



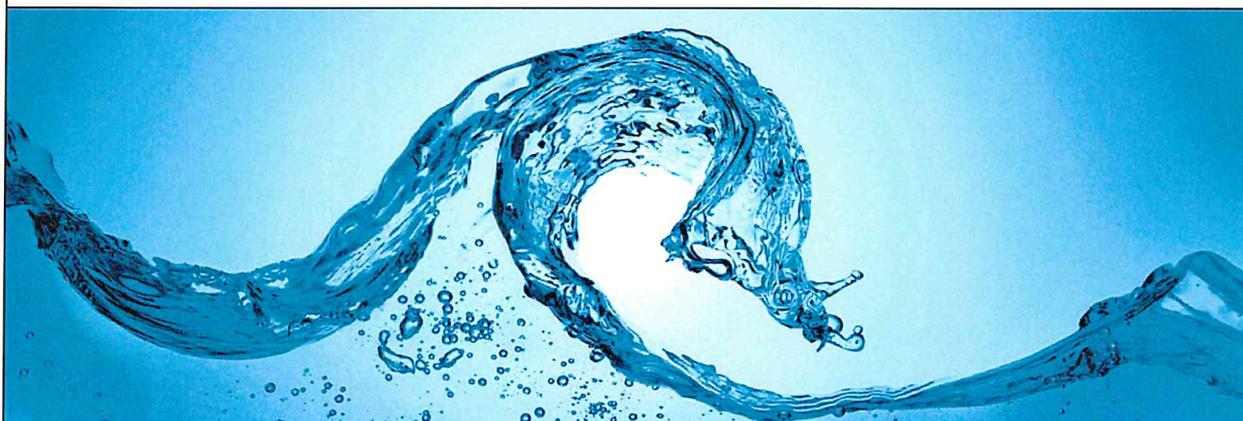
Comune di Cupello
Provincia di Chieti
Località "Bufalara"

ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE

V.A. - Verifica di Assoggettabilità | Opere di cui all'allegato IV alla Parte II del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

"RECUPERO ENERGETICO TRIGNO" IMPIANTO IDROELETTRICO "USCITA VASCA U1"

PROJECT FINANCING
ai sensi dell'art. 183 comma 15 del D.Lgs n.50/2016



IDENTIFICAZIONE ELABORATO

PROGETTO PRELIMINARE Relazione Geologica-Geotecnica

N° TAVOLA	NOME TAVOLA	Pag. RELAZIONE	TOT. FOGLI	DATA	SCALA
3	PRG_PRL_GEO	35	41	08/2016	-

REV.	DATA	ESEGUITO	APPROVATO

PROPONENTE



CONSORZIO DI
BONIFICA SUD-VASTO
BACINO MORO, SANGRO, SINELLO, TRIGNO

Consorzio di Bonifica Sud - Vasto
C.da Sant'Antonio Abate, 1 - 66054 Vasto (CH)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Geom. Michelangelo Magnacca

IL COMMISSARIO
Dott. Rodolfo Mastrangelo

ESTENSORI

Studio di Geologia Tecnica e Ambientale
Dott. Geol. Concezio Eugenio Rossi
Via Roma, 67 - Palmoli (CH)

PROMOTORE



FLOEW Srl
Via Petrarca, 26
66054 Vasto (CH)



FLOEW
Divisione Energia

I - PREMESSA

Su incarico della Floew S.r.l. è stato eseguito uno studio geologico preliminare su un'area per la realizzazione dell'impianto idroelettrico Uscita vasca U1 in località Bufalara nel Comune di Cupello (CH).

Lo studio in questa fase è stato sviluppato in modo da fornire una visione generale del territorio interessato dal progetto attraverso un'accurata indagine conoscitiva che ha previsto un rilievo geologico e geomorfologico delle aree interessate e di quelle prossime ad esse, con osservazioni dirette su affioramenti naturali e scarpate antropiche, per comprendere i caratteri delle aree stesse e le loro problematiche.

Inoltre sono stati acquisiti dati, notizie bibliografiche e risultati di indagini esistenti sulla zona, che hanno integrato il presente lavoro e con cui sono stati confrontati i risultati contenuti in esso.

Quanto detto è stato eseguito in base alle norme dettate dalla Legge n. 64 del 02.02.74 e successive modifiche ed integrazioni, dal D.M. 14.01.2008 ed alla relativa Circolare del 02.02.2009, n. 617/C.S.LL.PP..

II - LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI

2.1 Assetto geologico-strutturale

L'area in esame rientra in un territorio caratterizzato da una geologia molto articolata connessa all'evoluzione paleogeografia dell'Appennino Centro-Meridionale che deve tener conto delle problematiche relative alla presenza e l'evoluzione di piattaforme carbonatiche ed ai relativi bacini tra esse interconnesse.

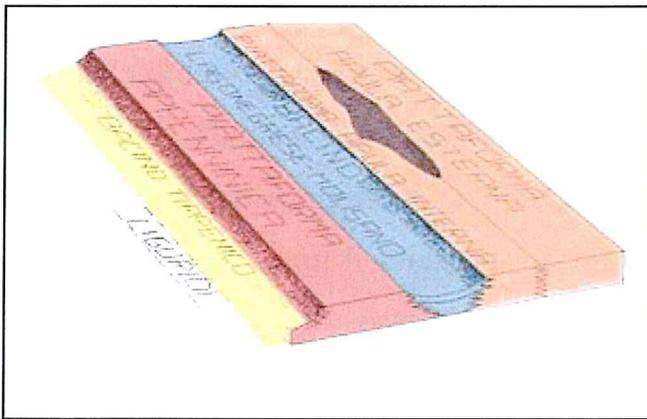


Fig. 1: Schema paleogeografico (Mostardini & Merlini 1986)

Secondo lo schema proposto da Mostardini e Merlini nel 1986, procedendo da ovest verso est, si individuano i domini del Bacino Tirrenico, della Piattaforma Appenninica, del Bacino Lagonegrese-Molisano, della Piattaforma Apula interna,

del Bacino Apulo e della Piattaforma Apula esterna. Alla piattaforma Appenninica, i due autori attribuiscono la quasi totalità dei carbonati (Trias medio-superiore-Miocene inferiore) affioranti nell'ambito della catena appenninica, tranne quelli della Maiella, la quale costituirebbe il settore settentrionale della piattaforma Apula interna.

Ghisetti, Vezzani e Festa parlano di una distribuzione di distinti domini paleogeografici noti come Bacino Sicilide, Bacino del Sannio, Piattaforma Laziale-Abruzzese con relative facies di transizione, Bacino Lagonegrese e Molisano, Piattaforma Abruzzese esterna e Piattaforma Apula deformata (Catena Apula) e indeformata. A nord della piattaforma

presenta diverse incertezze come anche l'evoluzione tettonica successiva.

Le strutture della catena dell'Appennino centrale sono rappresentate da pieghe e sovrascorrimenti. Nel regime tettonico compressivo post-collisionale la deformazione procede in una determinata direzione (polarità orogenica) conseguente alla regionale distribuzione degli sforzi.

