



**LINEE GUIDA E METODOLOGIE DI LAVORO
PER LE ATTIVITA' GEOLOGICHE
CONNESSE ALLA PROGETTAZIONE E ALLA REALIZZAZIONE
DI PARCHEGGI NEL COMUNE DI ROMA**

Commissione

| | |
|----------------------------|--|
| Vittorio AMADIO | Università di Reggio Calabria |
| Gualtiero BELLOMO | Comitato Coordinamento Commissione VIA MATMM |
| Giorgio BROCATO | libero professionista |
| Angelo CORAZZA | Presidenza Consiglio dei Ministri D.P.C. |
| Enrico GUARNERI | libero professionista |
| Maurizio LANZINI | libero professionista |
| Giuseppe LEONI | libero professionista |
| Roberto MAZZA | Università di Roma Tre |
| Roberto SALUCCI | Consiglio dei Geologi del Lazio |
| Maurizio SCARAPAZZI | libero professionista |
| Massimo TOCCACIELI | Regione Lazio |

con il contributo di

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Stefano CIANCI | vicedirettore laboratorio geotecnico |
| Antonio COLOMBI | Regione Lazio |
| Marina FABBRI | Consiglio dei Geologi del Lazio |
| Pierluigi FRIELLO | libero professionista |
| Maurizio SCARDELLA | libero professionista |
| Sergio STORONI RIDOLFI | ANAS Compartimento Emilia Romagna |

Revisori

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Pierfederico DE PARI | Consiglio Nazionale dei Geologi |
| Leonardo EVANGELISTI | libero professionista |
| Roberto MENICHELLI | libero professionista |
| Alberto ORAZI | Regione Lazio |

Coordinatore

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| Fabio GARBIN | Consiglio dei Geologi del Lazio |
|---------------------|---------------------------------|



INDICE

| | |
|--|------------------|
| PREFAZIONI | |
| Di Loreto e Troncarelli | pagina 6 |
| De Pari e Graziano | pagina 8 |
| 1. PREMESSA | pagina 11 |
| 2. RACCOMANDAZIONI GENERALI | pagina 13 |
| 3. ATTIVITA' DA SVOLGERE | pagina 14 |
| 4. FASE CONOSCITIVA | pagina 16 |
| 4.1. Definizione delle caratteristiche essenziali del progetto | pagina 16 |
| 4.2. Reperimento dei dati bibliografici | pagina 16 |
| 4.3. Configurazione di un modello preliminare del sottosuolo e delle sue interazioni con l'opera | pagina 17 |
| 5. FASE DI INDAGINE | pagina 18 |
| 5.1. Caratterizzazione del volume geologico significativo | pagina 18 |
| 5.2. Rilevamento geologico e geomorfologico | pagina 18 |
| 5.3. Indagini | pagina 19 |
| 5.3.1. Piano delle indagini | pagina 20 |
| 5.3.2. Direzione delle indagini in fase di esecuzione | pagina 22 |
| 5.3.3. Restituzione delle indagini | pagina 22 |
| 6. FASE DI ELABORAZIONE, INTERPRETAZIONE E SINTESI DEI DATI | pagina 24 |
| 7. STESURA DELLA RELAZIONE GEOLOGICA | pagina 25 |
| 7.1. Premessa ed obiettivi del lavoro | pagina 26 |
| 7.2. Inquadramento geografico | pagina 26 |
| 7.3. Inquadramento geologico | pagina 26 |
| 7.4. Inquadramento geomorfologico | pagina 27 |
| 7.5. Inquadramento idrologico ed idrogeologico | pagina 28 |
| 7.6. Descrizione e sintesi delle indagini effettuate | pagina 28 |
| 7.7. Modello Geologico (N.T.C. 2008) | pagina 29 |
| 7.8. Modello Idrogeologico | pagina 29 |



| | |
|--|------------------|
| 7.9. Elaborati grafici | pagina 30 |
| 7.10. Caratterizzazione geotecnica | pagina 32 |
| 7.11. Caratterizzazione sismica | pagina 32 |
| 7.12. Valutazioni dei rischi in relazione alla realizzazione dell'opera | pagina 34 |
| 7.13. Analisi e descrizione delle pericolosità geologiche dell'area romana | pagina 35 |
| 7.14. Indicazione e progettazione degli interventi di mitigazione e/o abbattimento dei rischi | pagina 37 |
| 7.15. Conclusioni | pagina 38 |
| 7.16. Allegati e/o Appendici | pagina 38 |
| 8. FASE DEI MONITORAGGI ANTE-OPERAM, DURANTE L'ESECUZIONE DELL'OPERA E POST-OPERAM | pagina 39 |
| 9. APPENDICE | pagina 41 |
| 9.1. Normativa di riferimento | pagina 41 |
| 9.2. Elenco delle principali pubblicazioni | pagina 42 |
| 9.3. Elenco della principale cartografia | pagina 43 |
| 9.4. Approfondimenti | pagina 45 |
| 9.4.1. Indagini | pagina 45 |
| 9.4.2. Prove in sito | pagina 46 |
| 9.4.3. Strumentazione e monitoraggi | pagina 46 |
| 9.4.4. Analisi geotecniche di laboratorio | pagina 47 |
| 9.4.5. Indagini geofisiche | pagina 47 |



Gli Ordini professionali hanno tra le loro competenze istituzionali quella di favorire la preparazione dei propri iscritti e di conseguenza migliorare la qualità delle prestazioni che gli stessi forniscono ai committenti di lavori. È convinzione di questo Ordine dei Geologi del Lazio che la liberalizzazione nel settore delle professioni tecniche debba essere seguita dalla emanazione di regole volte a salvaguardare la qualità delle prestazioni progettuali ma, soprattutto la sicurezza delle opere.

Per ottenere un sempre più elevato livello di qualità delle prestazioni dei professionisti geologi, il Consiglio dell'Ordine dei Geologi del Lazio nel 2009, sulla falsariga di quanto predisposto da altri Ordini Regionali e avviato dal Consiglio Nazionale dei Geologi, ha deciso di redigere un documento denominato "Standard metodologici e di lavoro" con l'obiettivo di dare riferimenti certi per l'esecuzione degli studi e la redazione delle relazioni, non solo, come detto, ai propri iscritti ma anche per sensibilizzare i vari Enti ed Amministrazioni committenti, ad utilizzarlo quale utile strumento di controllo e validazione.

Nel Marzo del 2010, l'ufficio Extra Dipartimentale Parcheggi del Comune di Roma, ha stabilito di mettere a punto una serie di indicazioni sulle modalità di presentazione e valutazione dei progetti inerenti la realizzazione di parcheggi interrati nel proprio territorio, chiedendo la collaborazione degli Ordini Professionali coinvolti.

Il Consiglio dell'Ordine dei Geologi del Lazio ha aderito alla richiesta di collaborazione istituendo una apposita Commissione, coordinata dal Vice Presidente Fabio Garbin.

Il presente documento rappresenta il frutto del contributo di vari colleghi, esperti in diverse discipline della geologia, sia liberi professionisti, sia universitari, nonché pubblici dipendenti dell'Area Difesa del Suolo della Regione Lazio Area e del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, Presidenti di OO.RR. ed esperti della Commissione VIA del MATMM, i quali hanno collaborato alla stesura e alla successiva revisione di queste "Linee Guida e Metodologie di Lavoro" che rappresentano un documento di riferimento specifico, esaustivo sulla base delle normative attualmente vigenti, nella progettazione di opere fondamentali importanza in aree urbane.



ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

La Geologia Urbana è una moderna branca della geologia, che attraverso il contributo di diverse discipline (geotecnica, idrogeologia, geomorfologia, geofisica, sismica storica, ecc.) individua e analizza criticamente le pericolosità geologiche presenti in contesti urbanizzati. Quindi, attraverso il confronto con un attendibile Modello Geologico del sottosuolo del sito prescelto per la realizzazione di un'opera, fornisce valutazioni sulle interazioni prodotte dall'eventuale attuazione dell'intervento nel sistema urbano antropizzato.

La necessità che si possa giungere ad una svolta culturale che consenta al nostro Paese di ricercare un rapporto equilibrato tra ambiente e sviluppo, favorendo la salvaguardia geologica del territorio passa anche attraverso queste proposte metodologiche.

Ci risulta perciò oltremodo gradito chiudere questa prefazione, nel ringraziare gli ideatori dell'iniziativa e quanti hanno lavorato per realizzarla, in maniera efficiente con tanto entusiasmo.

Il Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio (da ottobre 2009 a dicembre 2010)

Dott.Geol. Eugenio Di Loreto

Il Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio (da dicembre 2010)

Dott.Geol. Roberto Troncarelli

Allo stato attuale non esiste alcuna norma codificata che consenta di misurare la qualità di una prestazione intellettuale né, tantomeno, un riferimento metodologico per l'individuazione dei contenuti minimi di un prodotto, opera dell'ingegno.

L'immaterialità della prestazione intellettuale non consente di verificare che il prodotto sia conforme a quanto richiesto se non attraverso riscontri formali di sussistenza di alcuni requisiti minimi (presenza del tipo di elaborato previsto dalle leggi).

La conformità del prodotto reso, ed il suo livello di affidabilità, vengono verificati sempre a posteriori, quando si passa dalla progettazione di un'opera alla sua realizzazione.

E' allora che gli aspetti critici del progetto, intesi come lacune di conoscenza e/o omissioni di approfondimento, possono manifestarsi, determinando spesso varianti al progetto originario e, quasi sempre, extra-costi sostenuti al fine di garantire il completamento di quanto previsto.

Proprio sul tema della qualità del prodotto intellettuale la comunità dei professionisti, ed in particolare quella tecnica, si sta interrogando da anni, cercando metodi e strategie che rendano lineare e ripetibile il processo progettuale e che garantiscano il committente circa la conformità del prodotto reso alle norme di riferimento, ma anche a standard metodologici consolidati e frutto di un attento esame della problematica specifica.

In tale ottica le Linee Guida, intese come strumento operativo, rappresentano la sintesi di un approccio tecnicamente e scientificamente corretto ad una problematica di qualunque genere e consentono al professionista di individuare un percorso metodologico in cui saprà approfondire capacità, esperienza e competenza.

