

S.S. 78 "SARNANO - AMANDOLA"
LAVORI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO TECNICO FUNZIONALE DELLA SEZIONE STRADALE IN T.S. E POTENZIAMENTO DELLE INTERSEZIONI - 1° STRALCIO



PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE

GRUPPO DI LAVORO ANAS



PROGETTAZIONE

RESPONSABILE DEI LAVORI



IL PROGETTISTA

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Valerio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n°A26211
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)

Ing. Fabrizio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n°10112
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)

Ing. Marco MANCINA



PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

B001

CAPITOLO B - GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

B0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

B001-T00GE00GEORE01_A.dwg

D2201

CODICE ELAB. T00GE00GEORE01

A

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

MARZO 2023

ING. VALERIO BAJETTI

ING. GIANCARLO TANZI

ING. VALERIO BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSE	2
2	INQUADRAMENTO TETTONICO GENERALE	4
3	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	11
4	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	16
4.1	CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE	16
4.2	GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO	17
4.2.1	Depositi Continentali Quaternari.....	18
4.2.2	Successione Umbro-Marchigiana-Romagnola.....	18
5	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	21
5.1	ELEMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA.....	23
5.2	CARTE IDROGEOLOGICHE	24
5.3	RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	25
6	CENNI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	26
6.1	SISMICITÀ.....	26
6.2	ZONA SISMICA DEL COMUNE DI SARNANO.....	30
6.3	STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SARNANO	31
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	41
7.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	41
7.2	PROVE PENETROMATRICHE DPSH	43
7.3	PROVE MASW E HVSR.....	44
7.4	TOMOGRAFIE ELETTRICHE.....	46
7.5	POZZETTI ESPLORATIVI E PROVE DI CARICO SU PIASTRA.....	47
8	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE.....	48
9	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	50
9.1	1° TRATTO.....	50
9.2	2° TRATTO.....	51

1 PREMESSE

Nel presente elaborato vengono espone le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del tratto di territorio in cui risulta compreso l'intervento del progetto "Pnc - Pnrr: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei Territori colpiti dal Sisma 2009-2016, Sub-Misura A4, "Investimenti Sulla Rete Stradale Statale - Lavori di Adeguamento e/o Miglioramento Tecnico Funzionale della Sezione Stradale in T.S. e Potenziamento delle Intersezioni - 1° Stralcio, lungo La S.S. N. 78 "Picena" - Sarnano - Amandola".

Lo studio viene condotto sulla scorta di tutti i dati disponibili, provenienti da precedenti studi ed indagini, nonché dalla consultazione della letteratura scientifica reperibile; in particolare è stata consultata la seguente documentazione:

- a) Elaborato T02GE00GEORE01B ("Relazione Geologica" – Progetto çPreliminare
- b) Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 302 "Tolentino", Foglio 314 "Montegiorgio" e Foglio 303 "Macerata"
- c) Carta Geologica Regionale, in scala 1:10.000, Sezioni 313160 "Sarnano", 314130 "Buzzaccheri", 325040 "Capovalle", 326010 "Amandola", Regione Marche, Servizio Ambiente e Paesaggio, Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici;
- d) CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – Università degli Studi di Ancona – Regione Marche . - "Schema Idrogeologico della regione Marche" Scala 1:100.000
- e) Carta Geomorfologica Regionale, in scala 1:10.000, Sezione 313160 "Sarnano", Regione Marche, Servizio Ambiente e Paesaggio, Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici
- f) Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale . Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo delle Marche – "Carta del Rischio Idrogeologico" – Scala 1:10.000
- g) Piano Tutela delle Acque – Regione Marche – "Carta delle Strutture Idrogeologiche e delle direttrici di deflusso delle acque sotterranee" – scala 1:500.000
- h) IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) (ISPRA)

Inoltre sono stati acquisiti gli elaborati geologici del progetto preliminare, i risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche effettuate, ed in particolare:

- T02GE00GEORE01B4 Relazione Geologica -
- T02GE00GEOPU01B7 Planimetria ubicazione indagini geognostiche 1:2.000
- T02GE00GEOCO01B8 Carta Geologica e Strutturale di inquadramento 1:10.000
- T02GE00GEOCO02B9 Carta PAI pericolosità e rischio geomorfologico 1:5.000
- T02GE00GEOCG01B10 Carta geologica 1:5.000
- T02GE00GEOCG02B11 Carta geomorfologica 1:5.000
- T02GE00GEOCI01B12 Carta idrogeologica 1:5.000
- T02GE00GEOFG01B13 Profilo geologico 1:5.000/5000
- T02GE00GEOSG01B14 Sezioni geologiche 1:1000
- T02GE00GETRE01B15 Relazione geotecnica generale -
- T02GE00GETFG01B16 Profilo geotecnico 1.5.000/1500

Il lavoro è stato espletato in osservanza alle vigenti normative con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emanato il 17/01/2018 ed alla Circolare del 21/01/2019 n. 7, "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni", nonché al Regolamento Regionale della Regione Lazio n° 26 del 26/10/2020.

Nei capitoli successivi verranno trattati i sottoelencati argomenti:

- Inquadramento tettonico generale
- Caratteristiche geomorfologiche
- Caratteristiche geologiche
- Caratteristiche idrogeologiche
- Cenni sulla sismicità del territorio
- Indagini geognostiche
- Caratteristiche litologiche
- Descrizione del tracciato in progetto

2 INQUADRAMENTO TETTONICO GENERALE

Poiché alla data della relazione della presente nota non è ancora disponibile il Foglio 313 "Camerino" della Carta Geologica d'Italia, in cui ricade l'area in esame, per la descrizione delle strutture tettoniche e della geologia regionale si fa riferimento a quanto riportato Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 302 "Tolentino", Foglio 314 "Montegiorgio" e Foglio 303 "Macerata", limitrofi al precedente.

Pertanto la descrizione dell'assetto tettonico di questa parte del territorio viene formulata con riferimento alle seguenti fonti:

- i) "Note Illustrative della Carta Geologica del Foglio 302 "Tolentino", Foglio 314 "Montegiorgio" e Foglio 303 "Macerata", di cui si riportano i concetti fondamentali.
- j) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano - Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università di Siena, 2014

I lineamenti geotettonici dell' Appennino centrale sono essenzialmente individuabili in elementi strutturali di compressione, dovuti alla genesi tettonica della catena appenninica, che si è verificata nel territorio in esame dal Serravalliano al Messiniano/Pliocene Inferiore.

L'Appennino umbro-marchigiano deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici e deposizionali disposti sul basamento della Placca adriatica: il Dominio toscano, il Dominio umbro-marchigiano ed il Dominio laziale-abruzzese. La paleogeografia di tali domini prima dell'inizio della deformazione è schematizzata nella Figura 2.1¹, ove sono indicati i fronti di accavallamento tettonico della Falda toscana, del Cervarola, di Olevano-AnTRODoco-Monti Sibillini (OAMS) e del Gran Sasso (SG); nella Figura 2.2² viene mostrata la configurazione attuale delle unità tettoniche derivate dai suddetti domini deposizionali, in cui i cerchi rossi individuano principali apparati vulcanici quaternari dell'Umbria.

L'assetto strutturale di questa parte dell'Appennino è schematizzabile come una sovrapposizione di falde tettoniche separate da sovrascorrimenti.

Il tema generale è la sovrapposizione di scaglie tettoniche, derivate dalla deformazione della copertura sedimentaria meso-cenozoica attraverso alcune superfici di accavallamento primarie (Cervarola, Narnese-amerina, M.ti Sabini, Olevano- Antrodoco-M.ti Sibillini, Gran Sasso, Laga e Struttura costiera) e molte altre secondarie. Il fronte di sovrascorrimento più interno (Cervarola) è coperto dalle vulcaniti quaternarie laziali, mentre i fronti più esterni (Laga e Strutture costiere) sono sepolti sotto la spessa coltre di sedimenti plio-quaternari del Bacino periadriatico. I sovrascorrimenti sono sempre associati a pieghe antiformali e sinformali; per esempio, nella Dorsale umbro-marchigiana, che corrisponde anche alla massima elevazione della catena, le formazioni mesozoiche sino al Calcere Massiccio affiorano al nucleo

¹ Tratta e ridisegnata da "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano - Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università di Siena", 2014

² Tratta e ridisegnata da "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano - Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università di Siena", 2014

di anticlinali smantellate dall'erosione. Dal Pliocene la tettonica estensionale e transtensiva ha generato nel settore umbro una serie di ampie fosse, colmate di sedimenti fluvio-lacustri, come la Valtiberina e la Valle Umbra. I sistemi di faglie normali sono più recenti man mano che ci si sposta verso oriente, come indicato dalla serie di conche intramontane quaternarie, sismicamente molto attive, poste all'interno della Dorsale umbro-marchigiana (Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito, Norcia, Cascia e Leonessa).

Figura 2.1 - Attuale configurazione dei domini sedimentari nell'area umbro-marchigiana.
1) Dominio toscano 2) Dominio umbromarchigiano 3) Dominio laziale-abruzzese A) Vulcaniti quaternarie.

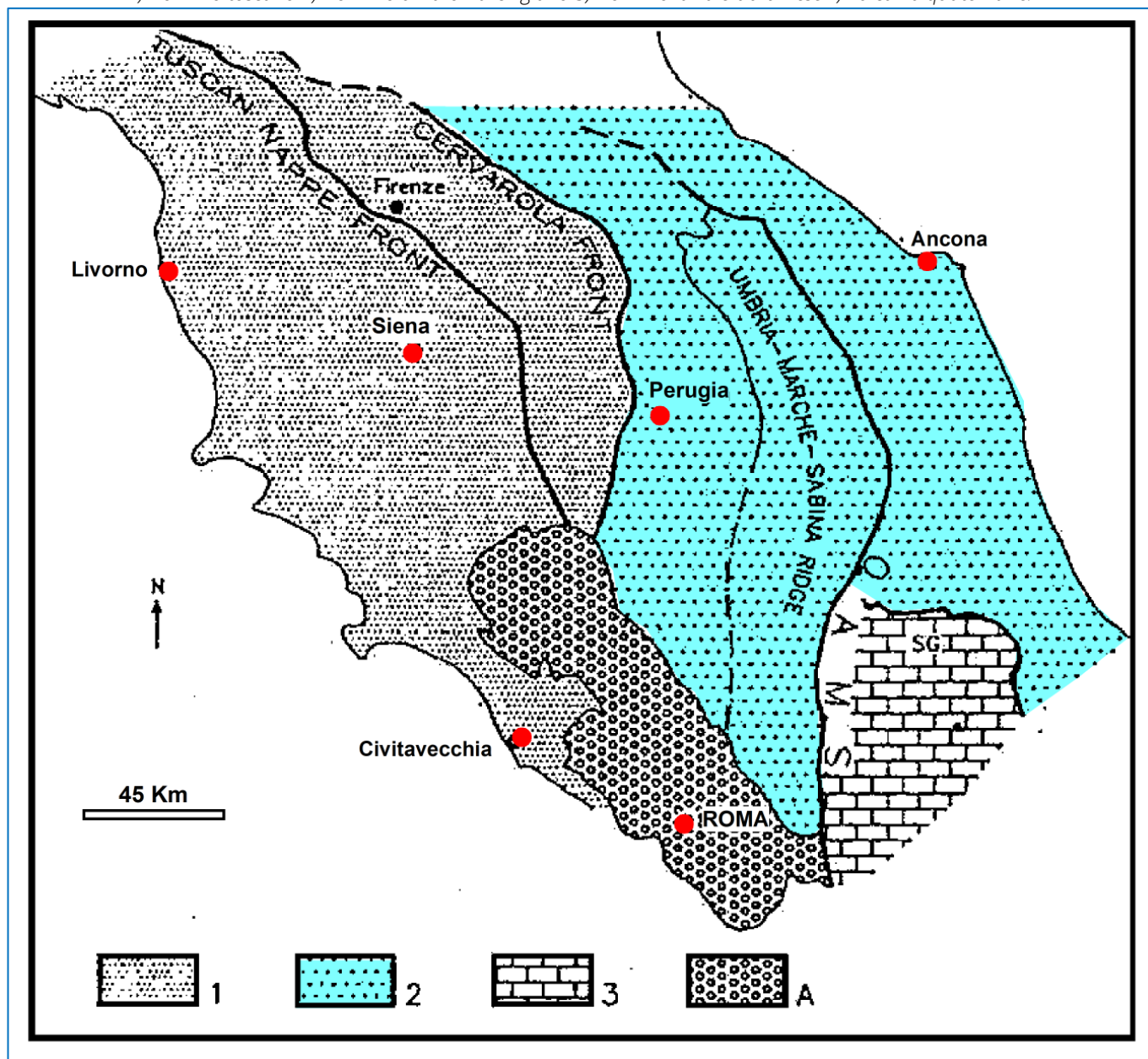
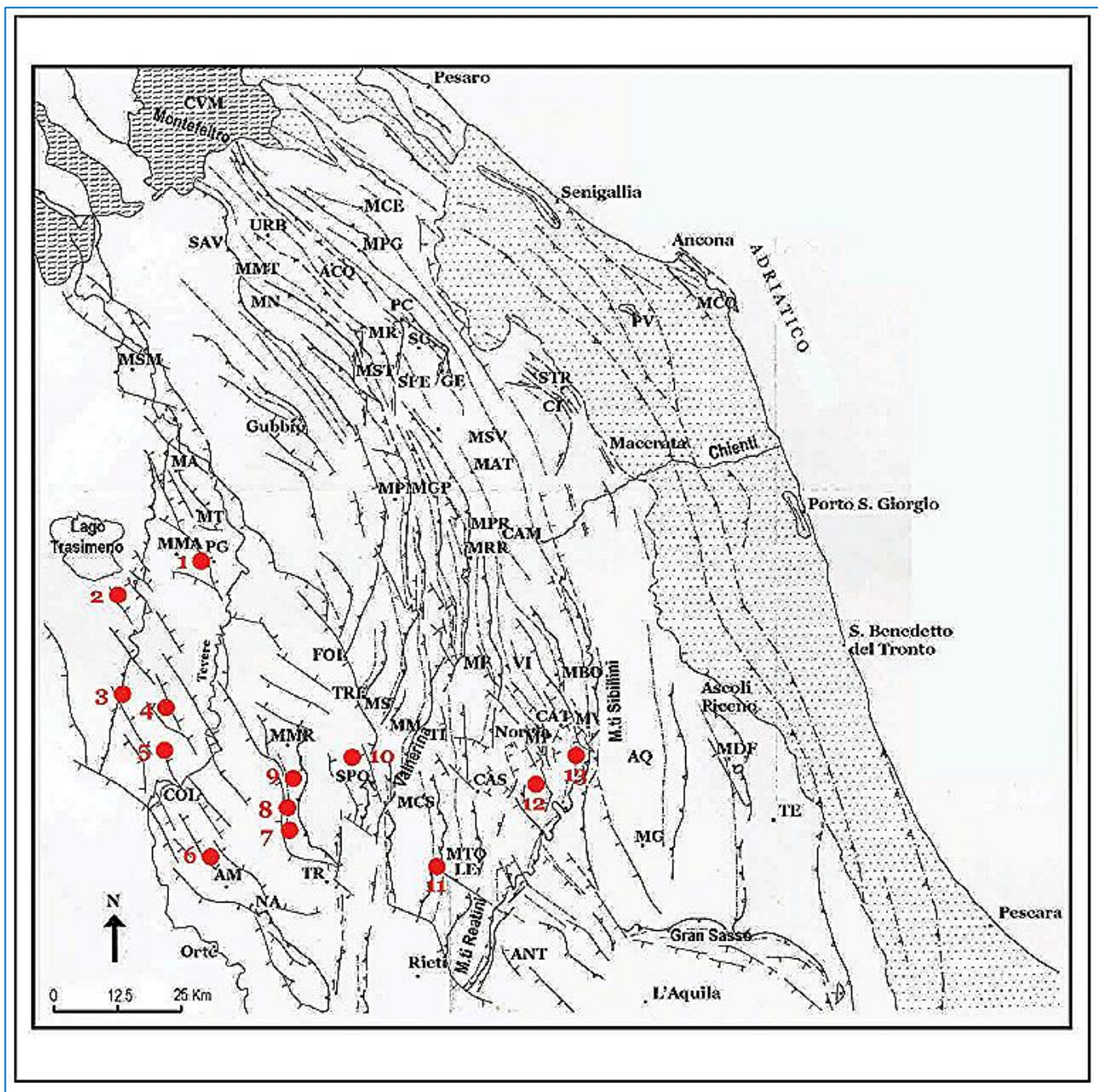


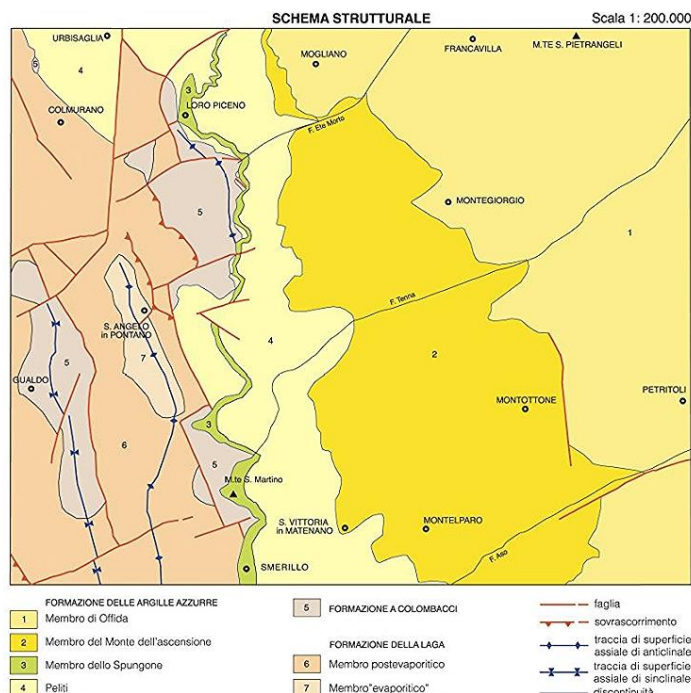
Figura 2.2 - Carta strutturale dell'area umbro-marchigiana



Il suddetto schema tettonico è complicato dalla presenza di sistemi di faglie distensive, derivanti dall'evoluzione post-orogena; inoltre diversi dati, stratigrafici e strutturali, indicano anche la presenza di importanti dislocazioni sinsedimentarie di età miocenica, anch'esse come le prime, a prevalente componente normale del movimento, che rendono particolarmente complessa l'evoluzione preorogena e la successiva strutturazione compressiva di questo settore del margine afro-adriatico. Nella Figura 2.3 è riportato uno schema strutturale, tratto dalla carta Geologica del Foglio 324 "Foligno", in cui l'area in studio è ubicata nel margine occidentale in prossimità di Gualdo, nel dominio della Formazione della Laga.

