoltre, lungo le pareti del perimetro della rupe sono presenti una ulteriore serie di tubazioni di piccolo diametro, costituenti dei punti di scarico privato suppletivi, afferenti fondamentalmente alle abitazioni che si affacciano direttamente lungo i margini perimetrali della rupe.

Il sistema fognario urbano è limitato solo alla parte centrale del borgo, ove le pendenze ne hanno permesso la costruzione con scavi limitati. Nelle rimanenti zone le acque reflue, in mancanza di impianti di sollevamento, sono state recapitate lungo il ciglio. La creazione dell'acquedotto ha portato ad un notevole aumento dei volumi d'acqua circolanti per effetto delle acque reflue.

Una delle cause primarie dei dissesti è costituita dalla incontrollata circolazione delle acque meteoriche e reflue e questa è legata sia alla collocazione dei collettori che alle perdite lungo il tracciato.

Seminario di Studio del Comune di Calcaia con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCAIA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

2.2.4 EMERGENZE ARCHEOLOGICHE

Tutta la zona del centro medievale e la sottostante vallata del Treja sono sottoposte a vincolo archeologico e paesaggistico. Eventuali emergenze saranno immediatamente segnalate e se del caso, gli scavi dovranno essere eseguiti in presenza di un archeologo.

2.3 CRONOLOGIA DEGLI EVENTI DI DISSESTO

I dissesti delle pendici di Calcaia hanno origini storiche, come rilevabile dagli accumuli di detrito visibili al piede della scarpata, i quali testimoniano una continua dinamicità del versante nel tempo, caratterizzata da eventi parossistici segnati da crolli di notevole quantità di materiale.

2.4 COMPONENTI GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il territorio in esame appartiene al versante orientale dell'apparato vulcanico sabatino ed i terreni affioranti provengono, in gran parte, dall'intensa attività eruttiva pleistocenica (da circa 500.000 anni e oltre).

Sono visibili, come nel caso di Calcaia, affioramenti residuali dell'apparato vulcano poiché, in zona, tali prodotti sia affiorano o si sovrappongono a quelli sabatini.

I prodotti dell'attività sabatina e vicana si estendono per diverse centinaia di chilometri quadrati, con spessori anche notevoli, soprattutto in prossimità dei centri di emissione, appartengono ad un chimismo prevalentemente di tipo tefritico fonolitico e sono caratterizzati da abbondanti colate piroclastiche ed ignimbritiche, a facies diverse, con intercalazioni di lave generalmente leucitiche.

La morfologia del territorio è caratterizzata dal versante orientale dell'apparato sabatino che degrada abbastanza dolcemente verso est, pur movimentato da profonde incisioni fluviali, orientate localmente in direzione nord – sud.

Siamo, quindi, in presenza di un reticolo idrografico esterno alla caldera, di tipo inizialmente radiale centrifugo, poi sub parallelo, che si riparte dalla sommità dell'orlo del cratere e procede, allineandosi localmente verso est, con i versanti delle valli fluviali anche sub verticali, molto incisi, per diverse decine di metri. Il corso d'acqua principale è quello del torrente Treja che delimita il margine occidentale del centro storico di Calcaia.

La scarpata in esame è localizzata circonda quasi l'intero centro storico del paese. Ci troviamo, quindi, lungo il versante destro (orientale) della profonda valle incisa dal torrente Treja, orientata localmente in direzione nord – sud.

La valle ha la tipica forma di queste zone ed è costituita da un profondo canyon dal fondo sub pianeggiante, ben incassato all'interno del pianoro vulcanico circostante, con pareti sub verticali di diverse decine di metri d'altezza. A monte delle scarpate, al contrario, la morfologia è piuttosto tranquilla ed è caratterizzata da un pianoro inclinato che scende dolcemente verso est, con pendenza media intorno al 5 %. Il borgo che delimita la parte alta della scarpata tufacea è localizzato ad una quota di circa 770 metri sul livello del mare.

L'alveo del fosso è molto inciso nella valle alluvionale e sul lato sud è leggermente più vicino alla parete tufacea. Il pendio, partendo dal fondovalle, è costituito da un primo tratto poco acclive ed inciso nelle alluvioni recenti al piede della scarpata, il quale copre parte delle alluvioni grossolane del Tevere, poste alla base della parete.

La parete vera e propria è interessata dall'affioramento dei tufi sabatini e poi da quelli vicani, sui quali poggia il centro abitato.

Le grandi scarpate circostanti presentano fenomeni geomorfologici tipici di questa zona, sia recenti sia passati, quali frane per crollo e ribaltamento di varie dimensioni, con distacchi progressivi di materiale lapideo, in funzione dello stato di fratturazione, nonché di locali fenomeni di erosione concentrata.

Le tipologie di dissesto franoso più frequenti, che hanno interessato e che attualmente interessano i versanti della zona, appartengono alla categoria delle "frane per crollo", le quali si verificano quando i prismi rocciosi vengono a trovarsi privi di sostegno alla base.

Seguono le "frane per ribaltamento", caratterizzate dalla rotazione del materiale intorno ad un punto situato al di sotto del baricentro della massa; in entrambi i casi sono frequenti i rotolamenti a valle dei blocchi lungo il versante.

PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE DI CALCAIA

Seminario di Studio del Comune di Calcaia con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCAIA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

L'accumulo della coltre detritica di frana genera, a lungo termine, una stabilizzazione del versante stesso, che assume una forma convessa, in corrispondenza delle zone di accumulo.

I dissesti sono generati sia per la presenza di particolari piani di fessurazione legati alla messa in posto dell'ammasso tufaceo o, più frequentemente, da fenomeni di tensione lungo i margini degli affioramenti, che generano piani di fenditure parallele al versante.

La vegetazione, specialmente arborea, presente per lunghi tratti alla testa della scarpata, favorisce l'instabilità, sia con il sovraccarico sia con l'azione divaricante degli apparati radicali che tendono ad allargare le fessure di tensione, fino all'innescio di nuovi dissesti franosi. In particolare si riporta, per esempio, l'evoluzione gravitativa di un dissesto franoso sul lato sud est in località Fella-ria, dove si nota che i diversi sistemi di fessurazione tendono a creare dei blocchi tufacei di forma prismatica che possono generare fenomeni di crollo e ribaltamento solo in caso di mancanza di appoggio alla base, per scalzamento dell'ammasso roccioso o in caso di aggetto. Per tali motivi, la cartografia del PAI del Bacino del Tevere segnala che il versante comprende un'ampia porzione di un orlo di scarpata in frana ed una porzione di frana attiva con ribaltamento classificata come R4 (rischio molto elevato – fig.9 Mini Stralcio del PAI.).

Si segnala, inoltre, che la scarpata ed il pianoro sovrastante sono interessati, in alcune porzioni, da un'estesa rete di cantine a più livelli, le quali minano la stabilità globale del centro storico, non solo lungo la scarpata ma anche nel resto dell'abitato.

Lungo la scarpata sottostante il centro storico si rileva, in massima parte, la presenza della III^a colata piroclastica vicana od ignimbrite C (Locardi, 1965), con giacitura sub orizzontale, in facies prettamente tufacea compatta, di colore giallo rossiccio, la quale affiora lungo tutta il versante in esame, con uno spessore variabile, stimato come sempre superiore ai 10 metri (fig.11 e 12).

Sotto la III^a colata piroclastica vicana affiorano i tufi stratificati di Sacrofano, di origine sabatina, composta da una fitta alternanza policroma di livelli piroclastici di caduta, cineritici, con livelli di pomici giallastre, scorie, lapilli e sabbie vulcaniche rimaneggate, ondulazioni e pseudo stratificazioni.

Procedendo verso il basso, affiora una seconda formazione sabatina, anch'essa emessa da più flussi piroclastici (ignimbriti) dal centro di Sacrofano.

Questo litotipo ha un aspetto anch'esso litotico, da massivo a stratificato, con laminazione incrociata, con una matrice cineritica di colore grigio e giallo chiaro, con pomici grigie e nerastre, e numerosi inclusi millimetrici di altri tufi, lave, litici (prevalentemente carbonati ma anche marnosi ed argillosi), frequenti lapilli accrezionari e resti vegetali nella parte bassa basale, inclusi tronchi o loro impronte.

Alla base della sequenza vulcanica vicano-sabatina, affiora, in prossimità del fondovalle, spesso mascherata dalla

PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE DI CALCAIA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

coltre detritica di versante, una formazione prevalentemente conglomeratica, di colore avana chiaro, costituita da clasti prevalentemente calcarei arrotondati, di tipico ambiente fluviale, con una matrice sabbiosa ricca di elementi vulcanici rimanecciati, a testimonianza della deposizione coeva all'attività vulcanica sabatina. Al piede del versante, si rilevano delle diffuse coperture detritiche, formate prevalentemente da blocchi e frammenti più o meno alterati di tufo e suolo, provenienti dalle pareti sub verticali sovrastanti. Sul fondovalle sono presenti depositi di origine alluvionale recenti ed attuali, probabilmente dotati di spessore discreto e di granulometria variabile con prevalenza di limi sabbiosi.



Fig.11 - Stratigrafia da Scarscia Mugnozza ed altri.

- T.R.S.N.V. Tufo Rosso a Scorie Nere Vicano (Ignimbrite IV)
- T.S.V.S. Tufo stratificati varicolori di Sacrofano
- T.G.V.T. Tufo Giallo della Via Tiberina

2.4.1 IDROGEOLOGIA

I terreni vulcanici affioranti hanno, complessivamente, permeabilità variabile da media a medio - bassa, con frequenti variazioni dovute, in massima parte, alla porosità ed al grado di fratturazione. La falda acquifera basale è contenuta nelle vulcaniti sia sabatine sia vicane e nella porzione superiore del substrato sedimentario, permeabile, a matrice ghiaioso sabbiosa, di origine continentale. L'acquifero è sostenuto, in profondità, da un livello impermeabile di notevole potenza, a matrice prevalentemente argillosa, costituito dai terreni sedimentari marini plio pleistocenici. Il deflusso generale della falda acquifera delle vulcaniti è da ovest verso est, cioè dalle zone di ricarica lungo le pendici dell'apparato vicano e sabatino verso la valle del Tevere; in tale direzione le isopieze diminuiscono di quota. Questo andamento generale può essere alterato localmente dalle profonde incisioni fluviali che incidono il plateau vulcanico, come quella del torrente Treja. In questo caso, infatti, i corsi d'acqua sono classificati come "drenanti" la falda acquifera locale e vengono alimentati, oltre che dagli apporti meteorici diretti per ruscellamento, anche dal flusso idrico sotterraneo, che dà

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

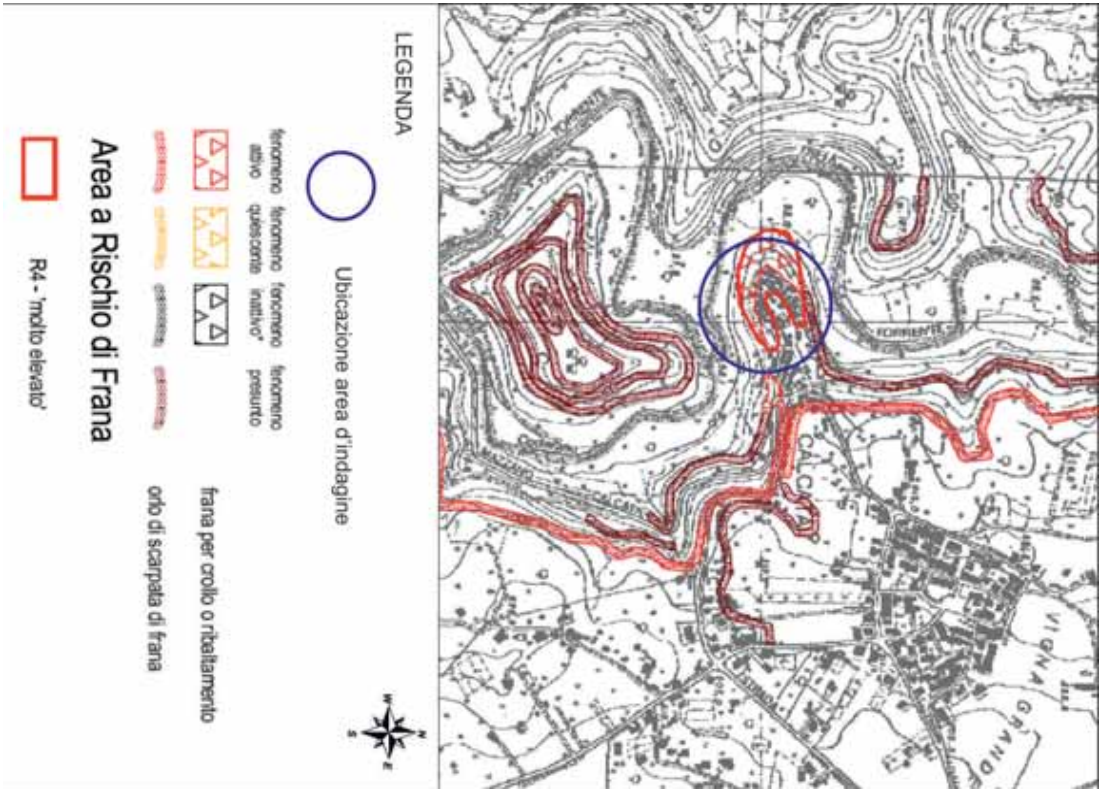


Fig.10 - Stralicio PAI

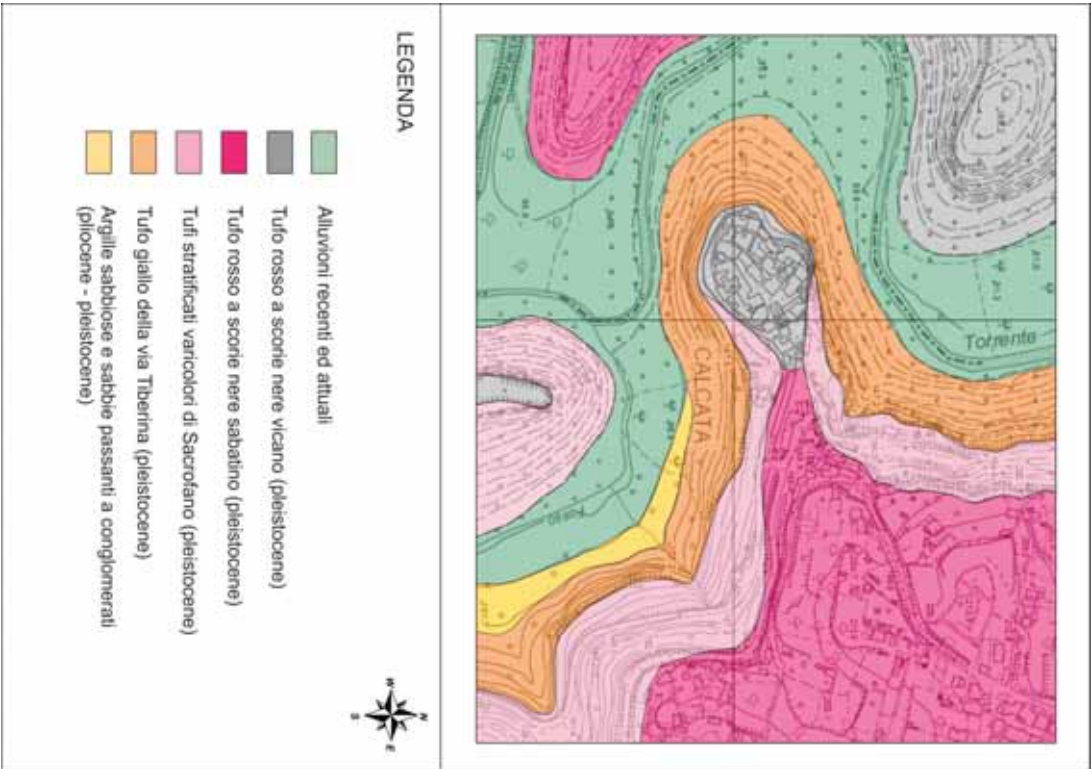


Fig.12 - Carta geologica

luogo a numerose emergenze sorge sia puntuali sia lineari lungo le incisioni fluviali stesse.

A causa di tale situazione, le isopieze, in prossimità dei fossi, tendono ad inflettersi verso monte, come si può vedere nello stralcio della carta idrogeologica regionale allegata in fig.13, dove nel territorio compreso tra Mazzano, Calcata e Faleria le isopieze si inflettono lungo i corsi d'acqua drenanti, rappresentati con le frecce blu, i quali richiamano le acque sotterranee sia da sud che da est ed ovest, con quote variabili tra i 100 – 80 m s.l.m.

Rispetto al centro storico, la quota della falda basale si attesta a circa 90 metri s.l.m., corrispondente, all'incirca, al fondovalle alluvionale.

Il centro storico, essendo delimitato su tre lati dalla forra del torrente Treja, può essere alimentato solo parzialmente dal lembo tufaceo che lo congiunge al resto del plateau vulcanico ad ovest e quindi di fatto si ritiene possa avere una falda acquifera con potenzialità molto ridotte e/o assenti, a causa di questa particolare conformazione geomorfologica - idrogeologica.

Localmente, le formazioni tufacee, ignimbritiche, che interessano il centro di Calcata sono contraddistinte da valori di permeabilità secondari per fratturazione, mentre i depositi tufacei di ricaduta, stratificati, sono dotati principalmente di una permeabilità per porosità come pure il substrato sedimentario, incoerente, dove si passa a valori medio alti.

Per quanto riguarda i dati climatici sono stati considerati quelli del "bacino idrogeologico dei corsi d'acqua alimentati dai monti cimini orientali" (Capelli et. al, 2005), da cui risulta una piovosità annua media di 696 mm.

2.4.2 SISMICITÀ

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Calcata è stato interessato da rari terremoti, con epicentri localizzati prevalentemente lungo la fascia appenninica ed in minor misura nella zona romana.

Il territorio di Calcata è compreso nella zona sismogenetica ZS 42 orientata in direzione nord ovest - sud est, parallelamente alla fascia tirrenica.

In base all'O.P.C.M. n° 3274, ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Lazio (D.G.R. n. 387 del 22/05/2009) è stato classificato in zona 3A.

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo INGV - CPTI04, dove sono evidenziate le intensità sismiche I_s di tutti i principali eventi sismici che hanno colpito la zona, per i quali vengono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro I_0 .

I terremoti che hanno raggiunto l'area con maggiore intensità sismica (I_s 4-5°) furono quelli con epicentro nell'appennino laziale-abruzzese, abbastanza recentemente nel 1994 e 1997 (fig. 14).

Vista la tipica geomorfologia di sperone tufaceo, con pareti subverticali su tre lati, sono da segnalare possibilità di amplificazioni topografiche nel centro storico, ricadente in categoria topografica T2.

2.5 COMPONENTI GEOTECNICHE

Con i dati disponibili in letteratura e con le relazioni tecniche fornite dall'amm.ne comunale è stato effettuato un inquadramento geologico-strutturale dell'ammasso tufaceo, sul quale poggia il centro abitato, mettendo in luce le principali proprietà geotecniche ed il relativo rischio di dissesto.

Il tufo rosso a scorie nere è dotato dei seguenti parametri geomeccanici medi, desunti da indagini di laboratorio (Afim 1997) e da ricerche dell'Università di Roma (Bozzano et al., 2005):

Peso di volume naturale:	$\gamma = 1,5-1,6 \text{ t/m}^3$
Porosità	$n = 45-53 \%$
Resistenza rottura compressione	$q = 167-239 \text{ kg/cm}^2$
Modulo Young	$E = 2039 \text{ Kg/cm}^2$
Coefficiente Poisson	$\nu = 0,24$

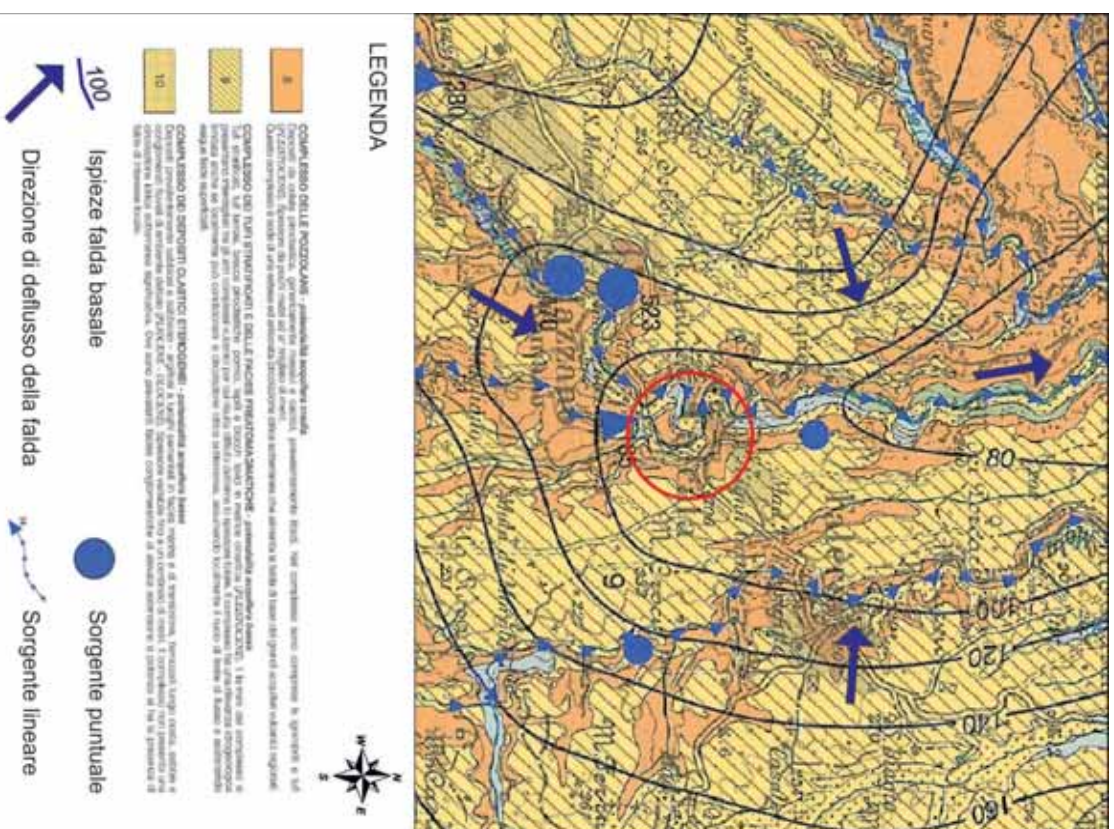


Fig.13 - Carta Idrogeologica Regione Lazio

I tufi stratificati varicolori di Sacrofano sono dotati dei seguenti parametri geomeccanici medi (Bozzano et al., 2005):

Peso di volume naturale:

$$\gamma = 1,1 \text{ t/m}^3$$

Angolo di attrito interno

 $\phi = 30^\circ$

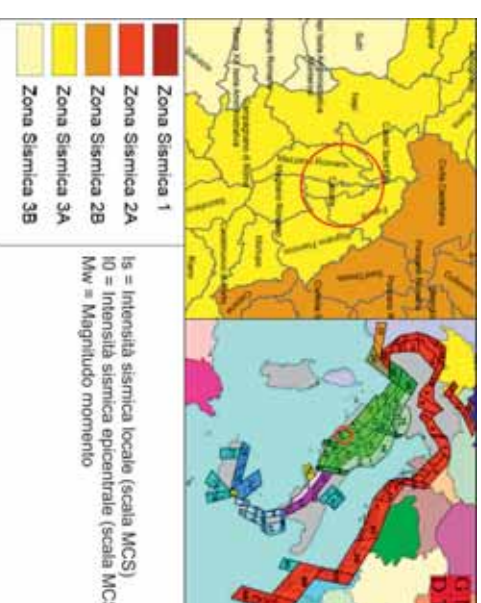
Coesione

$$c' = 0,34 \text{ kg/cm}^2$$

Modulo Young

$$E = 306 \text{ kg/cm}^2$$

Coefficiente Poisson

 $v = 0,17$ [illegible]

14 Classificazione sismica e tabella terremoti Calcata

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S _i
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

Il tufo giallo della via Tiberina è dotati dei seguenti parametri geomeccanici medi (Bozzano e altri, 2005):

Peso di volume naturale: $V = 1,25 \text{ t/m}^3$
Modulo Young $E = 1122 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente Poisson $\nu = 0,22$

I rilievi geologico-strutturali degli studi pregressi indicano tre sistemi di fessurazione principali, con orientamento NO-SE, NE-SO e N-S a giacitura verticale o subverticale; la lunghezza delle fessure è variabile da pochi metri a qualche decina di metri, la spaziatura, in genere, è inferiore alla decina di metri.