La differenza tra il prodotto reso da un professionista e quello reso da un altro professionista non si esprimerà, quindi, in termini di contenuti minimi (garantiti dal rispetto delle Linee Guida), ma di genialità nella configurazione dei modelli e nell'individuazione delle soluzioni più opportune per lo specifico contesto in cui si cala l'intervento progettato.

Tali considerazioni, valide per tutte le prestazioni intellettuali tecniche, ma particolarmente calzanti per i geologi in virtù della materia estremamente varia ed articolata, stanno alla base di un ambizioso progetto di riqualificazione della professione portato avanti dal Consiglio Nazionale dei Geologi con il supporto tecnico e scientifico degli Ordini Regionali e della comunità accademica.

Le presenti *Linee Guida*, pensate ed elaborate sulla scorta dei principi appena descritti, hanno diritto e dignità per essere considerati uno *Standard Metodologico* per la specifica tematica che affrontano e di rappresentare, pertanto, un valido riferimento operativo su scala nazionale.

Il lavoro svolto dalla Commissione è stato lungo, complesso e faticoso, ma il risultato ottenuto ripaga pienamente degli sforzi profusi.

Queste Linee Guida e Metodologie di Lavoro danno un contributo significativo al processo di riqualificazione della geologia, intesa come scienza e cultura del territorio, e creano i presupposti di qualità e trasparenza che la moderna professione tecnica deve saper garantire alla società.

Il Segretario del Consiglio Nazionale dei Geologi

Dott.Geol. Pierfederico De Pari

Il Presidente del Consiglio Nazionale dei Geologi

Dott.Geol. Gian Vito Graziano

1. PREMESSA

Le presenti *"Linee Guida e Metodologie di Lavoro"* hanno l'obiettivo di descrivere le attività geologiche che devono essere messe in atto nell'ambito della progettazione e della realizzazione di parcheggi nel Comune di Roma, indispensabili per garantire la sicurezza, la prestazione in esercizio, l'economicità e la vita utile delle opere, nonché l'incolumità delle persone, il rispetto dell'ambiente e la conservazione dei manufatti circostanti potenzialmente interagenti.

Affinché le opere di ingegneria civile siano realizzate a regola d'arte, in completa sicurezza ed a costi ragionevoli, è necessaria una conoscenza approfondita delle caratteristiche del sottosuolo, inteso come complesso eterogeneo, costituito da materiali depositatisi a seguito di processi naturali e di attività antropiche.

Le difficoltà interpretative nella ricostruzione dei modelli di sottosuolo alla scala del manufatto sono notevolmente complicate dalla grande variabilità stratigrafica e geotecnica dei terreni che costituiscono il sottosuolo di Roma. Infatti, al di sopra di un substrato sedimentario plio-pleistocenico, sono presenti i prodotti piroclastici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini, ai quali si intercalano terreni sedimentari di ambiente fluvio-lacustre, in alcune aree erosi e ricoperti dalle alluvioni recenti del Tevere, dell'Aniene e degli affluenti minori. L'assetto geologico-stratigrafico è ulteriormente complicato dalla diffusa presenza di una coltre di riporti, prodotta in quasi 3000 anni di attività antropiche, caratterizzata da spessori, materiali, tipologie di deposizione ed età di messa in posto molto variabili.

Le presenti *"Linee Guida e Metodologie di Lavoro"* indicano i criteri ed i metodi di indagine minimi necessari per determinare e documentare la natura e le caratteristiche del sottosuolo romano, alla base di qualsiasi progettazione di un'opera di ingegneria civile.

In generale lo scopo di questo documento è:

- definire gli standard e le procedure di riferimento, riconosciuti validi a livello nazionale ed internazionale, per garantire un'elevata qualità dei servizi e delle indagini;
- uniformare la documentazione da fornire;



- incrementare l'efficienza delle prestazioni professionali e delle attività ad esse collegate (indagini geognostiche s.l.);
- tener conto rigorosamente di tutti gli elementi prestazionali;
- fornire le indicazioni di riferimento ai tecnici delle amministrazioni competenti per la valutazione e l'approvazione dei singoli progetti.

L'uso di questo strumento non esime il singolo professionista dalla propria responsabilità di esercitare scientificità, iniziativa e proprietà di giudizio.

Questo documento è pertanto uno strumento sostanziale affinché il prodotto sia ordinato, intellegibile e completo, nell'intento di fornire un lavoro riproducibile e accurato rispetto a ciascun progetto, senza tuttavia sostituire il metodo di lavoro di ciascun professionista.

2. RACCOMANDAZIONI GENERALI

La filosofia ispiratrice di queste *"Linee Guida e Metodologie di Lavoro"* suggerisce di utilizzare il più possibile metodi che si basino su criteri oggettivi e ripetibili, avendo cura di distinguere i dati (ad esempio, le stratigrafie dei sondaggi), dalle interpretazioni (ad esempio, i profili geologici).

Sulla base dei dati e delle loro interpretazioni il professionista, mediante la propria esperienza e capacità, esprime un giudizio, individuando gli elementi di criticità che possono condizionare la progettazione, la realizzazione e la vita nominale dell'opera. Affinché un'interpretazione possa essere considerata affidabile è necessario che i dati ed i modelli concettuali, cui si fa riferimento per le interpretazioni stesse, vengano chiaramente rappresentati ed illustrati. Ciò permette di valutare se essi siano più o meno idonei per le finalità da raggiungere.

Poiché inoltre i modelli concettuali sono uno strumento di analisi fondamentale per lo sviluppo dell'intero progetto, è necessaria l'interazione continua fra il geologo e le altre figure professionali coinvolte nella filiera progettuale.

3. ATTIVITA' DA SVOLGERE

Lo studio dell'area interessata deve contemplare i seguenti aspetti:

a) Studio geologico comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti in una zona significativamente estesa, i relativi rapporti giacitureali, gli spessori, nonché l'indicazione dei lineamenti tettonici.

b) Studio geomorfologico comprendente la descrizione dei principali elementi morfologici presenti nel sito in esame e nel suo intorno significativo, la valutazione delle "pericolosità geologiche" naturali e/o antropicamente indotte (erosione superficiale, frane, esondazioni, sprofondamenti repentini del sottosuolo, ecc.).

c) Studio idrogeologico comprendente la descrizione della circolazione idrica superficiale e sotterranea, e un'analisi delle possibili interazioni con l'opera in progetto e con le relative problematiche geotecniche: soggiacenza della falda e sue escursioni stagionali, smaltimento delle acque dilavanti, vulnerabilità delle falde idriche, valutazione della loro potenzialità ed individuazione delle aree soggette ad eventuali esondazioni.

d) Studio delle ulteriori pericolosità geologiche comprendente quant'altro necessario ad evidenziare superfici e volumi di sottosuolo caratterizzati da singolari "criticità" geologiche, integrando quanto già emerso nei punti precedenti.

e) Studio della pericolosità sismica di base e locale comprendente l'esecuzione di specifiche indagini sismiche finalizzate, come previsto dalle N.T.C. 2008, alla determinazione della V_{S30} ed alla valutazione dell'insorgenza di particolari effetti di sito (liquefazione, costipamento o instabilità), nonché ad una migliore definizione della Risposta Sismica Locale ove necessario.

f) Studio della parametrizzazione geotecnica comprendente la progettazione delle indagini in sito e delle analisi di laboratorio, l'interpretazione dei dati geotecnici derivanti dalle prove e l'individuazione, per ogni unità litotecnica, dei principali parametri geotecnici disaggregati: tali attività devono essere svolte di concerto con il progettista delle strutture, rimanendone il progettista responsabile ai sensi delle NTC 2008 § 6.2.2.



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LAZIO

Nei capitoli seguenti verranno sviluppati i contenuti delle attività sopra descritte in relazione alle seguenti fasi di lavoro:

- **Fase conoscitiva**
- **Fase di indagine**
- **Fase di elaborazione, interpretazione e sintesi dei dati**
- **Stesura della Relazione Geologica**
- **Fase dei monitoraggi**

4. FASE CONOSCITIVA

La fase conoscitiva è finalizzata alla definizione del volume geologico significativo ed all'elaborazione di un modello geologico preliminare in relazione all'opera in progetto, con riferimento alle indicazioni fornite al capitolo 6 delle N.T.C. 2008 e sua Circolare esplicativa.

Il *volume geologico significativo* deve essere riferito ad una zona ragionevolmente estesa, comprendente il sito specifico, su cui deve essere realizzata l'opera, ed il suo intorno, la cui conoscenza è indispensabile per la successiva modellazione geotecnica. Si tratta quindi di una porzione, più o meno estesa, di territorio con il suo sottosuolo, con profondità variabili da caso a caso in funzione dell'assetto geologico-strutturale locale, ma sempre pertinente al progetto.

Il volume geologico è pertanto più esteso rispetto a quello geotecnico, identificabile a sua volta con il volume significativo, definito secondo le N.T.C. 2008 come *"quella parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa"*.

4.1. Definizione delle caratteristiche essenziali del progetto

Il professionista deve acquisire obbligatoriamente la documentazione necessaria per conoscere almeno gli aspetti generali dell'ipotesi progettuale (tipologia, geometria, carichi previsti, ecc.) direttamente connessi con la definizione del volume geologico significativo.

4.2. Reperimento dei dati bibliografici

Il professionista deve reperire i dati bibliografici e cartografici relativi all'area in studio, citandone espressamente la fonte. In questa fase devono essere consultati gli studi specialistici condotti alla scala di bacino idrografico, recependo i relativi P.A.I. Inoltre, nel caso di precedenti indagini geognostiche, deve essere indicata la loro posizione sulla "Carta delle ubicazioni delle indagini" di cui al § 5.3.3.

Particolare importanza nel reperimento dei dati bibliografici può rivestire la ricerca di fonti documentali storiche, cartografiche e non, per analizzare e ricostruire i

cambiamenti intervenuti nel tempo della morfologia nella zona oggetto di studio. La ricostruzione della morfologia e degli eventuali elementi antropici sepolti e/o inglobati nella coltre dei riporti risulta fondamentale per l'elaborazione del modello geologico, per la definizione delle interazioni tra opera in progetto ed elementi circostanti ed, in ultima analisi, per la progettazione delle indagini.

Si fornisce in Appendice (cfr. § 9.2. e 9.3.) un elenco delle principali pubblicazioni geologiche e della cartografia relative alla città di Roma.