Le formazioni affioranti nel tratto di territorio in studio sono tutte ascrivibili ai Depositi Sin-Orogenetici del Miocene Superiore, rappresentati dalla Formazione della Laga – Membro del Lago di Campotosto. Detta unità, individuata dalla sigla LAG₄ viene ulteriormente suddivisa in sottounità in relazione alla litologia dei terreni che le compongono ed in particolare in relazione al rapporto arenaria/pelite (A/P).

Figura 2.3 – Schema strutturale del tratto dell'Appennino Umbro-Marchigiano



- Associazione arenacea (LAG4c): arenarie da medio-grossolane in strati da medi a molto spessi, con base netta e talora erosiva e lenticolari alla scala del l'affioramento; sono frequenti le amalgamazioni, si presentano massive e non gradate talora con scarse o blande laminazioni alla base che passano verso l'alto a laminazioni dapprima piano-parallele a incrociate a grande scala, talora con forme di fondo tridimensionali. Il rapporto A/P >>1 o indefinito.
- Associazione arenaceo-pelitica I (LAG4d): arenarie a granulometria fina e media, talora grossolana in strati da medi a spessi, con superficie basale netta talora fortemente erosiva. Gli strati sono generalmente lenticolari alla scala del l'affioramento e sono caratterizzati da una spiccata laminazione interna, da piano parallela in basso e nella porzione mediana a incrociata in alto; quest'ultima mostra spesso convoluzioni, talvolta vergenti. Talora gli strati risultano completamente laminati con lamine spesse che passano rapidamente solo al tetto dello strato a lamine sottili piano parallele e incrociate. Il rapporto A/P è compreso tra 3 e 10.
- Associazione arenaceo-pelitica II (LAG4b): torbiditi arenaceo-pelitiche a granulometria da medio-fine e raramente grossolana in strati da medi a spessi con base netta a geometria tabulare. La porzione laminata (intervallo b) è spesso prevalente. Strutture di fluidificazioni e fughe d'acqua sono talora presenti nella parte superiore degli strati. Il rapporto A/P è compreso tra 1 e 3.
- Associazione pelitico - arenacea (LAG4e): torbiditi pelitico-arenacee in strati sottili (tipo TBT), da 2 a 10 cm, con granulometria variabile da arenarie molto fini a silti a laminazione incrociata, spesso

convoluta. Il rapporto A/P è < 1 . Nel complesso l'unità risulta interessata da strutture plicative che ripetono la successione nei diversi settori del Foglio; lo spessore in affioramento è di circa 2300 m. Nel corso della formazione della catena appenninica si è sviluppato un sistema compressivo che, oltre a determinare la deformazione delle successioni pre-orogeniche coinvolte, ha controllato lo sviluppo e la successiva migrazione, verso le zone via via più esterne dell'avampaese, di un sistema orogenico costituito da catena-avanfossa-avampaese.

Esso risulta caratterizzato dall'evoluzione di diverse tipologie di bacini sedimentari, controllati principalmente dai processi tettonici (subsidenza flessurale e sollevamento orogenico) connessi con l'accrescimento frontale di una catena a pieghe e sovrascorrimenti (De Celles & Giles, 1996).

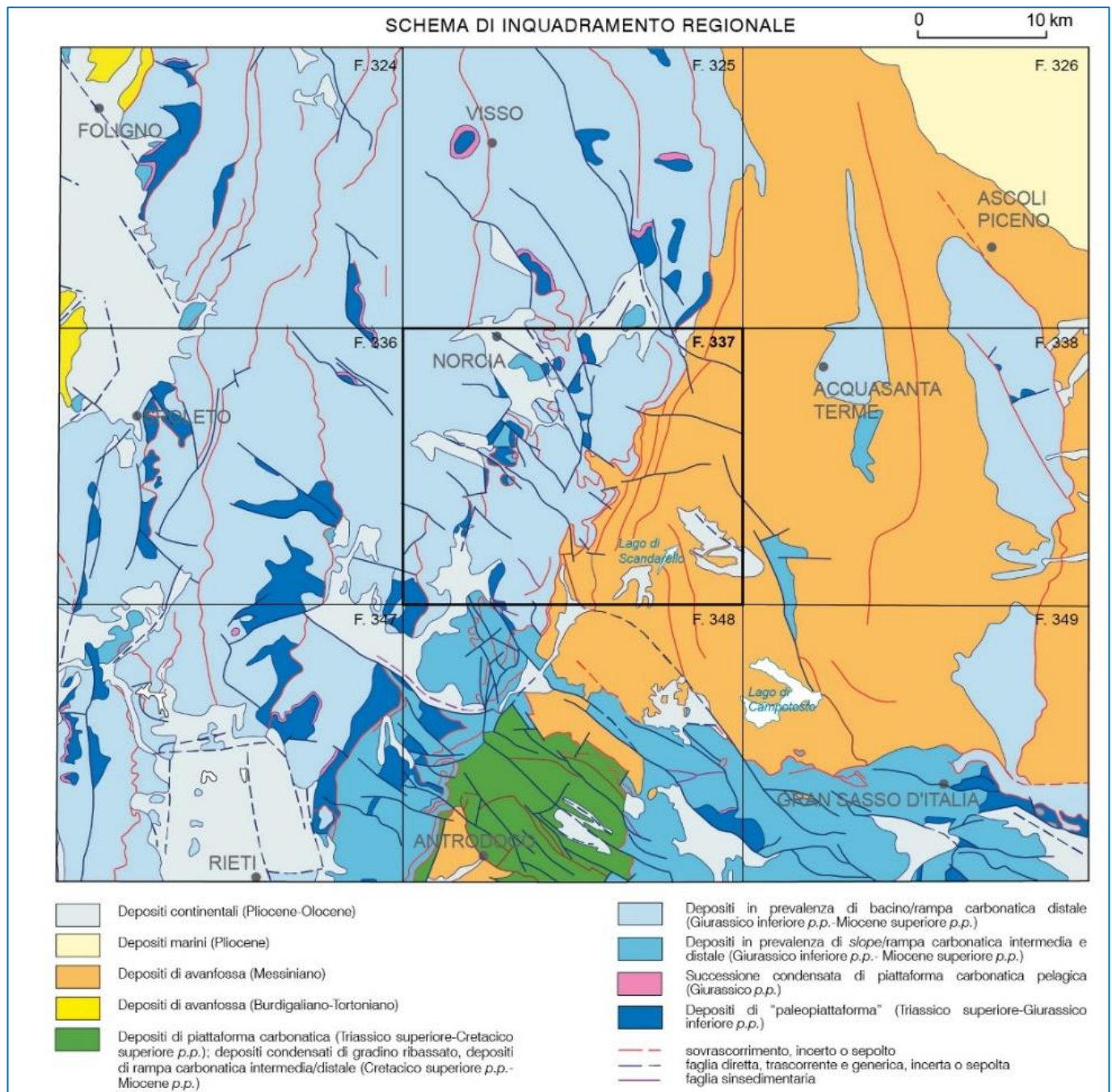
In particolare, mentre sul settore deformato (catena) si sviluppavano, come bacini episuturali, dei bacini trasportati tettonicamente (thrust-top basin, piggyback basin, bacini satellite, etc.), all'esterno, in posizione perisuturale, si sviluppava un bacino caratterizzato da elevati tassi di subsidenza tettonica (avanfossa), mentre il settore di avampaese non flessurato veniva interessato da tassi di sedimentazione confrontabili con il regime pre-orogenico.

Generalmente, su questa tipologia di catena, contemporaneamente alla fase compressiva che investe l'area di avampaese, le zone di retropaese vengono interessate da collasso tettonico, responsabile dello sviluppo di bacini sedimentari controllati da processi tettonici estensionali. In un tale contesto geodinamico, quindi, si sviluppa un sistema distensione-compressione in migrazione verso l'avampaese. Nell'Appennino centrale, gli effetti della migrazione del sistema distensione-compressione sono registrati nell'assetto stratigrafico-strutturale delle unità tettoniche affioranti. Qui, come in tutti gli altri settori della catena appenninica è, infatti, possibile distinguere:

- a) una fase pre-orogenica;
- b) una fase sin-orogenica;
- c) una fase post-orogenica.

Durante la fase pre-orogena, il settore attualmente coinvolto nella catena dell'Appennino centrale faceva parte del margine sud-tetideo, caratterizzato da una paleogeografia dominata da sistemi piattaforma-bacino. La tettonica medio-liassica, responsabile di questo assetto paleogeografico, in seguito allo smembramento di una paleopiattaforma appenninica (Norico-Lias inferiore), ha, inoltre, determinato lo sviluppo, nei domini bacinali, di Piattaforme Carbonatiche Pelagiche. Nella Figura 2.4 è riportato lo schema geologico regionale³

Figura 2.4 – Schema Geologico Regionale



³ Tratta dalle Note Illustrative della Carta Geologica del Foglio 337 "Norcia"

Le successioni stratigrafiche coinvolte nella strutturazione dell'Appennino centrale appartengono, quindi, a domini pelagici, di piattaforma carbonatica e alle transizioni tra questi domini.

L'elemento tettonico è il Sovrascorrimento Olevano-AnTRODoco-Monti Sibillini che separa il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino da quello della Laga. Questo sovrascorrimento è attivo già nel Messiniano e ha assunto il suo attuale assetto nel Pliocene, con la sua ultima fase di attività in fuori sequenza. Questo lineamento è anche designato come Linea Ancona-Anzio a cui tradizionalmente è attribuito il ruolo di suddivisione geografica tra l'Appennino Settentrionale e l'Appennino Centrale. Successivamente è stato assegnato un diverso ruolo e significato cinematico all'interno della storia evolutiva della catena. Esso infatti rappresenterebbe una faglia diretta, attiva nel Giurassico, che avrebbe separato i domini della Piattaforma carbonatica Abruzzese-Laziale a sud-est, dalle unità del Bacino Umbro-Marchigiano a nord-ovest. Tale lineamento avrebbe condizionato l'evoluzione tettonica dei due settori durante le successive fasi compressive mio-plioceniche. Diversi Autori hanno evidenziato successivamente il carattere trasgressivo destro di tale lineamento interpretandolo come la rampa laterale del thrust NE-vergente dei M.ti Sibillini.

Per quanto attiene alla tettonica che interessa i Monti della Laga, da cui derivano le formazioni geologiche presenti nell'area in esame, si ritiene che l'apparato torbido che ha originato questa formazione (Formazione della Laga) sia interpretabile come un sistema di conoidi sottomarine profonde e costituisca il riempimento di un profondo bacino a circolazione ristretta ed in forte subsidenza, formatosi nel Miocene superiore a seguito del sollevamento e corrugamento del Gran Sasso. I Monti della Laga rappresenterebbero, pertanto, l'unica testimonianza di bacino marino profondo durante il Messiniano, per tutto il Mediterraneo.

Gli strati sono disposti a monoclinale con immersione generale verso E, che rappresenta il fianco orientale di una piega anticlinale orientata NNW-SSE (Anticlinale della Laga), leggermente convessa verso W, riferibile alla fase tettonica compressiva del Pliocene inferiore-medio. L'assetto strutturale a monoclinale determina un'evidente asimmetria dei versanti: più ripido e meno esteso quello occidentale, a reggipoggio (corrisponde al dorso del libro), in particolare nel tratto M. di Mezzo - Pizzo di Sevo; meno acclive e maggiormente sviluppato quello opposto, relativo alla superficie degli strati.

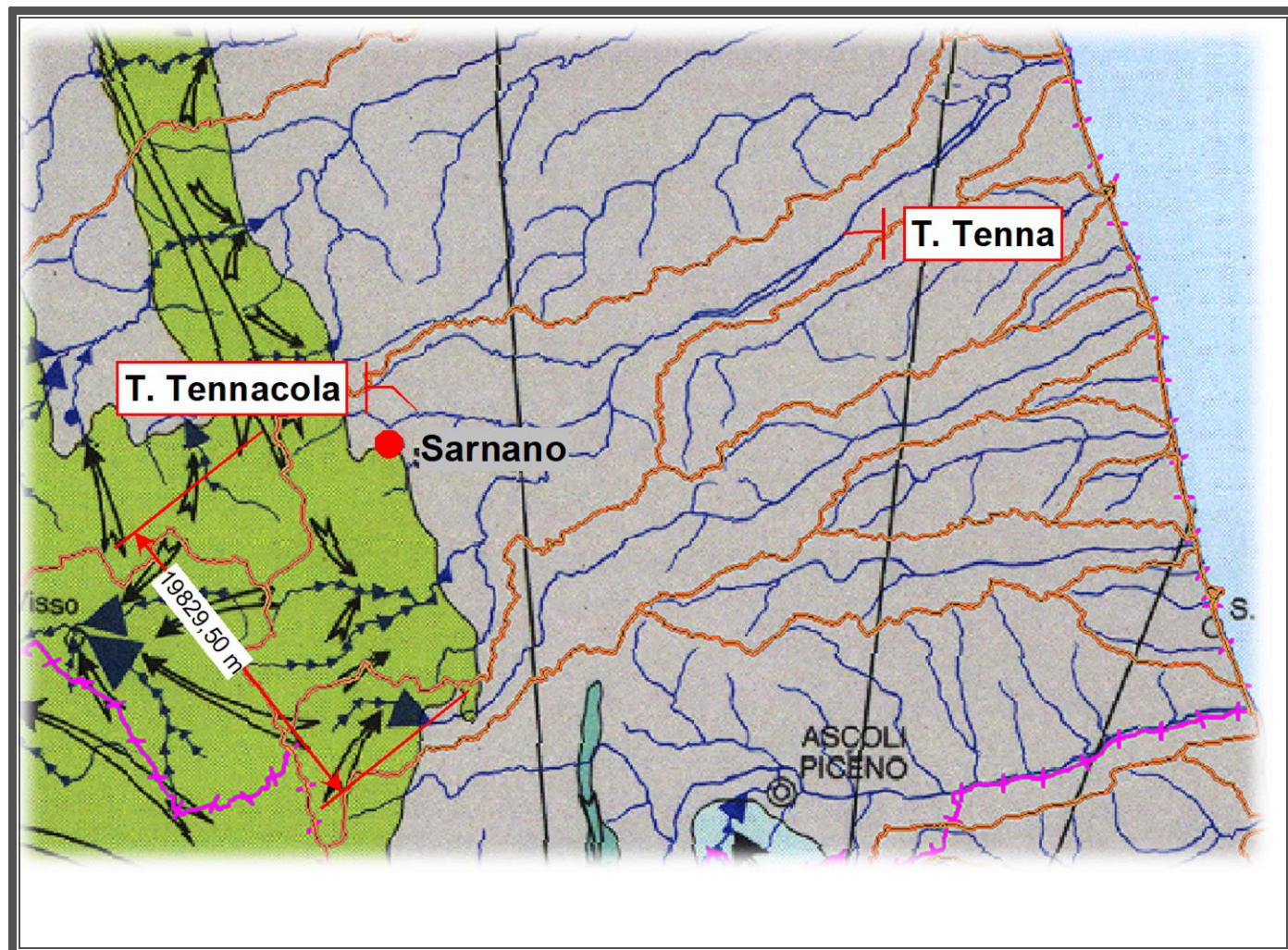
Gli eventi tettonici e climatici, che interessarono l'Appennino tra la fine del Pliocene e il Pleistocene, e la natura litologica del substrato hanno improntato l'attuale configurazione geomorfologica della catena. In particolare, una faglia diretta (lunga alcune decine di km e con rigetto verticale di circa 1500-2000 metri), riferibile alla fase tettonica distensiva del Pliocene superiore, ne ha ribassato il fianco occidentale: il fenomeno è reso evidente dalla scarpata che sottolinea la brusca variazione altimetrica tra gli altopiani di Amatrice e di Campotosto e lo spartiacque principale (con un dislivello di oltre 1000 metri).

Disturbi tettonici minori (faglie trascorrenti) a prevalente decorso trasversale hanno interessato soprattutto il versante occidentale reatino; lungo di essi si sono impostati torrenti, localmente detti 'fossi', il cui profilo è generalmente caratterizzato da numerose rotture di pendenza, per l'alternarsi di rocce variamente erodibili, e quindi da una serie di cascate che possono raggiungere dislivelli complessivi di diverse centinaia di metri (per es. il F.so di Piè di Lepre e il F.so dell'Ortanza nel versante occidentale, il F.so della Volpara in quello NE marchigiano).

3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto di territorio in esame è ubicato nella parte alta del bacino idrografico del Torrente Tennacola, che è un affluente in destra orografica del Torrente Tenna (cfr. Figura 3.1).