In tale ottica si sviluppa ed evolve un sistema orogenico (sistema *catena-avanfossa-avampaese*) costituito da una fascia deformata (catena), da un bacino sedimentario caratterizzato da un'elevata subsidenza, ubicato a ridosso della porzione frontale della catena (avanfossa) e, al di là di questo bacino, da una zona crostale non ancora interessata da deformazione (avampaese).

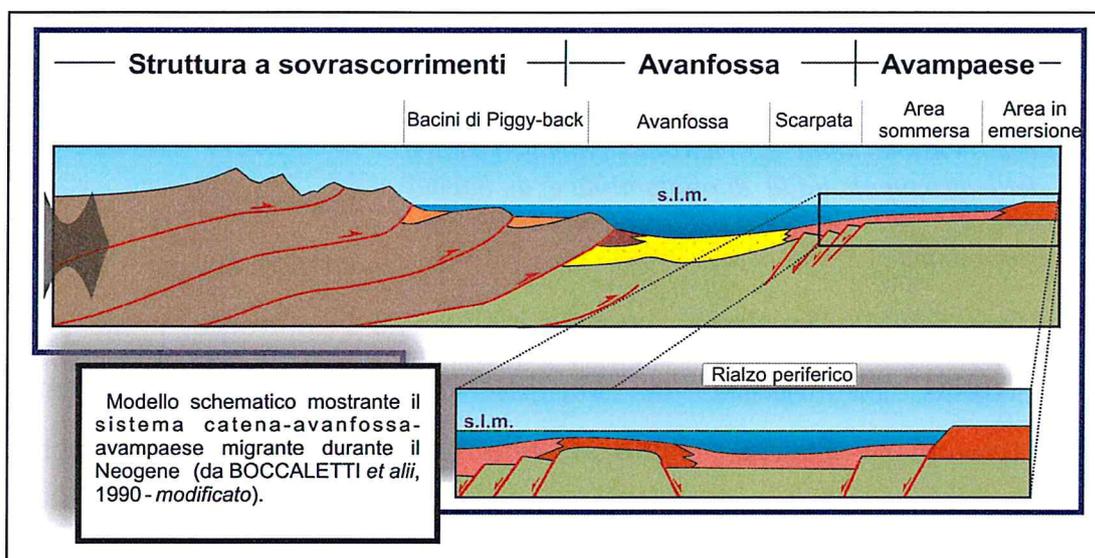


Fig. 3: Schema del sistema catena-avanfossa-avampaese

Nell'avanfossa, ubicata tra la catena e l'avampaese, si depongono forti spessori di sedimenti torbiditici silicoclastici, derivanti dall'erosione di settori della catena caratterizzati dalla presenza di rocce cristalline (rocce ignee intrusive, rocce metamorfiche, ecc.).

L'analisi biostratigrafica, condotta sui depositi torbiditici dell'Appennino, ha mostrato una migrazione nel tempo del sistema

orogenico dai settori occidentali verso quelli orientali. In pratica quello che si è osservato è l'età progressivamente più giovane dei depositi di avanfossa progredendo dai settori più occidentali verso quelli più orientali.

Nello schema tettonico semplificato, è possibile osservare quelli che sono i maggiori fronti di sovrascorrimento tra le diverse unità tettoniche, accavallatisi secondo un modello di migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese.

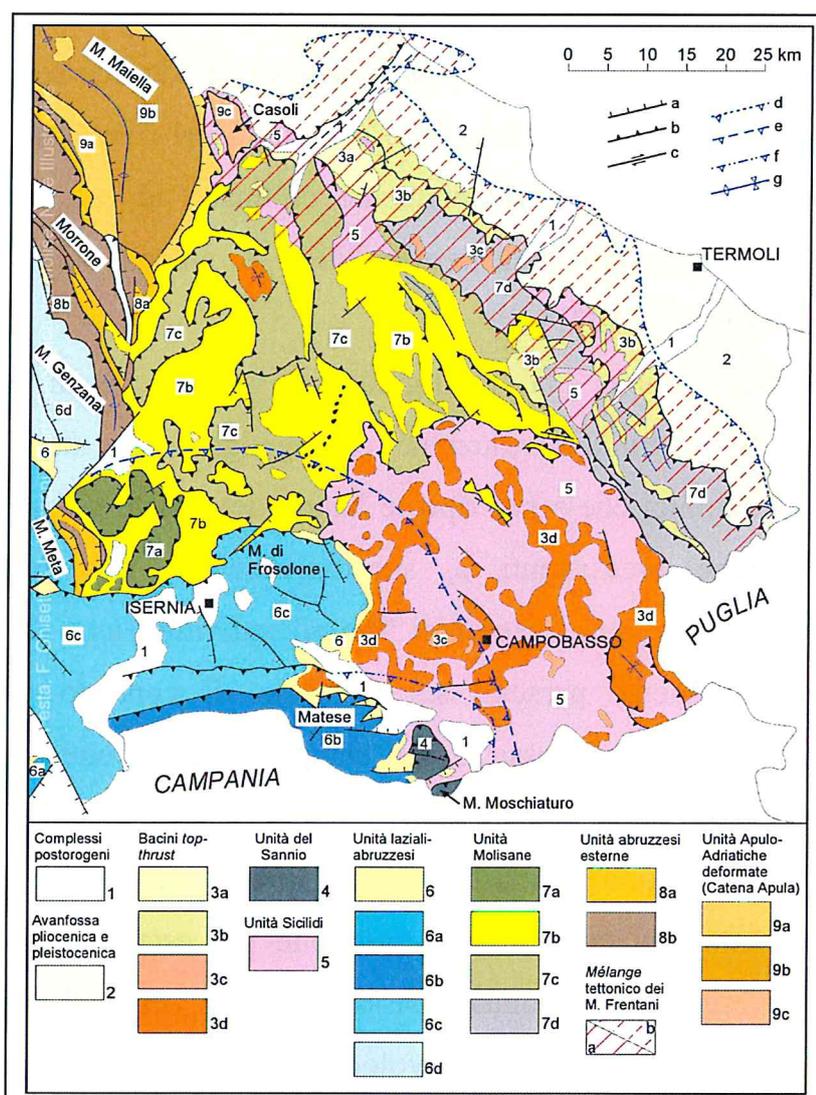


Fig. 4: Schema geologico-strutturale dell'Appennino abruzzese-molisano

In particolare i rapporti di imbricazione hanno ubicato al tetto le unità

Umbro-Sabine, le Laziali-Abruzzesi, del Bacino Molisano e della Piattaforma Abruzzese esterna, mentre le più esterne, unità Marchigiane, Villadegna-Cellino e le Unità Apulo-Adriatiche deformate della Maiella e di Casoli a letto (Vezzani & Ghisetti, 1993; Vezzani et al., 2004).

Nella distribuzione dei principali domini strutturali dell'Appennino centro meridionale, la linea Sangro-Volturno (Vezzani & Ghisetti, 1983) sembra aver avuto un ruolo fondamentale nella deformazione della catena, soprattutto durante le fasi medio-mioceniche e plioceniche, essendo stata attiva con meccanismi trascorrenti. Infatti, la linea divide due regioni con caratteristiche geologiche e morfologiche diverse: aspri rilievi carbonatici ad ovest ed un paesaggio prevalentemente collinare ad est, con estesi affioramenti di successioni calcareo-argillose e silicoslastiche (coltri molisane) (Patacca et al., 1991).