4.3. Configurazione di un modello geologico preliminare e delle sue interazioni con l'opera

Il professionista, sulla base dei dati bibliografici e delle dimensioni dell'opera, deve configurare un modello geologico preliminare che costituisce la base previsionale per le successive fasi di studio geologico, idrogeologico e geotecnico.

Tale modello e le successive previsioni di indagine, è opportuno che vengano illustrati e condivisi con il Progettista, anche con riferimento ad eventuali vincoli e prescrizioni legate agli strumenti urbanistici vigenti.

5. FASE DI INDAGINE

5.1. Caratterizzazione del volume geologico significativo

La caratterizzazione e le indagini devono riguardare il *volume geologico significativo* e permettere la ricostruzione del *Modello Geologico*.

Il *Modello Geologico* della zona di interesse, costituita dal sito specifico e da un suo intorno significativo (cfr. paragrafo 4), deve consistere nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità. Il modello deve essere sviluppato in modo da costituire l'essenziale elemento di riferimento per inquadrare i problemi geotecnici specifici legati al progetto dell'opera.

Per la definizione degli elementi distintivi necessari alla derivazione del modello geologico (caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche) si devono programmare specifiche indagini in funzione del tipo di opera e della complessità del contesto geologico.

Devono inoltre essere individuate, se presenti, particolari situazioni di pericolo o di rischio di carattere geologico, oltre ad essere accertate le caratteristiche sismo-stratigrafiche locali della zona interessata dal progetto.

5.2. Rilevamento geologico e geomorfologico

Prevede l'esecuzione, laddove possibile, di un accurato rilevamento di campagna con produzione delle relative carte tematiche a scala adeguata.

Il rilevamento geologico, quando svolto in ambiente urbano, comporta una variazione della normale "filosofia" alla base del rilevamento geologico, in quanto oltre ai dati geologici diretti (rilevamento sul terreno) si devono ricercare, con ovvia criticità, anche i dati indiretti (fonti storiche e indagini precedenti) e, quando possibile, relativi ai piani di fondazione di opere attigue, alla loro interferenza con l'opera e alle informazioni su eventuali dissesti avvenuti nella zona.

5.3. Indagini

L'esecuzione delle indagini è un elemento essenziale per la progettazione, ma se le indagini stesse non sono adeguatamente finalizzate, quantificate e correttamente ubicate, possono rivelarsi incomplete o addirittura inutili.

La progettazione delle indagini necessita la conoscenza degli aspetti generali del progetto e deve essere guidata dall'inquadramento geologico preliminare, con lo scopo di:

- confermare l'inquadramento geologico preliminare previsto;
- acquisire le informazioni nei punti dove permangono dubbi interpretativi;
- contribuire a definire il modello geologico ed il modello idrogeologico;
- fornire i parametri geotecnici;
- contribuire a definire il modello geotecnico;
- creare una rete di monitoraggio mediante l'installazione di strumentazione (piezometri, inclinometri, capisaldi topografici, ecc.).

Le prime tre attività presenti nell'elenco sopra riportato sono di esclusiva competenza del geologo.

Il geologo e/o l'ingegnere geotecnico progettano le indagini in sito. E' auspicabile che i progetti delle indagini nascono da un lavoro congiunto tra il progettista delle strutture, che definisce l'andamento dei carichi, ed il geologo, che sa contestualizzare l'opera sul peculiare terreno di sedime.

Il risultato è la scelta delle tipologie di indagini più appropriate (carotaggi geognostici, prove di laboratorio, prove penetrometriche, indagini geofisiche, corretto posizionamento delle strumentazioni di monitoraggio, rilievi geomeccanici, ecc.) per ciascuna opera contestualizzata nello specifico contesto geologico.

Progettazione ed esecuzione delle indagini costituiscono fasi di lavoro distinte; il progetto può anche essere modificato, in funzione delle informazioni che le indagini stesse forniscono in tempo reale grazie alla presenza costante in cantiere del geologo.

5.3.1. Piano delle indagini

Il "Piano delle indagini" costituisce un elaborato a sé stante, allegato alla Relazione Geologica che va redatta ai sensi delle N.T.C. 2008 § 6.2.1.

I criteri generali che governano il piano delle indagini sono costituiti dalla dimensione e tipologia dell'opera, dalla natura e complessità geologica del sito e dalle possibili interferenze fra l'opera ed il suo intorno.

Il piano deve permettere di caratterizzare il volume di terreno significativo nell'ambito dell'opera in progetto, sulla base del modello geologico preliminare, delle informazioni progettuali acquisite e delle seguenti problematiche generali:

- gli eventuali fenomeni geomorfologici, anche in aree limitrofe;
- la circolazione idrica ante-operam e post-operam;
- la scelta della tipologia delle fondazioni;
- gli eventuali cedimenti indotti;
- il sostegno degli scavi;
- l'interazione dell'opera con gli edifici circostanti (scavi, influenza con le fondazioni esistenti, subsidenza indotta, ecc.).

Le principali informazioni da acquisire sono:

- la stratigrafia del sito;
- le morfologie sepolte dalla coltre dei riporti;
- le eventuali preesistenze archeologiche;
- i livelli di falda e loro escursioni;
- le eventuali pericolosità geologiche (cavità, radon, CO₂, caratterizzazione dei terreni ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, ecc.) e geomorfologiche (frane, subsidenza, ecc.);
- la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere.

In funzione degli aspetti indicati, il "Piano delle indagini" deve contenere:

- gli scopi e gli obiettivi;
- il programma e l'indicazione delle tipologie di indagine più appropriate;
- l'ubicazione dei punti di indagine;
- la profondità prevista di indagine;

- l'ipotizzabile quota di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove in sito (S.P.T., prove di permeabilità, ecc.);
- la tipologia, la localizzazione e la quota di installazione degli strumenti di monitoraggio.

La tipologia di indagine (sondaggi, analisi geotecniche di laboratorio, prove penetrometriche statiche o dinamiche, prove in foro, indagini geofisiche, ecc.) va motivata elencando i parametri da acquisire e le eventuali limitazioni. Va inoltre sempre riportata la normativa e/o gli standard di riferimento.

Su ciascun sito devono essere previsti un *minimo* di 4 sondaggi geognostici, mentre, laddove esistano criticità geologiche, idrogeologiche, geotecniche e/o sismiche, i sondaggi devono essere eseguiti in numero maggiore e adeguato alla caratterizzazione completa dell'area e del suo sottosuolo.

E' inoltre opportuno che, con riferimento al paragrafo § 3.2.2. delle N.T.C. 2008, *minimo* 2 carotaggi vengano eseguiti fino alla profondità di almeno 30 metri. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

In tal modo, sempre in conformità alle N.T.C. 2008, si otterranno delle verticali utili al calcolo del V_{s30} , attraverso profili di V_s da acquisire mediante metodologie sismiche in foro e/o di superficie.

La circolazione idrica ante-operam e post-operam deve essere definita mediante l'installazione di *minimo* 3 piezometri posizionati all'esterno del perimetro dell'opera.

Le profondità di prelievo dei campioni indisturbati e di esecuzione delle diverse prove in sito, così come la tipologia e la profondità di installazione degli strumenti di monitoraggio, sono funzione delle litologie e dell'assetto stratigrafico presente, che devono essere strettamente verificati in corso d'opera dal geologo.

Il geologo o l'ingegnere geotecnico, sempre di concerto con il progettista delle strutture, deve anche progettare le analisi geotecniche da far eseguire al laboratorio: al fine di pervenire al modello geotecnico è necessario in tale fase

definire gli stati tensionali ed i percorsi di carico. L'eventuale variazione del programma delle prove prefissato deriva da una sinergia con la direzione del laboratorio che verifica la fattibilità del programma stesso.

Il piano delle indagini deve pertanto essere flessibile e facilmente modificabile durante l'esecuzione, in funzione delle informazioni che le indagini stesse forniscono.

Tale piano, condiviso con il Committente ed il progettista delle strutture, deve indicare anche i tempi di esecuzione, di elaborazione e di restituzione delle singole indagini, a volte necessariamente sequenziali l'una all'altra. Questo aspetto è molto utile alle varie figure professionali e amministrative che a vario titolo interagiscono nella progettazione e nella realizzazione dell'opera.

5.3.2. Direzione delle indagini in fase di esecuzione

Affinché le indagini forniscano il miglior risultato possibile, con il più favorevole rapporto costi-benefici, è necessario un coordinamento ed una direzione costante in fase esecutiva: è auspicabile che tali compiti siano affidati allo stesso professionista che ha redatto il "Piano delle indagini".

I compiti del responsabile delle indagini sono:

- far rispettare all'impresa gli standard previsti;
- modificare, ove necessario, il piano iniziale;
- redigere, in forma chiara ed organica, la documentazione relativa ai dati provenienti dalle attività di indagine.

Ogni variazione di rilievo dal progetto iniziale deve essere tempestivamente comunicata e concordata con il Progettista, mediante modalità documentabile.

5.3.3. Restituzione delle indagini

I risultati delle indagini eseguite devono essere riportati in un apposito documento che costituisce un allegato alla relazione geologica denominato "Rapporto sulle indagini eseguite".

Tale documento rappresenta una parte essenziale per l'intero sviluppo del progetto, spesso è consultato da più soggetti con competenze diverse e, pertanto, oltre ad

essere quanto più intelligibile, accurato e completo possibile, deve utilizzare una terminologia univoca e standardizzata (Raccomandazioni A.G.I. 1977, nomenclatura geotecnica A.G.I. 1963, ecc.).

Esso deve contenere il resoconto di tutte le indagini svolte in sito ed in laboratorio, registrando senza alcuna valutazione i dati acquisiti, mantenendo uno stile quanto più possibile oggettivo e scevro da interpretazioni. Qualora queste siano presenti, è importante che siano chiare e distinguibili dai dati oggettivi sperimentali, permettendo così l'eventuale controllo e la revisione dei risultati.

Il "Rapporto sulle indagini eseguite", in analogia con il *Ground Investigation Report* dell'Eurocodice 7, deve comprendere:

- lo scopo e l'estensione dell'indagine;
- l'elenco delle indagini effettuate;
- l'ubicazione delle indagini;
- le motivazioni delle eventuali variazioni al piano iniziale delle indagini;
- la restituzione dei dati relativi alle indagini effettuate;
- l'atlante fotografico.