Figura 3.1 – Ubicazione dell'area in studio nel bacino idrografico del T. Tenna



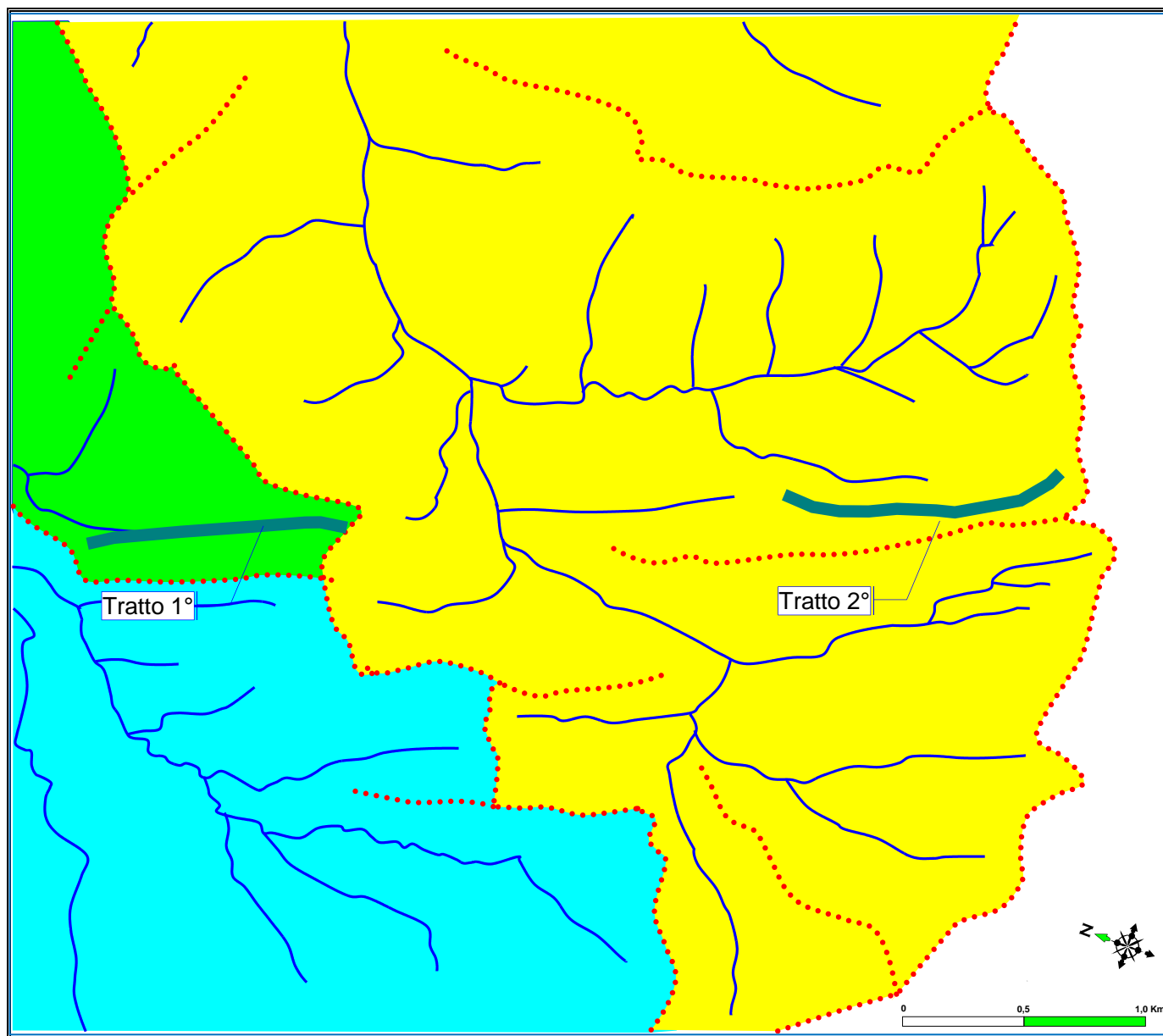
Dal punto di vista *idrografico* il tratto di territorio in esame ricade nell'ambito della vallata del suddetto torrente, che si sviluppa con un reticolo idrografico di tipo subdendritico.

Nelle carte Geomorfologiche in scala 1:2.000 sono riportati gli elementi salienti, consistenti in:

- Reticolo idrografico, formato incisioni torrentizie secondarie, che prendono vita dalla quota più alta presso Contrada Barchetti (640 m s.l.m. circa); nella carta geomorfologica sono stati evidenziati gli impluvi e gli spartiacque dell'area in cui è ubicata la strada in progetto ; i reticoli idrografici hanno un pattern di tipo "pinnato", poco evoluto, con rami di 3° ordine (cfr. Figura 3.1);
- Spartiacque principali, che separano i bacini idrografici di cui sopra;
- Le scarpate di erosione di versante o di erosione selettiva, laddove l'erosione esalta le porzioni di formazione più competenti e resistenti agli agenti di degradazione meteorica;
- Le scarpate di erosione di sponda ad opera delle acque incanalate nei corsi d'acqua o nei versanti in prossimità delle sponde degli alvei;

- e) Le aree soggette ad erosione attiva in prossimità delle scarpate di erosione; esse sono ubicate generalmente in prossimità della sommità dei versanti o in prossimità delle scarpate di erosione, ove gli agenti di degradazione meteorica hanno un impatto significativo nell'esplicarsi dei fenomeni erosivi
- f) Le aree soggette ad erosione attiva ad opera delle acque incanalate; sono le aree ubicate generalmente nella parte più bassa dei versanti, in prossimità degli alvei, laddove l'azione di erosione dei corsi d'acqua si esplica lungo le sponde e nelle porzioni inferiori dei versanti stessi;
- g) Direzione di deflusso delle acque non incanalate.

Figura 3.2 – Reticolo idrografico dell'area in studio



Inoltre l'area in studio è stata suddivisa in relazione all'“erodibilità” delle formazioni ivi presenti, distinguendo le seguenti *aree di pertinenza geomorfologica*:

- a) aree di pianura soggette ad evoluzione potenziale e/o attiva: sono le zone di sedimentazione dei materiali erosi a monte nell'ambito delle formazioni affioranti; le zone ove avviene il trasporto e sedimentazione attivi nell'alveo dei corsi d'acqua; ove si esplicano i processi di sedimentazione

terrigena nelle aree soggette ad esondazione; laddove si ha la mobilitazione dei materiali delle conoidi e la risedimentazione degli stessi. Vi si possono ascrivere le seguenti formazioni:

- MUSb2: Depositi eluvio-colluviali
 - MTIbn: Depositi alluvionali terrazzati: ghiaie, sabbie e limi
- b) aree di erosione potenziale e/o attiva: sono le zone in cui affiorano sedimenti facilmente attaccabili dall'azione di degradazione meteorica, quali i litotipi pelitici e marnosi; qui si può spiegare l'alterazione delle caratteristiche fisiche mediante i processi di degradazione ad opera dei fenomeni meteorici; vi si può ascrivere la seguente facies della formazione della LAGA:
- LAG1d: Formazione della Laga - Membro pre-evaporitico - Litofacies arenaceo-pelitica (Messiniano)
- c) aree con rocce mediamente competenti: sono le zone in cui affiorano rocce mediamente resistenti all'azione di degradazione meteorica, mediamente o scarsamente erodibili, quali le arenarie più o meno cementate; qui si può spiegare la degradazione ed alterazione delle porzioni superficiali delle formazioni; a questa categoria si possono ascrivere:
- LAG2c: Formazione della Laga Membro post-evaporitico - Litofacies arenacea (Messiniano)
 - LAG1c: Formazione della Laga Membro pre-evaporitico - Litofacies arenacea (Messiniano)

Inoltre sono state riportati i dissesti desumibili dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI - ISPRA), distinguendo:

- a) Frana per scivolamento rotazionale/traslato (ID Frana: 0440161700); questo dissesto si trova ubicato lungo il tracciato del Tratto 2° della strada in progetto tra le Sezioni 21 e 32, nell'ambito delle facies LAG1c e LAG2e della Formazione della Laga
- b) Area con frane superficiali diffuse, ubicata lungo il tracciato del Tratto 2° della strada in progetto, tra le Sezioni 15 e 19;
- c) Frana per colamento lento (ID Frana: 0440161600); questo dissesto è ubicato al di fuori dell'area di pertinenza del progetto, in prossimità della zona di testata di un bacino idrografico secondario.

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area in studio sono correlabili alla natura delle formazioni geologiche ivi affioranti, in relazione alla resistenza offerta dai litotipi agli agenti di degradazione meteorica. Pertanto l'erodibilità delle formazioni ha condizionato l'evoluzione geomorfologica, dando luogo a forme morfologiche differenti.

Definire l'evoluzione morfologica che si esplica nel territorio in esame risulta, quindi, di fondamentale importanza nella valutazione della pericolosità ambientale, da cui deriva il concetto di pericolosità geomorfologica: *"probabilità che un certo fenomeno di instabilità geomorfologica si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo"* (PANIZZA M., 1987).

Per terreno geomorfologicamente instabile si intende, quindi, una forma morfologica che non ha raggiunto l'equilibrio con l'ambiente naturale e che si evolve, tendendo all'equilibrio; a tal fine vengono prese in considerazione quelle forme morfologiche, non in equilibrio, che si modificano in maniera perturbante per l'ambiente antropico.

Occorre, comunque, sottolineare che in geomorfologia non è corretto parlare di instabilità in senso assoluto, giacché una parte di un territorio potrebbe risultare instabile nei confronti di alcuni processi

evolutivi e stabile nei confronti di altre azioni degradanti; infine esistono diversi gradi di instabilità, che possono essere valutati più o meno accettabili, anche in relazione all'utilizzo sociale cui si vuole destinare una certa area.

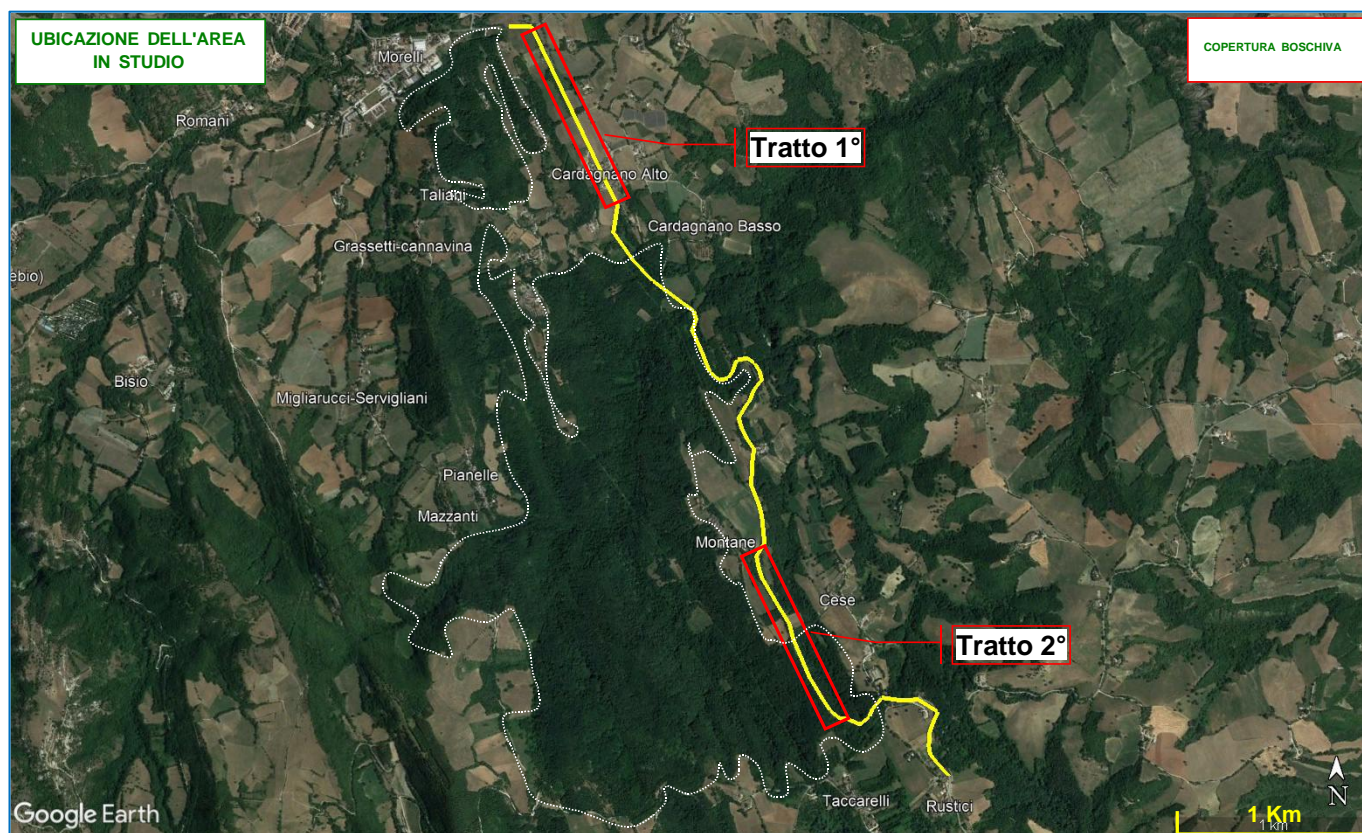
Oltre alla resistenza all'erosione dei terreni riveste particolare importanza la distribuzione della vegetazione, giacchè il modellamento della superficie avviene soprattutto mediante il processo erosivo. L'azione erosiva, principalmente esplicata ad opera delle precipitazioni meteoriche ed in subordine, nei rilievi ad alta quota, dal gelo, risulta più incisiva nella parte alta dei bacini idrografici, in specie nelle aree prossime alle zone di testata.

Quanto sopra è dovuto alla maggiore acclività dei versanti e quindi alla conseguente maggiore velocità acquistata dalle acque, sia incanalate che divaganti.

Nel territorio in esame la copertura boschiva è mediamente estesa soprattutto ad occidente del tracciato stradale in progetto (circa il 60% dell'area, cfr. Figura 3.3) e riveste un ruolo molto importante nei confronti degli agenti di degradazione ed in particolare nei confronti delle precipitazioni meteoriche.

Difatti il bosco, inteso come sistema integrato vegetazione-suolo, esercita un'azione determinante sul ciclo delle precipitazioni atmosferiche che vi ricadono sopra e quindi sui processi di erosione-sedimentazione; esso produce essenzialmente, nei confronti delle acque, tre azioni: regimante, frenante ed antierosiva.

Figura 3.3 – Copertura boschiva nell'area in esame



L'azione *regimante* è la capacità del bosco di ridurre il ruscellamento e quindi le portate massime di piena nei corsi d'acqua; esso difatti intercetta le precipitazioni con l'apparato foliare e rallenta la velocità delle gocce d'acqua.

L'azione *frenante* si esplica nei confronti delle acque di scorrimento superficiale, che vengono rallentate dalla presenza dei fusti arborei, dei cespugli, delle lettiere grossolane e del sottobosco in genere; sul terreno non possono formarsi lame d'acqua o rivoli di una certa consistenza, che avrebbero, viceversa, un forte potere erosivo: l'azione frenante si traduce anche in un notevole prolungamento dei tempi di corrivazione, costituendo un importantissimo fattore positivo nel regime idraulico dei bacini idrografici. Per poter esprimere una valutazione inerente alla stabilità geomorfologica del sito in esame, in rapporto all'intervento in progetto, sono stati acquisiti tutti i dati ricavati dalla consultazione di tutte le fonti disponibili, quali:

- a) Carta Geologica Regionale, in scala 1:10.000, Sezioni 313160 "Sarnano", 314130 "Buzzaccheri", 325040 "Capovalle", 326010 "Amandola", Regione Marche, Servizio Ambiente e Paesaggio, Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici;
- b) CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – Università degli Studi di Ancona – Regione Marche - "Schema Idrogeologico della regione Marche" Scala 1:100.000
- c) Carta Geomorfologica Regionale, in scala 1:10.000, Sezione 313160 "Sarnano", Regione Marche, Servizio Ambiente e Paesaggio, Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici
- d) Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale . Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo delle Marche – "Carta del Rischio Idrogeologico" – Scala 1:10.000
- e) Piano Tutela delle Acque – Regione Marche – "Carta delle Strutture Idrogeologiche e delle direttrici di deflusso delle acque sotterranee" – scala 1:500.000
- f) IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) (ISPRA)

Sulla scorta di quanto sopra, fatta eccezione per i limitati dissesti segnalati in precedenza (IFFI) si può affermare che il tratto di territorio in cui è previsto l'intervento in progetto può valutarsi come *geomorfologicamente mediamente stabile, con scarsa o bassa pericolosità geomorfologica*.

4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

4.1 CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE

Per la descrizione delle caratteristiche geologiche di questa parte del territorio in questa sede si fa espresso riferimento alle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 302 "Tolentino", Foglio 314 "Montegiorgio" e Foglio 303 "Macerata", di cui si riportano alcuni concetti fondamentali ed alcuni brani della parte descrittiva.

Nella zona dell'Appennino Centrale contemporaneamente alla fase tettonica compressiva che investe l'area di avampaese, le zone di retropaese vengono interessate da collasso tettonico, responsabile dello sviluppo di bacini sedimentari controllati da processi tettonici estensionali. In un tale contesto geodinamico, quindi, si sviluppa un sistema distensione-compressione in migrazione verso l'avampaese (Sartori, 1990; Patacca et alii, 1992a; Cavinato & De Celles, 1999; Cipollari et alii, 1999).

In Appennino Centrale gli effetti della migrazione del sistema distensione compressione sono registrati nell'assetto stratigrafico-strutturale delle unità tettoniche affioranti. Qui, come in tutti gli altri settori della catena appenninica è, infatti, possibile distinguere:

- a) una fase pre-orogenica;
- b) una fase sin-orogenica;
- c) una fase post-orogenica.

Nel corso della fase pre-orogenica, il settore coinvolto nella catena dell'Appennino centrale era caratterizzato da una paleogeografia dominata da sistemi piattaforma-bacino (Ciarapica, 1990; Ciarapica & Passeri, 2002; Bosellini, 2004).

La tettonica medio-liassica, responsabile di questo assetto paleogeografico, in seguito allo smembramento di una paleopiattaforma appenninica (Norico-Lias inferiore), ha, inoltre, determinato lo sviluppo, nei domini bacinali, di Piattaforme Carbonatiche Pelagiche (PCP, sensu Santantonio, 1993) (Chiocchini et alii, 1975; Cosentino et alii, 1982; Galluzzo & Santantonio, 1994; Santantonio et alii, 1996; Galluzzo & Santantonio, 2002; Cosentino et alii, 2006). Le successioni stratigrafiche coinvolte nella strutturazione dell'Appennino centrale appartengono, quindi, a domini pelagici, di piattaforma carbonatica.

Nella fase sin-orogenica, il settore appenninico centrale venne interessato dalla migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese, che costituisce una fase in cui si passa da una sedimentazione prevalentemente carbonatica, che caratterizza la successione pre-orogenica, ad una silicoclastica torbidity tipica di bacini di avanfossa.

Il territorio in studio, tra l'Appennino settentrionale e quello centrale, comprende il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino a ovest ed il Dominio della Laga a est, attualmente separati dal sovrascorrimento Olevano-AnTRODoco-M.ti Sibillini che attraversa l'intera area in senso circa meridiano; la loro genesi ed evoluzione fino all'assetto attuale è riconducibile a fasi differenti dell'intera evoluzione dell'Appennino centro-settentrionale. Quest'ultima a sua volta è legata a quella del margine continentale della (micro)placca Adria soggetta a varie fasi più o meno intense di tettonica distensiva tra il Triassico ed il Paleogene e successivamente ai processi tettonici di flessurazione e orogenici determinati dalla convergenza della placca europea e di quella africana.







Il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino è caratterizzato da una successione sedimentaria di piattaforma carbonatica e di bacino pelagico, di età Triassico superiore-Miocene p.p. La variabilità di facies verticale e laterale e i rapporti stratigrafici e strutturali documentano l'evoluzione del margine passivo determinata da fasi tettoniche prevalentemente distensive, dal rifting Sinemuriano alla flessurazione miocenica e da processi e eventi ambientali, oceanografici ed eustatici registrati a scala globale e regionale. Il Dominio della Laga, invece, si è evoluto a partire dal Miocene superiore nell'ambito di un contesto di un bacino di avanfossa antistante la catena appenninica in via di sollevamento.