La presenza della debole coltre dei tufi stratificati varicolori di Sacrofano sotto il tufo rosso a scorie nere, a sua volta sovrastante la formazione del tufo giallo della via Tiberina, crea, di fatto, un ulteriore elemento di debolezza nel versante.

Il livello piroclastico di ricaduta, infatti, è facilmente erodibile e può favorire i fenomeni di dissesto della parete rocciosa. I dissesti sono favoriti dalla presenza di acqua nei giunti che tende al dilavamento ed all'allargamento delle fessure.

I fenomeni di gelo-disgelo, inoltre, contribuiscono alla fratturazione della roccia, specialmente lungo il versante settentrionale della rupe.

L'acqua, all'interno del centro storico, proviene in gran parte dalle infiltrazioni di acque reflue e meteoriche, dovute allo stato fatiscente o all'assenza stessa della rete fognaria.

Sono tristemente note le dispersioni di liquame lungo le pareti tufacee che accelerano la degradazione del tufo e favoriscono l'innescio dei dissesti, non dimenticando l'azione aggressiva delle acque reflue nei confronti delle malte e delle rocce affioranti.

La falda acquifera principale è segnalata all'incirca alla base del versante, intorno alla quota di 90 m s.l.m., non sono note falde sospese ma si può ipotizzare una circolazione idrica all'interno dei litotipi granulari.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Anche la presenza di piante lungo le scarpate, con l'azione divarcatrice dell'apparato radicale, contribuisce allo sviluppo dei fenomeni gravitativi, pertanto ogni progetto di consolidamento deve prevedere l'eliminazione di tale vegetazione.

Per quanto attiene lo stato fessurativo delle pareti, si riporta la sintesi del rilievo strutturale del centro storico, dove sono indicate le direzioni e le inclinazioni rilevate lungo le scarpate (da Bozzano et altri, 2005) (fig. 15). Da tale studio, si riporta la direzione (strike) ed inclinazione (dip) dei principali sistemi di fessurazione e la loro spaziatura (variabile da 2,5 a 3,5 m) per il tufo rosso a scorie nere (T.R.S.N.V.), con altre proprietà quali JRC (rugosità), JCS (resistenza a compressione delle pareti dei giunti), JV (numero di discontinuità totali per unità di volume), lb (stima dimensioni dei blocchi) (fig.16). Il sistema fessurativo non è limitato alle pareti esterne dello sperone tufaceo ma si propaga anche all'interno, come verificato dai rilievi strutturali all'interno delle cantine. A titolo di esempio, si riporta l'evoluzione gravitativa di un dissesto franoso sul lato sud est del paese, dove si nota (fig. 17) che i diversi sistemi di fessurazione tendono a creare dei blocchi tufacei di forma prismatica (17a) i quali, incuneandosi, esercitano una pressione divarcatrice (17b), fino a provocare il ribaltamento secondario dei blocchi più esterni (17c) (Bozzano et. altri, 2005).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

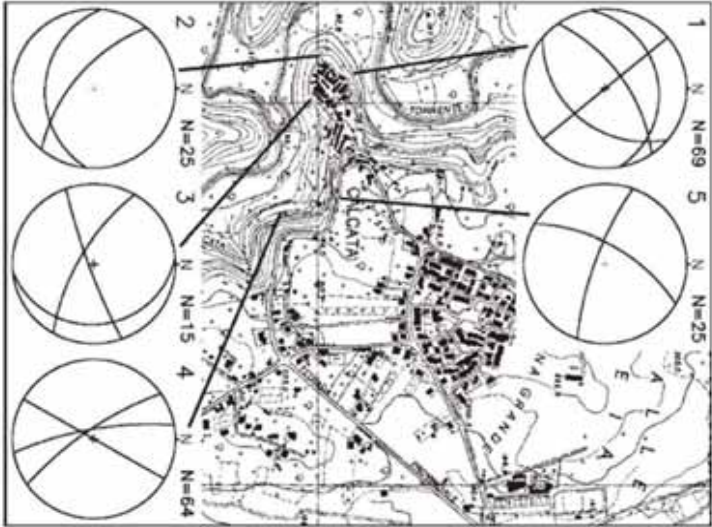


Fig.15 - Sintesi rilievo geologico-strutturale calcata

Giunct. (Strike/R/Dip)	Spaz.	Jv	Ib	JCS	JRC
set a;b:c	set a;b:c (m)	(joint/m ²)	(m)	(MPa)	
CALCATA					
T.R.S.N.V.	76/83;136/60	2.5;3.5	0.3	3.0	33
T.S.V.S.	110/80	x	x	x	x
T.G.V.T.	x	1.5	0.66	1.5	21
CONGL.	x	x	x	x	x

Fig.16 - Tabella geologico-strutturale

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

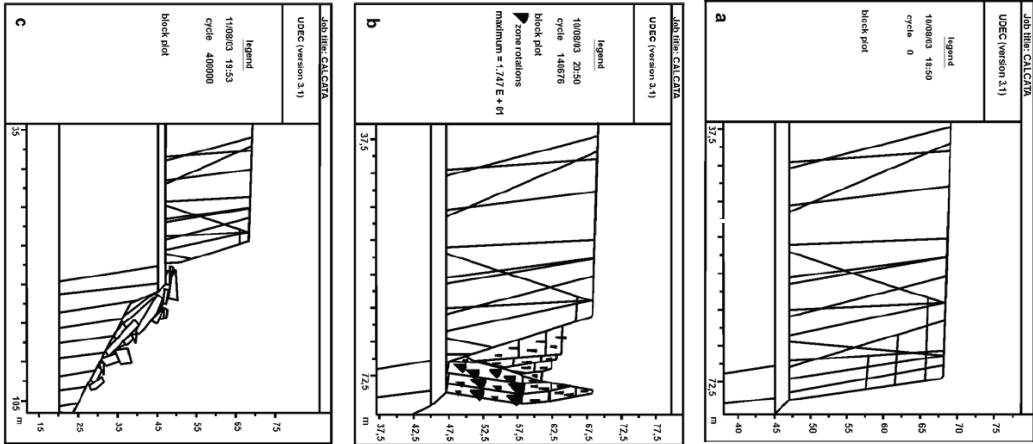


Fig.17 - Analisi evolutiva di stabilit  della rupe Calcata
a=situazione geometrica stato fessurativo
b = schema delle rotazioni dei blocchi
c = evoluzione finale con fenomeni di ribaltamento

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

3. ANALISI DEL FINANZIAMENTO

Il presente Progetto trova copertura finanziaria all'interno del POR FESR Lazio 2014-2020, approvato dalla Commissione Europea in data 13 febbraio 2015 (decisione C-924 del 12/02/2015), Asse 5 "Prevenzione del rischio idrogeologico. Obiettivo Specifico 5.1 "Riduzione del rischio idrogeologico e di erosione costiera", Codice O87 "Misure di adattamento ai cambiamenti climatici, prevenzione e gestione dei rischi connessi al clima, quali erosione, incendi, inondazioni, tempeste e siccità, comprese azioni di sensibilizzazione, protezione civile nonché sistemi e infrastrutture per la gestione delle catastrofi".

4. DESCRIZIONE DELLO SCENARIO DELL'INTERVENTO

4.1 STATO ATTUALE

L'area oggetto degli interventi descritti è ancora oggi soggetta a fenomeni geomorfologici di rilievo, che coinvolgono sia porzioni di parete comprese nelle aree classificate come R4 (carta PAI), sia porzioni di parete classificate "orlo di scarpata di frana presunta".
In alcuni casi, i dissesti riguardano anche le porzioni di parete e di muraglioni già soggette a lavori di consolidamento e protezione, per i quali si evidenzia l'esigenza d'interventi manutentivi e migliorativi.

4.2 CAUSE DEI DISSESTI

Le principali cause dei processi di dissesto che contraddistinguono Calcata, comuni ad altri centri storici del Lazio settentrionale, sono di seguito illustrate.

- Cause geomorfologiche ed idrogeologiche

La morfologia dei luoghi è caratterizzata da elevate pendenze e dalla presenza di una sequenza di terreni di natura vulcanica, poggianti su un substrato sedimentario. Questa situazione caratterizza il versante che risulta formato da materiali dalle caratteristiche meccaniche ed idrauliche diverse.

Una successione stratigrafica come quella descritta, con terreni più consistenti e molto attivi, poggiante su tufo meno addensati e su un substrato sedimentario anch'esso meno consistente, comporta lo sviluppo di fenomeni erosivi più evidenti al piede della scarpata, con il conseguente scalzamento della base del versante, al quale segue il crollo della porzione di roccia sovrastante, oramai in aggetto.

Inoltre, i tufi affioranti sono soggetti a fratturazione dovuta sia al raffreddamento del materiale eruttato sia allo sviluppo di tensioni proprie di pareti dotate di tali pendenze. La presenza di famiglie di frattura tra loro intersecate, nel caso in questione, porta alla formazione di prismi tufacei in grado di distaccarsi dalla parete e di precipitare a valle.

L'instabilità delle pareti tufacee subisce un ulteriore sviluppo dalla presenza di acqua, la quale comporta una serie di azioni sfavorevoli che possono essere così sintetizzate:

1. aumento delle pressioni interstiziali con effetti negativi sulle superfici di scivolamento e di contatto;
2. decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali saturi;
3. alimentazione della vegetazione nociva lungo le pareti e dei relativi apparati radicali;
4. aggressione chimica delle rocce e delle malte eventualmente presenti come legante strutturale, soprattutto legata alla circolazione di acque reflue;
5. sviluppo di crioclastismo con formazione di neofratture ed allargamento di quelle esistenti, disgregazione del materiale saturo;
6. dilavamento ed asportazione della componente fine nelle porzioni di materiale più sciolto.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- Cause dendrologiche
- All'interno delle fratture si possono installare degli apparati radicali in grado di penetrare in profondità ed esercitare, nella crescita, fortissime spinte sulle pareti, tale fenomeno è noto come dendroclastismo.

- Cause dovute alle escursioni termiche
- L'escursione termica diurna e notturna determina variazioni locali di dimensioni, legate alla resistenza ed alla capacità termica del materiale tanto maggiore quanto più evidente è questa differenza, (termoclastismo).

- Sull'intera torre tufacea ed in special modo la parte Nord, le temperature invernali possono scendere sotto 0°C, con ulteriori fenomeni di crioclastismo per la presenza di acqua che dà luogo a formazioni di ghiaccio nelle fessure beanti. La probabilità di crolli è, infatti, maggiore in condizioni estreme in pieno inverno
- Cause antropiche

- Tali cause, nello specifico, sono costituite dal mancato controllo delle acque meteoriche e reflue. Le prime non incanalate possono portare, come già accennato, ad aumenti delle pressioni interstiziali all'interno del masso tufaceo; le seconde, che nel caso specifico sversano anche lungo il perimetro, direttamente in parete, contribuendo da una parte all'alimentazione della vegetazione arborea ed arbustiva che si è installata, in particolare nella zona Est e Nord della rupe. Tali fenomeni sono esaltati dalle variazioni di temperatura e dagli eventi piovosi. Le cause, sopra descritte, sono generalmente concomitanti e complementari; trascurare una di esse potrebbe limitare e/o condizionare l'efficacia d'interventi eventualmente attuati per la risoluzione delle altre cause, senza quindi risolvere in modo esauritivo i fenomeni di dissesto.

I dissesti si manifestano come crolli improvvisi della parete rocciosa e sono evidenziati dalla presenza di grandi blocchi lungo la pendice, alcuni dei quali rotolati sino all'attuale alveo del torrente Treja.



Fig. 1 - Esempio di dendroclastismo, foto al piede della parete, 2015.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

4.3 FILOSOFIA DI INTERVENTO

Gli interventi di consolidamento dei dissesti previsti sono finalizzati all'eliminazione delle cause presenti e potenziali del fenomeno rappresentate dal pericolo di crollo delle pareti (deficienza meccanica delle rocce, presenza delle acque di circolazione, sia meteoriche). La tipologia d'intervento è quella, ormai canonica, messa a punto sulla base delle esperienze in interventi di consolidamento, realizzati e completati con successo negli ultimi trent'anni, in situazioni simili, a salvaguardia di altri centri storici, quali ad esempio Orvieto, Orte, Ronciglione, località che sono caratterizzate da condizioni geologiche e morfologiche equivalenti, nonché sulla precedente esperienza di Calcata

Essi sono quindi articolati nei:

- A- Completamento degli interventi di consolidamento della parete perimetrale nella parte Nord della Rupe
- B – Eliminazione delle acque di infiltrazione all'interno della Rupe, fondamentalmente costituite dalle acque di origine reflua che non solo sono nel rapporto 2/1 rispetto a quelle hanno meteoriche ma hanno anche la caratteristica di essere diffuse in tutto l'arco dell'anno. La presenza dell'acqua costituisce infatti l'elemento alla base dei dissesti agendo in due diverse modalità in quanto:
 - 22a seguito delle pressioni interstiziali causa un aumento delle sollecitazioni all'interno della roccia che superano i limiti di resistenza del materiale e portano all'instaurarsi dei fenomeni di crollo;
 - 22b inoltre, l'alimentazione idrica favorisce la crescita della vegetazione parassita, vegetazione che con il sistema radicale determina il dendroclastismo, altra di causa fondamentale del dissesto presente.

5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1 GENERALITÀ

Criteri di consolidamento e sistemazione idrogeologica

Gli interventi di consolidamento e sistemazione idrogeologica sono finalizzati:

- al consolidamento e la messa in sicurezza delle pareti nella parte Nord per il tratto residuale rispetto ai lavori già attuati nel 1998-2000, intervenendo sia nella fascia superiore sia nella fascia al piede della rupe; all'eliminazione delle cause ed alla limitazione degli effetti conseguenti, attraverso il contenimento, per quanto possibile, dei fenomeni di circolazione idrica all'interno del masso tufaceo;
- all'eliminazione delle cause ed alla limitazione degli effetti conseguenti, attraverso il contenimento, per quanto possibile, dei fenomeni di circolazione idrica all'interno del masso tufaceo;

5.2 OPERE DI CONSOLIDAMENTO PARETE NORD 5.2.1 Generalità

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Fig. 14 - Parete nord zona d'intervento, foto archivio British School anno 1960.

Dal confronto tra le fotografie è evidente l'aumento della vegetazione in parete in conseguenza del maggior afflusso idrico dovuta alla costruzione negli anni della fine del secolo scorso dell'acquedotto.



Fig. 15 - Parete nord zona d'intervento, foto 2016.



Fig. 16 - Parete nord zona d'intervento, foto 2002.

Si ritiene che la soluzione più idonea sia quella di proseguire nella tipologia d'intervento già adottata con successo lungo la rupe. Di conseguenza, s'interverrà al piede con un sistema di ancoraggi attivi profondi ed un sistema di ancoraggi passivi profondi in testa lungo il ciglio della Rupe, prevedendo nella zona intermedia, ove la presenza di fratture lo renda necessario, un consolidamento corticale con un reticolo di chiodature.

Il sistema di ancoraggi attivi è dimensionato in modo da ottenere un controllo delle deformazioni reciproche tra gli elementi colomari ed una parziale ricompressione del tufo alla base delle colonne, in tal modo la stabilità del complesso risulta meno condizionata dalla differenza di modulo elastico tra la formazione tufacea T.R.S.N.V. e la sottostante formazione tufacea T.S.V.S., di qualità meccaniche più scadenti (m 25).

Il sistema di ancoraggi passivi in testa al ciglio impedisce che i blocchi perimetrali della formazione tufacea T.R.S.N.V. siano soggetti a possibili fenomeni localizzati di ribaltamento, per cui la loro lunghezza sarà decrescente dall'alto verso il basso e comunque funzione di una verifica locale delle dimensioni delle colonne.

Nella zona intermedia, si procederà all'esecuzione di un reticolo di chiodature orientate, la cui lunghezza sarà funzione delle caratteristiche locali (sistema di fratture) del volume su cui s'interviene e dell'ordine massimo di m 5-8, in modo da impedire che il sistema di fessure presenti si possa propagare.

La finalità è quella di ricostituire la continuità longitudinale delle colonne verticali. La cementazione dei chiodi avrà un ulteriore benefico effetto poiché la diffusione della botaccia di cemento porterà ad una cementazione dei sistemi di frattura presenti, incrementando la resistenza complessiva della parete.

Per impedire che si formino, alle spalle delle zone cementate, falde pensili e quindi pericolosi aumenti delle pressioni interstiziali potrà essere predisposto anche un sistema di dreni sub verticali a tre livelli di lunghezza, tale da superare la zona corticale cementata.

Il sistema complessivamente comporta un significativo aumento del coefficiente di sicurezza della co-

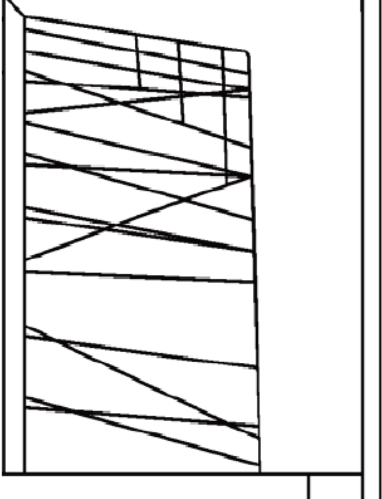


Fig. 17 - Schema dei sistemi di fratturazione in parete.



Fig. 18 - Schema degli ancoraggi in parete.

lonna tufacea sia a ribaltamento sia a scorrimento.

Tali interventi verranno integrati dalla manutenzione straordinaria, previo loro controllo statico, delle opere di consolidamento della parete tufacea già realizzate nel periodo tra gli anni 1998-1999, fondamentalmente costituita dall'eliminazione delle essenze vegetali presenti in parete, che dovranno essere devitalizzate e successivamente eliminate.

5.2.2 Dettagli Esecutivi

Si prevedono due distinte fasi: una fase iniziale d'indagine e preparazione dei luoghi, in modo da intervenire successivamente in condizioni di massima sicurezza ed una successiva fase di esecuzione degli stessi.

Fase iniziale:

1. Riconoscizione e rilievi; Si prevede di eseguire la ricognizione con due diverse tecniche. Dapprima verrà preparata la base per un rilievo di dettaglio Laser Scanner, in modo da ottenere una restituzione definita della parete, completata da un'indagine geostutturale con l'impiego di maestranze specializzate (geologi rocciatori) in modo da acquisire i dati geometrici necessari a caratterizzare l'ammasso roccioso sia dal punto di vista geostutturale che meccanico.
2. Operazioni di disinquinamento e devitalizzazione piante. Le parti di parete rocciosa oggi parzialmente ricoperte dalla vegetazione, verranno trattate come di seguito descritto. Previo taglio della vegetazione alla base, si procederà alla devitalizzazione delle radici con prodotti biodegradabili, iniettabili a pressione ridotta; dopo 10/20 giorni, verificato il disseccamento/devitalizzazione dell'essenza



Fig. 19 - Schema ancoraggi passivi intesta al ciglio.

Fig. 20 - Schema ancoraggi attivi alla base della parete.

infestante, si procederà all'estirpazione degli apparati radicali. Il tutto verrà eseguito in parete con l'ausilio di personale specializzato (rocciatori) sulla base delle direttive del Regolamento Regionale Lazio 18 aprile 2005.

L'operazione va estesa a tutto il perimetro anche alle zone consolidate dove è presente una nuova abbondante vegetazione

3. Posa in opera reti di protezione

In fase transitoria, per garantire la sicurezza delle maestranze verranno poste in opera delle reti in modo da evitare che in caso di distacchi e caduta di elementi lapidei o vegetali si possano verificare incidenti.

Fase successiva:

4. Disgaggio elementi pericolanti

Il disgaggio degli elementi lapidei in equilibrio precario, identificati dalla ricognizione, sarà eseguito con l'ausilio di leve, attrezzature idrauliche o l'utilizzo di malte espansive.