Gli esiti di eventuali indagini archeologiche possono essere utilizzati dal geologo per raccogliere ulteriori dati riguardanti ad esempio: spessore dei depositi antropici e delle alluvioni antropizzate attraverso il riconoscimento della profondità del substrato, eventuale presenza di falde superficiali, granulometria dei terreni di riporto, modello delle resistività reali del terreno nel caso siano eseguite indagini geoelettriche, ecc.



6. FASE DI ELABORAZIONE, INTERPRETAZIONE E SINTESI DEI DATI

Prevede l'interpretazione di tutte le indagini eseguite, con la determinazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti.

Questa fase rappresenta un aspetto prodromico alla definizione dei modelli geologico, idrogeologico e geotecnico.

Essa consiste nella valutazione, analisi e successiva elaborazione di tutte le informazioni acquisite nelle precedenti fasi di studio e di indagine e nella sintesi dei risultati anche mediante tabelle, diagrammi, schemi grafici, sezioni geologiche e/o geologico-tecniche che illustrino in maniera oggettiva i sopramenzionati modelli.

Qualora l'interpretazione lasci margini di incertezza giudicati eccessivi è necessario mettere in luce tali aspetti e proporre ai progettisti incaricati dei vari ambiti progettuali (fondazioni, opere di sostegno, scavi, ecc.) un'ulteriore fase di indagini, specificamente mirata alla risoluzione delle problematiche rimaste irrisolte.

Preventivamente all'avvio delle indagini integrative, il nuovo piano deve essere condiviso con i progettisti e la committenza.

7. STESURA DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

I risultati degli studi geologici effettuati, delle indagini e delle conseguenti valutazioni, vengono descritti in un elaborato denominato “Relazione Geologica” (cfr. N.T.C. 2008 § 6.2.1.) che rappresenta la sintesi del lavoro e che definisce le condizioni del sito in relazione al progetto in esame, nonché la presenza e la natura delle eventuali criticità ai fini della fattibilità dell'intervento e della corretta funzionalità dell'opera.

Nel desiderio di esplicitare tutti gli argomenti inerenti la Relazione Geologica si espone di seguito una traccia dei contenuti minimi che essa deve prevedere:

- la sintesi accurata e completa delle ricerche bibliografiche;
- la descrizione delle modalità e dell'esito dei rilievi in sito, la verifica del modello geologico preliminare e l'identificazione di eventuali elementi di criticità;
- il programma, la rendicontazione dell'esecuzione e la restituzione delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite, finalizzate alla definizione del modello geologico e propedeutiche alla definizione del modello geotecnico;
- la ricostruzione del modello geologico attraverso la definizione dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismo-stratigrafico;
- la definizione del modello idrogeologico;
- la caratterizzazione geotecnica prodromica alla ricostruzione del modello geotecnico come previsto dalle N.T.C. 2008 § 6.2.2;
- l'individuazione delle pericolosità geologiche, comprese quelle derivanti dalle attività antropiche;
- la definizione degli scenari di rischio connessi con la realizzazione dell'opera e con la presenza di strutture esistenti al contorno;
- l'indicazione e la progettazione degli interventi di mitigazione o abbattimento dei rischi.

7.1. Premessa ed obiettivi del lavoro

La premessa deve contenere:

- i dati del professionista;
- il Committente e l'esatta denominazione del progetto;
- la descrizione della documentazione fornita dal Committente e/o dai Progettisti (tipo, codifica, contenuti, estensori, date, ecc.);
- la descrizione del progetto (tipologia delle opere previste, dimensioni geometriche e plano-altimetriche, carichi di progetto, profondità degli scavi, ecc.);
- la bibliografia analizzata, precisandone la fonte e la data di pubblicazione;
- gli eventuali dati provenienti da studi e lavori eseguiti nelle vicinanze, anche da altri colleghi e/o da committenti che ne abbiano preventivamente autorizzato l'utilizzo;
- il dettaglio delle attività svolte sia in prima persona, sia mediante l'uso di consulenze esterne e di fornitori di servizi;
- il quadro normativo afferente e gli standard tecnici di riferimento.

7.2. Inquadramento geografico

La localizzazione geografica dell'area di studio deve consentire l'individuazione del settore di territorio oggetto di approfondimenti.

Essa deve contenere l'ubicazione dell'area, con localizzazione della stessa su stralci della cartografia tecnica (C.T.R. Lazio in scala 1:10.000 o 1:5.000, catastale in scala 1:2.000 o 1:4.000) e fotoaerea/ortofoto.

7.3. Inquadramento geologico

L'inquadramento geologico deve contenere tutti gli elementi che caratterizzano un settore più ampio della singola area oggetto di progettazione, ma comunque con essa pertinente.

Esso deve essere redatto facendo riferimento ai dati più aggiornati di carattere geologico e stratigrafico ricavabili dalla produzione scientifica di Università, Enti di

ricerca e dalla letteratura tecnica specialistica, citandone la fonte dove espressamente richiamati.

In particolare devono essere riportati i seguenti argomenti:

- il sintetico inquadramento geologico regionale con breve descrizione della geologia di un'area significativamente estesa al contorno del sito, con la descrizione della colonna stratigrafica e dei rapporti giacitureali;
- la descrizione, l'analisi e l'interpretazione della cartografia geologica della quale devono essere allegati stralci con estratto della legenda originale e con indicazione dell'area di intervento.

7.4. Inquadramento geomorfologico

L'inquadramento geomorfologico deve contenere tutti gli elementi morfologici che caratterizzano un settore più ampio della singola area oggetto di progettazione, ma comunque con essa pertinente. Esso deve essere redatto facendo riferimento anche alle fonti documentali storiche, cartografiche, fotografiche, ecc., citandone la provenienza.

In particolare devono essere riportati i seguenti argomenti:

- il sintetico inquadramento morfologico con descrizione di un'area sufficiente alla comprensione del contesto in cui è situata l'opera in progetto;
- la descrizione, l'analisi e l'interpretazione della cartografia geomorfologica di cui sono allegati stralci con estratto della legenda originale (Piani di Assetto Idrogeologico, cartografie tematiche degli strumenti urbanistici, ecc.) e localizzazione dell'area di progetto;
- il tipo di utilizzo precedente ed attuale dell'area che consenta la ricostruzione di eventuali usi pregressi mediante il reperimento di informazioni su lavori che abbiano previsto scavi e rinterrati, ed in tale ambito deve essere valutata anche la possibile interferenza con elementi archeologici;
- la descrizione dell'attuale morfologia dell'area che evidenzii la presenza di scavi, terrazzamenti, scarpate e versanti di cui è definita la natura e l'origine naturale o antropica: in aree urbane deve essere eseguita una ricerca bibliografica che evidenzii la presenza di possibili coltri di riporto, che spesso

raggiungono spessori consistenti e tali da obliterare l'originale conformazione morfologica che deve essere valutata e ricostruita allegando, se presenti, stralci di antiche cartografie.

7.5. Inquadramento idrologico e idrogeologico

L'inquadramento idrogeologico deve descrivere gli aspetti relativi ad un'area considerevolmente più ampia di quella interessata dalla progettazione dell'opera.

La descrizione di tali aspetti deve essere basata su dati bibliografici, quanto più possibile aggiornati, di cui va citata espressamente la fonte.

Andranno in particolare esaminati i complessi idrogeologici e le circolazioni idriche sotterranee presenti nell'area di studio, ricostruendo per ognuna di queste ultime l'andamento del flusso idrico ed i rapporti con il reticolo idrografico naturale e con le reti artificiali, ovvero principalmente quelle dei collettori fognari.

Vanno inoltre valutati i fattori di pericolosità e di vulnerabilità idrologica ed idrogeologica ed i possibili scenari di rischio, facendo riferimento a fenomeni con periodo di ritorno comparabile alla vita nominale dell'opera.

Particolare importanza deve essere data alla valutazione della possibile interferenza fra l'opera in progetto (fondazioni, paratie, ecc.) con la/le falda/e presenti.

7.6. Descrizione e sintesi delle indagini effettuate

Compendio di tutte le indagini eseguite allo scopo di fornire ai professionisti incaricati dei vari aspetti progettuali (fondazioni, sostegno degli scavi, strutture, ecc.), in maniera sintetica e completa, i risultati ottenuti e le interpretazioni svolte.

Non deve essere confuso con il "Rapporto sulle indagini eseguite" (cfr. § 5.3.3.), che costituisce un allegato a parte.

7.7. Modello Geologico (N.T.C. 2008)

Il *Modello Geologico* è il risultato di tutti i dati caratteristici raccolti. Dal momento che costituisce l'indispensabile punto di riferimento da cui partire per elaborare il successivo modello geotecnico, deve essere redatto analizzando e valutando tutti gli elementi geologici che caratterizzano la zona di interesse e gli eventuali rischi o specifici problemi geologici:

- Geologia (stratigrafia, elementi strutturali)
- Geomorfologia
- Idrogeologia

La descrizione del modello geologico si compone di una parte descrittiva che riporta la sintesi dei dati acquisiti e di una parte che comprende gli elaborati grafici interpretativi.

I contenuti del modello geologico vanno organizzati al fine di rendere efficace ed immediata la lettura del modello stesso che deve comprendere:

- la descrizione delle unità litostratigrafiche e la loro disposizione nelle tre dimensioni;
- la ricostruzione e l'andamento delle superfici piezometriche;
- l'individuazione e la descrizione di eventuali aree di instabilità in atto o potenziali;
- l'indicazione della categoria del sottosuolo, della categoria topografica e delle caratteristiche di sismicità della zona.

7.8. Modello Idrogeologico

Questo capitolo contiene tutti gli elementi idrologici ed idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto di progettazione per permettere la realizzazione di uno specifico *Modello Idrogeologico* che comprende:

- l'analisi delle precipitazioni;
- l'individuazione degli acquiferi;
- la ricostruzione delle circolazioni idriche sotterranee, i relativi livelli piezometrici e la valutazione delle caratteristiche idrodinamiche degli acquiferi (permeabilità e trasmissività);

- la perimetrazione delle possibili aree di espansione o impaludamento a seguito di intense precipitazioni meteorologiche.

Il modello idrogeologico deve essere redatto analizzando e valutando con esperienza e giudizio i diversi dati ottenuti da tutte le indagini eseguite e costituisce, insieme al modello geologico, il riferimento per il successivo modello geotecnico e per la valutazione di tutte le problematiche ed i rischi geologici connessi al progetto.