L'assetto attuale è dovuto all'orogenesi Appenninica, processo cominciato nell'Oligocene, legato alla migrazione verso est del sistema catena-bacino di avampaese; attraverso lo sviluppo di sovrascorrimenti in piggy-back sequence e fuori sequenza, sono stati progressivamente coinvolti nella catena i diversi settori della placca adriatica, che risultano oggi impilati in diverse unità strutturali dall'interno verso l'esterno con polarità verso NE ed E. In questo quadro, il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino viene coinvolto nella catena a partire dal Tortoniano Superiore, mentre nel Messiniano il bacino della Laga costituisce l'avanfossa e viene coinvolto in catena nel Pliocene inferiore.

4.2 GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO

Per il tratto di territorio studiato la distribuzione areale delle formazioni geologiche affioranti è stata cartografata su base topografica in scala 1:2.000 (cfr., Tavole della Carta geologica allegate), con riferimento alla Carta Geologica Regionale, in scala 1:10.000, Sezioni 313160 "Sarnano", 314130 "Buzzaccheri", 325040 "Capovalle", 326010 "Amandola", Regione Marche, Servizio Ambiente e Paesaggio, Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici. Analogamente sia la simbologia che la descrizione adottate per ciascuna delle formazioni sono dedotte dai suddetti elaborati.

Le formazioni geologiche che ricoprono l'area di stretto interesse sono, dalle più recenti alle più antiche, le seguenti riportate nelle Carte geologiche:

Depositi Continentali Quaternari	
Sistema del Musone (Olocene)	
MUSa1	 Frane in evoluzione
MUSb2	 Depositi eluvio-colluviali
Sistema di Matelica (Pleistocene Superiore)	
MTIbn	 Depositi alluvionali terrazzati: ghiaia, sabbia e limo
Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola (Successione Miocenica)	
LAG2c	 Formazione della Laga Membro post-evaporitico - Litofacies arenacea (Messiniano)
LAG1d	 Formazione della Laga Membro pre-evaporitico - Litofacies arenaceo-pelitica (Messiniano)
LAG1c	 Formazione della Laga Membro pre-evaporitico - Litofacies arenacea (Messiniano)

Vengono qui di seguito descritte le caratteristiche geologiche salienti per ciascuna delle suddette formazioni.

4.2.1 DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Voi sono compresi sia i depositi Olocenici che quelli ascrivibili al Pleistocene.

Ai Depositi Olocenici appartengono quelli del *Sistema del Musone*:

- a) Frane in evoluzione (MUSa1); lungo il tracciato del Tratto 2° è presente un dissesto cartografato negli elaborati dell'IFFI, descritto come "Frana per scivolamento rotazionale/traslato" e catalogato con ID Frana: 0440161700;
- b) Depositi eluvio-colluviali (MUSb2): si rinvencono in vaste aree in tutto il territorio analizzato, lungo i versanti e nei fondovalle, costituiti dai prodotti provenienti dall'erosione e dalla degradazione delle formazioni che formano il substrato, tutte appartenenti alla Formazione della LAGA con le varie facies associate;

Ai depositi Pleistocenici appartengono quelli del *Sistema di Matelica* (Pleistocene Superiore):

Depositi alluvionali terrazzati (MTIbn): si rinvencono a varie quote e sono costituiti dai depositi alluvionali terrazzati, formati da ghiaia, sabbia e livelli limosi, localmente gradati e variamente organizzati in orizzonti e livelli a varia granulometria, tra essi interconnessi con contatti eteropici sia verticali che orizzontali; i depositi alluvionali terrazzati si rinvencono in vari ordini lungo i versanti delle incisioni principali e costituiscono dei sedimenti indifferenziati; tali depositi sono costituiti da sedimenti ad elementi eterometrici, principalmente clasto-sostenuti, con clasti di forma da sub-arrotondati a sub-angolosi e dimensione da centimetrici a decimetrici; vi si rinvencono sabbie e limi, nei quali si intercalano livelli e lenti di argille e livelli e lenti limo-sabbiosi bruni, costituiti prevalentemente da materiale di suolo. La transizione da una associazione granulometrica all'altra avviene sia gradualmente che repentinamente, con contatti eteropici sia verticali che orizzontali, talché è molto difficoltoso rappresentarne graficamente una corretta distribuzione.

4.2.2 SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANA-ROMAGNOLA

Questa successione prende il nome dal sito dei Monti della Laga che si sviluppano per oltre 24 km tra gli altopiani di Amatrice (RI) e di Campotosto (AQ) e il subappennino teramano, inseriti geograficamente tra la catena dei M.ti Sibillini a N ed il massiccio del Gran Sasso a S. Costituiscono il più alto rilievo arenaceo dell'Appennino: infatti, si elevano per un settore di quasi 12 km oltre i 2000 mt s.l.m. e toccano le massime quote con M. Gorzano (mt 2458), la vetta più alta del Lazio, Cima Lepri (mt 2445), Pizzo di Sevo (mt 2419) e Pizzo di Moscio (mt 2411).

A differenza degli altri gruppi montuosi dell'Appennino Centrale, in prevalenza formati da rocce carbonatiche (calcari e dolomie), la Laga risulta costituita da una successione torbiditica di età messiniana, nota in letteratura come Formazione della Laga. Si tratta di un corpo sedimentario di forma lenticolare e di notevole spessore (ca. 3000 mt), caratterizzato da un insieme di litofacies variabili da quella arenacea e pelitico-arenacea a quella marnosa.

La bassa permeabilità d'insieme della successione di arenarie e marne limita l'infiltrazione delle precipitazioni, consentendone in gran parte il deflusso superficiale o alimentando un sistema di circuiti sotterranei locali, di modesta estensione, all'interno dei corpi rocciosi maggiormente degradati o fratturati. Questo spiega, da un lato, l'erosione accelerata dei versanti più acclivi con tipiche forme a

zampa d'oca', dall'altro la mancanza di grosse sorgenti (con portate dell'ordine di mc/s) e l'esistenza di una rete di risorgenze perenni, dalle portate limitate, distribuite sin quasi sulle vette, che alimentano la circolazione superficiale.

L'evoluzione geomorfologica del rilievo è stata inoltre influenzata dal glacialismo del Quaternario, testimoniato da alcuni depositi morenici e da numerosi circhi glaciali più o meno conservati, da intensi processi crioclastici e dalle diffuse "deformazioni gravitative profonde" (fenomeni che si collocano tra i movimenti franosi e la tettonica gravitativa) recentemente riconosciute sul versante teramano della catena.

I depositi morenici, legati al glacialismo würmiano, sono poco diffusi e di modesta estensione, in quanto smantellati con facilità dall'azione delle acque dilavanti ed incanalate.

Al glacialismo würmiano sono da riferire anche i circhi glaciali (una quindicina) e le tracce di erosione glaciale osservabili alla testata di alcuni 'fossi', soprattutto nel versante teramano, oltre i 2000 mt: in entrambi i casi, l'azione erosiva degli agenti meteorici, i movimenti neotettonici ed i fenomeni di deformazione gravitativa profonda hanno determinato la parziale scomparsa di queste forme o il loro occultamento sotto spesse coltri di materiale detritico.

Interessanti forme periglaciali, piuttosto diffuse nei settori più elevati della catena, sono le 'vallette nivali', che rivestono grande importanza fitogeografica, come aree di rifugio per entità relitte artico-alpine, e nelle quali la neve persiste anche fino alla fine di giugno: particolarmente ricche di specie rare sono quelle di Pizzo di Sevo, di Cima Lepri, di M. Gorzano e di Cima della Laghetta.

La Formazione della Laga si presenta con varie facies, tra cui quelle presenti nel territorio in esame sono:

- LAG2c
- LAG1d
- LAG1c

Associazione arenacea – Membro post-evaporitico (LAG2c)

Questa facies, ascrivibile al Messiniano, si rinviene in molte parti dei rilievi nel tratto del territorio in studio; è costituita da arenarie torbiditiche, ad andamento lenticolare, con granulometria da grossolana a medio-fina. Le arenarie sono generalmente poco o debolmente cementate e, quindi, poco competenti e poco resistenti all'azione di degradazione degli agenti meteorici.

Associazione arenaceo-pelitica – Membro pre-evaporitico (LAG1d)

Si rinviene in affioramenti stretti ed allungati nell'ambito della facies LAG1c.

Prevalentemente risulta formata da arenarie a granulometria da fine a grossolana, in strati da medi a spessi, piano-paralleli e lenticolari e peliti; il rapporto sabbia/argilla è molto Elevato. Le arenarie medio-fini si rinvengono in strati da medi a molto spessi, generalmente pian-paralleli, con rapporto sabbia/argilla maggiore di uno; meno frequenti sono le arenarie in strati spessi alternate a peliti, con rapporto sabbia/argilla maggiore di 1. Molto subordinati sono i pacchi pelitico-arenacei con rapporto sabbia/argilla inferiore a 1; caratteristica è l'intercalazione di strati da spessi a massicci, a granulometria media e grossolana, talora laminati. Lo spessore della presente unità varia da 50 m a 120 m.

Associazione arenaceo-pelitica – Membro pre-evaporitico (LAG1c)

Forma gran parte dei rilievi nell'area in studio; è data in prevalenza da arenarie medio-grossolane in strati spessi, molto spessi e massicci, piano paralleli e lenticolari, di solito amalgamati, talora gradati, frequentemente contenenti clay chips, resti vegetali e sferoidi diagenetici; il rapporto sabbia/argilla è molto elevato. Meno diffuse sono le arenarie a granulometria media, in strati piano paralleli, medi e spessi, con lamine medie, spesse e molto spesse. Del tutto subordinati sono i pacchi di strati arenaceo-pelitici e pelitico-arenacei. Localmente nella porzione inferiore dell'unità, si hanno accumuli di paraconglomerati a matrice prevalentemente arenacea, con elementi ruditici calcarei (dai massi ai ciottoli) e calcareo-marnosi.

5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in studio, ove è predominante la formazione della Laga, è drenata dal Fiume Tenna e da reticolo idrografico secondario dei relativi affluenti, con particolare riferimento al Torrente Tennacola, nel cui sottobacino è ubicata l'area in studio.

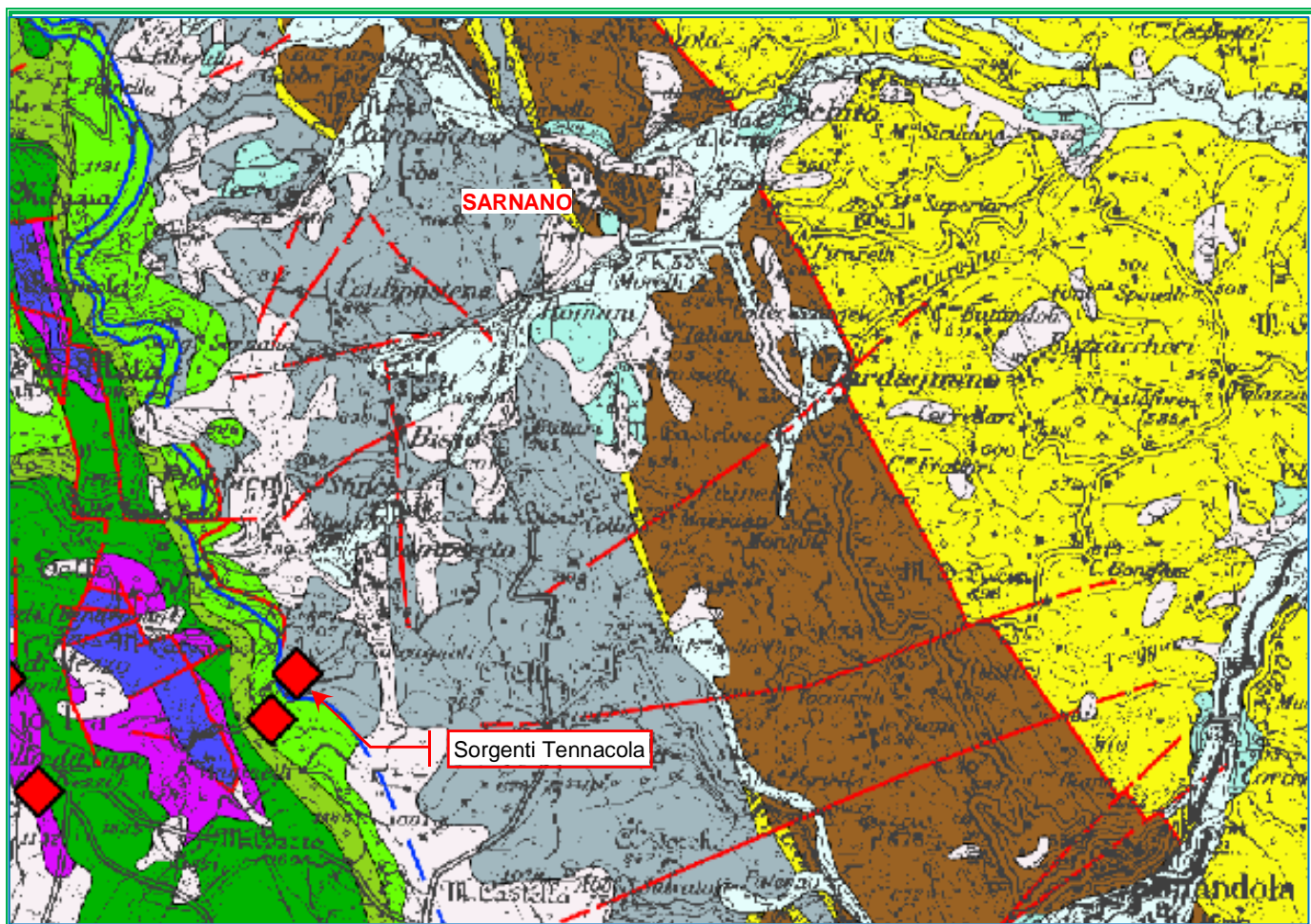
L'assetto idrogeologico delle aree delle dorsali carbonatiche appenniniche è caratterizzato da estesi acquiferi, la cui permeabilità è molto elevata per fessurazione e carsismo nell'ambito delle formazioni carbonatiche. Questi acquiferi, i più importanti dell'Appennino, sono estesi per diverse centinaia di km² e alimentano sorgenti basali ubicate nelle zone più depresse, dove l'acquifero è tamponato da sedimenti a permeabilità più bassa, costituiti dai depositi terrigeni torbiditici tardo-miocenici o dai sedimenti plio-quadernari di riempimento delle valli fluviali e delle depressioni tettoniche intermontane. I sedimenti quadernari, costituiti da depositi di versante, depositi alluvionali e sedimenti lacustri e/o palustri, presentano una permeabilità variabile in funzione della granulometria e comunque inferiore a quella degli acquiferi carbonatici, in alcuni casi consentono travasi sotterranei dalle falde degli acquiferi regionali negli acquiferi porosi multistrato.

Per quanto attiene alla circolazione idrica nell'ambito delle varie facies della Laga si possono formulare alcune valutazioni generali, di seguito formulate.

Lungo gli orizzonti e straterelli arenacei si può avere una discreta permeabilità per porosità e/o per fessurazione, spesso di tipo mista; essi costituiscono delle vie di deflusso preferenziale delle acque di infiltrazione. Ne consegue che nelle alternanze arenaceo - pelitiche si può avere una permeabilità di tipo "orientato"; in tali successioni la permeabilità è variabile in relazione alla litologia dello strato o livello al quale si riferisce. Così nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme, date dai livelli di argille impermeabili e dai livelli arenacei fratturati, permeabili. Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza dei banconi arenacei fratturati e/o porosi, si possono avere valori di permeabilità sensibilmente alti, mentre in corrispondenza degli orizzonti argillosi si hanno condizioni di quasi impermeabilità. Ne deriva che l'alternanza, nel suo complesso, si comporta come un terreno poco permeabile, o addirittura impermeabile, nella direzione ortogonale alla stratificazione; si può invece riscontrare una permeabilità, generalmente molto limitata o scarsa, nella direzione parallela alla stratificazione, relegata ai livelli arenacei fratturati e/o più porosi. Tale differenza di permeabilità tra le due direzioni (ortogonale o parallela alla stratificazione) è più o meno marcata in relazione alla prevalenza dei termini argillosi od arenacei.

Nell'ambito del bacino idrografico del Fiume Tenna, nella parte alta del sottobacino del Torrente Tennacola, in prossimità di Sarnano si hanno delle manifestazioni sorgentizie, (cfr. Figura 5.1) tratte da dalla Carta delle Strutture Idrogeologiche e delle Diretrici di deflusso delle Acque sotterranee - Piano Tutela Acque - Regione Marche; le più prossime a Sarnano sono le Sorgenti Tennacola, ubicate al contatto tra il Complesso Idrogeologico della Scaglia Cinerea ed il Complesso Idrogeologico della Scaglia.

Figura 5.1 – Sorgenti nel bacino del Fiume Tenna



Nella tabella 5.1 sono riportate le portate delle sorgenti ricavate dal P.T.A. Regione Marche (Servizio Ambiente e Paesaggio), in cui sono evidenziate quelle ricadenti nel bacino del Fiume Tenna.

Tabella 5.1 – Sorgenti nei bacini dei Fiumi Chienti e Tenna

Grotta dell'Orso (Chienti)	Scaglia	16,000	3,000	10,100	13,000
Rote (Chienti)	Maiolica	51,000	13,000	32,900	38,000
Unes (Chienti)	Maiolica	55,000	10,000	28,800	45,000
Vallecanto (Chienti)	Scaglia	5,000	3,000	4,200	2,000
Rio Bagno (Chienti)	Scaglia	31,500	3,500	18,200	28,000
Peschiera (Chienti)	Scaglia	11,500	5,500	8,700	6,000
Del Piano (Chienti)	Maiolica	24,500	5,000	15,600	19,500
Capodacqua (Chienti)	Scaglia	54,000	24,000	35,400	30,000
Folla (Chienti)	Scaglia	62,000	5,000	20,400	57,000
Trevase (Chienti)	Scaglia	62,000	22,000	40,200	40,000
Capotenna (Tenna)	Maiolica	140,000	80,000	112,500	60,000
La Vena (Tenna)	Massiccio	10,000	5,000	7,100	5,000
Fontevella (Tenna)	Scaglia	55,000	24,000	39,400	31,000
Acquatinea (Tenna)	Scaglia	55,000	50,000	52,800	5,000
Acqualva (Tenna)	Maiolica	9,000	4,000	6,700	5,000
Ciliegio (Tenna)	Scaglia	15,000	5,000	8,600	10,000
Tennacola centrale (Tenna)	Scaglia	180,000	60,000	126,900	120,000

Cerasa (Aso)	Massiccio	15,000	0,100	7,400	14,900
Aso Consorzio (Aso)	Massiccio	650,000	600,000	629,200	50,000
Serrapetrona (Aso)	Scaglia	60,000	27,000	46,900	33,000
San Luca	Scaglia	1,420	0,420	0,850	1,000
Le Capanne	Scaglia	8,000	3,800	4,970	4,200

5.1 ELEMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA

Sulla scorta degli studi geologici, di dettaglio ed a carattere regionale disponibili, morfologici e litologici, può essere formulata una verosimile identificazione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio in studio, con particolare riferimento alle caratteristiche di permeabilità delle varie unità idrogeologiche.