Il tutto sarà funzione dei volumi unitari da abbattere e sarà eseguito in parete con l'ausilio di personale specializzato (rocciatori), curando che durante queste operazioni sia inibito l'accesso alle zone interessate sia in parete sia lungo il pendio sino all'alveo del fiume Treja.

5. Ancoraggi attivi

Gli ancoraggi attivi, da eseguire al piede della rupe, saranno del tipo definitivo con barre di tipo dywidag a doppia protezione. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno singolarmente una capacità tensionale di ton 15, la forza di tesaggio sarà limitata ai 2/3 in modo da limitare il carico unitario localizzate.

6. Ancoraggi passivi

Gli ancoraggi passivi, da eseguire al ciglio della rupe, saranno del tipo definitivo o gemy a doppia protezione, tenuto conto che eventuali perdite del sistema fognante. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno una capacità tensionale globale di ton 10, ma la forza di tesaggio sarà limitata ai 1/3 per garantirne la completa connessione.

7. Chiodature

Le chiodature, da eseguire lungo la parete, saranno del tipo definitivo a trefole ed a doppia protezione, tenuto conto che eventuali perdite del sistema fognante della rupe, giungeranno per percolazione attraverso le fratture dei tufi sino alla zona di ancoraggio. Gli ancoraggi saranno perforati a rotazione od a rotoperussione ed avranno singolarmente una capacità tensionale di ton 15, la forza di tesaggio sarà limitata ai 2/3 in modo da limitare il carico unitario localizzate.

8. Dettagli copertura teste

Le teste dei tiranti attivi, dei tiranti passivi e delle chiodature saranno realizzate previo scavo di una nicchia profonda almeno cm 25 e, successivamente alle operazioni di tensionamento, tale nicchia verrà chiusa con una muratura in scaglie di materiale tufaceo, predisposto in maniera tale da ricalcare l'andamento della parete ed ottenere un aspetto identico alla parete circostante.

9. Sigillatura delle lesioni e delle fratture

Le lesioni, previa scarifica ove necessaria un'opera di rettificazione, saranno sigillate con una malta di calce ed inerte derivato dalla demolizione dei tufi locali nel caso di piccole lesioni (2-5 mm), nel caso di lesioni di dimensioni maggiori con una muratura in piccole scaglie di materiale tufaceo predisposto in maniera tale da ricalcare l'andamento della parete.

Mentre le notizie di carattere geologico, geotecnico e idrologico oggi disponibili dopo gli studi preliminari sono ampiamente sufficienti all'elaborazione del Progetto, le indagini complementari necessarie vengono descritte nel competente capitolo e serviranno a calibrare nel dettaglio il Progetto Definitivo, esse riguardano un esame di dettaglio delle pareti e, soprattutto, un censimento definitivo delle cavità presenti lungo il perimetro ed un censimento degli scarichi privati afferenti al ciglio della rupe.

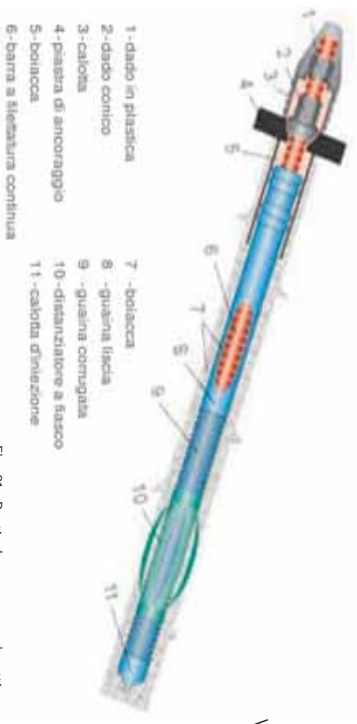


Fig. 21 - Particolare ancoraggio attivo.

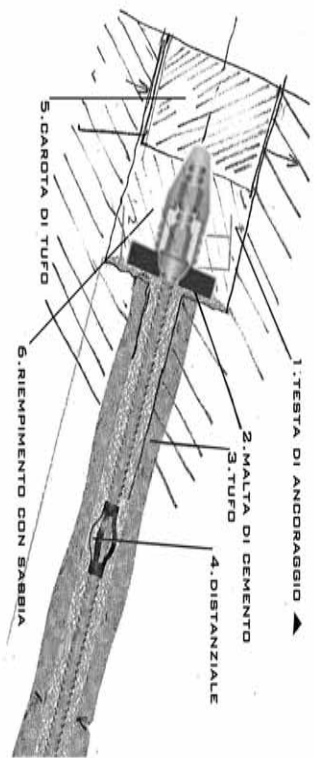


Fig. 22 - Particolare testa ancoraggio.

5.2.2.1 Ancoraggi

Poiché non è possibile accedere al piede della parete in sicurezza per la possibile presenza su di essa di elementi lapidei pericolanti, di cui data l'altezza della parete è difficoltoso e pericoloso il disaggio da valle, è stato studiata una soluzione idonea, prevedendo la preventiva posa in opera di una rete paramassi che metta in sicurezza provvisoriamente la parete. La parete infatti in tal modo è da considerarsi sufficiente stabile in questa fase.

I lavori verranno eseguiti procedendo dall'alto verso il basso e discendendo la parete si opereranno i piccoli disaggi necessari. In particolar modo si interverrà:

con dei rocciatori specializzati muniti di piccole attrezzature di perforazione come già precedentemente eseguito. In funzione di questa necessità operativa si è optato per un consolidamento realizzato con degli ancoraggi armati con barre del diametro 26,5 mm in acciaio tipo dywidag 950/1050; tali barre possono essere messe in opera da parte di una squadra di rocciatori specializzati. Grazie alle loro caratteristiche costruttive, è possibile lavorare con relativa semplicità. Infatti le barre sono a flettitura continua il che consente che la lunghezza finale dell'ancoraggio si ottenga collegando tra di loro degli elementi di lunghezza modulare da 3m e 6m di peso limitato di cui è possibile la movimentazione in parete. Inoltre l'utilizzo di una barra di grosso diametro permette di resistere in modo più rigido ad eventuali azioni di taglio che dovessero sorgere per la presenza di fratture nella roccia parallele alla fronte del crollo.

Per la costruzione di questi tiranti è prevista la perforazione di un foro di diametro non superiore ad 80 mm, la posa in opera delle barre e la successiva iniezione del tratto attivo con boiacca di cemento reoplastico espansivo con resistenza a compressione a 28 gg non inferiore a 80 N/mm². Agli ancoraggi sarà quindi applicata una testatura a 10 ton pari ad 1/5 del carico di lavoro ammissibile, per garantire l'aderenza dell'ancoraggio alla parete tramite la sua piastra senza sollecitare eccessivamente il tufo a compressione.

La presenza della flettatura garantisce l'aderenza necessaria per la trasmissione del carico. Inoltre le teste delle barre sono previste del tipo zincato e possono successivamente essere adoperate per ancorare alla parete il muro di rivestimento all'atto della sua ricostruzione.

La maglia degli ancoraggi, che verrà eseguita nella zona dove la formazione è francamente lapidea, senza lesioni verticali e già dotata di un adeguato coefficiente di sicurezza, sarà realizzata a quinconce con spaziatura di 3,00 m * 3,00 m con la lunghezza totale ancoraggi che è variabile secondo la posizione in parete tra i 10,00 m ed i 18,00 m. Gli ancoraggi saranno inclinati di 30° sull'orizzonte.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

5.3 DETTAGLI OPERATIVI

5.3.1 Opere di sistemazione idrogeologica

Le acque presenti sono sia di origine meteorica e reflua e la loro l'eliminazione rappresenta la priorità nei lavori di risanamento; per ragioni di semplicità queste opere sono descritte come "sistemazione idrogeologica".

Le opere sono costituite da una galleria drenante anulare costruita all'interno dell'ammasso tufaceo, alla quota di circa 160 metri s.l.m., Un ulteriore sistema di dreni radiali, spiccati dalla calotta della galleria, permette di ampliare a tutta la fascia perimetrale le opere drenanti, in modo captare la maggior parte delle acque di circolazione all'interno del masso tufaceo.

Fig. 2 - Censimento scarichi urbani anno 1995

Stato di fatto e valutazione dell'apporto idrico: all'interno dell'ammasso tufaceo non esiste un livello di falda definito ed il tufo corticale è da considerarsi un elemento estremamente permeabile, a causa della presenza di fratture; per contro sono possibili piccole falde pensili a causa di strati impermeabili, sub orizzontali, che possono convogliare le acque di percolazione presenti in zone ben definite delle pareti; qui esse fuoriescono favorendo sia i fenomeni di dissesto, che si evidenziano sulle pareti, sia la crescita della vegetazione.

Il borgo medievale di Calcata ha un'estensione areale pari a circa 1,3 ha ed è occupato per il 90% da edifici e per

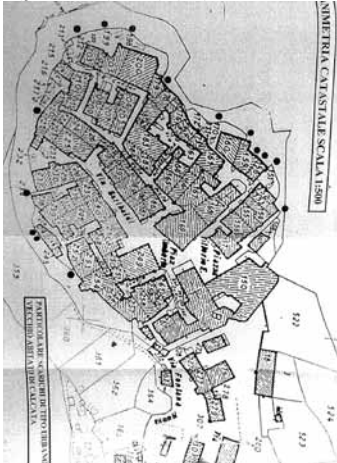


Fig. 3 - Censimento scarichi urbani anno 2015.



il 10% circa dalle strade e dalle piazze. Le strade urbane, la cui pavimentazione è in molti casi ammalorata, dispongono solo di un limitato numero di caditoie e ad esse recapitano normalmente anche le grondaie dei tetti. Quota parte di queste acque ruscellano lungo le strade e sono recapitate naturalmente tramite dei doccioni sulle pareti ai termine delle stesse, il rimanente s'infiltra nel masso, per una portata complessiva stimabile in circa 90 l/s. Sulla base dei documenti disponibili e dei sopralluoghi eseguiti oltre ai 6 scarichi afferenti ai collettori comunali,

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Fig. 4 - Schema collettori fognari comunali, anno 2015.



che sono fondamentalmente collettori di acque reflue, si è avuto modo di censire circa altre 60 tubazioni aventi diametri compresi tra 100 e 150 mm, quasi sempre riconducibili a singole unità abitative. Sia i collettori comunali che quelli privati discendono solo per pochi metri dal ciglio di sommità della rupe e poi scaricano liberamente. Concludendo, poiché le strade urbane dispongono solo di un limitato numero di caditoie ed ad esse recapitano normalmente le grondaie dei tetti delle abitazioni e la loro pavimentazione è in molti casi pervia, quasi tutte le acque reflue e meteoriche presenti nel centro storico s'infiltrano per gravità nel masso tufaceo o scorrono lungo la parete.

Questa continua diffusa percolazione ed infiltrazione delle acque reflue alimenta e favorisce il mantenimento di falde pensili, l'aumento delle pressioni interstiziali con pericolo di innescio di crolli e, soprattutto, lo sviluppo della vegetazione a discapito dell'integrità e stabilità della formazione tufacea.

5.3.2 INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA

Le opere sono costituite da una galleria drenante principale di circa 8 metri quadrati di sezione, dimensioni che permettono anche la realizzazione dalla serie di ventagli di dreni subverticali sviluppati dalla calotta della stessa galleria per la captazione delle acque in circolazione.

La lunghezza e la spaziatura dei dreni permette di interessare un volume di circa 120.000 m³, che corrisponde al 60 % del volume complessivo della rupe, ossia l'intera fascia perimetrale soggetta a possibili rischi di crollo.

Tali drenaggi saranno collegati all'interno della galleria ad una condotta del diametro di 250 mm e recapiteranno le acque al fiume Tregia.

Per quanto attiene le acque reflue, il progetto prevede di creare una serie dei pozzi di caduta di piccolo diametro (da 100 mm a 250 mm) all'interno della rupe, localizzandoli nei punti più opportuni dell'abitato. Tramite questi pozzi sarà possibile portare nella galleria principale le discenderie dei condotti fognari realizzati con tubazioni in PEAD, il cui diametro può essere, in base ai calcoli, minore od eguale a 100 mm nel caso delle singole unità abitative mentre aumenterà a 200 mm nel caso delle 6 discenderie principali. I pozzi di caduta saranno costituiti da un tombino iniziale di dimensioni sufficienti per realizzare i fori di collegamento tra il pozzo di caduta e le cantine delle case nelle quali i privati dovranno predisporre i loro allacci.

Il cunicolo principale anulare, realizzato con una pendenza tra il 0,5% e 1%, conterrà al suo interno una condotta fognaria del diametro 500 mm, ampiamente sufficiente per le portate e le pendenze previste, realizzata con tubazioni in PEAD, che recapiterà le sole acque reflue sino all'impianto di sollevamento.

Per evitare intasamenti delle colonne di calata e del collettore anulare, in testa ed al piede le calate saranno dotate di pozzetti sifonati ispezionabili prima dell'immissione in condotta. Il pozzetto di valle sarà realizzato con un tubo in PEAD di grosso diametro (almeno 600 mm) profondo 1,50 m in modo da assicurare la presenza di un idoneo cuscinio d'acqua in grado di dissipare l'energia cinetica associata al salto idraulico delle acque reflue convogliate dalla calata verticale.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Verranno utilizzate tubazioni in PEAD, materiale plastico che oltre ad avere un'ottima resistenza agli agenti chimico-fisici presenta un indice di scabrezza minimo ed è molto versatile per leggerezza e modalità di posa in opera ed assemblaggio. Tale prodotto potendo utilizzare per le giunzioni la termosaldatura consente di ottenere una condotta priva di giunti e completamente impermeabile. La differenziazione delle due condotte adibite rispettivamente alle acque d'infiltrazione ed alle acque reflue, permette di limitare alle sole acque reflue quelle da sollevare e portare al successivo trattamento previsto nell'impianto di depurazione. L'aerazione della galleria è assicurata dalla presenza del doppio imbocco e dalla leggera pendenza che consente una ventilazione naturale nonché dalla predisposizione di una serie di 6 camini distribuiti lungo il tracciato.

La galleria sarà perforata con l'utilizzo di frese puntuali di piccole dimensioni mentre i pozzi verticali saranno perforati a rotazione od a rotopercussione, il livello di vibrazioni sarà pertanto nullo od estremamente limitato. Pro-pedeutica alla realizzazione dei pozzi di maggiore diametro, sarà l'esecuzione di una paratia perimetrale in micropali armati, collegati in testa da una trave in cemento armato con il doppio scopo di realizzare una cutturala perimetrale del tufo, consolidando il perimetro in modo da evitare la trasmissione di eventuali improbabili vibrazioni alla strutture perimetrali. Le tecnologie previste per lo scavo dei pozzi saranno del tipo "vibration free" – perforazioni a rotazione, uso di malte espansive etc.

La messa in opera nelle perforazioni verticali di tubi estraibili ne permette inoltre la manutenzione e ripristino in caso di occlusione delle condotte.

I drenaggi dall'interno della galleria saranno realizzati con perforazione a rotazione od a rotopercussione del diametro di mm 80 armati con un tubo microfessurato in materiale plastico del diam 60 mm rivestito di tessuto non tessuto. Poiché le acque così drenate sono nel 95% già naturalmente filtrate non è necessario portarle all'impianto di depurazione; le acque saranno pertanto derivate in una condotta più piccola e recapitate al fiume Treja.

Tale soluzione in sotterraneo e/o interrata, dal punto di vista dell'impatto ambientale, risolve definitivamente il problema della presenza di tubazioni fognarie lungo la rupe, che tanto danno arrecano alla bellezza dei luoghi.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

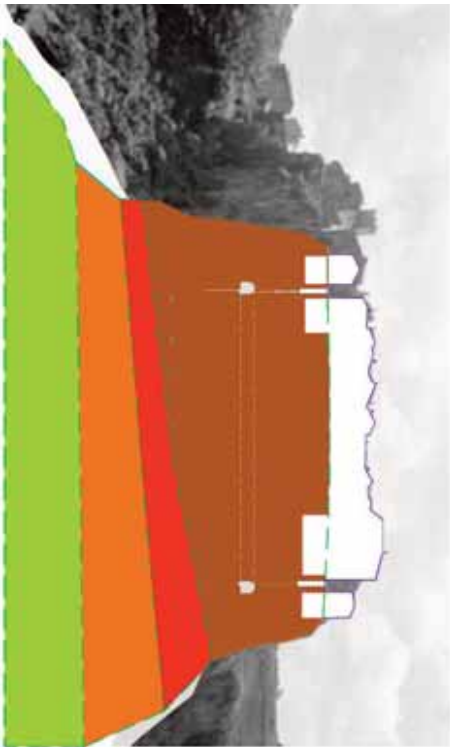


Fig. 6 - Sezione galleria tra i pozzi n.3 e n.9.

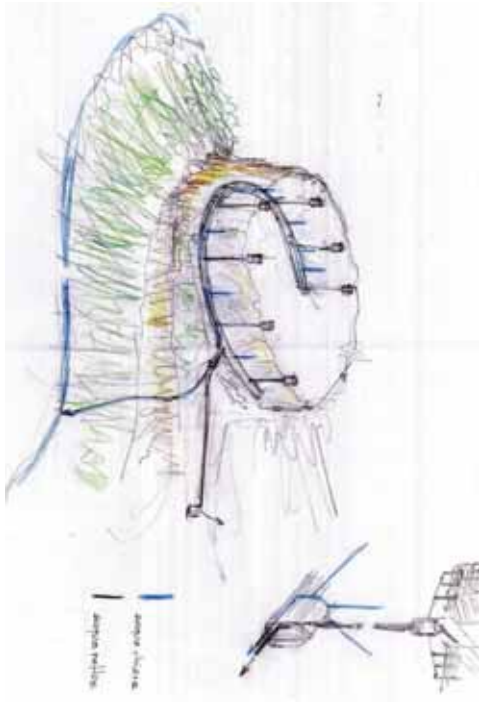


Fig. 7 - Bozza della visione prospettica galleria drenante

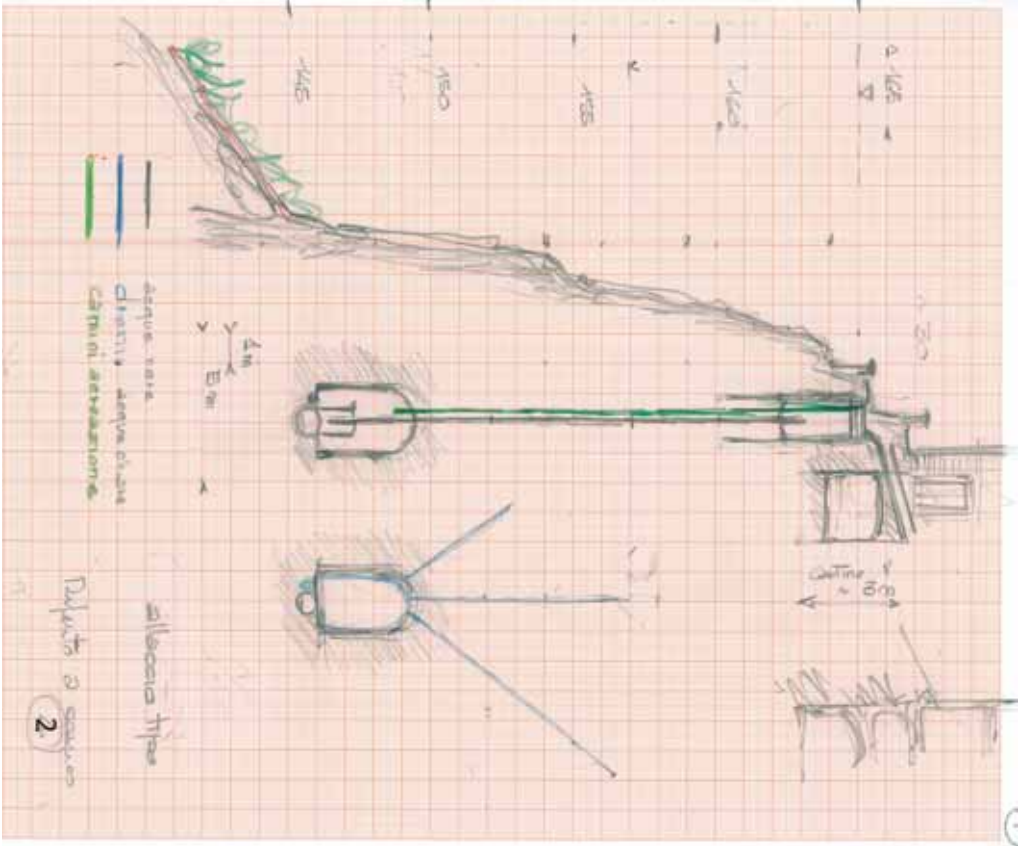


Fig. 8 - Sezione galleria in corrispondenza del pozzo n.3.

6. ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ PAESAGGISTICA ED AMBIENTALE

Il progetto riguarda l'esecuzione di opere che non alterano l'aspetto attuale dei luoghi, anzi inducono un indubbio miglioramento della situazione sia dal punto di vista ambientale che igienico sanitario.

Le soluzioni adottate, infatti, permettono di ottenere un impatto nullo sulla scarpata, per quanto attiene la messa in opera di chiodature e tiranti, debitamente ricoperti con lo stesso materiale tufaceo che costituisce la parete. L'aspetto più evidente del miglioramento della situazione attuale è il frutto dell'eliminazione di tutte le tubazioni di scarico che oggi deturpano il paesaggio urbano del centro storico di Calcata.

A questo insindacabile vantaggio estetico, si aggiunge il notevole impatto igienico sanitario, dovuto alla raccolta delle acque reflue che non andranno più ad inquinare il versante e ad intaccare la roccia in posto.



Fig.1 - Scarichi in parete.

Il progetto riguarda l'esecuzione di opere che non alterano l'aspetto attuale dei luoghi, anzi inducono un indubbio miglioramento della situazione sia dal punto di vista ambientale che igienico sanitario.

Le soluzioni adottate, infatti, permettono di ottenere un impatto nullo sulla scarpata, per quanto attiene la messa in opera di chiodature e tiranti, debitamente ricoperti con lo stesso materiale tufaceo che costituisce la parete. L'aspetto più evidente del miglioramento della situazione attuale è il frutto dell'eliminazione di tutte le tubazioni di scarico che oggi deturpano il paesaggio urbano del centro storico di Calcata.