In definitiva, allora, la configurazione attuale è il risultato complessivo della continua evoluzione paleogeografica e dei notevoli sconvolgimenti tettonici che a più riprese hanno deformato e disarticolato le unità tettoniche preesistenti e, successivamente, contribuito alla dislocazione dei diversi corpi geologici fino all'individuazione delle unità morfologiche attualmente presenti sul territorio. Il contesto geologico risulta particolarmente complesso e non sempre chiaro, condizionato da importanti stress tettonici che hanno determinato una serie di deformazioni, accavallamenti e traslazione di masse rocciose verso l'avampaese.

Il nostro settore si colloca nella porzione più esterna della catena dell'Appennino centro-meridionale passante verso est all'avampaese adriatico. Qui i fronti più esterni coinvolgono le unità alloctone molisane poste ad oriente della zona assiale della catena dove le pieghe ed i sovrascorrimenti coinvolgono le unità carbonatiche meso-cenozoiche

laziali-abruzzesi e sabine.

In particolare, verso oriente, l'area è caratterizzata dall'estesa presenza in affioramento della successione silicoclastica del Pliocene sup.-Pleistocene inf. (formazione di Mutignano) in concordanza nel settore orientale di avampaese, al di sopra dei depositi del Pliocene medio e discordante sulle strutture della catena nel settore sud-occidentale (Crescenti, 1971a; Casnedi et alii, 1981; Scisciani et alii, 2000; Calamita et alii, 2002). Nella zona sud-occidentale, infatti, affiorano terreni di età cretacico(?)-miocenica la cui età, attribuzione paleogeografica e dinamica di messa in posto risulta ancora dibattuta, come si accennava in precedenza.

2.2 Quadro stratigrafico

Per quanto riguarda le successioni stratigrafiche riconosciute nel settore in studio, allora, queste sono rappresentate da termini litologici riferibili a formazioni diverse per caratteri ed età, come si rileva dal foglio 148 "Vasto" della Carta Geologica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia, 1971), dalla Carta Geologica dell'Abruzzo a scala 1:100.000 (Vezzani & Ghisetti, 1998), dalla Carta Geologica del Molise (Vezzani et al., 2004) e dal Foglio 372 "Vasto" in scala 1:50.000 (Ispra, in stampa).

Nella bibliografia ufficiale più aggiornata, le successioni che caratterizzano il settore in esame sono ricondotte a due unità, l'*Unità del Fiume Treste* (Cretaceo sup.(?)-Messiniano) e la *Formazione di Mutignano* (Pliocene sup.-Pleistocene inf.).

L'unità del Fiume Treste è un complesso costituito, dai termini più antichi a quelli più giovani, da lembi di:

Argille varicolori (Argille variegata)

argille più o meno marnose dalla reologia fortemente plastica, al cui interno possono inglobare altri litotipi in genere di spessore ed estensione limitata

ma che contribuiscono a rendere caotico il complesso; le caratteristiche macroscopiche più evidenti di queste argille sono sicuramente date dalla loro policromia e scagliosità, infatti esse assumono colorazioni che vanno dal rossastro al verdastro ed al grigio più o meno marcato, presentandosi spesso come un insieme di piccoli elementi scagliosi; localmente assumono il ruolo di “coltre” e si possono rinvenire sull’associazione gessosa e sulla formazione di Tufillo mentre in talune zone (ad esempio Colle Gessaro) sono ricoperte attraverso un contatto discordante dalla formazione di Mutignano; età Cretaceo sup.-Miocene inf..

Formazione di Tufillo

si tratta di un flysch caratterizzato da strati lapidei ed intercalazioni pelitiche: la parte lapidea è data da un’alternanza di calcari e calcari marnosi con lenti e noduli di selce bruna e rossastra, calcareniti avana da medie a grossolane, brecciole calcaree e, a luoghi, strati decimetrici e banconi arenacei giallastri, mentre la parte pelitica è rappresentata da livelli marnosi e marnosi-argillosi grigio-verdastri e bianchi fogliettati; la formazione si presenta fratturata e, nelle aree morfologicamente depresse ed ai piedi dei versanti, spesso sono presenti accumuli di materiale detritico (Serravalliano inf.-Tortoniano).

Associazione gessosa

corpi (fino a scala chilometrica) di gessi selenitici e gessi microcristallini in grossi banchi e strati; nei blocchi di dimensioni maggiori si riesce a ricostruire una stratigrafia che in genere vede alla base livelli di diatomiti e marne tripolacee seguite da gessi primari microcristallini passanti verso l’alto a gessi laminati, costituite da gessoruditi, gessareniti e gessosiliti variamente alternati; negli affioramenti la porzione sommitale è in genere occupata da alcuni metri di litofacies biancastre, in grosse bancate,

dall'aspetto massivo e farinoso, riconducibili alla dissoluzione dei gessi in ambiente subaereo; lembi di questa formazione si ritrovano spesso immersi all'interno delle argille varicolori o al tetto della formazione di Tufillo (Messiniano).

Per quanto riguarda la *Formazione di Mutignano* (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), essa colma l'intero bacino peri-adriatico che comincia a delinarsi come avanfossa frontale alla catena appenninica a partire dal Pliocene inferiore e viene progressivamente colmato da sequenze deposizionali separate da superfici di discordanza legate ad eventi di deformazione sin-deposizionale. La successione è caratterizzata dal passaggio da facies di mare aperto verso ambienti di mare più sottile fino a condizioni transizionali e costieri e, infatti, sono stati riconosciuti più membri rappresentati, dal più antico al più recente, dall'associazione pelitico-sabbiosa, l'associazione sabbioso-pelitica e l'associazione sabbioso-conglomeratica.

Nella zona in esame, in particolare, dei termini plio-pleistocenici ritroviamo quelli riferibili all'associazione pelitico-sabbiosa per la quale possiamo descriverne le caratteristiche:

Associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano

Argille ed argille marnose, variamente siltose con colorazione prevalentemente grigio-azzurro, compatte e con sottili livelli e/o strati di sabbie, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche; le intercalazioni sabbiose possono presentare laminazione piano parallela e incrociata e, il rapporto sabbia/argilla, è nettamente inferiore all'unità. La maggiore concentrazione di sabbie si ha in corrispondenza della porzione più bassa affiorante della successione (ad es. in località Montalfano) mentre, verso l'alto, sono predominanti le argille.

A copertura di queste unità spesso sono presenti depositi continentali pleistocenici-olocenici come depositi alluvionali lungo il Trigno e gli ultimi tratti dei suoi affluenti principali e la coltre eluvio-colluviale:

Alluvioni fluviali

Le alluvioni fluviali sono rappresentati da terrazzi di diverso ordine e da sedimenti attuali del fondovalle.