In siffatte condizioni la circolazione idrica superficiale, subsuperficiale (intendendo con tale termine le acque che si rinvergono a breve profondità dal piano campagna) e profonda si esplica laddove la permeabilità delle rocce è tale da consentirne l'accumulo e/o il deflusso.

Vengono qui di seguito descritti sia il comportamento delle acque di deflusso superficiale, sia le situazioni riscontrabili nel territorio in esame in cui sussistono le condizioni per la formazione di falde acquifere.

a) Acque superficiali

La possibilità di infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica nel sottosuolo dipende sia dalla permeabilità del terreno, sia dalla acclività dei versanti.

Le acque ricadenti sui terreni argillosi defluiscono quasi tutte in superficie, drenate dal reticolo idrografico ivi presente.

Sui terreni permeabili, quali le arenarie fratturate, parte delle acque invece si infiltra nel sottosuolo e va a formare le falde acquifere.

Nel territorio esaminato il drenaggio superficiale è quello naturale delle incisioni, che in genere è discretamente sviluppato e consente un deflusso delle acque abbastanza rapido.

b) Acque subsuperficiali

Sono quelle che permeano all'interno delle coperture detritiche e, raggiunto il substrato meno permeabile, defluiscono verso valle, venendo a giorno sotto forma di piccole sorgenti in concomitanza delle maggiori precipitazioni atmosferiche; la maggior parte di queste è comunque a carattere stagionale e si esaurisce non molto tempo dopo il cessare dell'evento meteorico.

c) Acque profonde

Formano le falde acquifere vere e proprie, la cui circolazione è essenzialmente relegata nell'ambito delle alternanze arenaceo-pelittiche che formano la maggior parte del territorio in esame.

La caratteristica peculiare di questi terreni è, come accennato, la facoltà di lasciarsi attraversare dall'acqua solo in una direzione preferenziale, che è quella parallela alla stratificazione (permeabilità orientata).

Ne consegue che fare delle previsioni sull'andamento delle falde acquifere non è certo semplice, giacché nell'ambito dell'ammasso roccioso si può venire a creare un complesso sistema idrico sia discontinuo, sia senza soluzioni di continuità, formato da più falde acquifere variamente articolate ed

intercomunicanti, in relazione all'abbondanza degli orizzonti permeabili (arenarie fratturate) e al grado ed al tipo di fratturazione delle rocce.

5.2 CARTE IDROGEOLOGICHE

Nelle carte idrogeologiche, elaborate su base cartografica in scala 1:2.000, sono stati distinti i seguenti elementi:

- Unità permeabili per porosità: vi appartengono le formazioni prevalentemente incoerenti, dotate di permeabilità per porosità (permeabilità primaria); Nelle zone di fondovalle e acquistano carattere di acquiferi, con falda libera, non confinata superiormente. Ai suddetti terreni si può affidare un coefficiente di permeabilità

$$K = 10^{-2} \div 10^{-4} \text{ cm/sec}$$

Nel territorio in studio vi si possono ascrivere:

- i depositi eluvio-colluviali, costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli ed i corpi di frana, che possono essere sedi temporanee o occasionale di falde acquifere libere
- i depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaia, sabbia e limi con possibilità di formazione di falda acquifera libera.

- b) Unità scarsamente permeabili per porosità con permeabilità orientata: vi appartengono le formazioni costituite da alternanza di livelli arenacei poco permeabili per porosità e livelli pelitici impermeabili; si ha una possibile circolazione idrica ridotta negli strati arenacei, con deflusso idrico parallelamente alla stratificazione; il coefficiente di permeabilità nei livelli arenacei può valutarsi come segue:

- parallelamente alla stratificazione $K = 10^{-4} \div 10^{-5} \text{ cm/sec}$
- direzione ortogonale alla stratificazione $K = 10^{-7} \div 10^{-9} \text{ cm/sec}$

Vi appartiene la Formazione della Laga - Membro pre-evaporitico - Litofacies arenaceo-pelitica (LAG1d)

- Unità a permeabilità variabile per fratturazione e porosità: vi appartengono le formazioni costituite da arenarie a granulometria da fina a grossolana, variamente fratturate, in cui la permeabilità risulta funzione sia della porosità che dalla dislocazione spaziale delle discontinuità che formano il reticolo di fessurazione. Si possono quindi avere zone con buona permeabilità, laddove si hanno arenarie a granulometria più grossolana o molto fratturate, o zone poco permeabili ove le arenarie hanno granulometria più fine e/o sono poco fratturate. Il coefficiente di permeabilità può essere valutato come rientrante nel seguente range

$$K = 10^{-4} \div 10^{-7}$$

Vi appartengono:

- la Formazione della Laga - Membro post-evaporitico - Litofacies arenacea (LAG2c)
- la Formazione della Laga - Membro pre-evaporitico - Litofacies arenacea (LAG1c)

5.3 RISCHIO IDROGEOLOGICO

Per quanto attiene al "rischio idrogeologico" esso è stato valutato consultando la documentazione in essere, nel caso specifico data dagli elaborati dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale - Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale delle Marche _ Carta del Rischio Idrogeologico.

Nella suddetta carta viene riportata un'area a Area a rischio di Frana Moderato (R1) con Codice Frana: F-21-1234, oltre a quelle riportate dall'IFFI.

6 CENNI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

6.1 SISMICITÀ

OPCM 20 marzo 2003: sulla base del documento Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dalla Commissione Naz. di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi (23 aprile 1997) e successive precisazioni, sono state individuate in tutto il territorio nazionale 4 zone sismiche, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La valutazione di ag è stata calcolata con metodologie internazionali aggiornate periodicamente con procedure trasparenti e riproducibili.

La zonizzazione sismica dell'intero territorio nazionale è stata effettuata secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8/05/03 Supplemento Ordinario n. 72: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1 - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

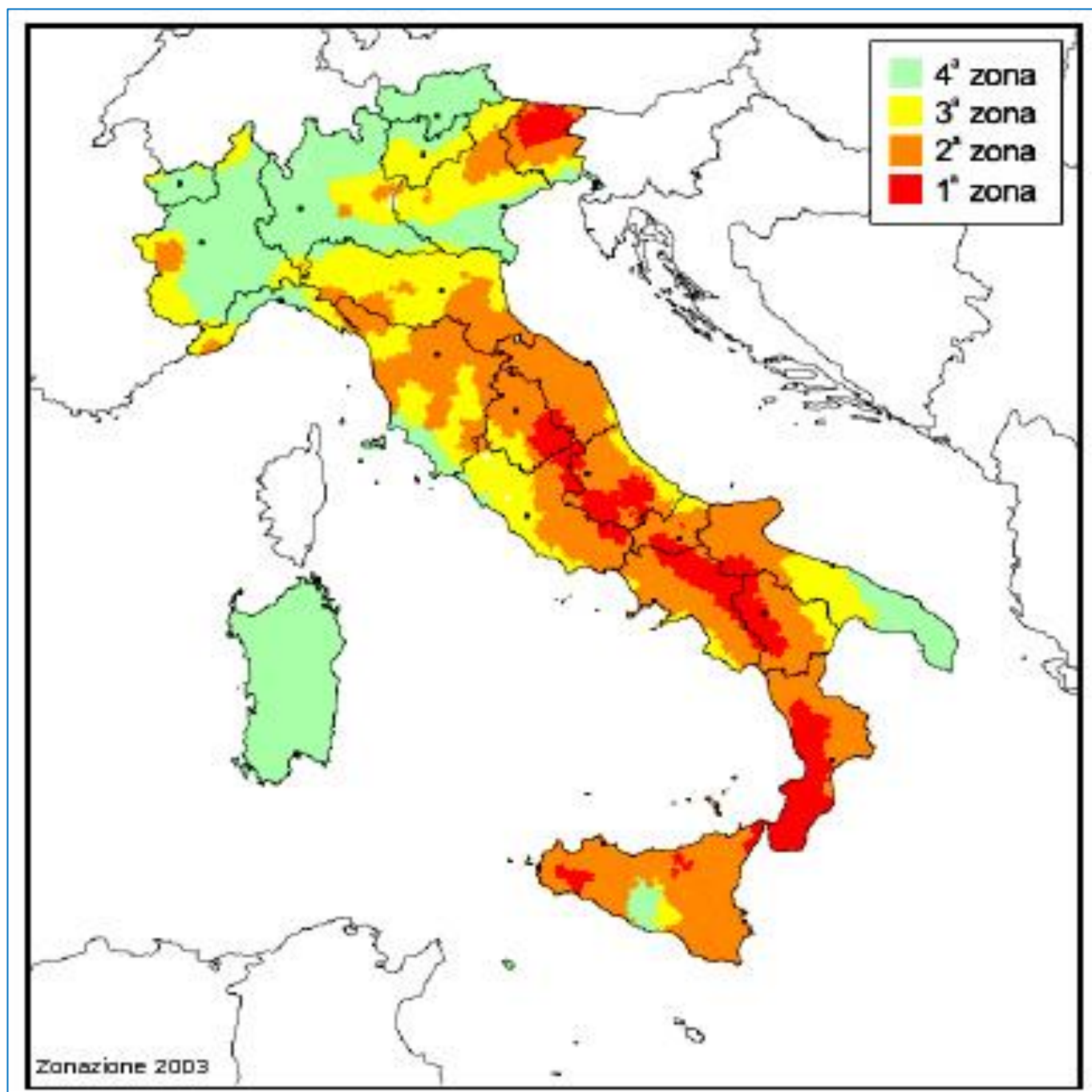
Allegato 2 - *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*

Allegato 3 - *Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti*

Allegato 4 - *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazioni e di sostegno dei terreni.*

Secondo questa zonizzazione (cfr. Figura 6.1) tutto il territorio dell'area in studio si trova in zona 2 (colore arancione), cioè in zona a pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

Figura 6.1 – Zonizzazione territorio nazionale - OPCM 20 marzo 2003



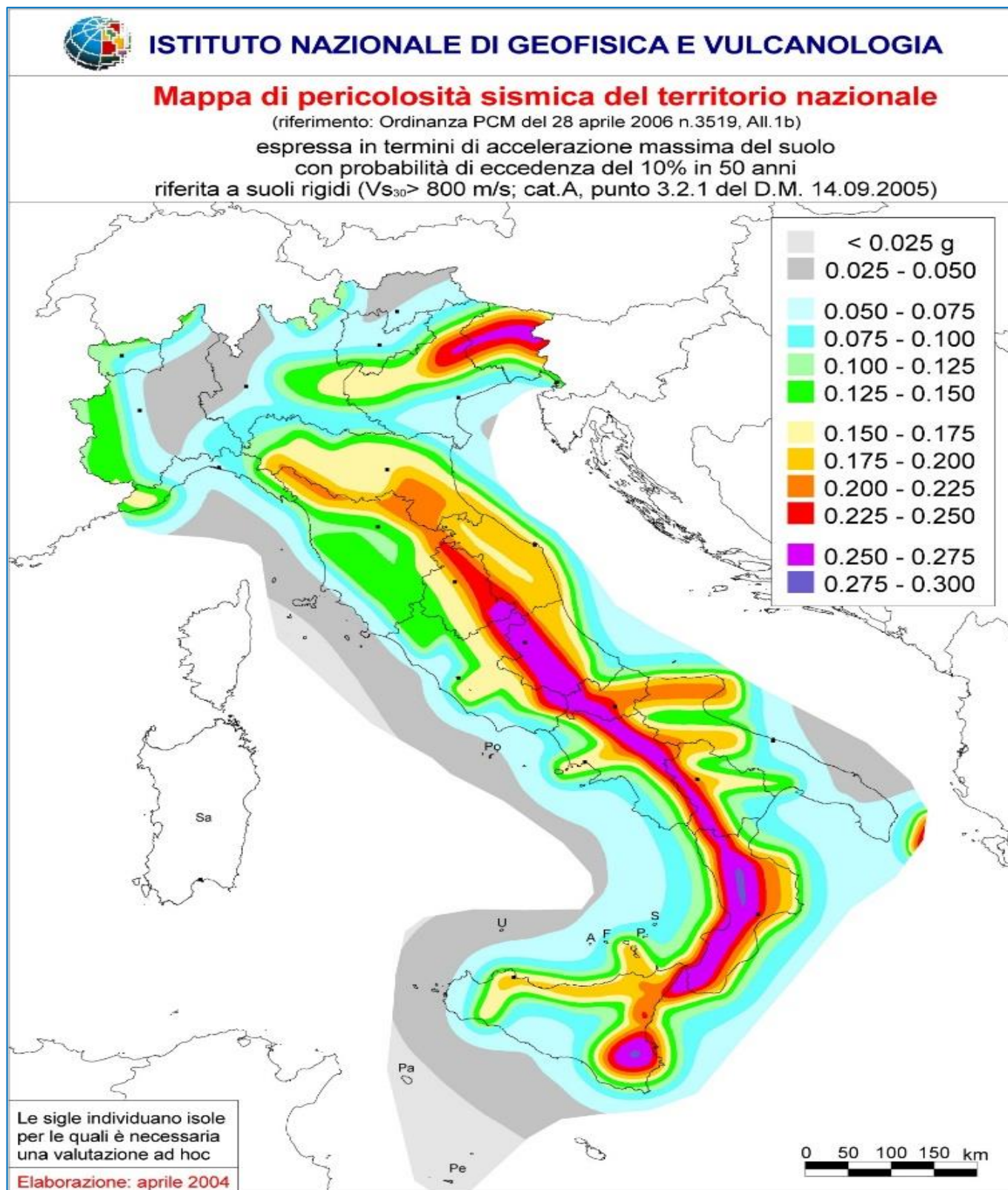
OPCM 28 aprile 2006: L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° n. 108 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1A - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

Allegato 1B - *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.*

La mappa di Figura 6.2 rappresenta graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s.

Figura 6.2 – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale



D.M. 17/1/2018 (NTC 2018): la nuova normativa NTC 2018, su cui si basa la presente progettazione, ha risolto molti problemi della precedente normativa (NTC 2008) ed ha fatto chiarezza sui punti che creavano dei dubbi.

In estrema sintesi i cambiamenti toccano i seguenti argomenti, che riguardano aspetti di rilevanza generale o puntuale.

L'approccio metodologico non è cambiato: pertanto il professionista non deve confrontarsi con un cambiamento radicale nell'impostazione della norma, come è avvenuto con le NTC 2008.

- E' stata data maggior rilievo alle verifiche di duttilità
- Sono state specificate le modalità di verifica in campo sostanzialmente elastico, che coinvolgono, in particolare, le opere di fondazione e le strutture non dissipative
- E' stato incrementato il fattore di struttura per le opere non dissipative
- Sono stati rivisti i minimi di norma e i dettagli costruttivi, in particolare per i pilastri, le pareti in cemento armato e per i nodi trave-pilastro (che ora coinvolgono anche le strutture in classe di duttilità bassa e le strutture non dissipative)
- E' stato aumentato il coefficiente di sovrarresistenza a pressoflessione nell'applicazione della gerarchia delle resistenze trave-pilastro (c.a.) per classe di duttilità bassa.
- Viene dato maggior rilievo e fornite indicazioni di calcolo più precise per gli elementi secondari e per quelli non strutturali
- Sono stati introdotti criteri di verifica più severi per le strutture prefabbricate
- Nel capitolo 8, che riguarda gli edifici esistenti, viene modificato l'indirizzo generale: si tende ora a privilegiare, realisticamente, gli interventi di miglioramento rispetto a quelli di adeguamento, che si riferiscono a cambiamenti significativi nell'impianto strutturale
- Per le strutture in legno si possono adottare coefficienti di sicurezza meno gravosi per materiali prodotti con linee di produzione di qualità
- Sono stati introdotti criteri più severi per le prove di accettazione dei materiali in cantiere (ad esempio per le opere in muratura)
- Sono scomparsi i riferimenti alle zone sismiche sostituiti da indicazioni sui valori di accelerazione di sito
- Per zone a bassa sismicità è ancora previsto un calcolo semplificato

Nei paragrafi seguenti viene sintetizzata la metodologia della valutazione della sismicità locale, della sicurezza e delle prestazioni di un'opera in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.

6.2 ZONA SISMICA DEL COMUNE DI SARNANO

Le zone sismiche assegnate ai comuni della provincia Macerata sono riportate nella seguente Tabella 6.1, da cui risulta che il territorio del Comune di Sarnano ricade in zona sismica 2°.

Tabella 6.1

<i>Comune</i>	<i>Zona Sismica</i>	<i>Comune</i>	<i>Zona Sismica</i>
Apiro	2	Montefano	2
Appignano	2	Montelupone	2
Belforte del Chienti	2	Morrovalle	2
Bolognola	2	Muccia	1
Caldarola	2	Penna San Giovanni	2
Camerino	2	Petriolo	2
Camporotondo di Fiastrone	2	Pieve Torina	1
Castelraimondo	2	Pioraco	2
Castelsantangelo sul Nera	1	Poggio San Vicino	2
Cessapalombo	2	Pollenza	2
Cingoli	2	Porto Recanati	2
Civitanova Marche	2	Potenza Picena	2
Colmurano	2	Recanati	2
Corridonia	2	Ripe San Ginesio	2
Esanatoglia	2	San Ginesio	2
Fiastra	2	San Severino Marche	2
Fiuminata	2	Sant'Angelo in Pontano	2
Gagliole	2	Sarnano	2
Gualdo	2	Sefro	2
Loro Piceno	2	Serrapetrona	2
MACERATA	2	Serravalle di Chienti	1
Matelica	2	Tolentino	2
Mogliano	2	Treia	2
Monte Cavallo	1	Urbisaglia	2
Monte San Giusto	2	Ussita	2
Monte San Martino	2	Valfornace	2
Montecassiano	2	Visso	1
Montecosaro	2		

La zona sismica per il territorio di Sarnano, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003 è la seguente:

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
-------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

6.3 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SARNANO

Classificazione sismica del 1916

A seguito del distruttivo terremoto di Avezzano del 1915, fu classificato sismico un solo comune ricadente nell'attuale provincia di Fermo. Tale classificazione rimase in vigore fino al 1924, data in cui, a seguito del terremoto avvenuto in Garfagnana nel 1920, diversi comuni della sola provincia di Pesaro furono classificati sismici.