A questo insindacabile vantaggio estetico, si aggiunge il notevole impatto igienico sanitario, dovuto alla raccolta delle acque reflue che non andranno più ad inquinare il versante e ad intaccare la roccia in posto.

Le opere rispettano tutti i vincoli urbanistici previsti nel P.R.G. del Comune di Calcata sia nel caso degli interventi sulla scarpata che di quello riguardante gli impianti fognari.

Le opere previste in parete sono finalizzate alla loro messa in sicurezza e consistono in interventi di consolidamento statico e ripristino delle zone ammantate o dissestate, rispettandone le caratteristiche naturali preesistenti. Tali opere non alterano, quindi, la componente estetica dell'abitato in quanto realizzate con tecniche consolidate di restauro, che non determinano modifiche dell'aspetto originario dei luoghi. Il consolidamento, anzi, permette una maggiore fruibilità da parte della popolazione del centro storico stesso e della valle sottostante.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Si rammenta che il borgo e la valle sottostante sono compresi all'interno del Parco della Valle del Treja, a testimonianza del valore ambientale e paesaggistico dei luoghi (fig.2).
Gli interventi sulle reti fognarie sono per la loro totalità in sotterraneo e le metodologie previste sono da considerare tra le migliori disponibili nell'attuale stato dell'arte.

fig.2 - Carta del Parco.



In conclusione, la soluzione in sotterraneo e/o interrata progettuale proposta presenta una serie di vantaggi che contemplano innanzi tutto la messa in sicurezza dei luoghi come primo obiettivo e poi, in aggiunta, l'eliminazione di una serie di scarichi in parete che rappresentano, per Calcata, una vera e propria ferita all'interno di un ambiente affascinante ed incontaminato.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

7. CRONOGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Il progetto è organizzato in linee di intervento, a sua volta organizzate in attività, che prevedono, nel caso più semplice, una linea di intervento costituita da una singola attività, nel caso più complesso, una linea di intervento costituita da molteplici attività, ciascuna delle quali potrebbe essere suddivisa a sua volta in più sotto-attività, che vengono riportate nell'elenco delle linee di intervento del successivo Progetto Definitivo ed Esecutivo.

L100 - Indagini

L100_AT01 - Indagini per affinamento progetto esecutivo

L101 - Progettazione esecutiva

L101_AT03 - Progetto esecutivo

L101_AT04 - Approvazione

L101_AT05 - Gara ed assegnazione

L102 - Lavori

L102_AT01 - Galleria drenante

L102_AT02 - Consolidamento parete nord

Al fine della valutazione della sequenza temporale delle varie attività progettuali, sulla base delle linee di intervento individuate, viene riportato il possibile Cronoprogramma.

C R O N O P R O G R A M M A																											
	mesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
L100 INDAGINI																											
L100_AT01Indagini preliminari																											
L101 PROGETTAZIONE																											
L101_AT01Progetto definitivo																											
L101_AT04approvazioni																											
L101_AT03progetto esecutivo																											
L101_AT04gara ed assegnazione																											
L102 LAVORI																											
L102_AT01Galleria drenante																											
L102_AT02consolidamento parete nord																											

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

8 COMPONENTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE

Il centro storico di Calcata si affaccia sulla Valle del Treja senza arroganza ma completando il magnifico paesaggio della forra lussureggiante di vegetazione, con il profilo delle sue antiche case abbracciate con tenacia alla roccia. Queste ultime sono costruite con lo stesso tufo dello sperone roccioso sul quale poggiano e arricchiscono armo-



niosamente uno spettacolo primigenio, laddove l'opera umana, per una rara volta, non ha deturpato lo scenario naturale ma lo ha integrato ed arricchito con la sua genialità.

La valle del fiume Treja, già sede del parco naturale omonimo si presenta, quindi, come un luogo selvaggio e antico, ricco di testimonianze di un passato remoto di civiltà e lavoro.

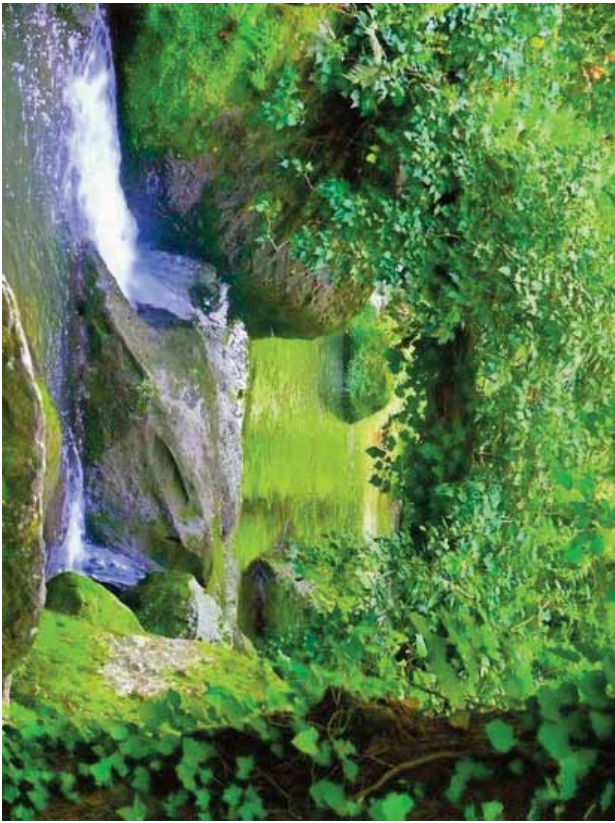
Già prima dei romani la zona di Calcata era luogo di importanti insediamenti, data l'abbondanza di acqua e la par-



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

ticolare conformazione della valle che permetteva di difendere gli abitati e di renderli poco visibili dall'altopiano circostante.

Tutto questo immerso in una vegetazione abbondante e verdissima, che cinge il piede della forra, coperta di tufo rossiccio, la quale si innalza verticale e maestosa, con mille sfumature, come cingesse di mura questo piccolo scrigno di natura e storia.



A monte, lungo l'altopiano, si vedono ampi spazi coltivati a nocciolo e spazi lasciati a ceduo in basso, il paesaggio si fa più selvaggio con boschetti di querce, siepi e macchia di pruni e sterpi.

Al centro della valle, scorre il fiume con il suo rumore incessante e lieve, sinuoso e affascinante, a ricordare lo scorrere del tempo e la grandiosità della natura.

In questo contesto paesaggistico e ambientale, rinunciare al recupero dei luoghi e dell'abitato, per non avere la volontà di mettere in sicurezza la rupe e di conseguenza bonificare dagli scarichi le scarpate, assume la valenza di una rinuncia grave, di una perdita incommensurabile, di una sconfitta per gli abitanti e non solo per loro.

Attualmente, infatti, il sistema valle – centro storico presenta una situazione evidente di degrado, con un potenziale assai alto per quanto riguarda la potenzialità di rivalorizzazione dei luoghi. Il legame tra natura e uomo, storia e paesaggio, appare fin troppo palese per non comprendere le potenzialità di tale spazio ed i benefici legati al suo recupero ai fine della fruizione stessa del territorio ed alla sua salvaguardia.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

9. ANALISI COSTI E BENEFICI

Nel caso di un progetto finalizzato come il presente, " Progetto dei lavori di risanamento idrogeologico, paesaggistico ed ambientale del Centro Storico Altimedievale di Calcata mentre per quanto riguarda i costi questi ultimi possono essere analizzati in un dettaglio che giunge a quello di un Computo Metrico Estimativo quantificare economicamente il risultato in termini economici è molto più elusivo. Il risanamento idrogeologico della rupe ed in particolare la messa in sicurezza delle pareti è essenziale nell'ambito della conservazione di un sito che rappresenta un "unicum" culturale nell'ambito del Lazio. Il primo problema che ci si deve porre è, pertanto quanto valga la sicurezza e l'incolumità degli abitanti, le cui dimore sono in fregio alla rupe, e quanto valga la perdita di un insediamento Altimedievale perfettamente conservato ed attivo culturalmente, in sub ordine quanto valga un risanamento che permetta un miglioramento nella fruizione del Bene Culturale. Ci concentreremo solo nell'esame del primo punto, al secondo punto infatti è difficile dare una valutazione obiettiva.

Anche se è semplice affermare che la sicurezza dell'uomo e la sua incolumità sono dei beni che non hanno prezzo, questa è una risposta retorica e troppo semplice, si tratta quindi di fissare dei criteri obiettivi condivisibili. E, certo, invece che l'obiettivo della sicurezza della rupe è invece quello da perseguire dopo che negli anni 1975-1990 si è deciso di soprassedere al trasferimento dell'abitato e se ne è iniziato il suo riutilizzo con notevoli risultati culturali ed economici: il flusso turistico è stimato infatti in quasi 100.000 visitatori l'anno e ciò ha già portato in passato (1994-2000) alla progettazione di numerosi interventi di consolidamento in parete. Il valore dei beni sul ciglio della Rupe è costituito:

- dalle case di civile abitazione presenti;
 - dai Beni Culturali presenti
 - dalle opere di consolidamento in parete già in precedenza eseguite.
- Un conto approssimativo dà i seguenti valori:
- il valore delle case ricavabile da quello catastale ed è di circa euro 4.000.000
 - il valore delle due Chiese presenti è impossibile da stimare trattandosi di beni unici si assume per difetto pari a circa euro 2.500.000
 - il valore del Castello Baronale si assume per difetto pari a circa euro 3.000.000

Complessivamente il valore dei beni da proteggere è di circa euro 9.500.000. Il tutto a prescindere dai danni economici indiretti conseguenti al loro eventuale crollo in quanto in mancanza della definitiva messa in sicurezza la fruizione del Bene Culturale potrebbe essere messa in crisi. Poiché il costo diretto complessivo del progetto è di circa 1,3 milioni di euro oltre le spese accessorie che lo portano a circa 1,9 milioni di euro, è ovvio che intervenire oggi serve ad evitare un danno dovuto al rischio idrogeologico, con un investimento che equivale al solo 25% del valore stimato, ne consegue che il rapporto costi/benefici è notevolmente elevato anche nei soli termini economici. Inoltre la definitiva sistemazione della rupe permetterà di migliorare la viabilità ed i contenuti turistici del centro storico incrementandone ulteriormente il flusso dei visitatori.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Vittorio COLOMBINI

PREMESSA

Nel presente lavoro si illustrano i principi che hanno condotto alla realizzazione del risanamento di un settore della rupe tufacea di Civita, attraverso 2 pozzi cavi in c.a. scavati in prossimità dell'edificio del Vescovado; tali pozzi rappresentano l'anello di collegamento tra un sistema di trinfanture attive e anidature passive del bordo esterno della rupe con un sistema di trinfanture attive orientate verso l'interno dell'ammasso tufaceo. La realizzazione delle opere di consolidamento attraverso tale approccio oltre ad aver eliminato qualsiasi impatto cantieristico nella valle dei calanchi con le pendici instabili di Civita, ha realizzato un consolidamento che le tradizionali metodologie operative avevano difficoltà ad eseguire.

INTRODUZIONE

In ogni attività risulta sempre più evidente la necessità di prestare particolare attenzione alla valutazione dei problemi ambientali. L'importanza storica e costruttiva, nel caso di insediamenti abitativi rupestri di notevole interesse storico, artistico e turistico rendono estremamente visibile ogni tipo di lavori, soprattutto quelli per mettere in sicurezza le pendici franose e quelli di consolidamento di massi terrosi perimetrali. A tale scopo per il Centro abitato Bagnoregio (Foto 1) è stato studiato un intervento pilota a basso impatto ambientale impiegabile su tutti i 360 gradi di esposizione della Rocca.

Tale intervento è stato avviato in collaborazione con il Centro Pilota dell'ENEA avente l'obiettivo di dimostrare che il consolidamento del dissesto geologico può coniugarsi con la riqualificazione paesaggistica degli interventi. Con l'aiuto dell'incaricato del Centro, dott. Claudio Margottini è stato possibile di reperire tutti i dati necessari per lo sviluppo di un progetto esecutivo di rinforzo del maso tufaceo di sommità.

In particolare gli studi effettuati sulla geologia e geotecnica dei terreni interessati dai dissesti ed un rilievo plano-altimetrico dettagliato e delle lesioni superficiali, hanno permesso realizzare i vari disegni planimetrici e sezioni verticali, prima e dopo le ultime frane. I dati storici forniti, meteorologici ed idraulici, unitamente ai molteplici parametri geomeccanici dell'ammasso terroso, integrati con quelli più recenti correlati con i valori delle registrazioni delle deformazioni delle lesioni sono risultati esauritivi per lo sviluppo progettuale dei modelli evolutivi e di calcolo.

L'ABITATO DI CIVITA ED L'EVOLUZIONE MORFOLOGICA NEL TEMPO

La nascita del primo nucleo abitativo di Civita risale al periodo etrusco o forse precedente; la città ebbe periodi di grande espansione in epoca romana e durante il Medioevo. L'insediamento è a quota 443 m s.l.m., sulla cima di un colle di altezza sul fondo valle di circa 200.

Foto 1. Ripresa da Nord in cui è visibile il calanco di frana.



Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Civita di Bagnoregio è situata nella parte Nord del Lazio, nella provincia di Viterbo. In una zona collinare nella quale il reticolo idrografico ha prodotto valli profondamente incise e soggette a continue erosioni.

A tale proposito si riporta nella nota il susseguirsi dei danni provocati dalle più antiche frane. I cui effetti hanno comportato un arretramento di alcuni metri del fronte tufaceo oltre che a danni irreparabili sulle costruzioni di maggiore rilevanza storica ed artistica.

La successione temporale delle ultime frane, documentate e basate con tecniche di rilievo e di studio ancora valide, mostrano la portata, la pericolosità e la cadenza di questi eventi calamitosi.

Tali eventi, a partire dal 1967 debitamente valutati, hanno fornito i parametri di calcolo del progetto pilota con i quali è stato possibile conciliare il procedimento costruttivo di consolidamento della rupe tufacea con gli aspetti



Foto A. Frana del 1967



Foto B. Frana del 1992

ambientalisti.

FOTO RECENTI E BREVE DESCRIZIONE DEI MAGGIORI DANNI PROVOCATI

Si ritiene utile mostrare le seguenti foto al fine di valutare l'importanza, la correlazione e la consequenzialità dei fenomeni di instabilità.

- Frana del crollo del 1967. (Foto A).
- Frana del crollo del febbraio 1992 (Foto B). I crolli sono avvenuti in prossimità della piazza del Vescovado e hanno causato l'arretramento del ciglio della scarpata per uno spessore stimato in circa 2 metri, lungo un fronte di circa 40 metri; i blocchi lapidei crollati si sono accumulati in prossimità del piede della rupe su un preesistente detrito di frana). Inoltre, sul bordo della rupe di neoformazione, in corrispondenza del piazzale del Vescovado, si osservava una frattura beante, subparallela al fronte con direzione N 65 verso ovest e N 50. La frattura, nella sua prosecuzione verso ovest interseca un edificio, al cui interno la discontinuità si presenta aperta e ribassata; parte del pavimento è crollato su una sottostante cantina scavata nel tufo; il muro perimetrale tende ad aprirsi verso valle.
- Frana del crollo dell'Agosto/Settembre 1993(Foto C). I crolli sono avvenuti ad ovest dei precedenti per un'ampiezza di fronte stimabile in circa 50-60 metri. Il crollo ha coinvolto, oltre alla formazione dei tufi compatti, anche parte della formazioni dei tufi stratificati ed ha causato un arretramento del ciglio sommitale fino a 6 metri di spessore. Crolli, anche se più limitati, sono avvenuti inoltre in corrispondenza dell'area dei dissesti del 1992.
- Nei mesi precedenti al crollo, in corrispondenza della parte più occidentale del nuovo bordo della rupe, si era

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

osservata una frattura aperta e ribassata e sprofondamenti locali. Tale frattura rappresenta la prosecuzione di quella tutt'ora esistente nel piazzale del Vescovado e prolungantesi verso ovest, al di sotto dell'edificio crollato. Dopo l'evento principale è continuata la caduta di blocchi isolati, segno del perdurare delle precarie condizioni di equilibrio del fronte. Il materiale franato si era accumulato nella sottostante profonda incisione preesistente nel pendio argilloso, fino a raggiungere, con alcuni blocchi isolati, l'alveo del fosso Cireneo distante circa 300 metri dalla rupe.

Successivamente all'intervento si sono avute altre importanti frane nel 1996, 1999, 2001 e 2004 che non hanno causato danni nella zona dei lavori.

CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Civita di Bagnoregio è ubicata sulla cima di una rupe originatesi dall'intensa azione erosiva esplicata da due incisioni fluviali preesistenti direzione grossolanamente E-W. La rupe è costituita da:

- Una parte sommitale di tufo rosso a scorie nere compatto a forme colonnari di dimensione 2/3 m di diametro, di potenza variabile da 20 a 25 m circa ed interessati da uno stato fessurativo con direzione prevalente E-W più intenso verso i bordi (Vedi figura 1)
- Al disotto di questo materiale è presente, con uno spessore di circa 40-50 m una formazione di materiali vulcanici fittamente stratificata con caratteristiche geomeccaniche differenziate in funzione dei vari livelli. Anche in questo caso si assiste ad uno stato fessurativo con prevalente direzione E-W, anche se con minor beanza rispetto ai tufi compatti superiori.
- Al disotto è presente un livello sabbioso-conglomeratico dello spessore di alcuni metri.



Foto C. Frana del 1993



Figura 1

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- Al disotto una formazione argilloso-sabbiosa che costituisce l'elemento dominante di tutte le valli circostanti. Lo spessore è di alcune centinaia di metri mentre la parte affiorante è di circa 150 e 200 m rispettivamente nella valle settentrionale e meridionale. Le caratteristiche geotecniche sono quelle tipiche delle argille plio-pleistoceniche con forte pre-consolidazione.

MECCANISMI GENETICI DELLE FRANE DI CIVITA

In seguito alla situazione geologico-morfologica sopra evidenziata, l'area di Civita di Bagnoregio è interessata da una notevole serie di fenomeni franosi: nella parte alta si manifestano frane di crollo dei tufi colonari (del tipo riportato in figura 6 rockfall, toppling e block slide) che coinvolgono le formazioni vulcaniche in conseguenza dell'azione retrogressiva dei fenomeni erosivi, mentre in corrispondenza degli affioramenti argillosi sono evidenti frane tipo "colata di fango", "rotazionali" e "colate detritiche" (debris flow). I meccanismi di innesco delle frane risultano confermati confrontando la sequenza temporale delle foto A-B-C precedenti secondo il grafico della figura 2.

CAUSE DEI FENOMENI FRANOSI

Nella zona di Civita di Bagnoregio le instabilità di pendio sono riconducibili ad un insieme complesso ed integrato di cause che, partendo dall'approfondimento dei fondovalle, si trasferisce alle pendici e quindi alla rupe innescando così una evoluzione ciclica delle frane, riportata sempre nella figura 2. Purtroppo questi cicli non sono stati fermati ed hanno provocato fenomeni di degrado e crolli degli edifici di tale entità per cui l'insediamento è stato chiamato anche "Civita la città che muore" (B. Tecchi).

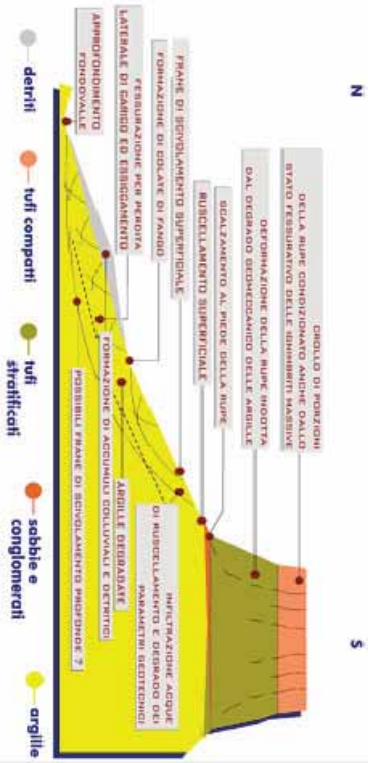


Figura 2. Dislocamento lungo tutta la pendice dei dissesti franosi e loro evoluzione (dal progetto ISPRA) cause dei crolli possono essere riconducibili, partendo dal basso in alto a:

1. Approfondimento degli alvei dei torrenti ad opera delle acque piovane;
2. Decadimento della caratteristiche geotecniche delle argille quando esposte all'azione degli agenti atmosferici (argille allentate) fino allo spessore di 5 - 10 m di profondità dal piano campagna, con prevalenza nei primi 0,5-1 m;
3. Formazione di colate di argilla nei primi 0,5-1 m di spessore, in seguito ad intense precipitazioni che provocano l'asportazione continua di materiali e l'esposizione di sempre nuove porzioni di materiali;
4. Intensa erosione superficiale conseguente all'azione degli agenti meteorici (diversi con l'anno);
5. Deformazione delle argille di base allentate in seguito al decadimento delle caratteristiche geotecniche ed in-

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

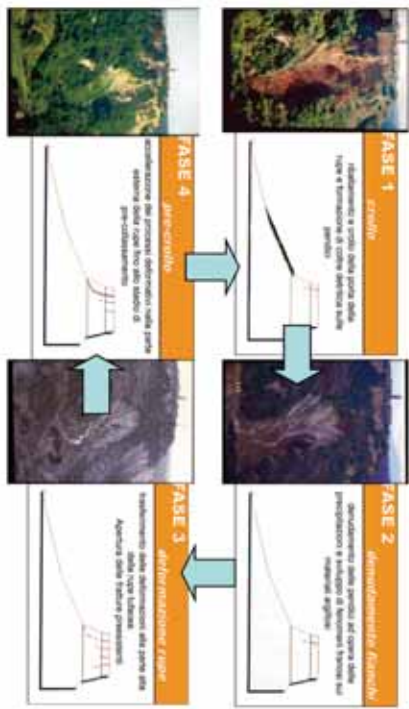
Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- duzione di processi deformativi nel sovrastante complesso tufaceo;
6. inizio della fratturazione all'interno della formazione dei tufi basali stratificati in seguito al significativo incremento dello stress deviatorio associato con la mancanza di contenimento laterale del pendio;
 7. Apertura delle lesioni pre-esistenti nella parte alta dei tufi compatti in seguito a fenomeni termoclastici, crioclastici ed in seguito alla presenza di acqua all'interno delle fratture che incrementa la pressione interstiziale alla base del litotipo; formazione di crolli nella sola parte apicale della rupe, in corrispondenza dei tufi compatti;
 8. Incremento delle deformazioni nella parte alta della rupe con formazione di dissesti che, originatisi nella formazione dei tufi compatti in corrispondenza delle fratture preesistenti, si propagano nella parte bassa della rupe, all'interno della formazione dei tufi stratificati. In corrispondenza quest'ultima formazione si registra la tendenza ad assorbire i processi deformativi estensionali, trasformandoli in movimenti rotazionali in corrispondenza di livelli più plastici.