I depositi terrazzati sono generalmente costituiti da una litologia prevalentemente ghiaioso-sabbiosa (con limi e a tratti argille), con le ghiaie caratterizzate da elementi poligenici ed eterometrici, a volte cementati, sedimenti che, avvicinandosi all'attuale alveo, passano alle alluvioni ghiaiose-sabbiose attuali. Alternanze di sabbie, limi e ghiaie con livelli e lenti di argille e torbe. Nella parte alta possono divenire prevalenti livelli limoso-sabbiosi e argilloso-limosi con ciottoli sparsi.

Depositi eluvio colluviali: coltre di alterazione in genere costituita da limi, argille e sabbie con clasti eterometrici di natura calcarea e arenacea sparsi e frequenti concrezioni calcaree spesso al contatto con le unità sottostanti.

2.2 Caratteri morfologici

Il territorio regionale manifesta caratteristiche litostrafiche e tettoniche altamente variabili in quanto connessi agli ambienti orogenici di catena e avanfossa.

Ovviamente le differenze si riflettono sugli elementi paesaggistici, scoprendo profonde differenze tra la fascia appenninica e la zona costiera. Infatti, schematicamente è possibile distinguere tre grandi unità geomorfologiche, in fasce di diversa ampiezza, a partire dalla dorsale appenninica, procedendo verso est:

- la *fascia montuosa interna*, costituita dalla catena appenninica e delimitata dalle pendici del massiccio del Gran Sasso e di quello della

Maiella;

- la *fascia pedemontana*, in gran parte collinare e compresa tra le montagne e la linea di costa, larga in media una trentina di chilometri;
- la *fascia costiera* adriatica di esigua larghezza.

L'area in esame ricade all'interno di un paesaggio caratterizzato da un aspetto orografico tipicamente collinare, con quote altimetriche che raggiungono valori di circa 200 m s.l.m. ma che tendono a decrescere verso nord-est.

Nel suo insieme, il complesso assetto geomorfologico dell'area è determinato dalle litologie presenti, dai processi modellatori (erosione, trasporto, deposizione), dall'assetto strutturale e dagli eventi climatici.

In particolare, in tutte le zone in cui è possibile riscontrare la presenza dei materiali argillosi, il paesaggio si presenta dolce e modellato con fenomeni di ruscellamento superficiale legati alla scarsa permeabilità del terreno e, lungo i tratti più acclivi, avvallamenti e rigonfiamenti tipici di materiali a comportamento plastico. Specie in corrispondenza delle aree con pendenza più elevata si notano spesso movimenti gravitativi, soprattutto movimenti innescati dall'azione dell'acqua che può avere effetti sia nella diminuzione delle resistenze meccaniche, sia nell'aumento delle forze instabilizzanti.

Il paesaggio subisce un deciso cambiamento con i rilievi rocciosi del complesso flyscioide calcareo-marnoso (flysch di Tufillo) e dell'unità calcareo-gessosa, aree caratterizzate da scarpate anche ripide ed accompagnate da fenomeni di crollo, specialmente dove le formazioni sono molto fratturate. Queste unità sono in genere sormontate da una coltre di alterazione che raggiunge spessori anche di alcuni metri, livelli che nei tratti più pendenti, specie in occasione di forti concentrazioni di acqua,

possono essere coinvolti in fenomeni di dissesto.

Inoltre, in corrispondenza degli affioramenti calcareo-gessosi, si possono rilevare quelle forme morfologiche tipiche date da depressioni chiuse a forma di conca, le doline. Esse sono caratterizzate da un profilo generalmente simmetrico e sono il risultato probabile dell'azione combinata dei fenomeni di dissoluzione associati a quelli di sprofondamento.

Il questo paesaggio si snoda il fiume Trigno, il corso d'acqua principale della zona che si sviluppa con un andamento SW-NE e lungo il quale si osserva tutta una zona pianeggiante mentre la presenza di terrazzi testimonia le alternanze tra le fasi deposizionali ed erosive del fiume. I terrazzi più alti e più antichi, sono talvolta ridotti a piccoli lembi isolati mentre, i terrazzi più bassi e recenti, sono caratterizzati da una buona continuità.

I corsi d'acqua hanno generalmente delle tipiche sezioni a "V" ed operano un'intensa azione di erosione laterale e di scalzamento al piede dei versanti, fenomeni che accelerano ed innescano frane e smottamenti.

2.3 Idrogeologia ed idrografia superficiale

Parlare del sistema idrografico ed idrogeologico del nostro territorio significa far comunque riferimento alla litologia affiorante nelle diverse zone. Infatti, la densità del reticolo, la forma e l'andamento dei corsi d'acqua e la circolazione idrica sotterranea sono determinati dalla natura dei materiali che vanno a costituire le varie formazioni geologiche.

In corrispondenza delle zone caratterizzate da affioramenti argillosi, si osserva una densità piuttosto alta del reticolo idrografico ed una sua evoluzione verso geometrie ramificate, caratteristica imputabile alla scarsa permeabilità che caratterizza proprio questi terreni, condizione che in

genere non favorisce la formazione di eventuali falde, perlomeno falde di una certa importanza. In particolare, i processi di infiltrazione superficiale potrebbero dar luogo ad una piccola falda nella fascia di copertura che si esaurisce nella stessa, con apporti idrici modesti (se non trascurabili). Ad ogni modo bisogna anche ricordare che nel caso dei depositi caratterizzati da argille e argille marnose con intercalazioni sabbiose, è possibile la presenza di acqua in corrispondenza proprio delle intercalazioni sabbiose, intercalazioni in genere di spessore modesto.

Situazione alquanto diversa si riscontra nelle zone con un sottosuolo calcareo e gessoso in cui si registra un deciso calo del numero dei corsi d'acqua proprio in relazione alla buona permeabilità di questi sedimenti, permeabilità legata alla fratturazione dei litotipi che conferisce agli stessi una permeabilità secondaria. Ad ogni modo dobbiamo aggiungere che questa permeabilità può essere influenzata dalla presenza di possibili orizzonti argillosi-marnosi che possono formare il limite impermeabile di possibili falde, falde in genere a carattere locale e condizionate dalle dimensioni dello strato e dalla sua giacitura.

Questo diverso grado di permeabilità favorisce l'instaurarsi di sorgenti proprio lungo le linee di contatto tra i materiali permeabili, posti generalmente a quote maggiori, e le argille impermeabili che circondano i materiali precedenti.

Nei termini appartenenti ai depositi alluvionali, infine, la tipica tessitura clastica determina in questi una buona permeabilità, permeabilità sempre legata ad ogni modo al grado di cementazione e di porosità dei sedimenti e condizionata, inoltre, dalla presenza di possibili orizzonti argillosi intercalati ai termini di classe granulometricamente maggiore, caratteristica che rende alquanto variabile il deflusso sia in verticale che in

orizzontale.

Per quanto riguarda il sistema idrografico della zona osserviamo che esso è composto essenzialmente da piccole linee di deflusso che scorrono lungo i versanti e vanno a confluire generalmente in collettori maggiori che scorrono ai piedi dei versanti stessi e, attraverso questo sistema idraulico, le acque raccolte vengono trasportate nei corsi d'acqua principali, il fiume Sinello che scorre ad occidente rispetto all'abitato, il Trigno ed il torrente Buonanotte a levante.