Classificazione sismica del 1924

Il primo vero evento sismico che coinvolse direttamente le Marche fu il terremoto di Senigallia del 1930; a seguito di tale evento furono classificati sismici diversi comuni anche della provincia di Ancona, tutti collocati però in prossimità della fascia costiera, proprio dove era avvenuto il sisma.

Classificazione sismica del 1937

Dopo appena qualche anno la classificazione cambiò di nuovo, non tanto nell'elenco dei comuni classificati o non classificati, quanto piuttosto sull'assegnazione della categoria sismica; i comuni classificati in zona di prima categoria furono spostati in seconda. Tale declassificazione ha comportato in termini pratici una riduzione delle forze sismiche orizzontali con cui si dovevano progettare le strutture, facendola scendere a circa un 7% della massa dell'edificio, contro il 10% della precedente catalogazione.

Classificazione sismica del 1962

La successiva classificazione del territorio marchigiano avvenne nel 1962 a seguito del terremoto dell'Irpinia (1962); nonostante nel 1943 la Marche furono interessate dal forte terremoto di Offida (AP) la legge che sancì la nuova classificazione comportò il declassamento di molti comuni del pesarese.

Classificazione sismica del 1983

La storia della classificazione sismica del territorio nazionale ed in particolare di quello marchigiano, subì una forte inversione di tendenza a seguito del distruttivo terremoto che coinvolse il Friuli nel 1976 e di nuovo l'Irpinia nel 1980. Mentre fino al 1980 infatti la classificazione andava dietro gli eventi sismici e non si adottavano misure preventive, da questo momento in poi iniziò il primo studio per la realizzazione di mappe di scuotibilità - (Progetto Finalizzato Geodinamica).

Le Marche furono coinvolte direttamente dal forte terremoto umbro-marchigiano del 1997; tale evento suscitò ovviamente ulteriori dubbi sulla correttezza e significatività dell'allora vigente mappa di pericolosità (1983), ma solo dopo l'anno 2003 (terremoto di San Giuliano di Puglia) si mise fine alle incertezze ed ai tentennamenti sull'adozione di una nuova classificazione sismica del territorio nazionale e si costrinse la varie regione a riclassificare i propri comuni.

Infine con delibera 1046 del 2003 la Regione adottò quella che è attualmente la divisione in zone sismiche del territorio marchigiano.

Per maggiore informazione sulla disponibilità di dati sismici inerenti al territorio in studio si riportano qui di seguito alcune notizie per i terremoti dal 1279 al 1979, per un arco temporale di 700 anni.

Il 30 aprile 1279 l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino tosco-emiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni". Il castello di Serravalle (di Chienti) sarebbe restato sepolto da una frana, forse innescata dal terremoto. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime né sull'estensione dell'area di risentimento, a parte il fatto che essa comprese certamente Roma. Le notizie dei terremoti del 1279 ebbero vasta eco nell'Europa centrotentrionale: se ne trovano menzioni in cronache austriache, tedesche e polacche. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

L'area di danneggiamento del terremoto del 1 o forse del 4 dicembre 1328 comprende Norcia, dove gran parte degli edifici e le mura crollarono, Preci, Visso, S. Martino, Montesanto, Cerreto e Castel S. Giovanni, che subirono danni genericamente gravissimi. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata ma l'evento fu certamente avvertito a Foligno, Roma e Ripatransone, nelle Marche meridionali. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime. Le repliche potrebbero essere proseguite per un mese. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

L'area di danneggiamento del terremoto del 25 dicembre 1352 comprese le colline a sud di Monterchi e l'alta Val Tiberina. La rocca d'Elci crollò uccidendo la guarnigione; l'abbazia di S. Giovanni di Marzano subì gravissimi danni. A Sansepolcro parte degli edifici e delle mura crollò, causando alcune vittime. Gli edifici pubblici di Città di Castello subirono danni gravi ma riparabili. La notte tra il 31 dicembre 1352 e il 1 gennaio 1353 una nuova forte scossa causò ulteriori crolli e un maggior numero di morti a Sansepolcro. Le repliche potrebbero essersi protratte per un mese. Non si hanno dati attendibili sul numero dei morti, che furono comunque molti, anche per la presenza a Sansepolcro di truppe mercenarie dei Visconti, acquisite per l'inverno. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; l'evento del 25 dicembre fu avvertito probabilmente ad Arezzo e certamente a Bologna. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996))

I danni maggiori del terremoto del 18 ottobre 1389 si concentrarono nel territorio a nord-est di Città di Castello dove, oltre a un numero imprecisato di edifici isolati, crollarono i castelli (insediamenti fortificati) di Castelguelfo, Baciucchetto e Pietragialla, al confine con le Marche. Crolli e danni più o meno gravi e diffusi si ebbero a Sansepolcro, Città di Castello, Mercatello sul Metauro e Urbania. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata, anche se l'evento potrebbe essere stato avvertito a Gubbio e forse a Forlì. L'evento principale fu preceduto da una scossa minore il 16 ottobre e seguito da repliche fino alla seconda metà di novembre 1389. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996))

Il terremoto del 26 aprile 1458 fu preceduto da parecchie scosse avvertite a Città di Castello il giorno e la notte precedenti. L'evento principale si verificò tra le 12 e le 13 ore locali, causando crolli e danni gravi a circa 400 edifici di Città di Castello (circa un terzo del totale, secondo stime coeve) e lesionando gli altri. Nel contado di Città di Castello subirono danni ville (case signorili) e villaggi imprecisati. L'area di danneggiamento comprese Sansepolcro e Montone. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; le scosse furono certamente avvertite a Gubbio e a Perugia, la cui popolazione ai primi di maggio continuava a pernottare all'aperto. I morti furono da 14 a 25 a Città di Castello e "assai" nel contado. Le repliche proseguirono almeno fino al 4 maggio. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996))

L'evento del 5 novembre 1599 fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di più di quaranta case, e danni gravi a tutti gli altri edifici. L'area di massimo danneggiamento comprese Cascia, Chiavano, Castel S. Giovanni, Roccatamburo, Mucciafora, Colle Giaccone, Giappiedi e Maltignano. Norcia subì danni più lievi. I morti furono 8 a Cascia e 40 nel contado. L'area di risentimento comprese le Marche, parte della Romagna, Roma e L'Aquila. Numerose repliche forti ma senza danni si ebbero fino al gennaio 1600. (Studio di riferimento: GNDT (1994))

Il 23 dicembre 1690 si ebbe un terremoto di magnitudo stimata: 5.7 (cfr. Figura 6.3), con area epicentrale nell'anconetano, con morti poche vittime. Le località maggiormente colpite da questo terremoto furono

Ancona e Sirolo dove crollarono numerosi edifici ; nella città di Ancona si contarono alcune vittime; danni minori furono registrati nell'area compresa tra Falconara Marittima, Osimo, Loreto, Castelfilardo.

Figura 6.3 – Terremoto del 1690



I terremoti del gennaio-febbraio 1703, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice. Quello del 16 gennaio è meno ben conosciuto e sembrerebbe meno significativo. L'evento del 2 febbraio 1703 causò invece gravissime distruzioni tra Lazio e Abruzzo, specialmente nell'area compresa tra Antrodoto e L'Aquila e "finì di distruggere" varie località danneggiate dalle scosse precedenti. Numerosi villaggi completamente distrutti furono abbandonati. Le vittime furono circa 10000. L'estensione dell'area di risentimento non è stata affrontata in maniera sistematica, ma incluse certamente Milano, Venezia e Napoli. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

La mattina del 27 giugno 1719 una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703. Subirono danni abbastanza gravi l'abbazia di S. Eutizio, Preci, Saccovescio, Croce, Castelvechio e Tutturano. Fonti di seconda mano sostengono che a Norcia ci sarebbero state alcune vittime e che l'area di danneggiamento non avrebbe compreso la pur vicina Visso. L'evento fu avvertito a Spoleto, Foligno, Perugia, Rieti e Roma. Una replica meno forte viene segnalata, la sera dello stesso giorno, da osservatori di Cascia e Perugia. (Studio di riferimento: GNDT (1994))

Il terremoto del 12 maggio 1730 interessò con i maggiori effetti il territorio di Norcia, dove i castelli di Onde, S. Martino, Casciolino, Castell'Innocenzo e Belvedere rimasero "adeguati al suolo". Crolli e danni abbastanza gravi si ebbero a Norcia, Campi, Ancarano Cascia. Un danneggiamento meno intenso si ebbe nella confinante area marchigiana, a Castelsantangelo sul Nera, Ussita, Vallestretta, Vallinfante e Visso. L'evento fu avvertito in tutto il territorio marchigiano, fino a Pesaro, Senigallia, Macerata e Ascoli Piceno; in Umbria, almeno fino a Foligno; in Abruzzo a L'Aquila e Vasto; nel Lazio ad Amatrice e Roma. L'evento ricade in un'area interessata dai violentissimi terremoti del 1703. Per alcune località non è possibile distinguere quanto il danneggiamento attestato sia imputabile al terremoto del 1730 e quanto alle preesistenti cattive condizioni degli edifici. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

Il terremoto del 24 aprile 1741 interessò con i maggiori effetti il territorio compreso tra Serrasanquirico e Fabriano ma ebbe un'area di danneggiamento estremamente estesa (da Pesaro e Urbino a Gubbio e Perugia, da Macerata a Fermo). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che fu comunque vasta (da Udine a Roma, mentre non si hanno dati precisi sul limite di percettibilità nell'Italia meridionale). Abbastanza stranamente, non si hanno notizie precise in merito a possibili repliche. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

Quello del 17 aprile 1747 potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano). Dopo repliche quotidiane durate un mese circa, l'attività si attenuò fino al 20 e 22 settembre 1747, quando si registrarono ulteriori danni nel Fabrianese. L'evento del 17 aprile fu avvertito ad Ancona, Fermo, Senigallia e Roma e causò almeno una vittima a Belvedere (Fabriano). Il fatto che le scosse interessassero edifici già danneggiati dal terremoto 'fabrianese' del 1741, contribuì certamente ad accentuare la severità degli effetti. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

L'evento del 27 luglio 1751 è il maggiore in una sequenza di scosse avvertite a partire dal marzo 1751 in una vasta area dell'Umbria e delle Marche e proseguite forse fino al luglio 1752. Esso causò danni in un'ampia area, estesa da parte umbra, fino a Città di Castello, Perugia, Assisi, Terni e da parte marchigiana fino a Cagli, Fabriano, Matelica e Montefano. Il massimo danneggiamento si ebbe in alcuni villaggi poco a sud di Gualdo Tadino (Broccaro, Busche, Voltole etc.), in cui la maggior parte delle case fu atterrata e il resto rimase inagibile. Gli estremi noti dell'area di risentimento sono Arezzo, Forlì Ancona e Roma. Il fatto che le scosse interessassero aree già danneggiate dai terremoti del 1741 e del 1747 terremoto

'fabrianese' del 1741, contribuì probabilmente ad accentuare la severità degli effetti. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

Il terremoto del 3 giugno 1781 (cfr. Figura 6.4) è caratterizzato da due fortissime scosse verificatesi a distanza di circa 10 minuti l'una dall'altra, che interessarono con i maggiori effetti una vasta area dell'Appennino al confine tra Marche settentrionali, Umbria e Toscana. Il massimo danneggiamento si ebbe nell'area di Piobbico e Cagli. L'area compresa tra Gubbio e Fabriano fu interessata da effetti relativamente minori (dal VI al VII grado MCS). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprese comunque buona parte della Toscana (da Firenze a Monte Oliveto Maggiore) e della Romagna (fino a Ravenna). (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

Figura 6.4 – Terremoto del 1781



L'area di massimo danneggiamento del terremoto del 30 settembre 1789 comprende gli insediamenti rurali situati nella pianura tra Città di Castello e Sansepolcro, specie sulla riva sinistra del Tevere (Selci, Grumale, San Giustino etc.). L'area di danneggiamento è delimitata a nord da Sansepolcro a ovest da Anghiari e Citerna, a sud da Montone. Le più dettagliate descrizioni di effetti riguardano Città di Castello, dove sembra che la tipologia di danno più grave e diffusa sia stata il crollo dei tetti, con conseguente

sfondamento di volte e solai e perdita di coesione delle pareti. L'area di risentimento comprende buona parte della Toscana (Siena, Firenze, Cortona, Castiglion Fiorentino) e forse qualche località dell'interno nelle Marche settentrionali. L'evento principale era stato preceduto di circa 5 ore da una scossa avvertita a Città di Castello e Sansepolcro. Repliche sono segnalate, da Città di Castello, l'11 ottobre e nei giorni immediatamente precedenti il 31 ottobre 1789. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996))

I danni più gravi causati dal terremoto dell'11 ottobre 1791 si concentrarono nell'area montuosa ad est di Foligno, sul versante umbro della strada per Colfiorito. I villaggi di "Scopoli [...] Leggiana, Case Nuove, Volperino, Serrone, Pale, Morro, Casale, ed altri prossimi luoghi" furono particolarmente colpiti. I testimoni lasciano peraltro intendere che all'entità complessiva dei danni non furono estranee le preesistenti cattive condizioni degli edifici ("è caduto quel ch'era cadente, e rovinato, ciò ch'era già rovinoso"). La tipologia del danneggiamento è in corso di studio sulla base di perizie scoperte di recente. A Foligno, Trevi e Perugia si ebbero danni più lievi di quelli dei villaggi della montagna (sbilanciamento di muri, fenditure, distacchi di intonaco). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprende comunque almeno Spoleto, Tolentino e Roma. (Studio di riferimento: GNDT (1994))

Gli eventi del 13 gennaio 1832 furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità (crolli di camini e volte, crepe) e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori. Il 13 gennaio 1832 due violentissime scosse a distanza di un quarto d'ora l'una dall'altra causarono danni in un'area compresa tra Assisi, Bevagna, Montefalco, Trevi e le montagne a est di Foligno. Le località maggiormente colpite furono Budino, Castellaccio e Scafali. I morti furono tra 40 e 50. Le repliche continuarono nei mesi di gennaio, febbraio e marzo, causando talvolta nuovi danni in singole località. In particolare un evento del 13 marzo causò il crollo del tetto della già lesionata basilica di S. Maria degli Angeli. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

I danni maggiori (crollo di molti edifici) verificatisi a seguito del terremoto della mattina del 14 febbraio 1838 si concentrarono nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo). A Foligno e Spoleto alcuni fabbricati in cattive condizioni subirono danni lievi. L'estensione dell'area di risentimento è sconosciuta. Varie repliche sono segnalate da Foligno durante la giornata e la notte seguenti e il 17 febbraio. Non è chiaro se debbano essere collegate a questo terremoto anche due forti scosse avvertite senza danni a Spoleto il 5 gennaio 1838. (Studio di riferimento: Conversini et al. (1990))

Il terremoto del 22 agosto 1859 iniziò con lievi scosse avvertite per alcuni giorni a Norcia senza causare preoccupazione. L'evento principale si verificò tra le 13.15 e le 13.30 ora locale del 22 agosto. I danni più gravi si ebbero a Norcia e nelle vicine Campi, Casali di Serravalle e Capo del Colle. Danni più lievi subirono Abeto, Todiano, Ancarano, Frascaro e Visso. A Norcia circa metà degli edifici crollò e gli altri subirono danni gravi e crolli parziali soprattutto nei piani superiori. Furono particolarmente colpiti i rioni posti "sul pendio della collina verso levante e ponente" e i pochi edifici moderni - generalmente più alti della media di 6/10 m - che furono "tutti atterrati". Morirono 101 persone. L'area di risentimento si estese da Roma

a Pesaro e Camerino. Le repliche proseguirono "quasi quotidianamente per circa un anno" e ce ne furono di forti a metà novembre 1859 e nel maggio 1860. (Studio di riferimento: GNDT (1994)

L'Alta Valtiberina fu interessata da una serie di scosse la mattina del 26 aprile 1917. La più violenta - alle ore 10:36' - rese inabitabili il 90% delle case di Monterchi con la morte di 23 persone; i feriti furono 35. Una situazione analoga si registrò a Petretolo, Citerna, Lippiano, Lugnano, Monte Santa Maria Tiberina e Padonchia. Sansepolcro fu danneggiata gravemente mentre danni meno gravi si ebbero a Selci, Anghiari, Città di Castello, Umbertide, Montone e San Giustino. Morti e feriti furono relativamente pochi, perchè la gran parte della popolazione era all'aperto, allarmata dalle scosse precedenti. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, toscane e romagnole. All'evento principale seguirono numerose repliche, che seguitarono ad essere avvertite per una decina di giorni. Una di queste, il 27 aprile, produsse nuovi danni agli edifici già colpiti. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

Il terremoto del 19 settembre 1979 colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). I danni più gravi riguardarono gli edifici di antica o carente costruzione che subirono lo scollamento di pareti esterne il collasso di pareti interne e fessure alle giunzioni con il tetto. Gli edifici in cemento armato subirono solo in pochi casi danni lievi. Si ebbero alcuni morti e alcune decine di feriti. L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche. studio di riferimento: Spadea et al. (1981).

Dalla consultazione del Database Sismico Italiano DBMI15 v4.0 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) si può apprezzare la storia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio del Comune di Sarnano dall'anno 1703 al 2017, visualizzata nel grafico della Figura 6.5 e nella Tabella 6.2, dove è riportato l'elenco di tutti gli eventi sismici noti.