IL RISANAMENTO DELLA PORZIONE DI RUPE INTRESSATA DALLA FRANA DI CROLLO NEL FEBBRAIO 1992

In seguito a tali fenomeni il Dipartimento per la Protezione Civile finanziava la bonifica di una prima porzione di

Evoluzione ciclica della rupe



rupe che soddisfaccesse i seguenti requisiti:

1. fosse congruente con le limitate risorse finanziarie disponibili al momento;
2. fossero completati i lavori nel più breve tempo possibile
3. realizzasse un intervento in modo da risolvere completamente i problemi di instabilità, anche se soltanto in una porzione limitata della rupe;
4. realizzasse un intervento in modo da non pregiudicare la stabilità a medio termine delle parti circostanti la rupe e non raggiunte dallo stesso;
5. realizzasse un intervento che in modo da non pregiudicare l'esecutività di interventi successivi nelle aree adiacenti;
6. mantenesse l'aspetto esterno della rupe nel rispetto del paesaggio e dei valori storico-artistici del paese anche durante la fase dei lavori.
7. realizzasse un intervento che, oltre a bonificare l'area dissestata prescelta, facilitasse i futuri interventi nella

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

zona dissestata del "Cavon grande", oggetto dei crolli del 1993 e non risanabile con i limitati fondi a disposizione. Sulla base dei vincoli di cui sopra si è deciso di intervenire nella zona prospiciente il Vescovado in quanto:

1. interessata dal fenomeno di crollo del febbraio 1992;
2. interessata da un forte rischio residuo, come testimoniato da una frattura beante che isola con uno spessore di circa un metro, la parte più esterna della rupe;
3. la bonifica di tale zona risulta indispensabile per il risanamento dell'area di frana del "Cavon Grande", infatti tale frana potrà essere aggredita solo dopo aver garantita la stabilità delle aree adiacenti da cui accedere ed a cui collegare gli interventi di risanamento successivi.
4. l'intervento risulta, in questo progetto, limitato alla sola formazione dei tufi compatti superiori in quanto la sottostante formazione dei tufi stratificati risulta completamente ricoperta da un'antica paleofrana e da coltri detritiche recenti e quindi abbastanza protetta da non richiedere immediati interventi di consolidamento; inoltre, la sottostante zona (terreni argillosi), oltre ad affiorare a notevole distanza dal bordo della rupe non sembra mostrare indizi che possano far ipotizzare deformazioni di pendio particolarmente profonde, tali da raggiungere il bordo della rupe.
5. sarebbe stato impossibile realizzare, ai fini della sicurezza dei lavori, un intervento che partisse dal basso o, in maniera più pericolosa, di consolidamento dall'alto con i metodi allora utilizzabili considerando l'alternarsi delle frane.
6. gli operatori e le attrezzature esterne non sarebbero stati investiti in caso di frana
7. non sarebbe stato necessario movimentare ingombranti macchinari e carichi elevati e dunque sarebbero state evitate le relative vibrazioni ed una eccessiva viabilità urbana.
8. sarebbe stato possibile evitare di impiantare grossi e diversi cantieri di lavoro, di deposito materiali e di attrezzature.
9. si sarebbero potuti impiegare carichi leggeri e poco ingombranti, tali da non interferire con le condizioni statiche e geometriche della passerella pedonale di collegamento.

IL PROGETTO PILOTA (Figure 3, 4 e 5) è stato impostato e realizzato per la parte geotecnica insieme al Geologo Dott. Claudio Margottini.

In base a quanto precedentemente prefissato sono state investigate varie tipologie di intervento che tenessero in debita considerazione i requisiti prima elencati, si è quindi redatto un progetto pilota per stabilizzare la formazione dei tufi compatti (ignimbriti massivi, con caratteri geomecanici ascrivibili alla famiglia delle rocce tenere) attraverso pozzi cavi in c.a. ubicati, opportunamente, a ridosso del fronte di frana.

Tali pozzi cavi, hanno permesso, sin dalle prime fasi di esecuzione, il loro ancoraggio verso l'interno (tiranti profondi), per garantire la sicurezza e la stabilità del tratto in esecuzione, in quanto capaci di trasferire le forze stabilizzanti all'interno nel masso litoidale. Successivamente l'esecuzione delle chiodature rivolte verso l'esterno, ha svolto il compito di ancorare il masso tutriceo instabile esterno.

La testatura dei tiranti è avvenuta dopo la realizzazione della testa di ancoraggio. Lo sforzo totale (di prova) è stato applicato incrementalmente al martinetto, in misura superiore a quella di esercizio in modo da testare immediatamente la resistenza della fondazione, anche tramite la misura degli allungamenti del tirante o del calo della forza del martinetto. Se ci fossero stati dubbi sulla prova così stabilita si sarebbe potuto rifare o sfianare l'ancoraggio, approfondire la fondazione e ripetere il test. Successivamente è stata eseguita l'iniezione a base di malta cementizia per bonificare e bloccare il materiale limitrofo. Queste operazioni hanno garantito la massima sicurezza per la stabilità del manufatto e di chi vi ha operato.

La fondazione della chiodatura è stata eseguita in tutte le fasi di lavoro con gli stessi mezzi d'opera dei tiranti senza produrre elevate forze di contrasto sulla piastra esterna e, una volta iniettata, ha garantito anche la stabilità di porzioni di roccia di dimensioni medio-piccole, soggette ad instabilità per scivolamento (cunei di roccia), ribalti

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

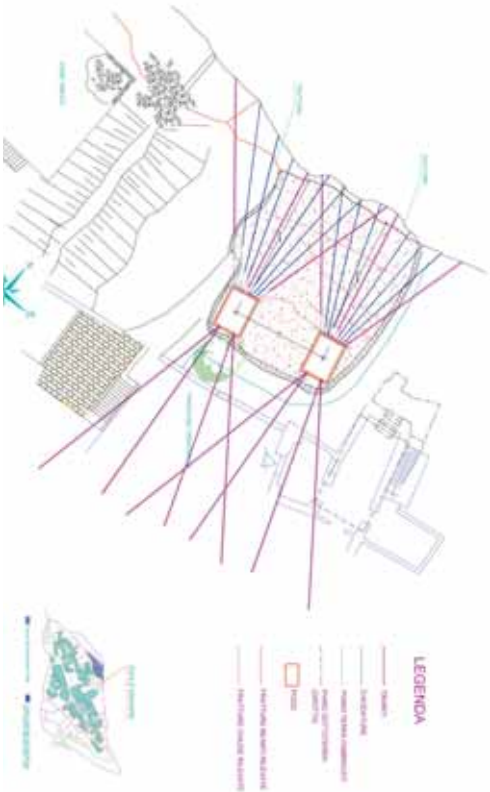


Figura 3. Planimetria dei pozzi da realizzare

tamento o crollo. Tale intervento ha realizzato inoltre un miglioramento diffuso della qualità dell'ammasso roccioso più esposto al fenomeno di degrado, soprattutto per l'effetto legante delle miscele cementizie intasando le fratture parietali colonnari. Le chiodature o ancoraggi passivi, in questo caso, non devono provocare eccessive

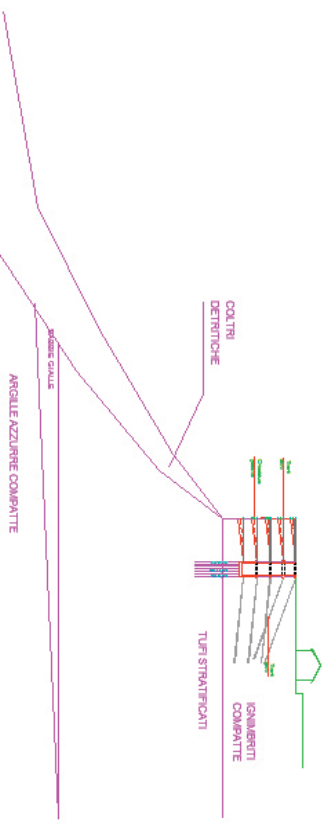


Figura 4. Sezione tipo

forze dirette dal paramento esterno verso l'interno per non aumentare ulteriormente le deformazioni, la diffusione delle lesioni o nuove fratture sugli elementi di ciglio.

Sul fondo di ogni pozzo cavo (per alleggerire i carichi litostatici), profondo 16 metri, è stata prevista una serie di micropali lunghi 25 m. aventi la funzione di consolidamento dei tufi stratificati e di assorbire la componente verticale delle sollecitazioni indotte dall'intervento prima del getto delle pareti verticali.

Una volta eseguiti gli scavi dei pozzi, è stato possibile procedere alla fase di collegamento con quelli adiacenti,

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

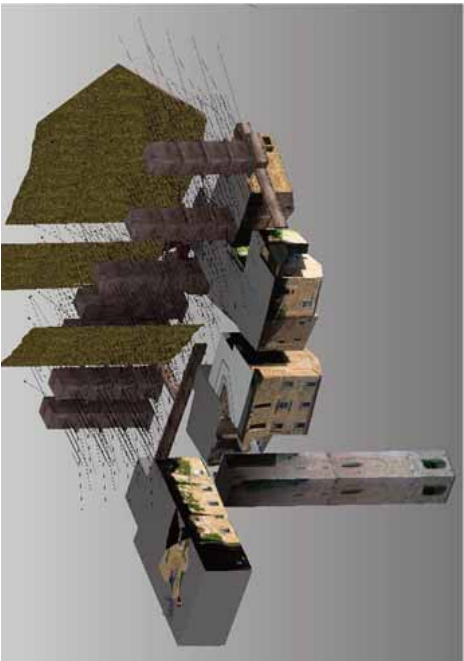


Figura 5. Schema assom-
metrico intervento pilota

tramite ancoraggi trasversali, realizzando quindi una struttura unica e poco deformabile.

I tiranti di ancoraggio trasversali hanno la funzione di fornire un contenimento laterale alla parete della rupe e soprattutto di contrastare fenomeni di ribaltamento, distacco o crollo di porzioni intermedie. Tale funzione ha una efficacia maggiore quando i pozzi sono incatenati tra loro. In tale modo si verrebbe a creare una fascia cerchante del fronte esterno. Evidentemente, nel caso di due soli pozzi, tale azione risulta applicata parzialmente. Qualora il progetto fosse esteso a tutte le pareti esterne sarebbe possibile stabilizzare definitivamente tutta la rocca iniettando tutte le fratture presenti all'interno del perimetro.

Per maggiore chiarezza si riportano di seguito le principali voci di lavoro previste nel progetto pilota per realizzare i due pozzi. Queste attività costituiscono, come è noto, la base per lo sviluppo della programmazione dei lavori:

Primo tato iniziale H= 2/3 m

- Preparazione del piano di lavoro
- Picchettamento e fili fissi
- Esecuzione dei 4 micropali di allineamento verticale
- Prescavo a mano
- Asportazione materiali di risulta con escavatore leggero
- Costruzione di un muretto perimetrale (di controfoderà) in blocchi cavi di cemento. Foto 7
- Esecuzione di Micropali verticali (ove necessario in dipendenza dello stato fessurativo del materiale incontrato durante la perforazione a vuoto).
- Realizzazione di un riquadro orizzontale (completo di tondini verticali per la ripresa dei getti) costituito da profilati metallici collegati ai micropali tramite saldatura.

Tratti intermedi H= 4,0 m circa

- Scavo con impiego di martelli pneumatici leggeri.
- Asportazione materiali del risulta (con escavatore leggero. Foto. 7).
- Realizzazione del riquadro orizzontale (completo di tondini verticali di ripresa dei getti) costituito da profilati metallici collegati ai micropali tramite saldatura.
- Posa in opera di rete metallica elettrosaldata.
- Collegamento rete metallica ai riquadri orizzontali tramite saldatura.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- Predisposizione delle riservazioni per i fori di ancoraggio (e barbacani) sulle pareti Foto. 9.
- Calcestruzzo proiettato.
- Posa in opera dei pannelli di rete metalliche costituenti l'armatura delle pareti verticali.
- Casseratura delle pareti.
- Getto del cls dei vari tratti del pozzo
- Maturazione del getto del tratto di parete.
- Esecuzione dei fori interni (inclinati) sul tratto del precedente del pozzo Foto. 8.
- Posa in opera dei tiranti Dywidag con piastre di ancoraggio (con le barre giuntate.
- Preparazione delle testate dei tiranti interni in rocca con iniezioni di boiaccia cementizia (anche in più riprese).
- Esecuzione dei fori sui tratti precedenti (già maturati) realizzati dall'interno all' esterno (inclinati), posa in opera delle barre Dywidag di chiodatura (giuntate) delle le piastre metalliche di contatto, testatura delle testate e blocco con iniezioni di boiaccia cementizia. Foto 10.
- Analoga voce ripetuta successivamente per gli ancoraggi esterni, oltre al posizionamento e collegamento delle piastre delle testate esterne. Foto 11.
- Esecuzione dei tiranti trasversali a collegamento con il pozzo limitrofo, (quando presente) da realizzarsi con le analoghe modalità descritte.
- Eventuale rilesatura delle barre.
- Il tratto finale ripete le stesse lavorazioni, prevedendo in più, alla base, una soletta armata di cls s = 50 cm circa.

TEMPI, MODI E COSTI DI REALIZZAZIONE

Il consolidamento della rupe tufacea di Civita di BagnoREGGIO seguendo la metodologia sopradescritta comporta il vantaggio di una rigida sequenzialità e ripetitività delle voci di lavoro per cui tutte le lavorazioni non hanno molti slittamenti e quindi in realtà costituiscono il Percorso Critico. In tale modo viene calcolato il tempo minimo totale



Foto 6. Vista della zona di intervento bene inserito nell'ambiente e della sistemazione superficiale dopo la fine dei lavori. Si notano ancora sulla parete di sinistra le piastre di testata (incassate nella parete) ma non ancora nascoste da un rivestimento superficiale di tufo.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

necessario per realizzazione dell'opera. Lo svantaggio di assumere tale tempo consiste, ovviamente, nel rischio che qualsiasi ritardo di una qualsiasi voce di lavoro del Percorso Critico, prolungherà i tempi di consegna finali. Nel nostro caso considerando la ripetitività, la semplicità ed il basso numero delle singole lavorazioni si può ritenere di recuperare il tempo perso per l'affollamento, nel corso del lavoro, delle squadre operatrici. Inoltre i tempi previsti nel progetto Pilota possono essere confrontati con quelli del progetto eseguito e quindi modificati di conseguenza. In questo caso si ritengono soddisfacenti i confronti.

Nel progetto pilota sono state effettuate alcune scelte di carattere generale che hanno poi condizionato l'intero procedimento costruttivo ed i relativi tempi al fine di valutare l'impegno economico.

In particolare anche la cantierizzazione è stata fatta valutando i rendimenti più bassi dell'impiego dei macchinari e del rendimento degli operatori a causa di:

1. tipi di lavorazione con basso uso di mezzi meccanici al fine di evitare pericolose vibrazioni sul fronte frana, che condizionano l'avanzamento in roccia anche se eseguito con martelli demolitori, ad aria compressa, di tipo "leggero" e azionati manualmente. L'allontanamento dei materiali di risulta è avvenuto manualmente e con mezzi leggeri per non creare interferenze sulle case vicine e sulla passerella di accesso pedonale. Per garantire la massima sicurezza degli operai nelle fasi dello scavo è stata prevista la realizzazione di un anello di micropali lunghi ben 41 metri (nelle zone che all'atto della perforazione presentassero benché minimi segni di fratturazione o di frizione del tufo). Questi micropali, oltre a costituire la futura palificata di contenimento e di fondazione dei pozzi, hanno formato un "casseroamento" dello scavo stesso realizzato dall'alto.

2. messa in sicurezza con il procedere dei lavori di scavo sia rispetto al fronte di frana che al tipo di lavorazione interna e ai tratti in corso di esecuzione;

3. approvvigionamento e confezionamento dei materiali a piè d'opera, stante l'inaccessibilità del cantiere. Con una attenta programmazione si è ovviato parzialmente a tali aspetti eseguendo lo scavo dei pozzi in parallelo e alternando le fasi esecutive nei due pozzi in modo da impiegare le squadre di lavoro senza interruzione.

I cui risultati sono:

L'intervento di bonifica e stabilizzazione realizzato complessivamente ha interessato la parete tufacea per circa 400 mq di fronte nelle condizioni di accessibilità sopradescritte è stato eseguito in circa 9 mesi.

Si ritiene, dopo l'esperienza attuale, che sia possibile ottimizzare ulteriormente i tempi di esecuzione operando su una filiera di tre pozzi, e quindi sarebbero sufficienti tre mesi per ogni pozzo.

Dal punto di vista economico il costo complessivo per i due pozzi è risultato di circa 800 milioni di Lire, oltre l'IVA, con un impegno finanziario totale, ovviamente, leggermente superiore, se paragonato ad altri interventi di chiodatura e tirantature basati su voci di costo di tipo tradizionale.

Sarebbe errato quantificare le differenze del progetto e di lavoro adottato con uno dei tipi tradizionali in quanto irrealizzabile e che il progetto pilota era l'unico che garantisse il rispetto della sicurezza e dei vincoli imposti.

Si segnala infine che non ci sono stati apprezzabili divari di costo tra il progetto preliminare e quello esecutivo.

RIASSUMENDO

Questa tipologia di intervento, dall'inizio fino alla fine della fase esecutiva e si è dimostrata valida e rispondente agli scopi prefissati. In particolare rende vantaggiosamente possibile:

- intervenire dall'alto e non dall'esterno per il pericolo di frane o scossoni di massa;
- annullare l'impatto ambientale dovuto a ponteggi e strade di servizio.
- alleggerire la zona prospiciente il fronte e quindi diminuire il carico litologico sullo strato di base.
- realizzare un elemento strutturale che oltre a costituire il drenaggio del terreno consente di avere una visione diretta del materiale attraversato, modificare, se necessario, anche i parametri geotecnici con i relativi provvedimenti statici e costruttivi. In tale modo si ottiene il controllo diretto delle varie fasi e quindi mantenere gli adeguati livelli di sicurezza prefissati.
- consentire un eventuale monitoraggio delle deformazioni.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- rendere possibile un eventuale rilesatura degli ancoraggi.

- creare una serie di strutture semingide all'interno del masso tufaceo.

- realizzare una maglia di collegamento su vari piani orizzontali sia in senso perpendicolare al fronte di frana (chiodi e tiranti all'esterno e tiranti all'interno dei pozzi) sia parallelo al fronte (collegamento tra i vari pozzi).

- rendere più sicure, rapide e convenienti tutte le operazioni entro e fuori l'area di cantiere per il sistema di realizzazione a tratti concatenando scavi-perforazioni-tirantature e chiodature a favore della sicurezza. Rende inutili le opere provvisorie alla base del masso di frana e sul fronte con relativa strada di accesso evitando anche di rimuovere i detriti lapidei accumulati alla base per consentire l'appoggio dei ponteggi e la realizzazione della strada di accesso. In questo caso vanno considerati anche altri fattori secondari, ma non del tutto trascurabili in quanto, non rimuovere i materiali depositati alla base della scarpata comporta che il loro peso conferisce l'effetto stabilizzante di un carico posto alla base del fronte stesso, costituisce una coltre di protezione superficiale del terreno sottostante, attenuerebbe l'impatto dei materiali di nuove frane ed elimina (come detto) i tempi ed costi di allontanamento e discarica dei detriti.

Particolari Costruttivi del PROGETTO ESEGUITO

I particolari costruttivi delle foto (7-11) sono quelli impiegati nel progetto esecutivo realizzato dalla ISPRA, redatto secondo le indicazioni del Progetto Pilota. Come prima detto i tempi ed i costi del Progetto esecutivo sono rientrati nei tempi e nel bilancio dello stanziamento dei fondi previsti nel progetto pilota.

Progetto ISPRA

Foto 7, si vede il prescavo con il muretto in blocchi di cls. Per lo scavo si è utilizzato un mini escavatore dotato di fresa, che è stato movimentato mediante una piccola gru per eseguire lo scavo e la perforazione dei fori per i tiranti.

CONSIDERAZIONI TECNICHE e scelte dei materiali

Il vantaggio del sistema è costituito dalla modularità delle operazioni (già descritte) e della possibilità di inserire planimetricamente il pozzo nella zona più idonea. Si potrà infatti procedere alla realizzazione delle nuove serie di pozzi procedendo dalla zona meno critica a quella più critica operando a partire dai due pozzi realizzati in modo di rimanere sempre, almeno da un lato, nel volume di massa già stabilizzato. La linearità dello schema progettuale è evidente.

Anche nel progetto esecutivo si è scelto di operare con dei tiranti di tipo



Foto 7



Foto 8. Esecuzione di un foro per un tirante d'angolo

Dywidag (barra singola di medio diametro) per il vantaggio che la barra rigida presenta: l'inserimento di una lunga barra può essere fatto con moduli corti (minori pesi ed ingombri) uniti tra loro da manicotti filettati e permette così di superare, grazie alla rigidità della stessa barra, anche cavità di piccole dimensioni come quelle presenti nel masso di Civita e consente ancora di inserire un rivestimento in questi tratti in modo da assicurare la continuità della protezione.

Nel progetto pilota sono state considerate lavorazioni più particolari di quelle impiegate nei lavori tradizionali infatti bisogna considerare, ad esempio, che la perforazione delle chiodature deve avvenire in un continuo controllo dell'allineamento e della quota della perforazione in relazione

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

della distanza tra gli estremi della barra e diametro del foro. In queste operazioni è stato necessario valutarne con un minimo margine di errore la lunghezza dei tiranti per diminuire le forze da trasmettere dalle aste nelle zone fratturate, e specialmente in vicinanza del fronte per ridurre la forze ribaltanti sulla "colonna" per evitare l'estruzione di un blocco irregolare fronte della rupe in corrispondenza del foro. Inoltre ci sarebbero notevoli difficoltà a posizionare, allestare e mascherare la piastra esterna. (Queste operazioni devono essere eseguite in due fasi con sospensione dall'esterno con l'impiego di rocciatori specializzati). Queste operazioni riducono la produzione e aumentano i costi. Il confronto delle varie voci di lavoro tra il Progetto Pilota e il suo sviluppo Esecutivo può condurre a stimare più precisamente i costi ed i tempi di realizzazione di altre opere analoghe da eseguire. Nel nostro caso il maggiore costo risulta giustificato considerando l'eliminazione delle opere provvisorie anche dal solo fronte di inevento.