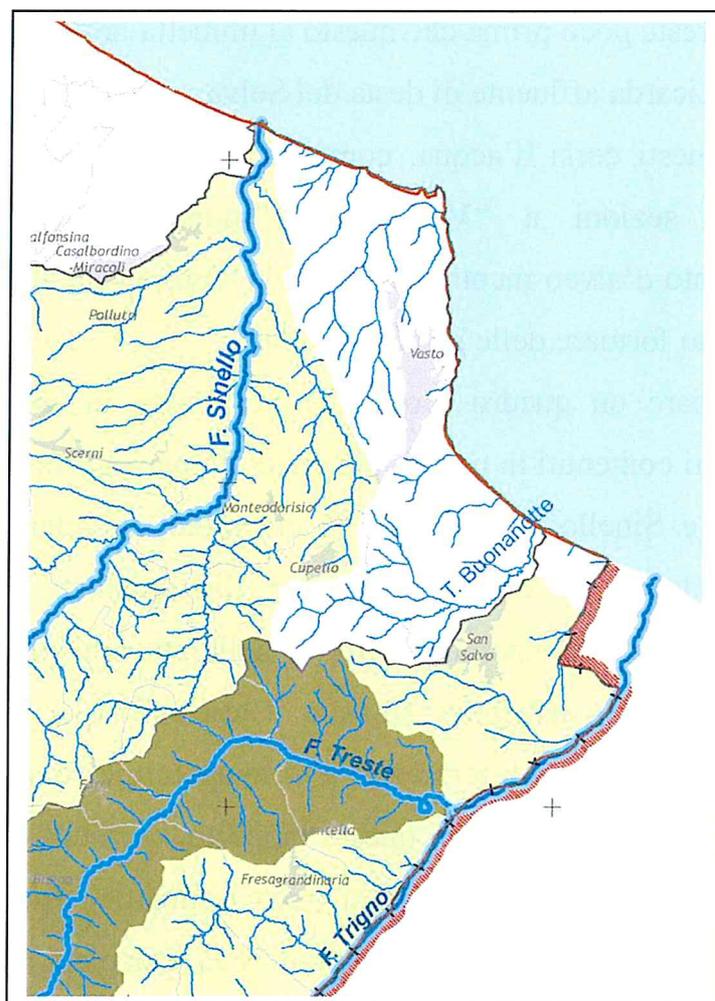


Fig. 6: La rete idrografica nell'area in esame (da Regione Abruzzo, Piano di Tutela delle Acque

Questi sono caratterizzati in genere da un andamento antiappenninico e presentano una fenomenologia particolare, quella di essere caratterizzati, nella loro parte terminale, da un profilo trasversale asimmetrico, con terrazzi solo sulla loro sinistra idrografica.

Analizzando brevemente questo sistema nell'area in esame, possiamo aggiungere che ci troviamo alla sinistra del fiume Trigno e tra i suoi affluenti principali ricordiamo a sud il fiume Treste mentre, a nord, un ruolo importante è svolto dal fosso della Selva; tra i corsi d'acqua di ordine minore, troviamo anche il Vallone, che scorre ad ovest di Colle Gessaro e raggiunge il Treste poco prima che questo si immetta nel Trigno, e a nord il vallone della Licarda affluente di destra del Selva.

Spesso questi corsi d'acqua, come accennato in precedenza, hanno delle tipiche sezioni a "V" che testimoniano il loro stato di approfondimento d'alveo mentre, prima della confluenza, allo sbocco nella vallata, possono formare delle piccole conoidi.

Per tracciare un quadro idrologico per l'area in esame, possiamo analizzare i dati contenuti in uno studio condotto per i bacini idrografici dei fiumi Trigno e Sinello, studio che ha elaborato un bilancio idrologico indiretto prendendo in considerazione la distribuzione nell'area delle precipitazioni e delle temperature rilevati nelle stazioni pluviometriche e pluvio-termometriche distribuite su tutto il territorio (per alcune stazioni come Cupello non dotate di termometro le temperature riportate sono state determinate in modo fittizio). In questo rapporto, quindi, è stato trattato il bilancio naturale a partire dai dati meteo-climatici (precipitazione e temperatura) disponibili. In particolare è stata calcolata la media delle misure di un periodo di trent'anni e, da questa, sono stati calcolati i volumi medi di apporto meteorico. Dai volumi in afflusso così valutati è stata calcolata l'aliquota di perdita per evapotraspirazione e, quindi, quella di

deflusso.

Senza entrare nei particolari del calcolo e considerando solo le stazioni più vicine alla nostra zona, possiamo evidenziare che i dati termometrici e pluviometrici analizzati mostrano la caratteristica curva del regime che predomina nel nostro territorio, con la presenza di un periodo di “piena” compreso fra ottobre ed aprile e di un periodo di “magra” compreso fra maggio e settembre.

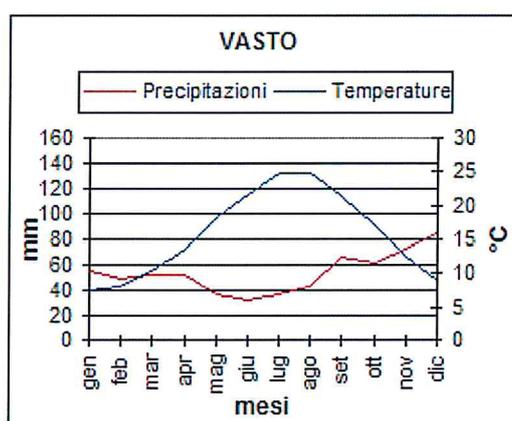


Fig. 7: Rapporto precipitazioni-temperature registrate nella stazione pluviotermometrica di Vasto

STAZIONE	QUOTA	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOT
Cupello	264	58.3	56.4	59.1	61.1	41.2	36.5	36.8	50.6	63.5	63.2	77.4	77.1	681.3
Vasto	144	55.4	48.7	51.6	52.8	36.4	32.3	37.2	43.7	66.7	62.2	71.7	85.1	643.8
S.Salvo	100	53.6	52.1	49.7	57.0	37.3	32.1	30.4	46.1	69.8	59.3	75.7	79.0	642.1

Tabella 1: Valori delle precipitazioni medie mensili (in mm) registrati nelle stazioni considerate

Infine, termini principali del bilancio idrologico ricavati per le stazioni considerate sono riassunti in *tabella 2*.

STAZIONE	Temperatura media (°C)	Precipitazioni (P) in mm/a	Temperatura corretta (T _p)	Potere evap. (L)	Evapotrasp. (E _r) in mm/a	Deflusso (D) mm/a
Cupello	15.0	681.3	14.1	793.8	532.5	148.8
Vasto	15.7	643.8	14.8	831.4	525.7	118.1
S.Salvo	15.9	642.1	15.0	845.6	528.4	113.7

Tabella 2: Componenti del bilancio idrologico per le stazioni considerate

Questo significa che mediamente a Cupello, dei circa 681 mm di pioggia annua, 532 mm sono soggetti ad evapotraspirazione e tornano nell'atmosfera mentre, i rimanenti 149 mm, costituiscono il deflusso (acqua di ruscellamento più acqua d'infiltrazione).