Lo studio deve avere un'accuratezza tale da permettere la valutazione dell'impatto del parcheggio sulle possibili falde presenti ante-operam, eventualmente tramite modellazioni di flusso 3D.

Infatti, l'impatto principale di un'opera in sotterraneo consiste nell'eventuale sbarramento parziale del deflusso idrico, con possibile insorgenza di variazioni dei carichi idraulici all'intorno del parcheggio che possono determinare deformazioni del terreno al di sotto dei fabbricati limitrofi, eventuali allagamenti e/o aumenti di umidità negli scantinati, anche a distanze significative dall'opera stessa.

Conseguentemente, qualora le valutazioni preliminari lo rendano necessario, può essere opportuno definire con accuratezza la permeabilità e la trasmissività degli acquiferi attraverso l'esecuzione di prove di permeabilità in foro e/o prove di pompaggio.

7.9. Elaborati grafici

- *Planimetria dello stato di fatto* che deve riportare almeno:
 - la rappresentazione di un areale sufficientemente vasto e la perimetrazione dell'opera;
 - l'ubicazione di tutte le indagini eseguite e le tracce delle sezioni geologiche ricostruite; le differenti indagini devono essere identificate ciascuna con una propria simbologia.
- *Carta geologica* ad una scala adeguata a quella di progetto e comunque mai inferiore a 1:5.000, ovvero una carta di maggior dettaglio da redigere nel caso il locale assetto geologico lo renda necessario.

L'elaborato deve riportare almeno:

- la distribuzione delle unità litostratigrafiche presenti nel sito ed i reciproci rapporti;
 - gli eventuali lineamenti tettonici;
 - l'eventuale giacitura degli strati;
 - le coperture quaternarie e recenti.
- *Carta geomorfologica* ad una scala adeguata a quella di progetto e comunque mai inferiore a 1:5.000, ovvero una carta di maggior dettaglio da redigere nel caso il locale assetto geomorfologico lo renda utile e/o necessario.

L'elaborato deve contenere:

- la delimitazione areale dei materiali di riporto;
 - le eventuali forme di erosione e di accumulo della superficie in studio evidenziandone i caratteri, con una particolare distinzione tra le forme in evoluzione e quelle non attive;
 - il reticolo idrografico occultato da coltri di riporto e sviluppo antropico;
 - l'indicazione delle aree caratterizzate da fattori di pericolosità e vulnerabilità geomorfologica.
- *Sezioni geologiche* in scala adeguata a quella di progetto.

L'elaborato deve contenere almeno:

- il profilo della superficie topografica;
- i limiti delle unità litostratigrafiche, i relativi rapporti giaciture e/o eteropici e la legenda;
- lo spessore dei materiali di riporto;
- l'eventuale traccia delle superfici di discontinuità di origine tettonica;
- le eventuali cavità individuate;
- l'ubicazione (o la proiezione) e la profondità delle indagini geognostiche eseguite, con indicazione dei livelli piezometrici rilevati e l'andamento della superficie piezometrica estrapolata;
- l'indicazione, alla relativa profondità, dei valori N_{spt} , delle risultanze di altre prove in situ, dei parametri geotecnici di laboratorio, dei dati provenienti dalle indagini geofisiche, ecc.



Le sezioni geologiche interpretative vanno estese a tutto il volume geologico significativo con particolare riferimento alla loro ricostruzione lungo il perimetro delle paratie. Inoltre vanno eseguite le sezioni trasversali più significative e importanti, ad esempio laddove esistono sovraccarichi laterali, circolazioni idriche, cavità, ecc.

- *Eventuali schemi e/o rappresentazioni di dettaglio della circolazione idrica ("Profili idrogeologici interpretativi"), della pericolosità geologica, delle possibili interferenze tra l'opera ed il contesto circostante, ecc.*

7.10. Caratterizzazione geotecnica

La descrizione delle caratteristiche geotecniche deve contenere almeno i seguenti aspetti:

- l'elaborazione dei dati geotecnici acquisiti sia in sito, sia in laboratorio;
- l'individuazione delle unità geotecniche, ottenute eventualmente accorpando formazioni differenti e/o differenziando la medesima unità formazionale;
- l'attribuzione alle unità geotecniche riconosciute delle caratteristiche fisico-meccaniche individuate mediante le indagini in sito ed in laboratorio (parametri nominali, dati disaggregati, range di variabilità, valori medi e/o ponderati, ecc.);
- l'individuazione del regime delle pressioni interstiziali.

La caratterizzazione deve mettere in evidenza anche eventuali criticità geotecniche (liquefazioni, cedimenti differenziali, ecc.).

L'insieme di questi aspetti permette di definire il *Modello Geotecnico*.

7.11. Caratterizzazione sismica

La *Sismicità* è la descrizione del carattere sismico dell'area e dei suoi dintorni con riferimento ai cataloghi e bollettini sismici ufficiali (INGV), reperibili principalmente sul web e riportanti le storie sismiche di una determinata località con informazioni bibliografiche di carattere strutturale e neotettonico.

La *pericolosità sismica di base* e *l'azione sismica di progetto* fanno riferimento alle N.T.C. 2008 ed alle Delibere della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio

2009, n. 835 del 3 novembre 2009 e n. 545 del 26 novembre 2010 (<http://www.regione.lazio.it/web2/contents/ambiente/accelerogrammi.php?vms=5>); tali riferimenti normativi consentono di individuare:

- 1) la Zona o Sottozona Sismica di appartenenza (variabile nei diversi municipi, identificati come Unità Amministrative Sismiche - UAS);
- 2) l'accelerazione di picco orizzontale al suolo rigido di riferimento attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni);
- 3) l'azione sismica allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), che è caratterizzata da probabilità di eccedenza del 10% nel periodo di riferimento (V_r); opera ordinaria ($V_{n \geq 50}$ anni), Classe d'uso III ($C_u = 1,5$), $V_r = 75$ anni ($T_r = 712$ anni).

Per le valutazioni relative alla risposta sismica locale, come previsto dalla normativa vigente, deve essere eseguita una determinazione del profilo verticale di V_s per poter stabilire la *Categoria di sottosuolo* mediante il calcolo dello stimatore V_{s30} .

Il profilo di V_s può essere ottenuto sia con i classici metodi sismici in foro (Down-Hole, Cross-Hole), sia tramite indagini geofisiche di superficie (Masw, Re.Mi, e HVSR, etc.). Queste ultime possono essere eseguite correttamente se vincolate a precise informazioni stratigrafiche del modello geologico del sottosuolo (compresa la conoscenza della profondità del substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s). In alternativa, le prove in foro presentano il vantaggio di fornire un'adeguata parametrizzazione elastica in regime dinamico dei terreni. La determinazione della sismostratigrafia in onde S, permette in generale di ottenere l'andamento della rigidità nel sottosuolo a bassi livelli deformativi ($G_0 = \rho V_s^2$), utile anche per valutazioni di carattere geotecnico riguardo la deformabilità dei terreni a contatto con l'opera. In generale va sottolineato che, disponendo di fori di sondaggio, eseguiti per finalità di indagine geognostica, ai fini dell'ottenimento del profilo verticale di V_s possono essere utilizzati i metodi sismici in foro in ragione di una migliore accuratezza delle misure dirette eseguite previo opportuno condizionamento del foro stesso, necessariamente realizzato a regola d'arte.



La programmazione delle indagini geofisiche finalizzate allo studio della risposta sismica locale deve essere comunque commisurata alla presunta sismostratigrafia ed alla tipologia dell'opera in progetto. Eventuali criticità come la presenza di potenti strati soffici con bassa V_s o di importanti inversioni di velocità, possono comportare l'inadeguatezza del metodo semplificato delle *Categorie di sottosuolo*, con la necessità di più approfondite analisi numeriche di risposta sismica locale. Queste ultime sono in grado di fornire spettri di risposta elastici specificatamente calcolati in superficie e a varie profondità nel sottosuolo, ottenendo così azioni sismiche di progetto più realistiche e più o meno penalizzanti a seconda dei casi. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al capitolo 6 della D.G.R. Lazio n. 545 del 2010.

7.12. Valutazioni dei rischi in relazione alla realizzazione dell'opera

Sulla base del modello geologico realizzato e delle pericolosità e vulnerabilità presenti, si devono descrivere e fornire valutazioni in merito agli eventuali rischi presenti allo stato attuale e/o che potrebbero manifestarsi durante la realizzazione dell'opera e la fase gestionale della stessa.

In particolare:

- i *rischi geologici* (presenza e natura di coltri di terreno di riporto, presenza e natura di reti caveali di origine antropica, presenza di aree alluvionali recenti interessate da fenomeni di subsidenza, presenza di motivi tettonici, presenza di contatti stratigrafici con caratteristiche geotecniche particolarmente differenti, eteropie di facies, ecc.);
- i *rischi geomorfologici* (presenza di forme di dissesto in atto o potenziale, presenza di scavi, terrazzamenti, scarpate e versanti, instabilità, ecc.);
- i *rischi idrologici ed idrogeologici* (interferenza con la circolazione idrica sotterranea, previsione e prevenzione degli effetti indesiderati a causa degli eventuali abbattimenti e/o innalzamenti locali delle falde, flusso idrico superficiale e rapporti con il reticolo idrografico naturale e le reti artificiali, presenza dei collettori fognari, analisi dei possibili dissesti che le caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche possano provocare all'opera per

un periodo di ritorno valutabile nella vita nominale dell'opera stessa, aree di esondabilità o di impaludamento, ecc.);

- i *rischi geotecnici* (verifica dei cedimenti sui manufatti circostanti, problematiche legate agli scavi, possibilità di liquefazione dei terreni, cedimenti differenziali, effetto delle variazioni di pressione interstiziale, ecc.);
- il *rischio sismico* (valutazione delle caratteristiche al contorno dell'opera in relazione ad eventuali problemi legati alle azioni sismiche, ecc.);
- i *rischi legati alle ulteriori pericolosità geologiche* (cavità sotterranee, voragini, subsidenze, frane e dinamiche di versante, ecc.).

Un ulteriore rischio riguarda la possibilità che durante l'esecuzione dei lavori venga messa in comunicazione la falda superficiale con quella/e più profonda/e, con il conseguente inquinamento di quest'ultima. In fase di progettazione delle palificate e delle opere di sostegno degli scavi andranno privilegiate le tipologie realizzative che minimizzino tale rischio.