Figura 6.5 – Grafico della storia sismica del Comune di Sarnano

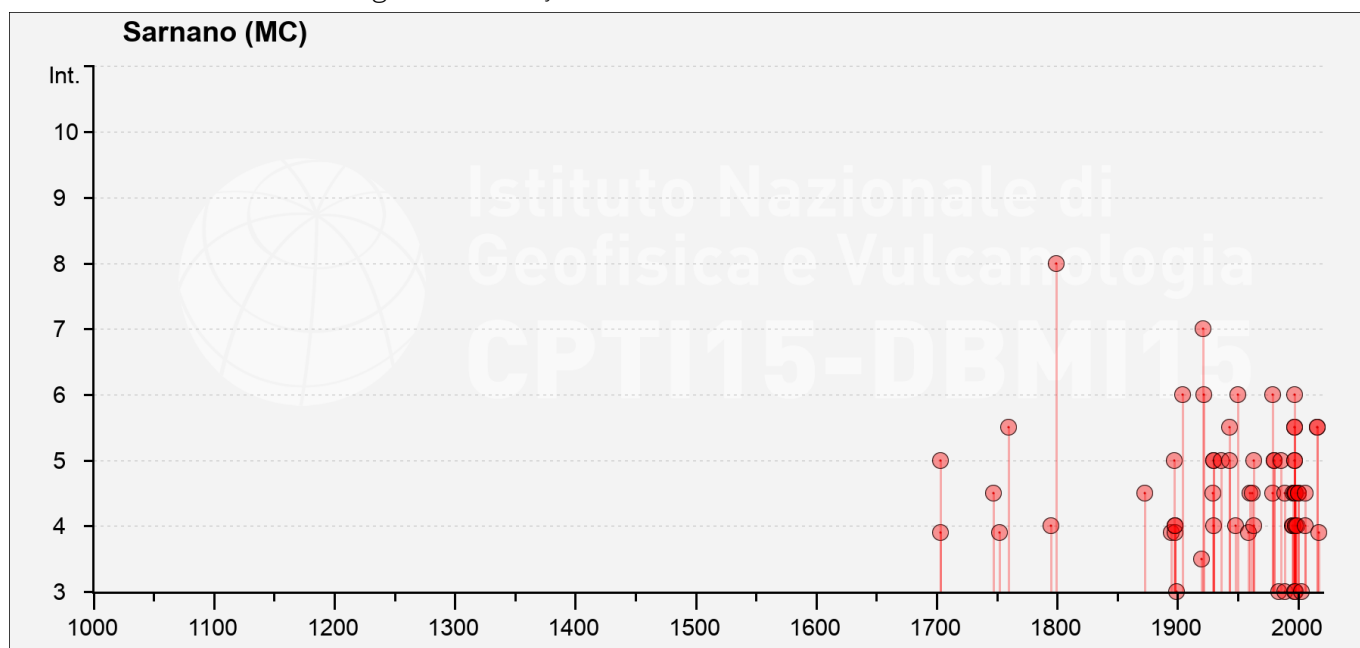


Tabella 6.2 – Elenco dei terremoti dall'anno 1639 al 2016

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
5	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
4-5	1747	04	17				Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05
F	1752	07	13	21	40		Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61
5-6	1760	01	12				Valnerina	6	5-6	4.40
4	1795	06	19	23	30		Maceratese	17	6	4.70
8	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4-5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
4	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7	5.03
F	1898	09	12	14	14	1	Valnerina	16	8	5.48
4	1898	11	27	01			San Ginesio	35	5-6	4.39
2-3	1899	02	07	12	35	3	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4.04
3	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08
6	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
NF	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
3-4	1920	02	10	23	57		Monti Sibillini	18	5	4.30
7	1921	08	28	10	45		Monti Sibillini	12	7	4.66
6	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
4-5	1929	01	22	10	06	5	Marche Centrali	20	5-6	4.40
5	1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4	1930	08	04	15	02	2	Marche meridionali	24	5-6	4.44
5	1930	11	09	01	33		Monti Sibillini	17	5	4.31
2	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
5	1936	12	09	07	34		Caldarola	31	6-7	4.76
5-6	1943	03	25				Marche meridionali	15	6	4.85
5	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
4	1948	01	10				Loro Piceno	21	4-5	3.93
6	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
F	1959	01	01	23	58	1	Teramano	46	5	4.33
4-5	1960	03	16	01	52	4	Monti della Laga	81	5	4.44
4-5	1962	08	30	12	10		Valnerina	35	7	5.02
4	1963	01	25	05	27		Monti Sibillini	30	5	4.31
5	1963	07	21	11	09		Monti della Laga	11	7	4.71
4-5	1979	01	25	23	53	0	Valnerina	8	5	4.44

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
6	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83	
5	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97	
5	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48	
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86	
5	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46	
4-5	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5	4.04	
3	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44	
4	1995 12 30 15 22 0	Fermano	106	5	4.19	
4	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6	4.20	
4-5	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5	3.96	
3	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85	
5-6	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
5-6	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
5	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
6	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
5	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62	
4-5	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180		4.87	
4	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41	
4-5	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00	
4-5	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
3	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25	
4	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15	
4-5	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40	
4-5	2000 10 24 07 52 2	Monti Sibillini	65	5	4.11	
3	2003 05 25 17 15 1	Ascolano	88	4-5	3.81	
NF	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5	4.09	
2-3	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14	
4-5	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5	4.06	
4	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21	
5-6	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18	
5-6	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61	
F	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70	

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nell'anno 2022 è stata effettuata una campagna di indagini consistente in indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, di seguito elencate.

- N° 10 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 30,00 dal p.c.
- N° 9 installazione di piezometri a tubo aperto, tipo Norton, da 3"
- N° 1 installazione di inclinometro
- N° 18 Prove Standard Penetration test
- N° 18 prelievi di Campioni Indisturbati
- N° 18 Prelievi di Campioni Rimaneggiati
- N° 13 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH
- N° 2 Pozzetti esplorativi
- N° 2 Prove di carico su Piastra
- N° 1 base sismica a rifrazione
- N° 2 Tomografie Elettriche
- N° 5 indagini sismiche MASW
- N° 8 indagini sismiche HVSR.

7.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Nella Tabella 7.1 è riportata la sintesi dettagliata delle indagini geognostiche e delle relative prove in foro.

Tabella 7.1 – Indagini 2022

Sondaggio	Profondità	Campioni indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Piezometri	Inclinometri
Sigla	m	N°	N°	N°	m	m
S.1	30,00	2		2	30,00	
S.2	30,00	2		1	30,00	
S.3	30,00	2	2	2	30,00	
S.4	20,00	2		1	20,00	
S.5	20,00	1		2	20,00	
S.6	20,00	2	1	3	20,00	
S.7	30,00	1	2	1	30,00	
S.8	30,00	2		2	30,00	
S.9	30,00	2		1	30,00	
S.10	30,00	2		3		30,00

Nella Tabella 7.2 sono riportati i dati inerenti alle prove Standard Penetration Test effettuate nel corso dei sondaggi.

Tabella 7.2 – Prove S.P.T.

TABELLA PROVE S.P.T. ESEGUITE					
Sondaggio	SPT N°	da m	a m	N° colpi	Punta Tipo
S 1	1	4,00	4,45	6-7-10	Aperta
S 1	2	6,60	6,80	37 - RIF	Aperta
S 2	1	3,50	3,90	35 - 46 - RIF	Aperta
S 3	1	4,00	4,11	RIF	Aperta
S 3	2	8,00	8,07	RIF	Aperta
S 4	1	5,00	5,05	RIF	Chiusa
S 5	1	4,00	4,05	RIF	Chiusa
S 5	2	8,00	8,03	RIF	Chiusa
S 6	1	2,00	2,45	10 - 18 - 15	Aperta
S 6	2	3,00	3,45	18 - 25 - 36	Chiusa
S 6	3	16,00	16,05	RIF	Chiusa
S 7	1	2,10	2,15	RIF	Chiusa
S 8	1	1,50	1,70	40 - RIF	Aperta
S 8	2	4,90	5,00	RIF	Chiusa
Si 9	1	5,50	5,60	RIF	Aperta
Si 10	1	4,00	4,45	7-11-17	Aperta
Si 10	2	8,00	8,05	RIF	Chiusa

Nella Tabella 7.3 sono riportati i dati inerenti ai prelievi dei campioni indisturbati nel corso delle perforazioni.

Tabella 7.3 – Campioni indisturbati per scopo geotecnico

Sondaggio	Campione N.	da m	a m	Prelievo	Data
S 1	1	5,00	5,50	Pressione	30/03/2022
	2	10,00	10,60	Rotazione	31/03/2022
S 2	1	3,00	3,50	Pressione	25/03/2022
	2	6,00	6,40	Rotazione	28/03/2022
S 3	1	3,00	3,50	Pressione	23/03/2022
	3	17,00	17,40	Rotazione	24/03/2022
S 4	1	3,10	3,50	Pressione	05/04/2022
	2	11,40	12,30	Rotazione	05/04/2022
S 5	1	10,00	10,50	Rotazione	06/04/2022
S 6	1	0,60	1,10	Pressione	22/03/2022
	2	14,50	15,00	Pressione	23/03/2022
S 7	3	24,00	25,00	Rotazione	17/03/2022
S 8	1	1,00	1,50	Pressione	18/03/2022
	2	9,50	10,50	Rotazione	18/03/2022
Si 9	1	3,00	3,40	Rotazione	11/04/2022
	2	8,00	9,00	Rotazione	11/04/2022
Si 10	1	3,00	3,50	Pressione	07/04/2022
	2	12,00	13,00	Rotazione	07/04/2022

Nella Tabella 7.4 sono riportati i dati inerenti ai prelievi dei campioni rimaneggiati nel corso delle perforazioni.

Tabella 7.4 – Campioni rimaneggiati

Tabella Campioni Rimaneggiati Prelevati					
Sondaggio	Campione N.	da m	a m	Prelievo	Data
S 3	2	8,30	8, 60	Rimaneggiato	23/03/2022
S 3	4	27, 00	27,40	Rimaneggiato	24/03/2022
S 6	3	18,20	18, 60	Rimaneggiato	23/03/2022
S 7	1	9,70	10,00	Rimaneggiato	16/03/2022
S 7	2	18, 00	18,50	Rimaneggiato	17/03/2022

Nei piezometri installati sono state effettuate le misure dei livelli di falda nell'intervallo temporale marzo ÷ giugno 2022, i cui risultati sono riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – Misure piezometriche

Misure Piezometriche (in m dal p.c.)								
Piezometro Sondaggio	Data							
	31/03/22	01/04/22	05/04/22	06/04/22	08/04/22	13/04/22	19/04/22	17/06/22
S 1			asciutto			asciutto		asciutto
S 2	15,82					16,22		danneggiato
S 3	10,53					10,72		10,98
S 4				asciutto	18,60	18,59		18,57
S 5					10,79	11,23		11,86
S 6		asciutto				asciutto		asciutto
S 7		26, 43				27,01		27,83
S 8		22, 64				23,10		23,26
Si 9						17,72	17, 60	18,45

7.2 PROVE PENETROMATRICHE DPSH

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono state effettuate con Penetrometro DPSH Pagani (Dynamic Probing Super Heavy) tipo DPSH ISSMFE – Emilia, con le seguenti caratteristiche: **Rif. Norme DIN 4094**

- Peso Massa battente 63,5 Kg
- Altezza di caduta libera 0,75 m
- Peso sistema di battuta 0,63 Kg
- Diametro punta conica 51,00 mm
- Area di base punta 20,43 cm²
- Lunghezza delle aste 1 m
- Peso aste a metro 6,3 Kg/m
- Profondità giunzione prima asta 0,40 m
- Avanzamento punta 0,20 m
- Numero colpi per punta N(20)
- Coeff. Correlazione 1,47
- Rivestimento/fanghi No
- Angolo di apertura punta 90°

Nella seguente Tabella 7.6 sono esposte le profondità raggiunte da ciascuna delle suddette prove.

Tabella 7.6 – Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

Prova N°	Profondità m
1	4,80
2	9,40
3	7,40
4	12,00
5	3,00
6	4,00
7	4,00
8	3,60
9	2,00
10	3,80
11	3,40
12	2,00
13	2,00

7.3 PROVE MASW E HVSR

Per la determinazione dei parametri sismici, ai sensi delle NTC 2018, sono state effettuate N° 5 prova MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), con i risultati esposti in Tabella 7.7.

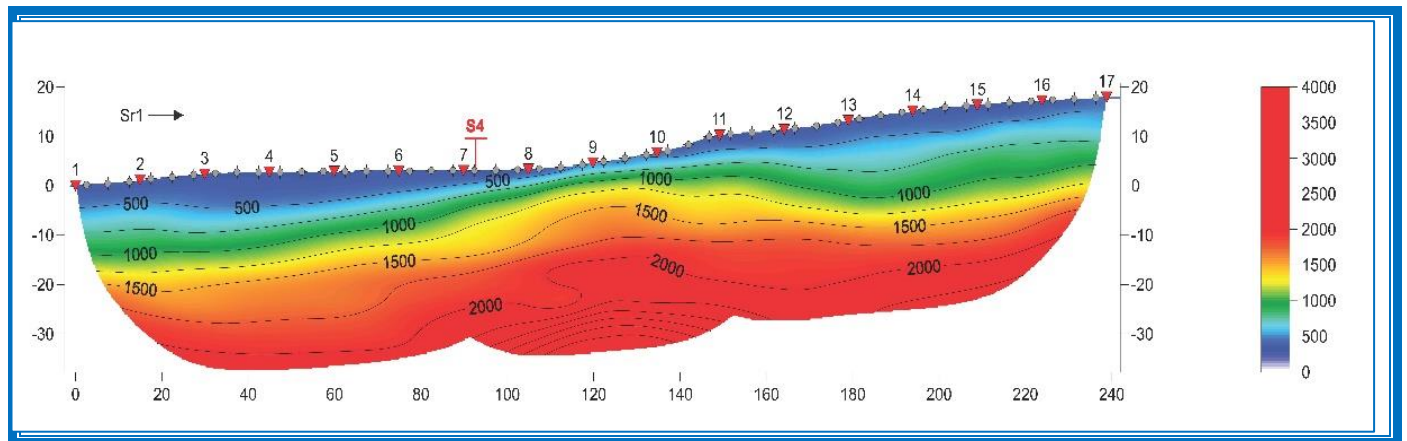
Tabella 7.7 – Prove MASW

MASW	Lunghezza stendimento/ N° Shot	$V_{s,eq}$ (m/sec)
M.1	46/6	410
M.2	46/6	413
M.3	46/6	379
M.4	46/6	367
M.5	46/6	370

La base sismica a rifrazione, designata con la sigla SR01, ha consentito di individuare essenzialmente N° 3 sismostrati che possono essere identificati nel grafico della Figura 7.1 all'incirca con le seguenti velocità delle onde P:

- Sismostrato 1, con velocità $P_1 = < 1000$ m/sec
- Sismostrato 2, con velocità $P_2 = 1000 \div 1800$ m/sec
- Sismostrato 3, con velocità $P_3 = > 1800$ m/sec

Figura 7.1 – Grafico delle onde P (riprodotto dall'elaborato della ditta esecutrice delle indagini)



Le indagini sismiche HVSR, effettuate congiuntamente alla MASW, sono finalizzate alla determinazione di alcune caratteristiche dei depositi sedimentari superficiali e più in particolare allo studio delle frequenze di risonanza dei terreni, caratteristica molto importante per valutare gli effetti di sito in presenza di potenziali eventi sismici.

La prova HVSR o anche detta H/V (metodo Nakamura 1989) consiste nella misura dei microtremori ambientali nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z) e la sua elaborazione consente di analizzare gli spettri di frequenza, restituendo un grafico del rapporto in ampiezza tra componenti orizzontali (H) e componente verticale (V).

Dai grafici risultanti si evidenzia l'andamento del rapporto in frequenza tra componenti orizzontali e verticale (H/V) alle varie frequenze, mettendo in luce la frequenza alla quale il moto del terreno viene amplificato per risonanza (frequenza fondamentale).

Dalle indagini HVSR effettuate risulta che i rapporti spettrali H/V non individuano picchi con frequenza di risonanza significativa.

7.4 TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Le Tomografie Elettriche, designate con le sigle ERT01 ed ERT02 ed eseguite con il metodo Wenner – Schlumberger, hanno permesso di individuare l'andamento dello spessore dei terreni di copertura, come si evince dai grafici delle Figure 7.2 e 7.3.