III - ASPETTI GEO-MORFOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO

L'impianto idroelettrico verrà realizzato in località Bufalara, alla sinistra del fiume Trigno, lungo il versante che da Colle Gessaro degrada verso la piana che costeggia il fiume.



Fig. 8: L'area in esame

Essenzialmente l'impianto prevede la realizzazione di una condotta che, dall'opera idraulica esistente nei pressi di Colle Gessaro, raggiunge una turbina che sarà posizionata in un fabbricato esistente situato subito a

valle della strada statale 650 Fondovalle Trigno, nel tratto dove ha inizio la piana alluvionale. Tecnicamente, quindi, il progetto prevede lo sfruttamento energetico del salto esistente tra la vasca di disconnessione di Colle Gessaro ed il fabbricato posto a valle che attualmente ospita un'idrovora e, per fare ciò, verrà realizzata un'apposita tubazione che si affiancherà a quella che già attualmente collega la vasca con l'idrovora.



Fig. 9: L'area interessata dall'impianto con la posizione delle diverse strutture, esistenti e di progetto

La geologia della zona, come accennato in precedenza ed indicato anche nella cartografia geologica ufficiale, si presenta piuttosto articolata con un intreccio di affioramenti anche molto diversi tra loro: dalle argille

varicolori ai termini calcareo-marnosi del flysch di Tuffillo ed all'unità clastico-evaporitica (unità del Fiume Treste del Cretaceo sup.-Messiniano), fino ai termini plio-pleistocenici con l'Associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano.

Al tetto di queste unità, inoltre, troviamo depositi di ambienti di transizione dal marino al continentale o prettamente continentali come le alluvioni fluviali e coltri di alterazione che tendono a nascondere i diversi passaggi litologici in superficie, rendendo così ancora più difficoltoso determinabile con precisione il passaggio tra le diverse litologie.

Analizzando il territorio interessato dall'impianto, possiamo evidenziare che la condotta dall'opera di Colle Gessaro, posizionata lungo una strada sterrata ad un'altezza di circa 132 m s.l.m., si dirige verso valle fino a raggiungere il terrazzo alluvionale più recente alla sinistra del Trigno, ad una quota in questo caso di circa 35 m s.l.m.. In questa zona la tubatura raggiungerà l'edificio di produzione dell'energia da dove poi l'acqua verrà reimessa nelle condotte esistenti.

Nel tratto di versante compreso tra la vasca di Colle Gessaro e la Fondovalle Trigno, si registra un incremento di acclività e, nel Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Trigno, viene perimetrata un'area definita a pericolosità da frana elevata per la presenza di soliflussi attivi (soliflusso/deformazione viscosa del suolo), area che andrà necessariamente indagata con la dovuta attenzione e le metodologie più opportune al fine di valutare le possibili interazioni tra l'opera ed i fenomeni in atto e studiare le possibili soluzioni e/o alternative.

IV - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEI LITOTIPI

In questa fase si è cercato anche di fornire una prima configurazione del sottosuolo relativamente alla zona interessata dalle diverse parti dell'impianto, questo attraverso i dati emersi dal rilievo geologico di superficie e con i risultati di alcune indagini in sito realizzate nell'ambito di precedenti lavori in aree analoghe alla nostra.

La geologia affiorante nell'area in esame è caratterizzata da diverse litologie riferibili alla cosiddetta unità del Fiume Treste (Cretaceo sup.-Messiniano) ed all'Associazione pelitico-sabbiosa della formazione di Mutignano (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), al tetto delle quali si rileva la presenza di depositi alluvionali terrazzati e coltri di alterazione.

Ad ogni modo, volendo schematizzare le caratteristiche litotecniche delle diverse unità (considerando anche la tipologia di dati disponibili), vediamo che nelle zone caratterizzate in affioramento da litotipi prevalentemente argillosi, in genere la successione è caratterizzata da un orizzonte superiore (dello spessore che può essere modesto ma raggiungere anche alcuni metri) di natura prevalentemente argillosa-limosa (con possibili livelli sabbiosi) da poco a moderatamente consistente (con una stima della coesione non drenata pari a $C_u \geq 0.4-0.5 \text{ kg/cmq}$) seguito in profondità da argille limose spesso marnose consistenti e molto consistenti ($C_u \geq 1.5 \text{ kg/cmq}$).

Per le unità prevalentemente lapidee, caratterizzate da calcari e gessi, possiamo rilevare che queste si presentano con un tipico aspetto resistente in cui non manca comunque un certo grado di fratturazione. I parametri meccanici individuati per la roccia integra in prove eseguite su materiali simili in zone vicine sono stati ricondotti, a favore della sicurezza, ad un

angolo di attrito $\phi \geq 30^\circ-35^\circ$ ed un peso di volume γ pari a circa 2 t/mc . La successione stratigrafica comunque in genere presenta anche una coltre di alterazione superficiale dello spessore anche di qualche metro per la quale i dati raccolti indicano un γ di $1.8-1.9 \text{ t/mc}$, un ϕ di $20^\circ-23^\circ$ ed una Cu di $0.25 - 0.5 \text{ kg/cmq}$.

Infine per i depositi alluvionali, con una successione rappresentata in genere da sedimenti limoso-sabbiosi e/o argillosi nella parte alta seguiti, in profondità, da ghiaie eterometriche arrotondate variamente addensate e di natura prevalentemente calcarea in una matrice sabbiosa-limosa (sedimenti questi ultimi che possono divenire anche la componente principale fino a formare strati o lenti), si rileva che i sedimenti limosi-argillosi e sabbiosi solitamente sono caratterizzati da resistenze non elevate e la stima delle loro qualità meccaniche nei risultati di alcune indagini realizzate sugli stessi materiali in aree limitrofe, hanno indicato per questi un angolo di attrito di $22^\circ-25^\circ$ ed una coesione non drenata Cu di circa $0.3-0.4 \text{ kg/cmq}$.

Il passaggio ai sedimenti ghiaiosi chiaramente porta ad un incremento delle resistenze stimabili con un angolo di attrito $\phi \geq 28-30^\circ$, valore facilmente verificabile nei tanti dati a disposizione su tali materiali sia in bibliografia che in altri studi, dati che inoltre indicano per i sedimenti indagati un peso di volume γ pari a circa $1.8-1.9 \text{ t/mc}$.

4.1 Sismicità dell'area

L'area abruzzese è storicamente caratterizzata da una notevole attività sismica in prevalenza concentrata lungo la catena appenninica, in particolare ad ovest del Gran Sasso e della Maiella, mentre lungo la fascia pedemontana e costiera, si osserva una sismicità più modesta e, chiaramente, tutto il territorio risente della sismicità delle regioni limitrofe.