Foto 10. Testate di ancoraggi dei tiranti eseguiti all'interno di un pozzo



Foto 11. Elemento colonnare di tufo fortemente lesionato e le piastre esterne di ancoraggio delle barre (ancora da mascherare con l'uso di una piastrina mobile).

IL PROGETTO GLOBALE DI CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE

Il completamento della stabilizzazione globale dei fenomeni franosi è riportato in figura 12 e comprende il progetto pilota per la parte sommitale, una serie di tiranti nell'ammasso tufaceo stratificato al disotto, dove la pendenza è minore e i fenomeni di instabilità sono diversi si prevede terra armata e pozzi drenanti stabilizzanti sulle argille affioranti oltre ad una sistemazione drenante secondo lo schema della seguente figura.

CONCLUSIONI

Solo in questo modo sarebbe possibile scavare pozzi di comunicazioni verticali, pozzi profondi drenanti e pozzi di aereazione o di lavoro per gallerie. In questo caso, collegando tra loro i vari pozzi con gallerie al disotto delle fondazioni degli edifici, sarebbe possibile accedere alla roccia direttamente dal vicino paese eliminando così i problemi statici e viari della passerella pedonale e del relativo impatto ambientale.

Le esperienze condotte a Civita di Bagnoregio, seppur non esaustive per la risoluzione di tutti i gravi problemi in

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

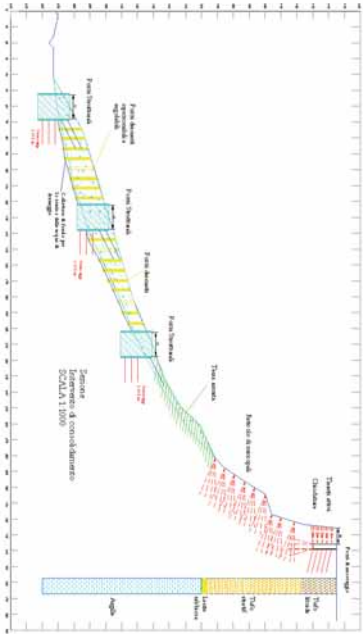


Figura 12. Sezione (ripioggia) degli interventi previsti in sommità in base ai progetti eseguiti ed alle verifiche geotecniche previste

cui versano le pendici inferiori dell'importante sito storico, dimostrano che una corretta ed efficace politica di risanamento del dissesto può armonicamente inserirsi nell'ecosistema locale, contribuendo alla conservazione dei caratteri estetico-paesaggistici, senza deturpare i tratti fondamentali dell'ambiente naturale. Con i dati ricavati da questo intervento parziale, risulta evidente la validità, l'applicabilità, la sicurezza, ed il rispetto ambientale del metodo proposto rispetto a quelli fino allora impiegati.

Contemporaneamente, la soluzione concettuale adottata per la stabilizzazione di frane di crollo, rappresenta una

¹ Per avere un'idea del danno arrecato nel tempo dalle frane si riporta la serie pregressa dei maggiori dissesti e dei danni alle cose.

Alla fine del Medioevo iniziò la decadenza di Civita, a causa della progressiva riduzione dell'abitato ad opera di fenomeni quali frane e terremoti. La prima documentazione dei dissesti risale al 1450 (Mangorini C., 1990), quando il monastero delle Clarisse, situato in contrada Carcere, cominciò ad andare in rovina a causa di frantumati prodotti.

Successivamente, tra il 1466 e il 1469, si verificò il crollo di alcune case sul lato Nord della rupe, di fronte all'abitato di Lubrano. Altre notizie riguardanti fenomeni di dissesto sono riconducibili ad eventi verificatisi in un arco di tempo che va dal 1554, fino al 1888.

Le più antiche notizie sulla via di collegamento tra Civita e Bagnoregio risalgono al 1545, quando fu necessario modificare il tracciato stradale in seguito ai verificarsi di una frana di notevoli dimensioni. Dopo alcuni anni si ebbe la distruzione della Porta di Civita con il crollo parziale delle mura della contrada Carcere che determinò la rovina di alcuni edifici.

A partire dal XVII secolo si hanno notizie più dettagliate sugli eventi che hanno interessato Civita, quali il crollo della strada di accesso a Civita (1606-1608), in prossimità della chiesa di S. Vittoria, in seguito completamente distrutta, ed il crollo di alcuni edifici sul lato meridionale dell'abitato in prossimità della casa di S. Bonaventura.

L'11 giugno 1695 si verificò un terremoto di intensità pari al IX-X grado della scala MCS con epicentro nei pressi dell'abitato (Mangorini C. et al., 1985) che causò il crollo del ponte e provocò ampie fessure nell'abitato: la contrada Carcere scomparve a seguito di un esteso fenomeno franoso. Questi avvenimenti segnarono l'inizio della decadenza di Civita, anche a seguito del trasferimento della sede vescovile alla vicina Bagnoregio.

Tra i numerosi eventi registrati nel XVIII secolo, quello del 1707 determinò, in seguito ad una frana di notevoli dimensioni, l'istituzione del rio Torbido.

Un ulteriore crollo del ponte si verificò nel 1764 in occasione di una frana che coinvolse anche il convento di S. Francesco, poi demolito, nel cui sito fu realizzata la nuova strada di collegamento a Civita.

Nel 1810, dopo varie interruzioni della strada di accesso ed il franamento di parte della rupe comprendente la Chiesa di S. Bonaventura, furono abbandonate alcune case sulla rupe in prossimità della chiesa.

Oltre al crollo della Chiesa di S. Bonaventura, nel XIX secolo si segnalò la demolizione della Chiesa di S. Vittoria avvenuta dopo il crollo parziale del 1888.

Nel XX secolo numerosi dissesti hanno interessato la strada di collegamento tra Civita e il borgo di Mercatello. Oltre ai dissesti naturali, nel 1944 avvenimenti di diversa natura portarono alla distruzione del ponte in muratura, ad opera delle truppe tedesche in ritirata. La costruzione di una passerella in legno consentì il collegamento con l'abitato.

Il ponte fu danneggiato definitivamente nel 1963 a causa del crollo di parte della passerella e del muro di sottoscapa. Dopo questo episodio venne realizzato l'attuale ponte, che fu inaugurato nel 1965.

INTERVENTO PILOTA A CIVITA DI BAGNOREGIO A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

innovazione nel settore del consolidamento dei centri abitati instabili, specialmente in tutti quei casi dove non è possibile operare dall'esterno del fronte di instabilità.

Infine, l'esperienza condotta ha confermato l'importanza di reperire preventivamente dati tecnici completi al fine di redigere un progetto pilota nel caso generale di analoghi interventi impegnativi.

Il vantaggio di un progetto pilota consiste nel poter prevedere una realizzazione dei lavori riducendo al minimo le varianti, fissando i costi e i tempi di realizzazione delle opere stesse.

Questi progetti redatti per luoghi simili potrebbero costituire un laboratorio di riferimento per l'intera comunità scientifica ed imprenditoriale. È auspicabile che varie località del Lazio, aventi le stesse conformazioni morfologiche e gli stessi problemi, possano creare un polo culturale per lo studio di questi fenomeni franosi, addirittura favorendo il collegamento con realtà similari nazionali, in cui la bonifica dei fenomeni franosi va coniugata con la sperimentazione e la realizzazione di opere a basso impatto ambientale.

BIBLIOGRAFIA

Per la redazione della memoria si sono utilizzati i seguenti documenti:

- <http://www.fabricasrl.it/consolidamento2.htm>
- www.afs.enea.it/projprev/www/cases/civita/allegato1a.JPG

- [Luanamonte.photoshelter.com](http://luanamonte.photoshelter.com)

- Civita di Bagnoregio consolidamento immagini

Si ringraziano gli interessati per averli messi a disposizione-

Parte della presente memoria è stata già presentata a Firenze nel 2004 in occasione della "Nuova tipologia di consolidamento a basso impatto ambientale per i centri storici instabili: l'esperienza di Bagnoregio" dal prof. ing. Vittorio Colombini e dal dott. Claudio Margotri.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Carlo BLASI, Ilaria ANZELLOTTI & Laura ZAVATTERO

Le attività umane influenzano fortemente il territorio: in Europa circa 1500 ettari di territorio agricolo viene perso ogni giorno a causa dell'urbanizzazione del suolo; inoltre l'espansione urbana e la costruzione di vie di trasporto hanno gradualmente frammentato le aree naturali con conseguente riduzione delle ricchezze di specie. Ciò indebolisce la capacità degli ecosistemi di produrre servizi ecosistemici intesi come "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano" secondo la definizione fornita dalla Valutazione degli ecosistemi del millennio (Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2005). Il Millennium Ecosystem Assessment descrive quattro categorie di servizi ecosistemici:

- supporto alla vita (come ciclo dei nutrienti, formazione del suolo e produzione primaria),
- approvvigionamento (come la produzione di cibo, acqua potabile, materiali o combustibile),
- regolazione (come regolazione del clima e delle maree, depurazione dell'acqua, impollinazione e controllo delle infestazioni),
- valori culturali (fra cui quelli estetici, spirituali, educativi e ricreativi).

Nasce dunque l'esigenza di creare una rete di aree tutelate o comunque in buono stato di conservazione che accresca la biodiversità e che garantisca la funzionalità dei servizi ecosistemici anche al di fuori delle aree tutelate. Nell'ambito della Strategia Europea sulla Biodiversità 2020, l'obiettivo 2 vuole preservare e valorizzare i servizi ecosistemici nonché ripristinare gli ecosistemi degradati, ricorrendo alle infrastrutture verdi come strumento per la pianificazione del territorio. L'Unione europea in questi ultimi anni ha promosso il progetto MAES (mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi) che ha come obiettivo principale la conservazione e la valorizzazione degli ecosistemi in quanto serbatoi di biodiversità e la promozione delle Green Infrastructure (GI) o infrastrutture verdi quali strumento di connessione tra ecosistemi di vario tipo.

In questo contesto si inserisce la strategia definita dalla Commissione Europea per le GI come strumento per riconnettere le aree naturali e per mantenere gli ecosistemi in buono stato di conservazione contribuendo così allo sviluppo sostenibile. Le GI sono definite come reti di aree naturali e seminaturali, pianificate a livello strategico con altri elementi ambientali, progettate e gestite in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici.

Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso di ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono promosse nei contesti rurali e urbani. La finalità è quindi quella di creare un'infrastruttura con elementi paesaggistici a diverso grado di naturalità che contribuisca al mantenimento della biodiversità garantendo al tempo stesso prestazioni sostenibili e a costi ridotti per la società (CE, 2013a).

Il tema delle GI fonda le sue radici nel contesto della conservazione della biodiversità e della pianificazione territoriale. Quattro sono i principi alla base delle GI (Benedict & McMahon, 2006):
1) preservare e collegare le aree naturali per favorire la biodiversità e contrastare la frammentazione degli habitat;
2) collegare gli spazi verdi per il benessere dell'uomo;



Figura 1: Benefit economici delle Green Infrastructure (da Ecotec & NENW, 2008)

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

- 3) identificare e proteggere il sistema interconnesso di spazi naturali per assicurare un futuro sostenibile;
4) integrare i principi della conservazione della biodiversità nella gestione e pianificazione del territorio.
Le Gi sono multifunzionali in quanto forniscono servizi e benefici non solo ecologici ma anche sociali e economici (Figura). Questo è riconosciuto dal programma di ricerca e innovazione dell'Unione Europea per il periodo 2014-2020 (Horizon 2020).

Investire sulle infrastrutture verdi, proteggendo il capitale naturale e dando quindi il giusto valore agli ecosistemi è tra le priorità dell'UE che spinge verso una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Le Gi rappresentano quindi un'alternativa sostenibile che promuove soluzioni più economiche e durature che si basano sulla natura e che in molti casi creano opportunità di lavoro a livello locale (CE, 2013a).

In questo quadro è evidente il forte legame tra gli elementi ecologici e sociali che rappresenta tra l'altro la differenza tra l'approccio alle Gi e la conservazione tradizionale della biodiversità (Benedict & McMahon, 2006). Le Gi considerano i bisogni sia della natura che dell'uomo affrontando sia gli effetti delle proposte di sviluppo che il benessere delle comunità. Pertanto vista la natura multifunzionale, le Gi si inseriscono non solo all'interno di un quadro legato alla conservazione della biodiversità ma anche a politiche e azioni rivolte al settore agricolo e allo sviluppo rurale, alle foreste, all'acqua, al cambiamento climatico, alla green economy, ai trasporti e energia, al benessere e alla pianificazione spaziale (Naumann et al., 2011). Nel quadro della politica agricola comune (PAC) e dello sviluppo rurale sono stati messi da esempio a punto strumenti e misure che promuovono le infrastrutture verdi sia nel prevenire l'abbandono e la frammentazione dei terreni che negli investimenti non produttivi, misure agro-ambientali e pagamenti per favorire la coerenza con Natura 2000. Anche fra gli obiettivi della programmazione dei fondi strutturali europei 2014-2020 sono inserite le Gi come un mezzo per il raggiungimento dell'obiettivo che mira a proteggere l'ambiente e promuovere l'efficienza delle risorse; nel Fondo di coesione e nel Fondo europeo di sviluppo regionale, in particolare, le Gi rappresentano uno strumento per la protezione e il ripristino della biodiversità. Inoltre, le Gi possono dare un contributo nel conservare e migliorare le funzioni nelle aree naturali protette, nel potenziare la connettività tra i siti della rete Natura 2000 e nel ridurre la frammentazione (Art. 10 Direttiva Habitat 92/43/CEE). L'inserimento delle Gi nelle politiche fondamentali rappresenta il primo punto della strategia europea (CE, 2013a) seguito poi dal migliorare le informazioni, consolidare la base delle conoscenze e incentivare l'innovazione, migliorare l'accesso ai finanziamenti e sviluppare progetti di Gi a livello europeo.

IL PARCO DEL TREJA: INQUADRAMENTO DELL'AREA E VALORE NATURALISTICO

Il Parco regionale suburbano del Treja è stato istituito nel 1982 ed è compreso in parte nella provincia di Roma e in parte nella provincia di Viterbo. È classificato "suburbano" per la sua vicinanza a Roma, per la limitata estensione l'alto valore storico e naturalistico e per la presenza di due centri urbani, Mazzano Romano e Calcata.

Il territorio occupa il settore orientale del bacino idrografico del fiume Treja e include i centri abitati di Mazzano Romano (in provincia di Roma) e di Calcata (provincia di Viterbo). Il settore settentrionale è caratterizzato da una forma molto incisa di larghezza massima 1,5 Km. Il settore centrale con forte ampie dove confluiscono tre corsi d'acqua e il settore meridionale con una forma stretta e incassata. I corsi d'acqua sono a rapido deflusso, con pendenze medie modeste e portate relativamente costanti durante tutti i mesi dell'anno, compresi i mesi estivi. Ciò è dovuto alla presenza di sorgenti perenni, emergenti soprattutto alla base dei terreni vulcanici che alimentano il reticolo idrografico. All'interno delle foreste si determina un tenore di umidità dell'aria in grado di influenzare la vegetazione.

Dal punto di vista litologico prevalgono le formazioni del complesso vulcanico sabatino, ovvero tufi e tefriti leucitiche a chimismo basico e con consistenza varia, compatta e incoerente. Lungo le sponde del Treja nel settore più settentrionale del Parco, dove la sezione della forra si allarga, si sono accumulate alluvioni recenti con suoli scarsamente sviluppati. Il centro abitato di Calcata sorge su un rilievo isolato tutaceo denominato "Tufo rosso a scorie nere" emesso 0,18 e 0,15 milioni di anni fa durante l'attività del vulcano di Vico.

L'area ha un elevato valore naturalistico dettato in gran parte dalla conformazione geomorfologica del paesaggio

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUTTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

caratterizzato da foreste. La vegetazione reale è prevalentemente di tipo forestale, a latifoglie decidue a carattere mesofilo all'interno delle foreste e un tipo forestale a sclerofille nella parte alta delle pareti. In particolare si distinguono quattro fisionomie vegetazionali: (1) i querceti misti a *Quercus cerris* (cerro) e *Q. pubescens* (roverella) a cui si accompagnano *Acer campestre* (acero opoplo), *Corylus avellana* (nocciolo) e *Ulmus minor* (olmo comune) con sporadiche presenze di *Quercus robur* (farnia); (2) i querceti misti termofili a dominanza di *Quercus pubescens* accompagnati da *Ostrya carpinifolia* (carpino nero), *Quercus cerris*, *Acer campestre* e *Fraxinus ornus*; (3) i boschi misti a *Quercus cerris* e *Corylus avellana* all'interno delle foreste. Strettamente legata ai corsi d'acqua troviamo la vegetazione igrofila la cui specie dominante è l'*Alnus glutinosa* con *Salix alba*, *Populus nigra* e *Ulmus minor*; in minore presenza si ritrovano lembi di saliceto a *Salix alba*. La vegetazione delle parti alte delle pareti delle foreste è caratterizzata da vegetazione sempreverde a *Quercus ilex* con *Acer monspessulanum* e nelle situazioni soleggiate presso Calcata anche *Quercus pubescens*. Le zone coltivate sono a prevalenza di noccioli.

La vegetazione potenziale dei plateaux e dei versanti piroclastici a debole pendenza è riconducibile alla serie del Carpino orientali-*Quercus cerridis* sigmetum, subacidofila e caratteristica dei substrati piroclastici del territorio preappenninico tirrenico centrale. Lo stadio maturo è rappresentato da boschi a dominanza di *Quercus cerris*, con *Carpinus orientalis*, *Acer campestre*, *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*. La vegetazione igrofila è riconducibile alle serie del *Salicetum albae*, *Populion albae*, *Alno-Ulmion*.

La forra è invece caratterizzata da un mosaico di vegetazione. Sul ciglio dell'incisione si sviluppano boschi a *Quercus ilex* con *Fraxinus ornus* e nello strato erbaceo *Cyclamen hederifolium* (*Fraxino ornus-Quercion ilicis*; *Cyclaminum hederifolii-Quercetum ilicis*). Sui versanti e fin quasi il fondo della forra sono presenti cenosi forestali mesofile a dominanza di *Quercus cerris* e *Carpinus betulus*, con *Corylus avellana* (*Pulmonario apenninae-Carpinion betuli*). Da un punto di vista floristico, il territorio in cui si sviluppa la Valle del Treja offre ospitalità ad un numero modesto di emergenze floristiche. Gran parte di queste specie sono legate agli ambienti umidi. (Anzalone et al., 2010). Di seguito l'elenco delle specie più interessanti:

Lamium flexuosum Ten. – MR, VU margini boschivi, boscaglie, 50-1300 m. Entità con distribuzione prevalentemente meridionale

Polygonum majus A. Braun – MR incolti, ruderi, sponde, 0-600 m. Entità con distribuzione prevalentemente settentrionale

Carex palustris F.W. Schultze – R prati umidi, boscaglie e radure boschive, 500-1500 m. Entità con distribuzione prevalentemente settentrionale

Senecio lividus L. – R rupi, incolti, sponde, radure, 0-500 m. Entità con lacune distributive discontinue nella penisola e presenza più continua nelle regioni meridionali

Pulicaria vulgaris Gaertn. – PC prati umidi, sponde, radure, 0-600 m. Presente quasi ovunque nella penisola.

Glechoma hirsuta Walderst. et Kit. – PC boschi, arbusti, ambienti umidi, 0-1000 m. Presente con maggiore continuità nel settore centro-meridionale della penisola.

IL CONTRIBUTO DELLA RETE ECOLOGICA TERRITORIALE ALLA PROGETTAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VERDI

La rete ecologica ha lo scopo di assegnare specifiche funzioni a differenti aree in relazione al loro valore ecologico e al loro potenziale di risorse naturali (Benetti & Mulongoy, 2006). La valutazione del mosaico spaziale in termini di rete ecologica nasce per valutare l'idoneità spaziale avendo come riferimento una popolazione o una specie (rete specie-specifica). Negli ultimi anni il gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Carlo Biasi ha elaborato un nuovo modello di Rete Ecologica Territoriale (RET) finalizzata a valutare nel suo complesso la funzionalità e l'idoneità ecologica di un territorio (sia a piccola che a grande scala) partendo sempre dall'analisi del pattern del mosaico determinato dall'attuale copertura e uso del suolo (Biasi et al., 2008).

Nell'individuazione della RET l'eterogeneità naturale viene analizzata e valutata mediante la classificazione eco-

¹ La frequenza delle specie è relativa al territorio laziale; la distribuzione si riferisce all'Italia (MR: molto rara, R: rara, VU: vulnerabile, PC: poco comune).

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUTTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
 Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

logica del territorio (biasi et al., 2011 e 2014) finalizzata a definire unità omogenee per caratteri fisici e biologici e pertanto destinate a ospitare, in assenza di disturbo, un solo tipo di vegetazione naturale potenziale. In questa logica la funzionalità degli ecosistemi viene valutata mediante il confronto tra eterogeneità reale e potenziale. Riconoscere infatti in una porzione di territorio la coincidenza tra la situazione reale e potenziale (in termini fisici e biologici) significa riconoscere la massima funzionalità possibile per quel territorio.

La RET non contempla quindi solo la salvaguardia e riqualificazione delle aree naturali e la protezione delle specie, ma anche il riconoscimento e la relativa conservazione nel territorio di una struttura territoriale coerente con un modello spaziale ecologicamente funzionale in cui le diverse aree e i diversi usi permettono comunque di individuare aree core, aree buffer ed elementi funzionali e strutturali di connessione ecologica non solo nei sistemi naturali e semi-naturali, ma anche nella ricca articolazione dei sistemi agricoli e nel sistema urbano. L'attenzione si sposta quindi dal considerare solo le aree sottoposte a diverse forme di protezione alla necessità di analizzare e pianificare l'intero mosaico territoriale (Biasi et al., 2008).