Figura 7.2 – Tomografia Elettrica ERT01

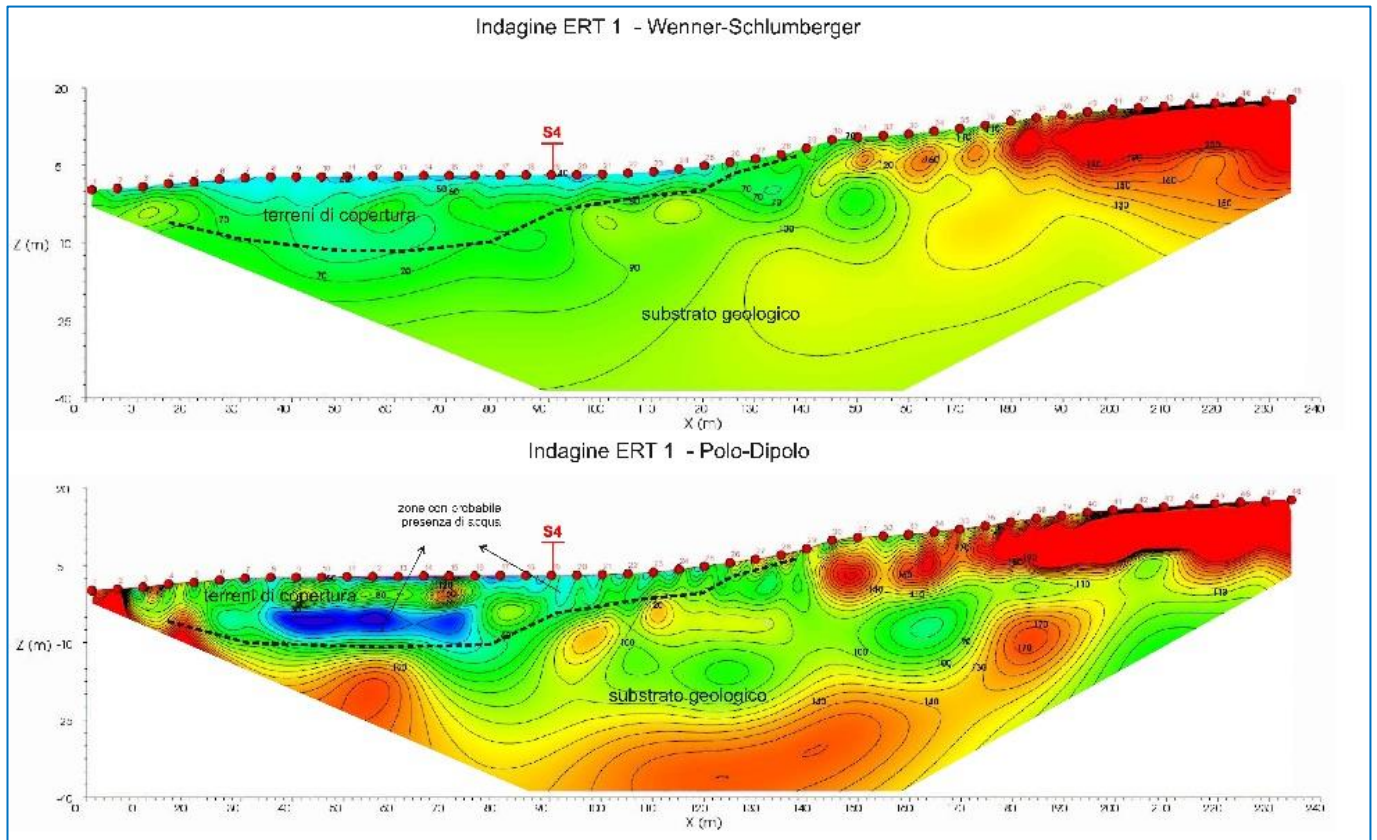
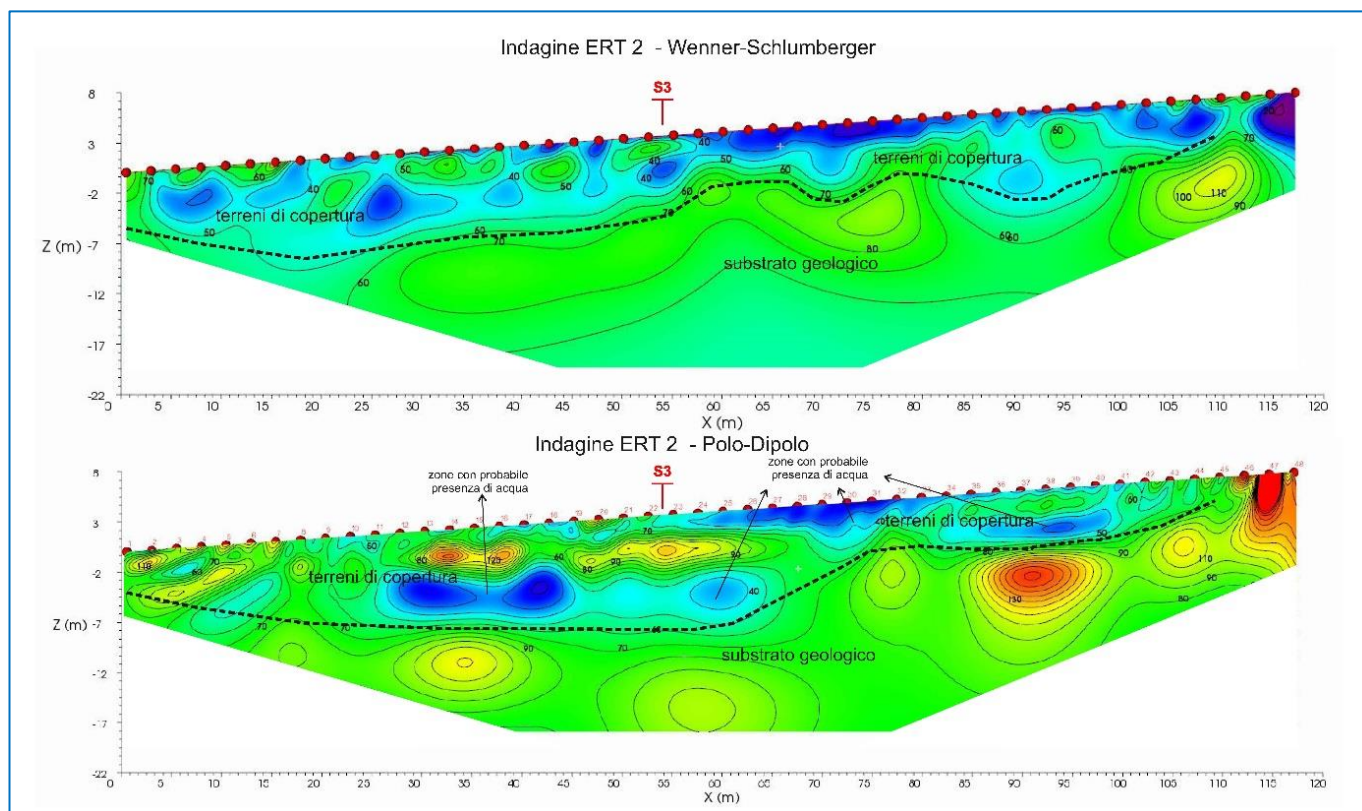


Figura 7.3 – Tomografia Elettrica ERT02



7.5 POZZETTI ESPLORATIVI E PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Durante la campagna di indagini geognostiche sono stati effettuati N° 2 pozzetti esplorativi spinti alla profondità di m 2,0 dal piano campagna, all'interno dei quali sono state eseguite delle prove di carico su piastra PLT, indicate nella Tabella 7.8, alla profondità di m 0,50.

Tabella 7.8 – Prove di carico su piastra

N°	Prova	Profondità	Data
P1	PLT 1	0,50	19/04/2022
P2	PLT 2	0,50	19/04/2022

8 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

I dati ricavabili dalle successioni stratigrafiche dei sondaggi e dagli elementi geologici di superficie, sono stati correlati nei profili geologici in scale sfalsate 1:1000 in ascissa ed 1:100 in ordinata ed in sezioni in scala 1:200, al fine di fornire un modello geologico generale esaustivo per la progettazione delle opere dell'intervento.

Il substrato di tutta l'area in studio appartiene alla Formazione della LAGA, che si presenta in varie facies distinguibili in relazione sia all'età formazionale, distinta in pre- e post- evaporitica, sia in funzione del rapporto arenarie-argille/marne.

La distribuzione areale delle varie facies della suddetta formazione e dei terreni di copertura quaternari è riportata nelle Carte Geologiche in scala 1:2.000 allegate al progetto.

Sia nelle carte geologiche che nei profili sono stati distinti i seguenti terreni, sulla scorta delle correlazioni con i risultati dei log stratigrafici:

FRANE IN EVOLUZIONE (MUSA1)

Nell'ambito dell'area occupata dall'intervento del 2° Tratto sono state segnalate dall'IFFI (Inventario dei Fenomeni franosi in Italia – ISPRA) N° 3 eventi franosi, di cui una per scivolamento rotazionale/traslato, una per colamento lento ed un'area con franosità diffusa.

Quella che ha un impatto più significativo sul tracciato della strada in progetto è la frana per scivolamento rotazionale/traslato, le cui caratteristiche di spessore e di composizione litologica sono state definite dalle indagini geognostiche appositamente effettuate e riportate sia nella carta geologica che nei profili geologici.

Dal Sondaggio S.10i, attrezzato con inclinometro, si ricava uno spessore massimo del materiale in frana pari a circa m 8,0.

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (MUSB2)

Ricoprono gran parte dell'area in studio e rappresentano il prodotto dell'alterazione ed erosione operata dagli agenti meteorici sulla parte superficiale delle formazioni del substrato; risultano formati da sabbie e ghiaie con matrice limosa variabile; hanno spessore variabile sino ad un massimo stimato in circa m 10,0; si rinvencono solo in corrispondenza del 1° Tratto, ove ricoprono in parte i depositi terrazzati alluvionali.

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (MTIBN)

Affiorano nel 1° Tratto verso l'abitato di Sarnano, ricoperte nell'area in studio dai depositi eluvio-colluviali. Sono costituite da ghiaie sabbie a granulometria medio-grossolana, con matrice limosa variabile. Vengono intercettate dal tracciato della strada in progetto (tratto AP01) solo nel tratto tra le Sezioni N° 8 ÷ 21 essendo successivamente ricoperte dai terreni di copertura eluviali.

FORMAZIONE DELLA LAGA (LAG2C)

Questa formazione viene in affioramento, con le porzioni più superficiali alterate e degradate, nella parte terminale del 1° Tratto del progetto, ove forma una collina circondata dai depositi colluviali di copertura. Affiora estesamente nel 2° Tratto, ove viene intercettata dal tracciato stradale nel tratto iniziale, tra le Sezioni N° 0 ÷ 15, e nel tratto finale tra le Sezioni N° 54 ÷ 59. Sulla scorta delle indagini eseguite nel 2° Tratto è stato possibile distinguere N° 3 facies differenti, di cui le prime due rappresentano il prodotto di alterazione della formazione.

- Sabbie gialle (fascia di alterazione), costituite da sabbie a tratti consistenti, localmente con cenni di stratificazione; sono state riscontrate nei Sondaggi S.1, S.3, S.8 ed S.9 con spessori massimi di circa 8 ÷ 9 m; nella maggior parte dei casi si presentano come sabbie addensate di colore beige o marrone scuro, consistente o mediamente consistente, con elementi di arenarie e locali cenni di stratificazione.
- Arenarie giallastre alterate, con alternanze di marne giallo-rossastre, con intercalati strati di sabbia gialla localmente con cenni di stratificazione; anche questa facies costituisce la fascia di alterazione della formazione sottostante; è stata riscontrata nei sondaggi S.1, S.3, S.8 ed S.9; viene descritta come formazione molto alterata di colore giallastro, poco consistente;
- Arenarie alternate con marne, costituiscono la parte più integra della formazione, date da un'alternanza irregolare di arenarie giallo-rossastre e marne a tratti litoidi; in quasi tutti i sondaggi la formazione è stata rinvenuta con stratificazione molto inclinata (45° ÷ 60°).

FORMAZIONE DELLA LAGA (LAG1C)

Questa formazione affiora ad Ovest del tracciato del 1° Tratto, ove forma una collina stretta ed allungata in direzione NNW-SSE, ma non viene intercettata in superficie dalla strada in progetto. Nel 2° Tratto invece interessa il tracciato stradale, con le porzioni più superficiali alterate e degradate, nel tratto compreso tra le Sezioni N° 14 e 53.

Anche in questa formazione in base alle indagini eseguite nel 2° Tratto è stato possibile distinguere N° 3 facies differenti, di cui le prime due rappresentano il prodotto di alterazione della formazione.

- 1) Sabbie gialle e nocciola (fascia di alterazione), costituite da sabbie a tratti addensate, localmente con cenni di stratificazione; sono state riscontrate nei Sondaggi S.6 ed S.7 con spessori massimi di circa 8 m; nella maggior parte dei casi si presentano come sabbie giallo grigiastre, a granulometria medio-grossolana, leggermente addensate, con livelli ossidati e frustoli vegetali; a tratti si notano segni di stratificazione.
- 2) Arenarie giallastre alterate con marne giallo-rossastre, con alternanze di marne giallo-rossastre, con intercalati spessi strati di sabbia gialla a granulometria da medio-fina a grossolana, addensata, localmente con cenni di stratificazione; anche questa facies costituisce la fascia di alterazione della formazione sottostante; è stata riscontrata nei sondaggi S.4 ed S.10; viene descritta come arenaria a grana fina poco cementata;
- 3) Arenarie tenere giallo-grigie, costituiscono la parte più integra della formazione, date da arenarie giallastre o giallo-grigie alternate con e marne grigie fratturate a tratti litoidi; in quasi tutti i sondaggi la formazione è stata rinvenuta con stratificazione molto inclinata (40°).

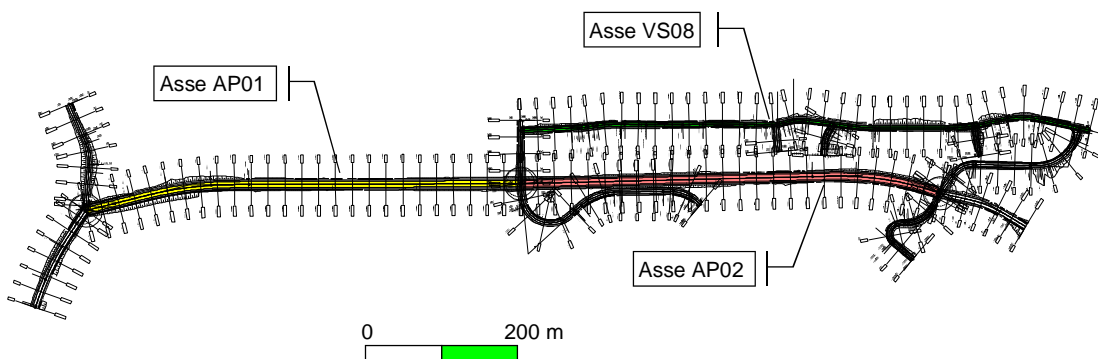
9 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Viene qui di seguito descritta la litologia dei terreni interessati dal tracciato stradale, ricostruita nei profili geologici allegati.

9.1 1° TRATTO

Questo tratto della strada in progetto si compone da N° 3 assi principali, oltre ad altri secondari di congiunzione (cfr. Figura 9.1): Asse AP01, Asse AP02 ed Asse VS08

Figura 9.1 – Schema del 1° Tratto



ASSE AP01

- Progr. 0+000 ÷ 0+160: si svolge in trincea nell'ambito dei depositi detritico-colluviali sino alla Progr. 0+140, quindi nell'ambito dei depositi alluvionali terrazzati;
- Progr. 0+160 ÷ 0+340: si sviluppa alla quota del piano campagna o con pochissimo rilevato, nell'ambito dei depositi alluvionali terrazzati;
- Progr. 0+340 ÷ 0+420: questo tratto si svolge in rilevato, con altezza molto modeste, con un massimo nella parte finale di circa m 1, sempre nell'ambito dei depositi alluvionali terrazzati;
- Progr. 0+420 ÷ 0+160: sempre in rilevato, con altezza massima di circa 1,3 m, nell'ambito dei depositi detritico-colluviali.

ASSE AP02

- Progr. 0+000 ÷ 0+300: si svolge in rilevato, con altezza massima pari a circa m 2, nell'ambito dei depositi detritico-colluviali;
- Progr. 0+300 ÷ 0+320: si ha un modestissimo scavo di circa max 0,3 m nell'ambito dei depositi detritico-colluviali;
- Progr. 0+320 ÷ 0+500: si svolge sempre nell'ambito dei depositi detritico-eluviali con un modesto rilevato, di altezza massima inferiore al metro.

ASSE VS08

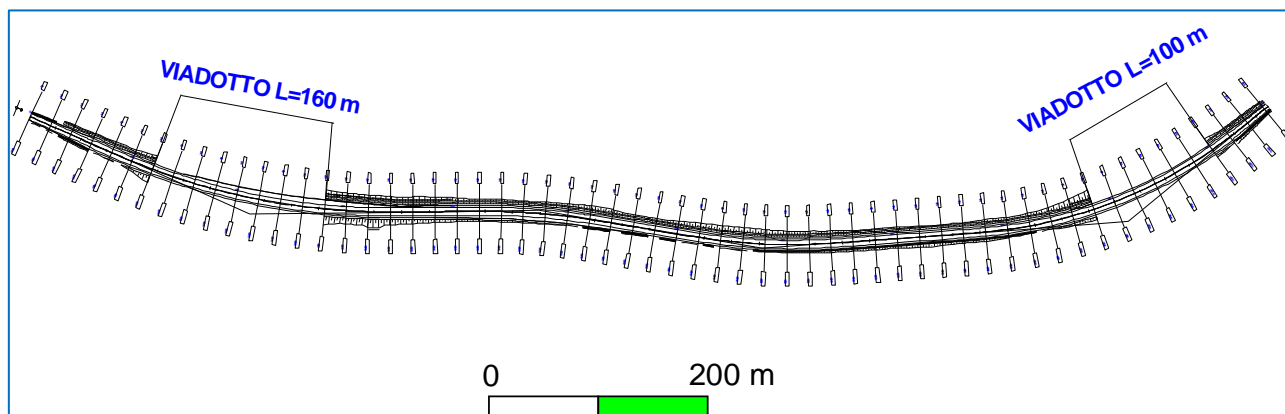
- Progr. 0+000 ÷ 0+180: si svolge con piccolissimi scavi e/o riporti nell'ambito delle arenarie superficialmente alterate e degradate, alternate a marne, della formazione LAG2C;
- Progr. 0+180 ÷ 0+240: si svolge con un modestissimo rilevato di altezza max inferiore al m, prima sopra le arenarie precedenti e poi sopra la coltre cdetritico.eluviale;

- Progr. 0+240 ÷ 0680: questo tratto si sviluppa nell'ambito dei depositi detritico-colluviali, con modestissimi scavi e riporti del terreno.

9.2 2° TRATTO

Il secondo tratto della strada in progetto (cfr. Figura 9.2) si sviluppa in parte nella formazione delle arenarie in facies LAG2c ed in parte nell'ambito della facies LAG1c, con due viadotti ed una parte in sede naturale.

Figura 9.2 – Schema del 2° Tratto



- Progr. 0+000 ÷ 0+080: si svolge in sede naturale nell'ambito della parte alterata sabbiosa della formazione LAG2c;
- Progr. 0+080 ÷ 0+280: si ha rilevato che raggiunge la massima altezza pari a circa m 6,0 in corrispondenza della spalla del viadotto, alla progressiva m 0+120; il viadotto, della lunghezza pari a m 160, ha l'altra spalla alla progressiva 0+280, dove il rilevato ha un'altezza di m 7,75; anche in questa parte affiora la fascia alterata sabbiosa della formazione LAG2c;
- Progr. 0+280 ÷ 0+420 la strada si svolge in rilevato con altezza variabile da m 3,0 a m 7,0 (prossimità della spalla del viadotto) nell'ambito delle arenarie della fascia alterata della formazione LAG1c; tra le progressive 0+295 ÷ 0+345 è presente un movimento franoso segnalato nell'IFFI come "frana per colamento lento"; dalla ricostruzione stratigrafica effettuata nel profilo geologico il corpo della frana, in corrispondenza dell'asse stradale, dovrebbe avere uno spessore molto ridotto, di circa m 2, giacchè il tracciato passa in prossimità della porzione apicale della frana.
- Progr. 0+420 ÷ 0+600: si attraversa il corpo di una frana descritta nell'IFFI come di tipo "traslativo/rotazionale", il cui spessore ricavabile dalla ricostruzione stratigrafica del profilo dovrebbe essere pari a circa m 4,0; nell'ambito della suddetta frana sono state effettuate le seguenti indagini: Sondaggi S.4 ed S.i10; prove penetrometriche DPSH P.7, P.8 e P.9, MASW. 5; base sismica SR01 e tomografia elettrica ERT01.
- Progr. 0+600 ÷ 0+980: viene attraversata la parte alterata sabbiosa della formazione LAG1c, con la parte finale in rilevato, di altezza massima pari a circa m 8,4 in corrispondenza del Viadotto di lunghezza L = m 100;
- Progr. 0+980 ÷ 1+080: si ha un viadotto che attraversa una zona di contatto tra la facies arenacea della formazione LAG1c e quella della formazione LAG1c;

- Progr. 1+080 ÷ 1+160: dopo il rilevato della spalla del viadotto la strada si sviluppa in sede naturale a quota di p.c. sino al termine del tracciato alla progressiva 1+160.