Relativamente all'area in esame, dai dati resi disponibili dall'Istituto

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, vediamo che essa è stata caratterizzata da pochi eventi sismici e, effettuando una ricerca di dettaglio indicando come località di riferimento Cupello, emergono i risultati riportati di seguito:

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
6	1933	09	26	03	33	Maiella	326	9	5.68
5	1962	08	21	18	19	Irpinia	214	9	6.19
5	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
NF	1988	04	26	00	53	ADRIATICO CENTRALE	78	5-6	5.43
4	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84

Tabella 3: Principali osservazioni sismiche relative al comune di Cupello avvenuti in età Contemporanea; Is è l'intensità massima osservata al sito (in scala Mcs), Mw la magnitudo calcolata sulle onde superficiali

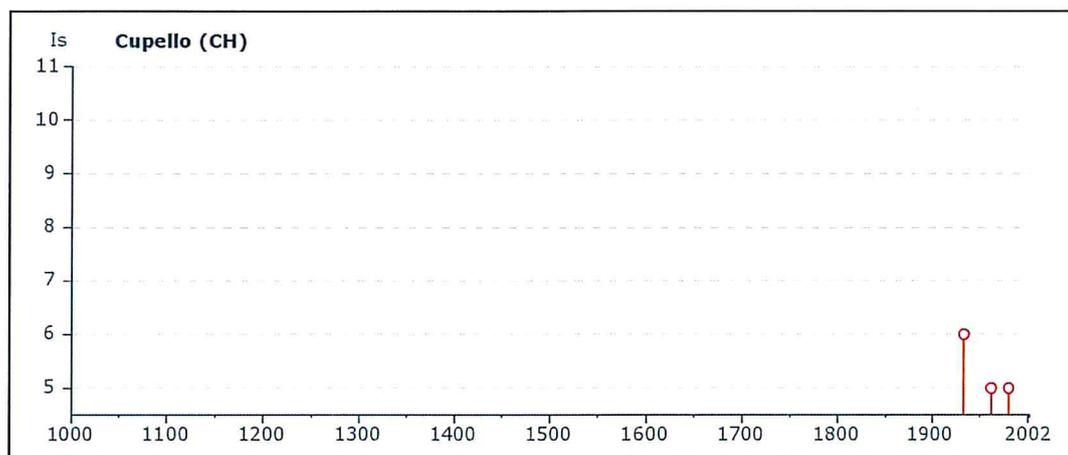


Fig. 10: Storia sismica del comune di Cupello dal 1000 al 2002. Sulle ordinate sono riportate le intensità sismiche (Is) e sulle ascisse il riferimento temporale espresso in anni

Nella normativa sismica italiana, con la classificazione del 2003, la sismicità è definita mediante quattro zone, numerate da 1 a 4, estendendo così all'intero territorio nazionale le aree a rischio sismico.

Il territorio nazionale quindi viene suddiviso in quattro zone sismiche

individuare secondo valori di accelerazione massima del suolo e le Norme Tecniche indicavano quattro valori di accelerazioni (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

<i>Zona</i>	<i>Valore di a_g</i>
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

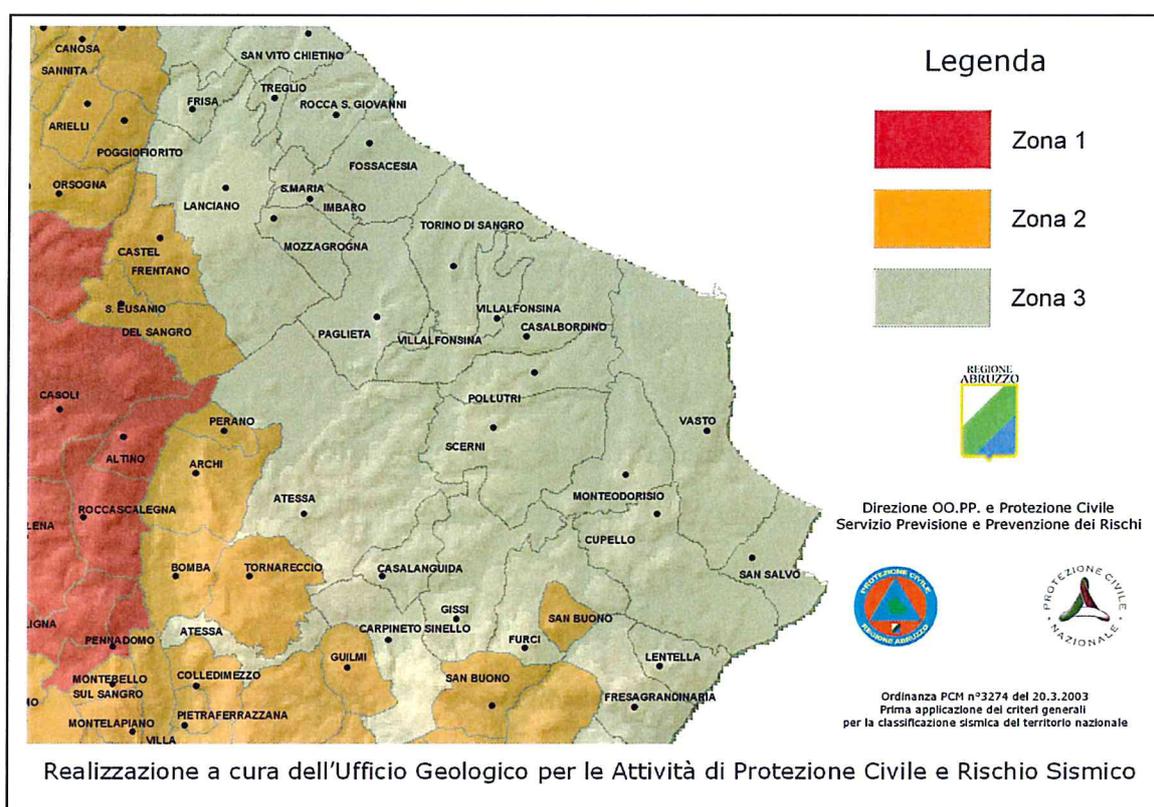


Fig. 11: *Mapa sismica regionale*

Con il D.M. 14 gennaio 2008, sono utilizzate le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e le azioni sismiche

vengono definite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito in esame.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in “condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R ”.

In particolare, i caratteri del moto sismico sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La norma inoltre fornisce i valori di a_g , F_o e T^*_C per tutti i siti considerati per cui, dalle sue coordinate, per ogni sito si risale ai termini necessari alla determinazione dell’azione sismica.