7.13. Analisi e descrizione delle pericolosità geologiche dell'area romana

L'area romana è caratterizzata da una serie di pericolosità geologiche che sono il risultato di fenomeni evolutivi naturali e/o legati ad attività antropiche sia passate sia attuali. Poiché tali pericolosità sono in via preliminare individuabili su basi geomorfologiche, litostratigrafiche e/o da dati storiografici, è bene che queste siano individuate o escluse nel contesto in cui è localizzata l'opera in progetto.

Il geologo deve riportare tutti i rischi geologici s.l. definiti dalle Amministrazioni Pubbliche (Piano Regolatore, P.A.I., I.F.F.I., ecc.).

Di seguito si descrivono le principali pericolosità geologiche della città di Roma.

- **Cavità sotterranee**

Nella città di Roma le cave in sotterraneo hanno una distribuzione geografica legata alla presenza di alcuni litotipi che nel passato hanno rappresentato un'utile e disponibile fonte di materiale da costruzione. Altri esempi di ipogei di origine antropica, realizzati con scopi funzionali, sono i condotti idraulici, le cisterne e le opere di captazione e trasporto di acque, compresi numerosi ipogei a valenza religiosa o sepolcrale, presenti non solo nel centro storico di Roma.

E' possibile eseguire una prima valutazione di tale pericolosità utilizzando la copiosa letteratura specifica, con particolare riferimento alle cartografie che definiscono aree con presenza *accertata, probabile, possibile* di cavità sotterranee.

Successivamente in caso di effettiva e/o potenziale presenza di cavità, si può impostare un'indagine mirata a definire l'andamento plano-altimetrico delle cavità e/o della rete caveale, la sua tipologia, lo stato evolutivo e la stabilità in rapporto al progetto in esame.

Le indagini, pur con obiettive difficoltà logistiche in area urbana, possono essere sviluppate con carotaggi, ispezioni televisive in foro, indagini geofisiche, ecc. Nello specifico, il metodo microgravimetrico, fra gli altri, è attualmente il più attendibile, in quanto poco influenzato da disturbi antropici. In tale contesto è utile verificare, da dati di letteratura o presso i vari municipi, se sono presenti accessi a tali reti caveali per poter programmare ed eseguire un eventuale rilevamento speleologico. L'analisi e la descrizione di eventuali cavità sotterranee deve essere corredata da specifiche planimetrie e da sezioni in grado di illustrarne la geometria e la posizione rispetto l'opera in progetto.

Successivamente, dopo aver ben definito i rapporti planoaltimetrici delle cavità in relazione all'opera, si potranno in essere le soluzioni progettuali più idonee a mitigare o abbattere il rischio dovuto alle cavità sotterranee (eliminazione-sbancamento, riempimento, adozione di fondazioni profonde, ecc.).

Voragini e locali sprofondamenti si possono verificare non di rado anche per collasso di vuoti sotterranei non legati a presenza di ipogei, ma causati da fenomeni di cavitazione ed asportazione di terreno nell'ambito dei riporti, spesso provocati da perdite delle reti idriche e fognarie.

- **Subsidenza**

Fenomeni di subsidenza dei terreni sono segnalati in varie zone della città di Roma, sempre in corrispondenza delle zone con alluvioni oloceniche della valle tiberina e dei suoi affluenti maggiori, soprattutto con riferimento a quelli in sinistra idrografica. L'esistenza e la dinamica di tali fenomenologie di subsidenza sono state individuate da studi satellitari di *remote sensing* (intervallo temporale 1991-2000 da satelliti ERTS1 - ERTS2).

Questi fenomeni di subsidenza sono causati da particolari stati di sottoconsolidazione dei terreni, spesso con contenuto organico piuttosto elevato e pertanto molto compressibili. Tali fenomeni naturali sono localizzati nei tratti terminali di alcuni fossi, avvengono in tempi molto lunghi e su aree estese.

In questi casi non sono possibili interventi tesi a controllare il fenomeno di subsidenza generalizzata ed è bene segnalare la sua entità basandosi su dati bibliografici, in modo tale che il progettista delle strutture sia consapevole del contesto morfodinamico locale.

In tali aree infatti, possono rendersi particolarmente evidenti localizzati fenomeni di cedimento delle strutture, a seguito di variazioni dello stato tensionale e/o di pressione neutra indotte nel sottosuolo.

- **Frane, dinamiche di versante**

Nella città di Roma non sono presenti diffusi fenomeni franosi di elevata gravità, in quanto i versanti sono in genere caratterizzati da depositi plio-pleistocenici dotati di discrete caratteristiche geotecniche. Tuttavia diversi fenomeni di dissesto sono localizzati prevalentemente sui versanti in destra idrografica; fra questi si possono citare le frane di via dell'Ongaro (1925), via Saffi (1963), viale Tiziano (1991), vari dissesti sui versanti della Rupe Tarpea, ecc.

Attualmente le condizioni di rischio per gli edifici sono legate, oltre che alle condizioni geologiche e geotecniche del substrato, agli interventi urbanistici che si sono sviluppati sui versanti in maniera spesso scriteriata, con sbancamenti e riporti sostenuti da strutture murarie non sempre ben dimensionate. Tali situazioni possono favorire interruzioni e limitazioni al drenaggio delle acque meteoriche lungo i versanti stessi, determinando pericolosi aumenti delle pressioni interstiziali.

7.14. Indicazione e progettazione degli interventi di mitigazione e/o abbattimento dei rischi

Sulla base delle considerazioni precedentemente riportate si devono descrivere ed eventualmente progettare opere ed interventi atti a mitigare e/o abbattere i rischi presenti nell'area in esame. Gli interventi possono avere un carattere transitorio o

definitivo in relazione alla tipologia dell'opera ed alla fase edificatoria o gestionale dell'opera stessa.

Nel caso le competenze lo rendano possibile, il geologo redige il progetto completo per la mitigazione o l'abbattimento dei rischi presenti nell'area di interesse. Diversamente il geologo deve fornire ai progettisti tutte le informazioni ed i parametri geologici necessari a redigere il piano degli interventi.

7.15. Conclusioni

Possono contenere un breve riassunto delle tematiche esplicitate nell'intero corpo della relazione geologica e, nel rispetto dell'applicazione della deontologia professionale, devono esprimere un chiaro giudizio sulla fattibilità dell'opera in relazione alle caratteristiche ambientali circostanti, eventualmente a seguito della progettazione di opere di mitigazione dei rischi.

7.16. Allegati e/o Appendici

- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Carta idrogeologica
- Piano delle indagini
- Rapporto sulle indagini eseguite
- Sezioni geologiche
- Eventuali profili idrogeologici interpretativi
- Eventuali elaborati progettuali per interventi di mitigazione e/o abbattimento dei rischi

Tutti gli elaborati (Relazione ed Allegati) devono essere datati, timbrati e firmati dal geologo estensore dei documenti e contenere specifiche indicazioni relative all'intervento cui si riferiscono.

8. FASE DEI MONITORAGGI ANTE-OPERAM, DURANTE L'ESECUZIONE DELL'OPERA E POST-OPERAM

Le complessità legate alla progettazione ed esecuzione di opere in area urbana, soprattutto in riferimento a quelle che contemplano piani interrati, richiedono la progettazione di sistemi di monitoraggio che, installati ante-operam, consentano il controllo dei parametri di interesse durante le fasi di costruzione e per un congruo periodo di tempo dopo la conclusione dei lavori.

In conformità con le N.T.C. 2008, secondo i principi del *metodo osservazionale* si deve verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali ed i comportamenti osservati, verificando la funzionalità dei manufatti in costruzione e di quelli al contorno.

La verifica dei parametri stratigrafici, geotecnici, idrogeologici e deformazionali in corso d'opera, consente di apportare modifiche anche sostanziali al progetto, adottando contromisure o razionalizzazioni in funzione di valori misurati più o meno penalizzanti rispetto a quelli attesi da progetto.

- **Stato ante-operam dei fabbricati adiacenti**

Prima dell'inizio dei lavori è necessario definire, di concerto con i progettisti e con l'Impresa esecutrice, lo stato di fatto dei manufatti circostanti che, sulla base del progetto, si è ipotizzato possano essere coinvolti dai lavori. Ciò deve avvenire mediante sopralluoghi, anche all'interno dei manufatti stessi, finalizzati all'individuazione di eventuali fenomeni di dissesto e/o di fessurazioni preesistenti.

Al termine dei rilievi devono essere redatti, in contraddittorio con i proprietari e/o i gestori degli immobili, i *Testimoniali di stato*, per avere una chiara immagine di tali edifici anche nell'ambito della salvaguardia del contesto urbano.

- **Monitoraggio dei fabbricati**

Prima dell'inizio della costruzione dell'opera, come già detto, è necessario allestire e avviare un monitoraggio delle strutture degli edifici adiacenti all'area di cantiere, onde verificare l'assenza di danni indotti dagli scavi. All'insorgere di eventuali

dissesti, sulle strutture adiacenti andrà valutato se la causa sia addebitabile a variazioni piezometriche o a stress indotti, oppure all'insieme delle due cause.

Le strumentazioni di monitoraggio sono di varia tipologia e finalizzate alla misura di deformazioni verticali e/o orizzontali e/o angolari (inclinometri, assestimetri, monitoraggi topografici, ecc.). Il monitoraggio deve essere attivo durante la fase di costruzione dell'opera e va protratto per un periodo di tempo significativo di almeno 12 mesi dopo il termine dei lavori.

- **Monitoraggio della falda**

Il monitoraggio della falda per mezzo di piezometri è fondamentale in quanto la variazione delle pressioni interstiziali nelle terre causa modifiche alle tensioni efficaci tali da poter generare fenomeni di cedimento e, più in generale, *stati limite* di sollevamento (UPL) e/o di tipo idraulico (HYD). In presenza di strutture interrato si possono determinare interruzioni e/o limitazioni della circolazione idrica sotterranea, con possibili aumenti piezometrici a monte e relative diminuzioni a valle ("effetto diga").

Poiché la realizzazione dell'opera può generare variazioni piezometriche, è necessario che queste siano confrontate con quelle naturali ante-operam: ciò implica che il monitoraggio della falda venga eseguito per un tempo significativo, pari ad almeno 12 mesi, prima dell'inizio dei lavori. Il monitoraggio dovrà pertanto essere attivo durante la fase di costruzione dell'opera e protratto per un periodo di tempo significativo, fino ad almeno 12 mesi dopo il termine dei lavori.