La RET è quindi il prodotto finale di un modello interdisciplinare sullo studio dell'intero mosaico territoriale, che riunisce in sé i contributi dell'ecologia del paesaggio, della classificazione ecologica territoriale, dello studio della vegetazione e della biologia della conservazione, con le necessità pianificatorie dei portatori d'interesse e delle amministrazioni locali.

La RET punta l'attenzione su tutto il mosaico di copertura del suolo individuando, tramite la valutazione dello stato di conservazione, quegli ambiti più adatti al mantenimento del patrimonio biologico, evidenziando le criticità e i conflitti presenti e indicando le aree dove ipotizzare i progetti di infrastruttura verde. La RET rappresenta quindi l'elemento di conoscenza di base essenziale per la valutazione e la pianificazione di una GI.

l'elemento di conoscenza di base essenziale per la valutazione e la pianificazione di una GI.

Le GI consistono in un ampio range di tipologie ecosistemiche o di interventi concreti che possono operare a scale diverse da quella a maggior dettaglio (es. i filari, i tetti verdi, piccole isole di naturalità, parchi urbani lineari) fino ai grandi ecosistemi complessi (boschi di pianura, ricostituzione delle fasce ripariali, inserimento di vaste distese agricole e mantelli di vegetazione, ecc.), caratterizzando vaste unità territoriali e di paesaggio (es. le pianure alluvionali, le foreste planiziali, sistemi fluviali). Ognuno di questi elementi può contribuire a definire le GI nelle aree urbane, peri-urbane e rurali dentro e fuori il sistema di aree protette migliorando l'efficienza ecologica e servizi ecosistemici ad essa collegata alle diverse scale spaziali. Non tutti gli spazi verdi però qualificano una infrastruttura verde; solo quelli con un'alta qualità ambientale e che fanno parte di una rete interconnessa di elementi naturali e seminaturali (CE, 2013b).

Le potenziali componenti di una GI, così come avviene nella Rete Ecologica Territoriale, possono essere così schematizzate (CE, 2013b; Naumann et al., 2011):

- **Arree Core:** sono le aree a maggiore biodiversità che hanno la funzione di nodi della rete della GI e possono essere rappresentate sia dal sistema di aree protette come i siti Natura 2000, parchi nazionali, riserve forestali, che da aree non protette ma che contengono ecosistemi importanti;
- **Arree Buffer:** aree "cuscinetto" gestite in maniera sostenibile che aiutano a migliorare la qualità e la permeabilità del paesaggio;
- **Restoration zone:** aree di recupero che aiutano a riconnettere o a migliorare le aree naturali esistenti; zone di riorestazione, aree di riconversione verso le condizioni iniziali mediante azioni di gestione del territorio;
- **Natural connectivity features:** elementi di connessione naturale come i corridoi ecologici (stepp, flari...) stepping stones, vegetazione ripariale;
- **Artificial connectivity features:** elementi progettati per aiutare il movimento delle specie (es. aree di risalite dei pesci, letti verdi, eco-ponti) che possono derivare da misure di compensazione per ricreare delle connessioni fisiche perse o alterate dalla costruzione di infrastrutture grigie;
- **Multifunctional zones:** zone multifunzionali dove sono compatibili più usi che possono creare combinazioni di

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUCTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPEE E INFRASTRUTTURE VERDI
 Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

diverse gestioni nella stessa area geografica (produzione di cibo, svago, turismo...)

L'uso di un'infrastruttura verde deve quindi prevedere inizialmente l'analisi, in termini di rete ecologica territoriale, dell'unità in cui viene prevista, infatti l'adozione di criteri che tengano conto delle condizioni del mosaico territoriale rispetto alle potenzialità ecologiche permette di scegliere le soluzioni più efficaci per far fronte alle criticità di un dato ambito omogeneo. Conoscere le caratteristiche ecologiche di un territorio consente quindi di indirizzare con maggior efficacia qualsiasi intervento che ha come obiettivo il ripristino degli ecosistemi e della fornitura dei loro servizi.

Nell'adottare misure per promuovere le GI occorre quindi far distinzione tra ambiti in cui è opportuno creare nuove GI e ambiti dove la priorità è rappresentata dal mantenimento o dalla cura dei paesaggi.

I progetti delle Giovane donne calati all'interno del contesto territoriale che, oltre a soddisfare le condizioni ambientali, possono anche rispondere a particolari esigenze proposte dalla società. Anche in quest'ultimo caso sociale è necessario conoscere lo stato di conservazione del territorio prima dell'opera, al fine di poter valutare l'effettiva efficacia del progetto in termini di biodiversità. Per il buon esito dei progetti di GJ è necessario garantire fin dalle prime fasi la partecipazione degli attori della società civile e a livello regionale e locale che devono avere un ruolo attivo e determinante. Il progetto deve prevedere infatti un'iniziale analisi dei conflitti con l'individuazione delle possibili soluzioni al fine di prevedere un esito positivo dell'opera.

Corridoio verde da Roma verso Calcata

Secondo la classificazione ecoregionale (Blasi et al. 2014) il Parco della Valle del Treja ricade in due ambiti ecoregionali: la porzione settentrionale ricade nella Divisione Temperata, nella Provincia Appenninica, nella Sezione Appenninica Centro settentrionale e Sottosezione Bacino Toscano mentre il lembo di territorio più meridionale appartiene alla Divisione Mediterranea, Provincia Tirrenica, sezione Tirrenica centro settentrionale, sottosezione Tirrenica. Nelle figura 2 la descrizione dettagliata delle sottosezioni.

La Rete Ecologica Territoriale, elaborata nell'ambito del Piano Terri-



Figura 2. Descrizione delle sotto sezioni in cui ricade il parco del Treja

COGLIERE LE POTENZIALITÀ DELLE "GREEN INFRASTRUCTURE" PER CONSERVARE E VALORIZZARE IL PARCO DEL TREJA

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

periferie urbane (orti urbani).

In particolare, in prossimità del raccordo anulare di Roma si vuole destinare una o più aree ad "orti urbani". L'area edificata in prossimità del parco dell'Insignerata potrebbe infatti favorire la presenza di questa infrastruttura particolarmente utile per migliorare la qualità e il benessere (fisico e sociale) della vita degli abitanti e nel contempo favorire l'integrazione con i numerosi cittadini provenienti da paesi extra-europei.

Nell'area del Comune di Campagnano si ipotizza invece la presenza di un mercato a "chilometro zero" capace di promuovere la vendita dei prodotti locali tipici dei sistemi agricoli della Campagna romana. Questa infrastruttura, progettata per la vendita dei prodotti locali, sarà anche dotata di spazi per la ricreazione dei bambini e degli adolescenti e per la realizzazione di piccoli ristoranti fortemente connotati con il territorio ospitante.

A Mazzano Romano si prevede invece la realizzazione di un centro specializzato dedicato alla diversità itomorfologica e biologica delle foreste tipiche della Campagna romana. Anche in questo caso il Centro ospiterà spazi per corsi di formazione permanente naturalistica e vivaistica per tutte le età. In particolare si caratterizzerà anche per una didattica tecnico-pratica dedicata alla coltivazione delle piante erbacee ed arbustive tipiche della sottosezione del Bacino Toscano. Tutto ciò può determinare nuove forme di occupazione ecosostenibile particolarmente attente non soltanto alla conservazione della biodiversità ma anche agli aspetti legati alla coesione sociale.

Nel loro insieme questi interventi realizzeranno la "Green Infrastructure Insignerata-Mazzano", in grado di migliorare la funzionalità dei servizi ecosistemici, valorizzando la naturalità diffusa di questo territorio grazie alla conoscenza della distribuzione e valutazione dello stato di conservazione degli ecosistemi presenti.

BIBLIOGRAFIA

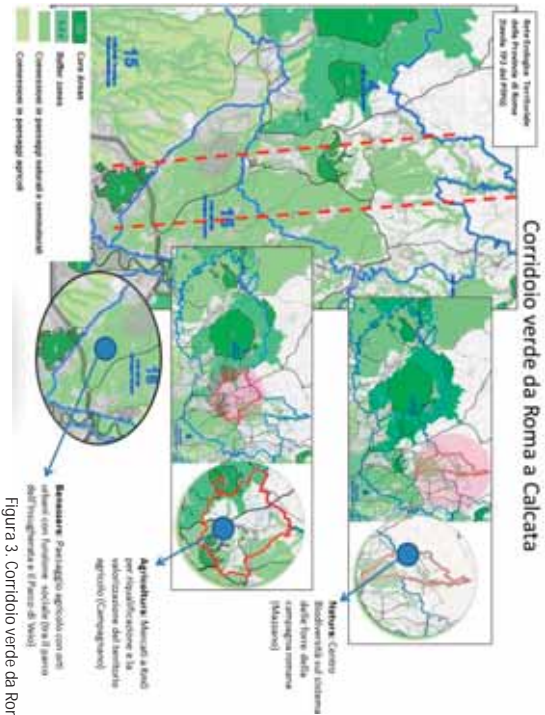


Figura 3. Corridoio verde da Roma a Calcata

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Abbate G. 1992 La vegetazione del Parco Regionale Suburbano Valle del Treia. In "L'ambiente della Tuscia laziale" a cura di Olmi M. e Zappalò M. Università della Tuscia, Union Printing Edizioni Viterbo.
Abbate G., Biasi C., Fascetti S., Michetti L., Filisi L. 1990 La vegetazione del Parco suburbano Valle del Treia. Regione Lazio, Dip. Biologia Vegetale, Univ. di Roma "La Sapienza".
Anzalone B., Iberti M., Latanzzi E. 2010. La flora vascolare del Lazio. Inform. Bot. Ital. 42(1): 187-317.

Bennett M.A., Memmott E.T. 2006. Green Infrastructure: Linking landscapes and Communities. Washington, Island Press.
No. 23. Secretariat of the convention on biological diversity. Montreal, Quebec, Canada.

Biasi C., Abbate G., Fascetti S., Michetti L. 1981. La vegetazione del bacino del F. Treia. Collana del programma finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" AQ/1/237 Roma.

Biasi C., Zavatiero L., Margnani M., Smitaglia D., Copiz R., Rosati L., Del Vico E. 2008. The concept of land ecological network and its design using a land unit approach. Plant Biosystems 142, 540-549.

Biasi C., Caporioti G., Frondoni R., Guida D., Mollo B., Smitaglia D., Zavatiero L. 2011. Vegetation science and the ecoregional approach: a proposal for the ecological land classification of Italy. Fitosociologia 48, 67-80.

Biasi C., Caporioti G., Copiz R., Guida D., Mollo B., Smitaglia D., Zavatiero L. 2014. Classification and mapping of the ecoregions of Italy. Plant Biosystems 148(6), 1255-1345.

Caporioti G., Anzalone B., Attorre F., Copiz R., Mollo B., Zavatiero L., Biasi C. 2014. Ecological classification of land and ecosystem mapping: towards the implementation of action 5 of the European biodiversity strategy to 2020 in Italy. Annali di Botanica 4, 9-17.

CE. 2013a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al comitato delle Regioni Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa. COM (2013) 249 final.

CE. 2013b. Building a Green Infrastructure for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union 2013. 24 pp.
ECOTEC for NENW. 2008. The economic benefits of Green Infrastructure: the public and business case for investing in green infrastructure and a review of the underpinning evidence. Funded by Commissioned from ECOTEC by The Wersley Forest on behalf of Natural Economy Northwest.

MA – Millennium Assessment 2005. Ecosystems and Human Well-being: opportunities and challenges for business and industry. Millennium Ecosystems Assessment/World Resource Institute. Washington, DC.
Naumann S., McKenna D., Kapferngst T., Kapferngst T., Pieterse M., Raymer M. 2011. Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report. Brussels: European Commission.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Luciana ORLANDO

INTRODUZIONE

Le tematiche inerenti la messa in sicurezza del territorio stanno diventando sempre più stringenti e di attualità in quanto incidono direttamente sulla vita quotidiana della popolazione e dell'economia del paese. Data la complessità e fragilità del territorio e del tessuto urbano spesso si è in presenza di contesti critici e ad alto rischio che richiedono interventi complessi e costosi. La buona riuscita di un intervento di messa in sicurezza del territorio dipende non solo dalle capacità progettuali e tecniche dell'intervento ma anche dalle conoscenze di base acquisite a monte della progettazione. Questo fattore, spesso trascurato, è di fondamentale importanza, non solo per la riuscita dell'intervento, ma anche per l'abbattimento dei costi. E' ovvio che gli investimenti per le conoscenze di base sono direttamente dipendenti dalla complessità del contesto idrogeologico e tessuto urbano dell'area di studio.

Le conoscenze di base possono essere di vario tipo e possono basarsi su una semplice ricerca bibliografica oppure richiedere studi funzionali alla progettazione. In funzione degli obiettivi sono necessari rilievi topografici di dettaglio, controlli catastali, conoscenze sui caratteri costruttivi degli edifici, ricostruzioni di dettaglio del sottosuolo, conoscenze sulla geologia e idrogeologia, caratterizzazione geotecnica delle rocce e dei terreni di fondazione, ecc.

In questa memoria si analizzano quali possano essere le indagini preliminari non invasive da impiegare per il pro-



Figura 1. Immagine del borgo medievale di Calcata.

getto di raccolta delle acque reflue del borgo medievale di Calcata (Figura 1).

Nel lavoro si focalizzerà l'attenzione sull'utilizzo di tecniche non distruttive per l'acquisizione di informazioni del sottosuolo delle aree che potrebbero essere interessate dall'intervento.

Il borgo medievale di Calcata si colloca su uno sperone tufaceo rilevato rispetto alle vallate circostanti di una trentina di metri (Figura 1). La sommità dello sperone è completamente edificata con strutture che si trovano in elevato e in continuità con la parete sub-verticale tufacea (Figura 2). Oltre alle strutture in elevato sono presenti anche strutture scavate nel tufo (Figura 2). Inoltre non si può escludere la presenza di cavità e resti archeologici di età

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

precedenti a quella del borgo. Pertanto al momento non si ha la conoscenza dello spessore dello strato antropico al di sotto del piano di calpestio e poche informazioni si hanno anche sulla sequenza geologica che caratterizza lo sperone tufaceo di Calcata. Tali conoscenze possono essere acquisite sia tramite indagini dirette che indagini indirette di tipo geofisico. I due approcci sono tra loro complementari e sono entrambi caratterizzati da pregi e difetti. Le indagini dirette sono distruttive, forniscono informazioni puntuali ma restituiscono informazioni precise dell'assetto del sottosuolo lungo il sondaggio; le indagini indirette sono non distruttive, forniscono informazioni di dettaglio ma possono avere incertezze interpretative. L'ideale è avere a disposizione sia dati diretti che indiretti in modo da utilizzare i dati diretti per vincolare l'interpretazione di dati indiretti e i dati indiretti per la pianificazione delle indagini dirette e per la loro estrapolazione laterale. In questo modo si può ottenere una ricostruzione bi o tridimensionale robusta del sottosuolo.

Al fini della scelta progettuale più idonea, in termini di costi e mitigazione dell'impatto ambientale, è pertanto necessario effettuare rilievi di dettaglio finalizzati alla caratterizzazione e definizione dello spessore dello strato antropico e dei depositi in situ. Gli studi preliminari verranno basati prevalentemente sulle indagini non distruttive.

Le indagini non distruttive avranno come obiettivi:

- 1) caratterizzazione dello strato superficiale finalizzato alla determinazione dello spessore dello strato antropico con verifica della presenza di resti archeologici, cavità ipogee, cunicoli, ecc., attualmente non censiti;
- 2) investigazione della parte sommitale dello strato geologico tufaceo.



Figura 2. Immagini fotografiche di strutture in elevato e scavate nel tufo nel borgo medievale di Calcata.

Nella nota si focalizzerà l'attenzione sui principi di funzionamento di alcuni metodi geofisici normalmente impiegati per la risoluzione di tali problematiche mettendo l'accento sui pregi e difetti delle indagini non distruttive in ambito urbano e sulle informazioni utili che esse potranno fornire per la progettazione dell'intervento a Calcata.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

CENNI SULLE METODOLOGIE GEOFISICHE DA IMPIEGARE NEL BORGO DI CALCATÀ

I metodi geofisici usualmente impiegati nel rilievo di strutture antropiche sepolte e per l'investigazione dei terreni superficiali in ambito urbano sono la tomografia elettrica e il georadar. Altri metodi, quali i sismici, vengono impiegati in funzione di esigenze specifiche.

Di seguito si riportano alcuni cenni sui principi teorici su cui si basano la tomografia elettrica e il georadar, che si intendono utilizzare per lo studio del sito di Calcata.

Tomografia elettrica

La tomografia elettrica si basa su misure di potenziale elettrico effettuate sulla superficie topografica dopo aver generato un campo elettrico a corrente continua o alternata asimmetrica a continua. Il campo viene immesso nel terreno con l'ausilio di due picchetti metallici collegati alla sorgente di energia elettrica, attraverso cavi. La corrente immessa nel terreno si distribuisce nel sottosuolo in funzione delle resistività delle formazioni o strutture in esso presenti. La resistività apparente che si ricava dalle misure è funzione della differenza di potenziale misurata tra due picchetti, della distanza tra gli elettrodi di corrente e potenziale, dell'intensità di corrente utilizzata per generare il campo e della distribuzione delle resistività nel sottosuolo. Misure di resistività apparente eseguite con diverse distanze elettrode e con il punto centrale del dispositivo fisso danno luogo ai sondaggi elettrici verticali (figura 3a); mentre misure di resistività con distanza elettrode fissa e con punto centrale del dispositivo spostato lungo un allineamento rettilineo danno luogo ai sondaggi elettrici orizzontali (figura 3b). In ambo i casi le resistività apparenti si riferiscono a porzioni del sottosuolo che sono funzione delle distanze elettrode e delle caratteristiche elettriche dei terreni interessati dal campo elettrico. In particolare con i sondaggi elettrici verticali si ottiene un profilo verticale di resistività apparente e con i sondaggi elettrici orizzontali un profilo orizzontale di resistività apparente. Misure di resistività apparente effettuate seguendo lo schema dei sondaggi elettrici verticali con i centri del dispositivo molto ravvicinati o dei sondaggi elettrici orizzontali per diverse distanze elettrode danno luogo al metodo misto conosciuto come tomografia elettrica o metodo multielettrodo (figura 3c).

La tomografia elettrica pertanto consiste nell'effettuare misure lungo un allineamento utilizzando un numero elevato di elettrodi che in funzione delle geometrie di acquisizione, fungono come elettrodi di corrente o di potenziale. La profondità massima di investigazione è funzione della lunghezza del profilo, mentre la risoluzione è funzione della distanza tra gli elettrodi, del tipo di dispositivo e a parità di parametri geometrici, decresce con la profondità. Stabiliti i parametri di acquisizione, le misure vengono eseguite automaticamente e registrati nella memoria rigida del sistema. Oltre al dato di resistività apparenti, vengono registrati tutti i parametri geometrici utilizzati per l'acquisizione e l'intensità del campo elettrico utilizzato in ogni singola misura. I dati di campagna

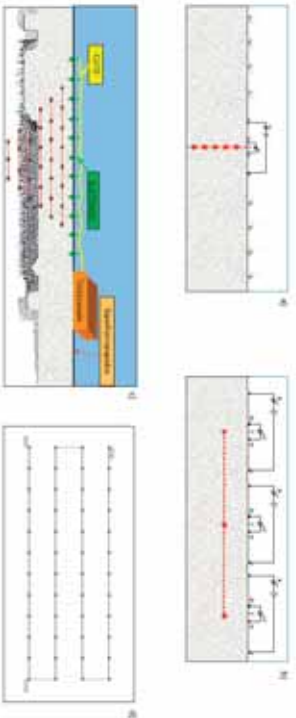


Figura 3. Sondaggi elettrici verticali (a), sondaggi elettrici orizzontali (b) tomografia elettrica (c), grigliato a serpentina per acquisizione tridimensionali (d).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

forniscono una pseudo sezione verticale di resistività apparente del sottosuolo lungo l'allineamento elettrodo. Acquisendo profili di tomografia elettrica tra loro paralleli o a serpentina (figura 3c,d) si effettua una acquisizione tridimensionale che, a seguito dell'inversione dei dati, fornisce una ricostruzione volumetrica della porzione del sottosuolo investigato.

Utilizzando algoritmi di inversione si ottiene la più probabile distribuzione delle resistività presenti lungo la sezione (2D) o all'interno di volumi (3D) da cui ricavare informazioni sulle litologie e/o manufatti presenti al di sotto della superficie topografica per la porzione di sottosuolo investigato. La distribuzione della resistività nel sottosuolo viene ottenuta con l'inversione dei dati basata su un processo iterativo che mette a confronto i dati reali di resistività apparente acquisiti in campagna con i dati di resistività apparente calcolati sulla base di modelli teorici che riproducono l'assetto del sottosuolo. Il processo iterativo viene interrotto nel momento in cui le resistività apparenti teoriche coincidono con quelle apparenti misurate a meno di un errore prefissato. L'errore viene calcolato come scarto quadratico medio tra i due set di misure, resistività apparente misurate e teoriche.

La tomografia elettrica ha il pregio di poter essere utilizzata in ambito urbano anche in presenza di pavimentazioni. In questi contesti vengono utilizzati picchetti di rame a base quadrata (figura 4). L'accoppiamento picchetto pavimento avviene attraverso l'utilizzo di gel conduttivo. Un altro vantaggio risiede nella possibilità di investigare il sottosuolo anche al di sotto delle strutture posizionando gli elettrodi nelle aree perimetrali delle strutture.

Gli svantaggi sono legati a disturbi elettrici che si hanno in ambito urbano, alla riduzione di risoluzione ottenibile con la profondità, alla dipendenza della profondità di indagine con la lunghezza delle stese e dalla non accessibilità di aree coperte da manufatti.

Come esempio si riportano dei dati di tomografia elettrica, bi e tridimensionali acquisiti per la mappatura di cavità, residuo dello sfruttamento di pozzolane, in zona Casalbertone (Roma). In figura 5 si riportano due sezioni bidimensionali e in figura 6 la mappa planimetrica della distribuzione delle cavità relativa alla stessa area ottenuta a seguito di inversione di dati di tomografia tridimensionale.