Particolare attenzione alle escursioni della falda va posta nel caso in cui i fabbricati all'intorno dell'opera siano caratterizzati da ambienti interrati.

Come già precedentemente trattato, il monitoraggio della falda deve essere realizzato mediante l'installazione di minimo 3 piezometri del tipo a tubo aperto e/o con cella tipo Casagrande.

- **Verifica del modello geologico e del modello geotecnico**

Durante l'esecuzione degli scavi e/o delle opere di sostegno e/o delle fondazioni è opportuna la costante presenza del geologo al fine di verificare la corrispondenza tra il modello geologico, il modello geotecnico e lo stato reale dei luoghi.

9. APPENDICE

9.1. Normativa di riferimento

COMUNE DI ROMA (2010) – *DISCIPLINARE COMMISSIONE DI ALTA VIGILANZA. ALLEGATO H.*

CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI (2010) – *LINEE GUIDA E METODOLOGIE DI LAVORO PER LA REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA*, DELIBERA CNG N. 209 DEL 2010.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI (2008) – *NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI*. D.M. 14 GENNAIO 2008, GAZZ.UFF. N. 29 DEL 4 FEBBRAIO 2008, SUPPL.ORD. 30.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI (2009) – *ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI*. CIRCOLARE 11 APRILE 2008, GAZZ.UFF. N. 47 DEL 26 FEBBRAIO 2009, SUPPL.ORD. N. 27.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1988) – *NORME TECNICHE RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITA' DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE. ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE*. D.M. 14 MARZO 1988, GAZZ.UFF. N. 127 DEL 1 GIUGNO 1988.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (2010) – *CRITERI PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE AI LABORATORI PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI PROVE SU TERRE E ROCCE DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380 DEL 2001*. CIRCOLARE 7618 DELL'8 SETTEMBRE 2010, GAZZ.UFF. N. 257 DEL 3 NOVEMBRE 2010.

PRESIDENZA DELLA REPUBBLICA (2001) – *REGOLAMENTO ATTUATIVO DELL'ART. 1, COMMA 18 DELLA LEGGE 4/1999 – MODIFICHE ED INTEGRAZIONI DELLA DISCIPLINA DEI REQUISITI PER L'AMMISSIONE ALL'ESAME DI STATO E DELLE RELATIVE PROVE DELLE PROFESSIONI DI DOTTORE AGRONOMO E DOTTORE FORESTALE, AGROTECNICO, ARCHITETTO, ASSISTENTE SOCIALE, ATTUARIO, BIOLOGO, CHIMICO, GEOLOGO, GEOMETRA, INGEGNERE, PERITO AGRARIO, PERITO INDUSTRIALE, PSICOLOGO, NONCHE' DELLA DISCIPLINA DEL RELATIVO ORDINAMENTO*. DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N. 328 DEL 5 GIUGNO 2001. GAZZ.UFF. N. 190 DEL 7 AGOSTO 2001.

REGIONE LAZIO (1999) – *LINEE GUIDA PER L'INDAGINE GEOLOGICA E VEGETAZIONALE*. DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 2649 DEL 18 MAGGIO 1999. BUR LAZIO N. 26 DEL 20 SETTEMBRE 1999, PARTE I.

REGIONE LAZIO (2009) – *NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LAZIO*. DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 387 DEL 22 MAGGIO 2009. BUR LAZIO N. 24 DEL 27 GIUGNO 2009, SUPPLEMENTO ORDINARIO N. 106.

REGIONE LAZIO (2010) – *LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DEGLI INDIRIZZI E CRITERI GENERALI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO DI CUI ALLA D.G.R. LAZIO N. 387 DEL 22 MAGGIO 2009*. DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 545 DEL 26 NOVEMBRE 2010. BUR LAZIO N. 48 DEL 28 DICEMBRE 2010, SUPPL. ORD. N. 221.

UNI EN 1997-1:2004 – *EUROCODICE 7: PROGETTAZIONE GEOTECNICA, PARTE 1: REGOLE GENERALI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA.*

UNI EN 1997-2:2002 – *EUROCODICE 7: PROGETTAZIONE GEOTECNICA, PARTE 2: PROGETTAZIONE ASSISTITA DA PROVE DI LABORATORIO.*

UNI EN 1997-3:2002 – *EUROCODICE 7: PROGETTAZIONE GEOTECNICA, PARTE 3: PROGETTAZIONE ASSISTITA CON PROVE IN SITO.*

9.2. Elenco delle principali pubblicazioni

AA.VV. (1999) – *Le cavità sotterranee nell'area urbana di Roma e della Provincia. Problemi di pericolosità e gestione*. Atti del Convegno. Servizio Geologico della Provincia di Roma & SIGEA sezione Lazio, Roma 12 marzo 1999.

BOZZANO F., ANDREUCCI A., GAETA M., SALUCCI R. (2000) – *A geological model of the buried Tiber River valley beneath the historical centre of Rome*. Engineering Geology, 59, 1-21.

BOZZANO F., CASERTA A., GOVONI A., MARRA F., MARTINO S. (2008) – *Static and dynamic characterization of alluvial deposits in the Tiber River Valley: new data for assessing potential ground motion in the City of Rome*. Journal of Geophysical Research, 113, 11-18.

CAMPOLUNGI M.P., CAPELLI G., FUNICIELLO R., LANZINI M. (2007) – *Geotechnical studies for foundation settlement in Holocene alluvial deposits in the City of Rome (Italy)*. Engineering Geology, 89, 9-35.

CECCONI M., SCARAPAZZI M., VIGGIANI G.M.B. (2010) – *On the geology and the geotechnical properties of pyroclastic flow deposits of the Colli*. Engineering Geology, January 2010.

CORAZZA A., LANZINI M., ROSA C., SALUCCI R. (1999) – *Caratteri stratigrafici, idrogeologici e geotecnici delle alluvioni tiberine nel centro storico di Roma*. Il Quaternario vol. 12, 2.

CORAZZA A., LOMBARDI L., LEONE F., BRANCALEONI R., LANZINI M. (2005) – *Le acque sotterranee nei terreni di riporto della città di Roma*. Atti dei Convegni Lincei, Convegno "Ecosistema Roma", Roma 14-16 aprile 2004, 303-314.

FOLLE D., RASPA G., MANCINI M., MOSCATELLI M., PATERA A., STIGLIANO F.P., VALLONE R., CAVINATO G.P., CAVARRETTA G., MILLI S., GARBIN F., STORONI RIDOLFI (2006) – *Integrated geological and geotechnical modelling of the terrains of Rome (Italy)*. XIVth European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Madrid 24-27 settembre 2006.

FUNICIELLO R. (A CURA DI) (1995) – *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*. Memorie descrittive della Società Geologica d'Italia, vol. 50.

FUNICIELLO R., GIORDANO G. (2005) – *Carta Geologica del Comune di Roma. Volume 1 - scala 1:10.000*. APAT, Comune di Roma e Università di Roma Tre, Roma

FUNICIELLO R., HEIKEN G., DE RITA D., PAROTTO M. (2006) – *I sette colli. Guida geologica a una Roma mai vista*. Raffaello Cortina Editore, Milano.

FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (2008) – *Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia. La geologia di Roma: dal centro alla periferia*. APAT, Roma.

FUNICIELLO R., TESTA O., CAMPOLUNGI M.P., LANZINI M., CECILI A. (2005) – *La struttura geologica dell'area romana e il Tevere*. Atti dei Convegni Lincei, Convegno “Ecosistema Roma”, Roma 14-16 aprile 2004, 149-208.

GARBIN F., GISOTTI G., PAZZAGLI G. (A CURA DI) (2005) – *Geologia Urbana di Roma: la IV dimensione*. Convegno SIGEA “Geologia Urbana nella Capitale”, Roma 28 novembre 2005.

MANCINI M., MOSCATELLI M., STIGLIANO F., MARCONI F., VALLONE R., MILLI S., CAVINATO G.P. (2009) – *Allogenic and autogenic controls on the upper Pleistocene-Holocene fluvial deposits of the Tevere River, Rome, Italy*. University of Aberdeen, 14 gennaio 2009.

MOSCATELLI M., MILLI S., PATERA A., STIGLIANO F., STORONI RIDOLFI S., BRANCALEONI R., GARBIN F. (2004) – *Caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni della Città di Roma*. II Convegno Geosed, Roma 20-21 settembre 2004.

VENTRIGLIA U. (1971) – *La geologia della città di Roma*. Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1989) – *Idrogeologia della provincia di Roma. Regione vulcanica Sabatina*. Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1990) – *Idrogeologia della provincia di Roma. Regione vulcanica dei Colli Albani*. Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1990) – *Idrogeologia della provincia di Roma. Regione orientale*. Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (2002) – *Geologia del territorio del Comune di Roma*. Provincia di Roma.

9.3. Elenco della principale cartografia

APAT (2008) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 374 - Roma*. Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia. Ente realizzatore Università degli Studi di Roma Tre.

APAT (2008) – *Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 374 - Roma*. Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, Ente realizzatore Servizio Geologico d'Italia, Servizio Geofisica.

CAPELLI G., MAZZA R., TAVIANI S. (2008) – *Carta Idrogeologica dell'area di Roma (scala 1:50.000)*. In “La Geologia di Roma: dal centro storico alla periferia”. Memorie descrittive della Società Geologica d'Italia, vol. 80, su DVD allegato, APAT, Roma.

CORAZZA G., MAZZA R., TAVIANI S. (1995) – *Carta Idrogeologica del centro storico di Roma (scala 1:10.000)*. In “La Geologia di Roma: il centro storico”. Memorie descrittive della Società Geologica d'Italia, vol. 50, Presidenza del Consiglio dei Ministri (Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico Nazionale), Roma.

DE RITA D., DI FILIPPO M., SPOSATO A. (1989) – *Carta Geologica del Complesso Vulcanico Sabatino (scala 1:50.000)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche (Progetto Finalizzato “Geodinamica”, Sottoprogetto 3: Sorveglianza dei vulcani attivi e rischio vulcanico). In:



Sabatini Volcanic Complex, a cura di Di Filippo M., Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, vol. 11, (1993), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.