Come ulteriore esempio si riporta in figura 7 una sezione bidimensionale di tomografia elettrica e in figura 8 una



Figura 4. Picchetto di rame non invasivo (a), acquisizione di tomografia elettrica in ambito urbano e all'interno di edificio (b, c).

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e del Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

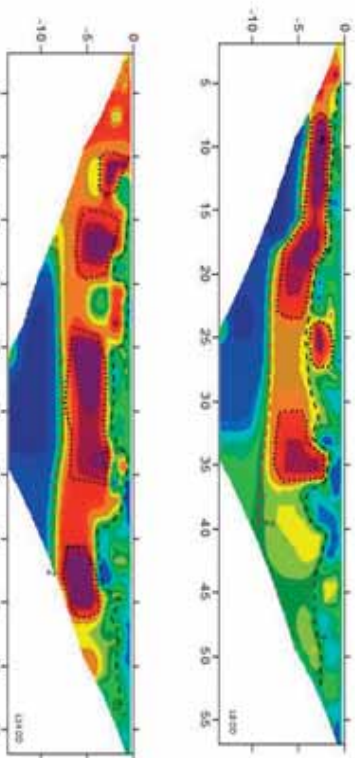


Figura 5. Esempi di profili bidimensionali acquisiti con dispositivo doppio dipolo in area urbana interessata da cavità per sfruttamento di pozzioline. Le cavità sono indicate con linee tratteggiate.

racpresentazione planimetrica (profondità 3m) ottenuta da inversione di dati di tomografia elettrica tridimensionale. I dati si riferiscono a una tomba a camera (2x2x2m) rilevata nella necropoli sabina di Veio (Roma). La tomba è scavata in terreni vulcanici ed ha come copertura una placca di tufo litoide.

Georadar

Il metodo Georadar o GPR (Ground Penetrating Radar), sviluppatosi negli ultimi 20-30 anni, si basa sull'analisi della propagazione nel terreno di onde elettromagnetiche con frequenze comprese tra 10 MHz e 2,5 GHz. L'onda elettromagnetica sotto forma di impulso (durata dell'ordine di 10-9 s) viene immessa nel terreno mediante un'antenna trasmettente di tipo dipolare (Figura 9). Durante il suo percorso l'onda elettromagnetica, nell'incontrare mezzi con caratteristiche elettromagnetiche diverse, si modifica in ampiezza, forma e direzione di propagazione. I fenomeni che si hanno in presenza di superfici di discontinuità sono fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione. La distribuzione dell'energia tra le varie onde e la direzione di propagazione delle singole onde che vengono generate dalle interfacce sono funzione dei mezzi e seguono i principi dell'ottica geometrica. Mentre l'energia riflessa continua il suo percorso verso il basso, le energie riflesse e diffratte tornano in superficie dove vengono captate dall'antenna ricevente.

Parte dell'energia legata all'onda elettromagnetica nell'attraversare il sottosuolo viene assorbita, e quindi solo una parte di energia emessa torna in superficie sotto forma di energia riflessa e diffratta. L'assorbimento dell'energia e quindi la profondità di indagine è funzione delle caratteristiche elettriche dei terreni attraversati: maggiore è la conducibilità (terreni argillosi) maggiore è l'assorbimento e minore è la profondità di indagine.

L'energia riflessa e diffratta dal sottosuolo viene captata dall'antenna ricevente e registrata in digitale. Il segnale registrato viene visualizzato come variazione di ampiezza dell'onda elettromagnetica in funzione del tempo (traccia georadar) e dello spazio. Per ogni

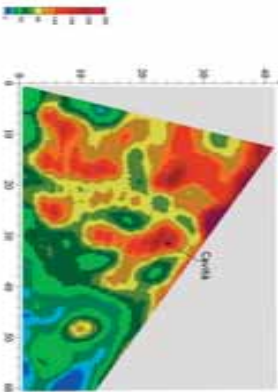


Figura 6. Rappresentazione planimetrica (-3m dal piano campagna) di dati di resistività con acquisizione tridimensionale in area urbana interessata da cavità per sfruttamento di pozzioline. Le cavità sono in rosso.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e del Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Impulso si ha una traccia e le singole tracce affiancate danno origine alla sezione georadar, che rappresenta le variazioni di ampiezza delle onde riflesse e diffratte in funzione della posizione (ascissa) e del tempo di andata e ritorno (ordinata). Le informazioni fornite da una sezione georadar pertanto sono riferite all'assetto del sottosuolo posto al di sotto dell'allineamento del profilo.

Le antenne georadar operano su bande spettrali molto ristrette: la profondità di indagine aumenta, a parità dell'energia emessa e al diminuire della frequenza. La risoluzione cresce all'aumentare delle frequenze e della larghezza di banda del segnale georadar.

Il georadar ha il pregio di poter essere impiegato in ambito urbano e all'interno di edifici, permette un'acquisizione di dati in tempi veloci e a basso costo e fornisce una ricostruzione bi o tridimensionale del sottosuolo ad alta risoluzione (da centimetrica a decimetrica in funzione delle frequenze utilizzate).

I limiti sono principalmente legati alla bassa profondità di indagine che si riesce a ottenere, in ambito urbano è dell'ordine dei 2-3 metri.

In figura 10 si riporta un esempio di sezione georadar acquisita sulla tomba a camera di 2x2x2m nella necropoli di Veio (Roma) lungo lo stesso allineamento del profilo di tomografia elettrica di figura 7. Nella figura sono riportate due sezioni acquisite con le antenne da 200 e 80 MHz lungo lo stesso allineamento. Si osserva la maggiore risoluzione e la minore profondità di indagine nel profilo acquisito con l'antenna da 200 MHz rispetto a quello acquisito con l'antenna da 80 MHz. Nella figura 11 si riporta una restituzione planimetrica relativa alla profondità di 1,8m di una tomba sabina rinvenuta a Colle del Forno (Monte Rotondo-Roma). La tomba di 2x1,5x1,5 è scavata in tufo.

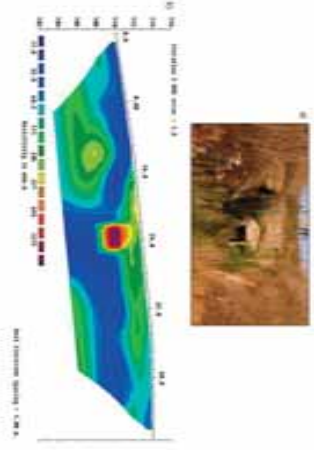


Fig.7. Esempio di profilo bidimensionale acquisito nella necropoli di Veio con dispositivo di Schlumberger (B). Immagine fotografica (A).

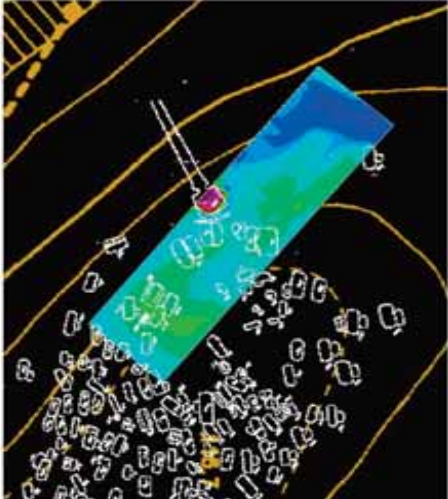


Figura 8. Rappresentazione planimetrica di dati di resistività tridimensionali acquisiti nella necropoli di Veio (Roma) in corrispondenza di una tomba a camera. I dati di tomografia elettrica sono sovrapposti a dati topografici e mappatura dello scavo degli anni '30.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Figura 9. Strumento georadar a singola frequenza (a) e a doppia frequenza (b).

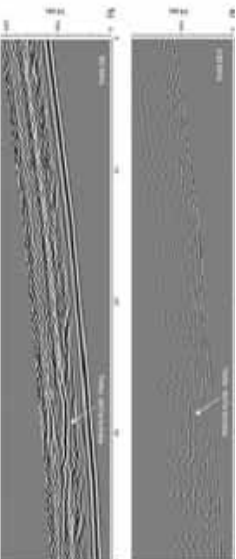


Figura 10. Esempi di profili georadar bidimensionali acquisiti nella necropoli di Veio (Roma) con le antenne da 200 (a) e 80 MHz (b).

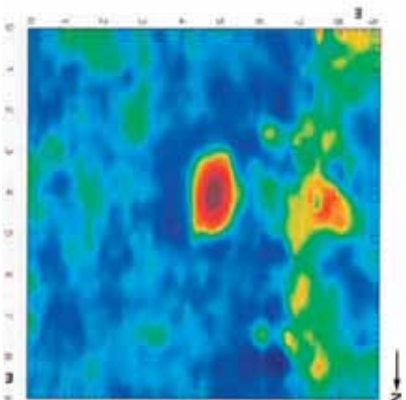


Figura 11. Rappresentazione planimetrica (1:8 m) di dati georadar acquisiti nella necropoli sabina di Colle del Forno (Roma). I dati sono stati acquisiti con antenna da 100 MHz. In Archaeological Prospection, Vol. 3, 13-23, (1996) - Location of archaeological structures using GPR method: Three - dimensions data acquisition and radar signal processing, Malspodi S, Orlando L., Piro S., Rosso F..

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016



Figura 12. Ipotesi delle aree di probabile interesse per le indagini geofisiche di dettaglio (cerchi blu) e a larga scala (linee rosse).

PROGETTAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE DI CALCATÀ

Nel borgo di Calcata si prevede di eseguire indagini di tomografia elettrica e georadar di dettaglio con obiettivi superficiali in tutte le aree in cui la progettazione prevede interventi che interessino il sottosuolo e/o la caratterizzazione, e indagini a larga scala, in prevalenza di tomografia elettrica, per la caratterizzazione dell'ammasso tufaceo.

Le indagini di dettaglio verranno eseguite in prevalenza nelle aree perimetrali del borgo dove il progetto prevede la raccolta delle acque reflue. Al momento si può ipotizzare che le aree di indagine siano quelle indicate in figura 12 con cerchi in blu. In queste aree verranno eseguite indagini georadar a doppia frequenza con antenne da 80 e 200 MHz. Se verrà riscontrata la necessità, si potranno acquisire anche dati ad alta risoluzione utilizzando l'antenna da 600MHz. In funzione degli spazi a disposizione si prevede di eseguire indagini lungo profili tra loro paralleli in modo da restituire una ricostruzione tridimensionale del sottosuolo. Si prevede che le indagini georadar possano fornire informazioni utili sul grado di antropizzazione dei primi 2-3m di sottosuolo, la mappatura di sotto servizi e di eventuali strutture sepolte, cavità, ecc.

Laddove sarà possibile, in queste aree verranno effettuate anche indagini di tomografia elettrica per lo più di tipo tridimensionale. Verrà impiegata una strumentazione equipaggiata con 48 canali con la disposizione degli elettrodi posti lungo i piani di calpestio. Verranno impiegati elettrodi di rame non invasivi che consentiranno di preservare l'attuale pavimentazione. Le indagini verranno progettate con l'obiettivo di investigare i primi metri di sottosuolo. Anche con questa metodologia si prevede di definire lo spessore dello strato antropico e di rilevare la presenza di cavità, strutture, ecc. I risultati ottenuti con queste indagini saranno utilizzati per la caratterizzazione, e scala e progettazione dell'intervento.

Le indagini a larga scala saranno in prevalenza basate sulla tomografia elettrica. In questo caso verranno effettuati profili per lo più bidimensionali che verranno ubicati lungo le arterie principali del borgo di Calcata come riportato in figura 12 (linee rosse). Anche in questo caso verranno impiegati plicchetti non invasivi di rame e strumentazione equipaggiata con 48 elettrodi. La progettazione delle indagini avrà come obiettivo l'investigazione delle formazioni in situ. Poiché la profondità di indagine dipende dalla lunghezza massima della stessa le distanze elettriche verranno definite in funzione degli spazi disponibili, a tal fine si privilegeranno lunghezze di stese massime per ottenere la massima profondità di indagine. Per aumentare la profondità di indagine, oltre al dispositivo Schlumberger, verrà impiegato anche il dispositivo polo-dipolo che è ritenuto essere caratterizzato da una maggiore profondità di indagine a parità di lunghezza della stesa.

L'obiettivo delle indagini a larga scala è quello di ricostruire la sequenza elettrostratigrafica della formazione tufacea sommitale della rupe.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

Paolo MAZZANTI

INTRODUZIONE

Al fini della realizzazione degli interventi di messa in sicurezza della rupe di Calcata si prevede di eseguire indagini e monitoraggio attraverso l'integrazione di innovative tecniche di telerilevamento, di seguito meglio descritte. Tali tecniche, in abbinamento alla supervisione di personale altamente qualificato di NHAZCA S.r.l., consentiranno di fornire il supporto nelle seguenti fasi del presente progetto:

- I) Identificazione e caratterizzazione di settori di ammasso maggiormente suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa alla scala di versante, utili alla definizione dei principali interventi di stabilizzazione;
 - II) Monitoraggio per finalità di sicurezza nella fase di realizzazione degli interventi in parete;
 - III) Verifica dell'efficacia degli interventi di stabilizzazione mediante controlli multi-temporali.
- Le moderne tecniche di telerilevamento consentono infatti di superare il concetto di analisi puntuale e di condurre analisi pervasive alla scala dell'intero versante. Il principale risvolto di tale evoluzione consiste soprattutto nella maggiore versatilità di utilizzo del dato rilevato, soprattutto se impiegato per l'identificazione di settori d'ammasso potenzialmente suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa, per analisi di stabilità all'equilibrio limite globale e per analisi di suscettibilità secondo diverse ipotesi di scenario (come l'azione di forzanti sismiche pseudo-statiche, variazioni dei livelli di falda, presenza di acqua nei giunti che svincolano i blocchi ecc.).

ANALISI GEOSTRUTTURALI D'AMMASSO E MONITORAGGI MULTI-TEMPORALI MEDIANTE RILIEVI CON TECNICA

LASER SCANNER TERRESTRE

Il Laser Scanner terrestre (TLS) è un'innovativa tecnica di rilievo topografico che consente di acquisire le coordinate geografiche (X, Y e Z) di una nuvola di punti dello scenario oggetto di indagine attraverso la misura del "time of flight" (TOF), ovvero il tempo necessario perché un impulso laser venga emesso, riflesso da un oggetto e ricevuto di ritorno dal sensore. Ad ogni impulso corrisponde una posizione angolare azimutale e zenitale che, combinata con il TOF, consente di identificare le coordinate dei punti rilevati, con una frequenza temporale di campionamento di circa 120.000 punti al secondo.

Grazie all'integrazione con una fotocamera ad alta risoluzione, è possibile, inoltre, acquisire immagini ottiche calibrate con il sensore laser. Il risultato del rilievo è, pertanto, una nuvola di punti ad altissima risoluzione e in colori RGB reali (Figura 1) sulla quale è possibile eseguire le comuni operazioni di misura spaziale (calcolo di distanze, superfici e volumi) ed estrarre profili su tracce definite dall'utente.

Le nuvole di punti, acquisite nel sistema di riferimento geografico strumentale, possono essere trasposte, nella fase di post processing, in un sistema di riferimento geografico assoluto mediante un processo di georeferenziazione, condotto sulla base delle coordinate di punti di controllo noti acquisite con un rilievo topografico di supporto.

I rilievi laser scanner saranno eseguiti attraverso un sensore Riegl VZ1000 (o altro di simili caratteristiche); tale sensore è dotato di una tecnologia che consente di acquisire informazioni di punti della superficie topografica anche in zone con copertura vegetativa rada, sebbene con un grado di precisione ed accuratezza minore rispetto alla situazione di assenza di vege-



Figura 1. Esempio di una nuvola di punti in colori reali acquisita con rilievo Laser Scanner Terrestre.

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATRA: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

tazione. Si prevede di eseguire scansioni da un numero di punti idoneo per la riduzione delle zone d'ombra al fine di acquisire il modello 3D ad alta risoluzione del versante.

I dati saranno elaborati con software commerciali o algoritmi proprietari di NHAZCA S.r.l. al fine di:

- I) estrarre curve di livello e profili topografici (Figura 2);
 - II) definire le principali caratteristiche geostutturali dell'ammasso roccioso per l'identificazione delle aree più suscettibili a fenomeni di instabilità gravitativa. In particolare, saranno eseguite delle indagini mirate a definire lo stato di fratturazione (numero di discontinuità per m³, giaciture dei principali sistemi di discontinuità (Figura 3), blocco tipico d'ammasso ecc.) e ad identificare i principali fattori predisponenti l'innescio di fenomeni gravitativi (come la presenza di acqua nei giunti, l'azione di forzanti sismiche ecc.).
- Attraverso rilievi ripetuti nel tempo dalle medesime postazioni di misura saranno inoltre identificati, mappati e quantificati eventuali crolli avvenuti nei periodi compresi tra le sessioni di rilievo (Figura 4) e sarà possibile veri-



Figura 2. Esempio di estrazione delle curve di livello dalla nuvola di punti acquisita con rilievo TLS.

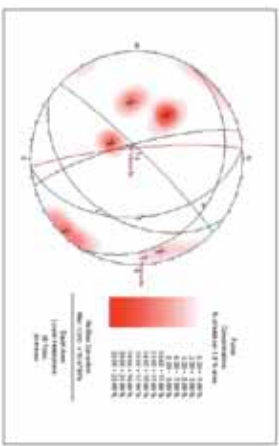


Figura 3. Esempio di risultato ottenuto da analisi geostutturali condotte su nuvole di punti Laser Scanner.

ficare, al termine dei lavori, l'efficacia degli interventi di consolidamento eseguiti e lo stato di conservazione delle opere di sostegno.

RILIEVI CON TECNICHE OTTICHE e/O TERMOGRAFICHE

A supporto delle indagini mediante rilievi Laser Scanner, per una completa ed esaustiva caratterizzazione dell'ammasso roccioso e per il monitoraggio periodico dello stato di conservazione degli interventi realizzati, si prevede di eseguire anche dei rilievi con tecniche fotogrammetriche e termografiche (Figura 5 e Figura 6) che consentano di:

- I) individuare e mappare eventuali venute d'acqua nell'ammasso roccioso o nelle opere di sostegno presenti;

Seminario di Studio del Comune di Calcata con gli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti e dei Geologi
CALCATÀ: MESSA IN SICUREZZA DELLA RUPE E INFRASTRUTTURE VERDI
Roma - Palazzo Regione Lazio - Sala Tirreno - 6 Maggio 2016

II) identificare indizi riconducibili ad ammaloramenti delle strutture e di sostegno, come anomalie termiche dovute all'insorgenza di lesioni o di nuove venute d'acqua ecc.

III) fornire supporto all'analisi geostrutturale per l'identificazione delle principali discontinuità d'ammasso (Figura 6).

Inoltre, attraverso la ripetizione periodica dei rilievi, si potranno acquisire informazioni (come anomalie termiche e/o cronache temporali) riconducibili ad indizi cinematici o geostrutturali.

STUDIO DELLE DEFORMAZIONI SUPERFICIALI STORICHE CON INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE

A completamento delle indagini preliminari, finalizzate all'individuazione delle aree d'ammasso più critiche, sarà eseguita l'analisi degli spostamenti superficiali nelle zone prospicienti la rupe di Calcata con Interferometria SAR Satellitare. Tale tecnica consente di individuare, con elevata accuratezza, i processi di spostamento di terreno e strutture presenti nel territorio e caratterizzati da buona stabilità nel tempo alla riflessione delle onde radar emesse dai sensori satellitari (strutture, edifici, rocce esposte, etc.). Grazie all'uso delle immagini SAR satellitari d'archivio, inoltre, è possibile conoscere le deformazioni storiche subite dal terreno negli anni coperti dall'acquisizione delle immagini.

In particolari condizioni, grazie a specifiche analisi interferometriche avanzate (A-DInSAR), è possibile ricostruire i trend deformativi e le serie temporali di spostamento di elementi naturali e antropici presenti sul terreno e caratterizzati da alta stabilità alla riflessione delle onde radar (punti di misura) senza la necessità di installare sensori o riflettori artificiali.

In particolare, si prevede di elaborare, mediante software commerciali ed algoritmi proprietari di NHAZCA S.r.l., dati acquisiti negli ultimi anni dai satelliti gestiti dalle agenzie spaziali al fine di fornire entità e trend di spostamento nel tempo e di identificare settori affetti da deformazioni superficiali lente (Figura 7).

MONITORAGGIO PER FINALITÀ DI SICUREZZA

Si prevede l'esecuzione di una campagna di monitoraggio con Interferometria SAR Terrestre (TInSAR) che sarà effettuata da NHAZCA S.r.l. nelle fasi di realizzazione degli interventi di stabilizzazione di maggiore criticità.

La tecnica SAR (Synthetic Aperture Radar) permette di sintetizzare un'antenna di grandi dimensioni, combinando i segnali retrodiffusi dallo scenario e ricevuti dal radar, mentre questo si sposta lungo un apposito binario (Figura 8). In questo modo si possono ottenere risoluzioni elevate in range (direzione strumento-target) ed in cross-range (direzione ortogonale alla linea di vista).

L'output strumentale così ottenuto è una mappa bidimensionale degli spostamenti dello scenario lungo la linea di vista dello strumento (Figura 9).

E' possibile, infine, ottenere la serie temporale di spostamento di ogni singolo pixel che costituisce la mappa SAR ed integrarla con eventuali altri dati (dati meteo, dati acquisiti da altre strumentazioni di monitoraggio ecc.).

Il sensore radar interferometrico sarà installato su piattaforma OUBITM, un basamento modulare componibile ideale e realizzato da NHAZCA S.r.l. che consente l'installazione non invasiva e in tempi rapidi di postazioni di monitoraggio TInSAR (Figura 10). Il sensore sarà ubicato a valle della rupe, in zone che consentano di monitorare i settori di versante interessati dalle lavorazioni con accuratezze millimetriche o sub millimetriche senza la necessità di installare riflettori artificiali.

I dati saranno acquisiti in continuo 24 ore su 24 e trasferiti in automatico al Centro di Elaborazione dati e Controllo di NHAZCA S.r.l. di Roma, dove saranno elaborati da tecnici specializzati al fine di estrarre informazioni in merito alle condizioni di stabilità del versante e di comunicare prontamente eventuali criticità alle autorità competenti attraverso piattaforme di comunicazione rapida e/o tramite portale web dedicato con accesso riservato alla Comunità.