DE RITA D., FUNICIELLO R., PAROTTO M. (1988) – *Carta Geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani (“Vulcano Laziale”) (scala 1:50.000)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche (Progetto Finalizzato “Geodinamica”, Gruppo Nazionale per la Vulcanologia), Joint-Venture ENEL-AGIP, Università degli Studi di Roma “La Sapienza” Dipartimento di Scienze della Terra, Roma.

FRUTAZ A.P. (1962) – *Le Piante di Roma*. Istituto di Studi Romani.

FUNICIELLO R., GIORDANO G. (A CURA DI) (2005) – *Carta Geologica del Comune di Roma, volume 1 (scala 1:10.000)*. Università degli Studi di Roma Tre, Comune di Roma e Servizio Geologico d'Italia, su supporto informatico cd-rom, Roma.

FUNICIELLO R., GIORDANO G., MATTEI G., (2010) – *Carta Geologica del Comune di Roma (scala 1:50.000)*. In “La geologia di Roma: dal centro storico alla periferia”, Memorie descrittive della Società Geologica d'Italia, vol. 80, APAT, Roma.

FUNICIELLO R., GIORDANO G., RILEVATORI (2008) – *La nuova Carta Geologica del Comune di Roma (scala 1:10.000)*. In “La Geologia di Roma: dal centro storico alla periferia”, Memorie descrittive della Società Geologica d'Italia, vol. 80, APAT, Roma.

GIORDANO G., MATTEI G., FUNICIELLO R. (2010) – *Geological map of the Colli Albani Volcano (scala 1:50.000)*. In “The Colli Albani Volcano”, a cura di Funicello R. & Giordano G., Special Publications of IAVCEI, vol. 3, Geological Society, London.

ISPRA (2009) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 387 - Albano Laziale*. Servizio Geologico d'Italia, Ente realizzatore Università degli Studi di Roma Tre, Roma.

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (2001) – *Carta Topografica d'Italia, scala 1:25.000, Fogli n. 364-365-373-374-375-386-387*. Serie 25DB, I.G.M., Firenze.

LANCIANI R. (1985) – *Rovine e Scavi di Roma Antica*. Edizioni Quasar, Roma.

LANCIANI R. (1990) – *Forma Urbis Romae*. Edizioni Quasar, Roma.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) – *Carta Geologica d'Italia. Foglio 149 – Cerveteri seconda edizione*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) – *Carta Geologica d'Italia. Foglio 150 – Roma seconda edizione*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta con ubicazione dei sondaggi e delle sezioni stratigrafiche (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta delle cavità sotterranee (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta delle falde acquifere principali e della superficie superiore delle formazioni argillose di base (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta dello spessore della coltre dei terreni di riporto (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta dello spessore delle formazioni affioranti (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma.

VENTRIGLIA U. (1971) – *Carta Geologica della Città di Roma (scala 1:20.000)*. In “Geologia della Città di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma

VENTRIGLIA U. (2002) – *Territorio del Comune di Roma – Carta delle cavità sotterranee (scala 1:20.000)*. In “Geologia del territorio del Comune di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma, Servizio Geologico, Difesa del Suolo.

VENTRIGLIA U. (2002) – *Territorio del Comune di Roma – Carta Litostratigrafica (scala 1:20.000) (11 Fogli)*. In “Geologia del territorio del Comune di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma, Servizio Geologico, Difesa del Suolo.

VENTRIGLIA U. (2002) – *Territorio del Comune di Roma – Carta Idrogeologica (scala 1:100.000)*. In “Geologia del territorio del Comune di Roma” a cura di Ventriglia U., Provincia di Roma, Servizio Geologico, Difesa del Suolo.

9.4. Approfondimenti

9.4.1. Indagini

AASHTO (1988) – *Manual of Subsurface investigation*.

AGI (1963) – *Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre*. Geotecnica vol. 10.

AGI (1977) – *Raccomandazioni su programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*.

Army Engineering Waterways (1949) – *Experiment Station*. Vicksburg, MS.

ASTM (1987) – *D 420-87 Standard guide for investigating and sampling soil and rock: an example*.

AVERSA S., RUSSO G. (2005) – *Il ruolo delle indagini nella valutazione delle condizioni di sicurezza delle opera esistenti*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 4/2006.

British Standard (1999) – *BS 5930:1999 Code of practice for site investigation*.

FHWA (2002) – *Evaluation of soil and rock properties*. Geotechnical Engineering, n. 5.

HVORSLEV M.J. (1987) – *Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes*. U.S.

ISRM (1981) – *Suggested method for quantitative description of discontinuities in rock masses*. Pergamon Press.

LANZINI M., RABOTTINO S. (2004) – *Stratigrafie*. Dario Flaccovio Editore.

SCARPELLI G., HEGG U., MANASSERO M. (2000) – *Il ruolo delle indagini geotecniche nella progettazione*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 3/2000.

TANZINI M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore.

TORNAGHI R. (1976) – *Indagini geognostiche. Relazione presentata ai Soci del Gruppo Lombardo nel novembre 1971*. Atti del Gruppo Lombardo (Italia Nord-Ovest) dell'Associazione Geotecnica Italiana A.G.I.

US Army Corps of Engineers (2001) – *Geotechnical investigation*. EN 1110-1-1804.

9.4.2. Prove in sito

ASTM (1984) – *D 1586-84 Standard test method for penetrating test and split-barrel sampling of soil*.

CESTARI F. (1992) – *Prove geotecniche in sito*. Edizioni Geograph, III edizione, 2005.

DECOURT L. (1990) – *Standard Penetration Test - State of the Art*. Report Norwegian Geotechnical Institute.

FHWA (1991) – *Cone penetrometer test*. FHWA-SA-91-043.

HOULSSBY G.T. (1998) – *Advanced interpretation of field test. Geotechnical site characterization*. Robertson and Mayne Editors, Balkema.

LUNNE T., POWELL J., ROBERTSON P.K. (1997) – *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. E & Spon.

NCHRP (2007) – *Cone Penetration Testing*. Synthesis 368.

ROBERTSON P.K., CAMPANELLA R.G. (1983) – *Interpretation of Cone Penetration Test*. Canadian Geotechnical Journal, vol. 20, n. 4.

TEH C.I., HOULSBY G.T. (1991) – *An analytical study of cone penetration test in clay*. Géotechnique 41, 1.

US Army Corps of Engineers (1988) – *Standard Penetration Test*. ETL 1110-1-1388.

ZEKKOS D.P., BRAY J.D., DER KIUREGHIAN A. (2004) – *Reliability of shallow foundation design using the standard penetration test*. Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne Editors, Millipress.

9.4.3. Strumentazione e monitoraggi

DUNNICLIFF J. (1993) – *Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*. John Wiley & Sons.

HANNA T.H. (1985) – *Field instrumentation in geotechnical engineering*. Trans Tech Publications.

US Army Corps of Engineers (1995) – *Instrumentation of embankment dams and levees*. EM 1110-2-1908.

9.4.4. Analisi geotecniche di laboratorio

AGI (1994) – *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*.

ALGI (1997) – *Il laboratorio geotecnico in Italia*. 5° Convegno, Firenze 28 febbraio 1997.

BARDET J.P. (1976) – *Experimental Soil Mechanics*. Prentice Hall, 1997.

FABBRI M., GARBIN F., LANZINI M., SCARAPAZZI M. (2007) – *Interpretazione dei parametri geotecnici di laboratorio*. Di Virgilio Editore.

FAVARETTI M., MAZZUCCATO A. (1996) – *Prove geotecniche di laboratorio ed in sito*. Cluep Editore.

HEAD K.H. (1992) – *Manual of Soil Laboratory Testing*. Pentech Press Limited.

RAVIOLO P.L. (1993) – *Il laboratorio geotecnico*. Editrice Controls.

REGOLIOSI P., STORONI RIDOLFI S. (2005) – *Introduzione alla geotecnica*. Dario Flaccovio Editore.

9.4.5. Indagini geofisiche

ASTM (2007) – *D 4428/4428 M-07 – Standard test methods for crossholes seismic testing*.

ASTM (2008) – *D 7400-08 – Standard test methods for down-hole seismic testing*.

CARRARA E., RAMPOLLA A., ROBERTI N. (1999) – *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*. Liguori Editore.

DI FRANCESCO R., LABAGNARA R., SIENA M. (2003) – *Il ruolo della sismica a rifrazione nelle indagini geognostiche: alcune case histories basate su un nuovo modello interpretativo*. 1° Convegno Nazionale di Geologia Applicata e Ambientale, Università di Chieti.

DI FRANCESCO R., SIENA M. (2007) – *La contribución de la sísmica de refracción en el proyecto geotécnico*. XIII Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica SVDG, Isla de Margherita - Venezuela, 16-20 luglio 2007.

HEBELER G., LAI C.G., OROZCO C., RIX G., ROMA V. (2001) – *Recent advances in Surface Wave methods for Geotechnical Site Characterization*, XV International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istanbul.

LOMBARDO A. (2009) – *Geofisica delle aree urbane*. Aracne editrice.

NORINELLI A. (1996) – *Elementi di geofisica applicata*. Pàtron editore.

**CONSIGLIO DEI GEOLOGI DEL LAZIO*****Aprile 2010 - Novembre 2010***

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Eugenio DI LORETO | Presidente |
| Fabio GARBIN | Vice Presidente |
| Marina FABBRI | Segretario |
| Roberto TRONCARELLI | Tesoriere |
| Gianluigi GIANNELLA | Consigliere |
| Tiziana GUIDA | Consigliere |
| Claudio PANICCIA | Consigliere |
| Manuela RUISI | Consigliere |
| Roberto SALUCCI | Consigliere |
| Roberto SPALVIERI | Consigliere |
| Dario TUFONI | Consigliere |

Dicembre 2010 - Gennaio 2012

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Roberto TRONCARELLI | Presidente |
| Fabio GARBIN | Vice Presidente |
| Marina FABBRI | Segretario |
| Gianluigi GIANNELLA | Tesoriere |
| Sergio CAVELLI | Consigliere |
| Tiziana GUIDA | Consigliere |
| Claudio PANICCIA | Consigliere |
| Manuela RUISI | Consigliere |
| Roberto SALUCCI | Consigliere |
| Roberto SPALVIERI | Consigliere |
| Dario TUFONI | Consigliere |