Per qualunque punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g , F_o e T^*_C) ad esso corrispondenti possono essere rappresentati attraverso metodi di interpolazione tra i quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

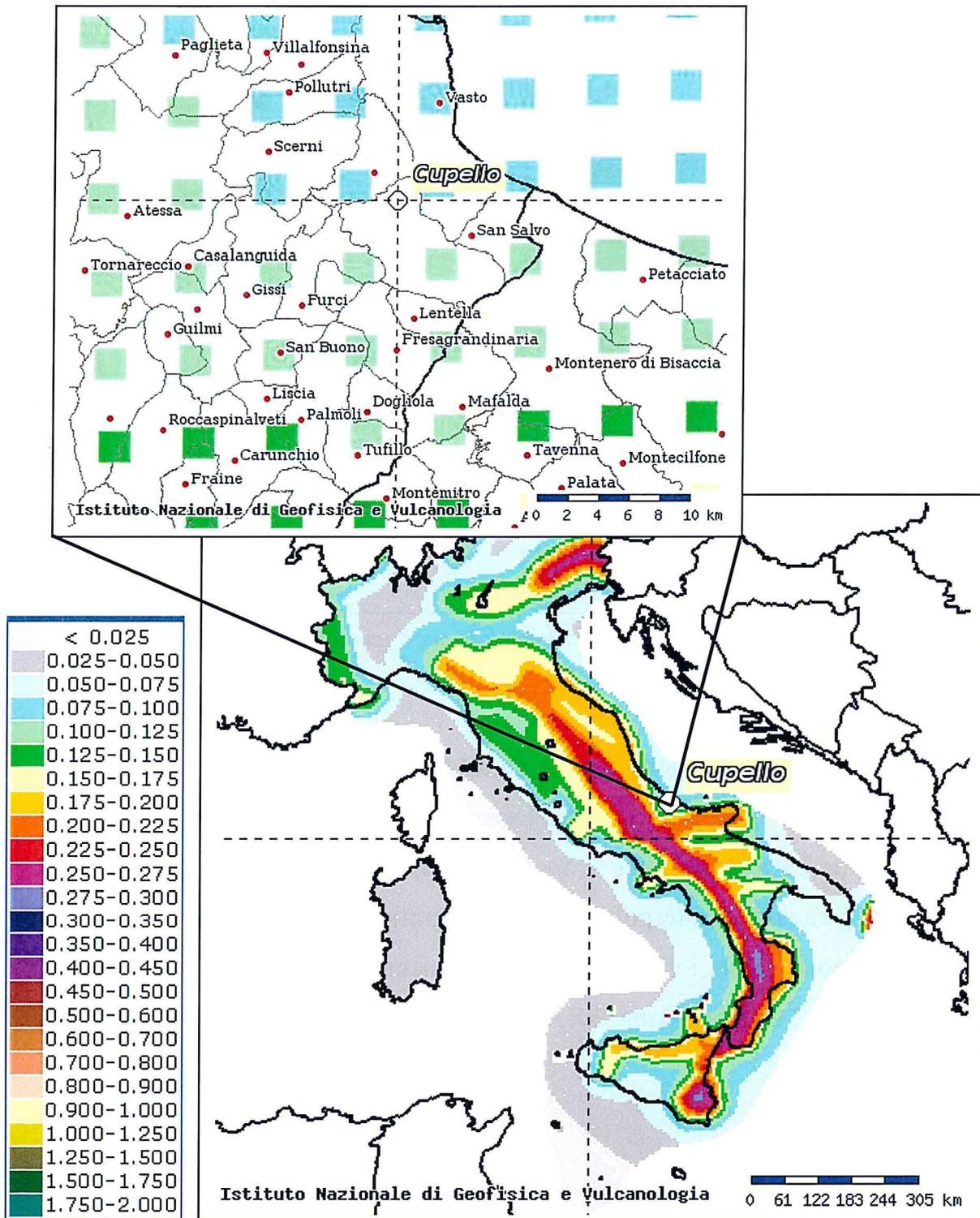


Fig. 12: Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s) (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

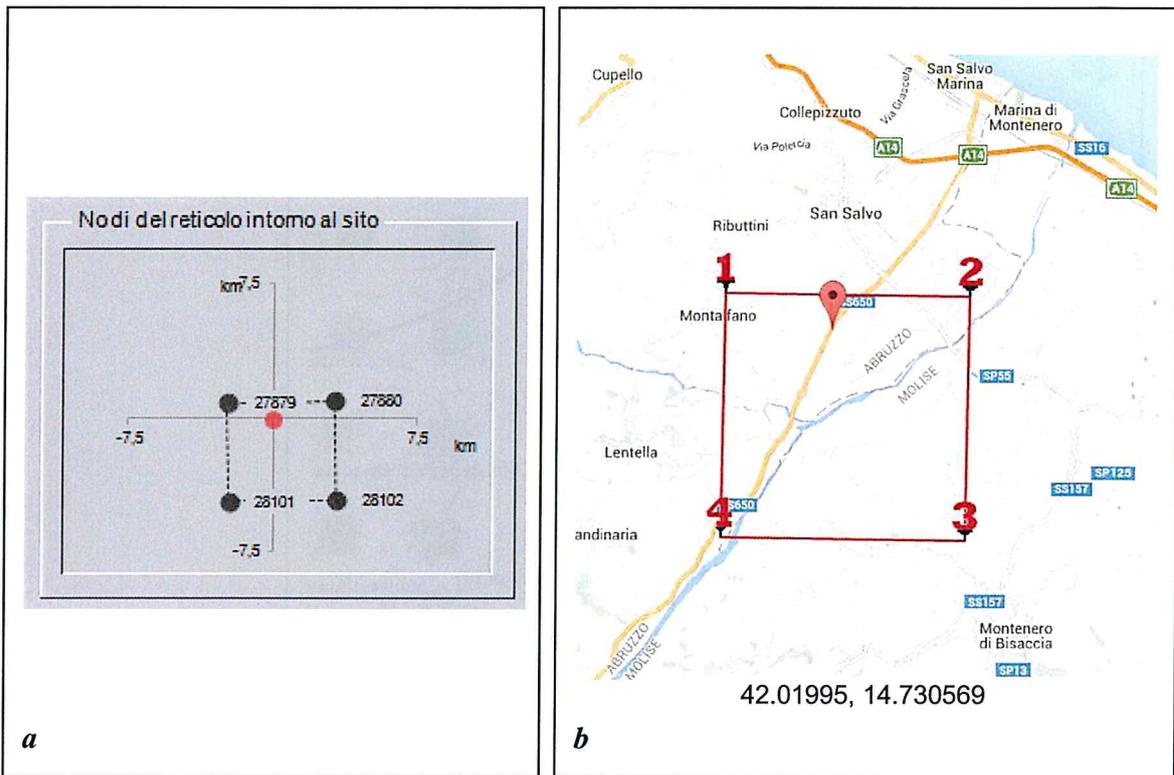


Fig. 13: I quattro vertici della maglia elementare per il punto in esame, a) Spettri NTC ver. 1.0.3, b) Geostru PS

Per facilitare le operazioni di valutazione puntuale della pericolosità sismica, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mette a disposizione un programma (*Azioni sismiche - Spettri di risposta ver. 1.0.3*) che effettua tutte le operazioni di interpolazione sia geografica che temporale.

Nel nostro caso, i valori dei parametri sismici per un punto dell'area in esame (lat. 42.019950 - long. 14.730569) sono riassunti in *tabella 4*.



Fig. 14: La posizione del punto considerato (da Google Maps)

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,039	2,500	0,293
50	0,048	2,520	0,335
72	0,055	2,585	0,352
101	0,061	2,627	0,367
140	0,069	2,586	0,410
201	0,078	2,588	0,424
475	0,107	2,596	0,444
975	0,131	2,693	0,458
2475	0,168	2,759	0,525

Tabella 4: Valori dei parametri a_g , F_o e T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (elaborazioni eseguite con "Spettri NTC ver. 1.0.3")

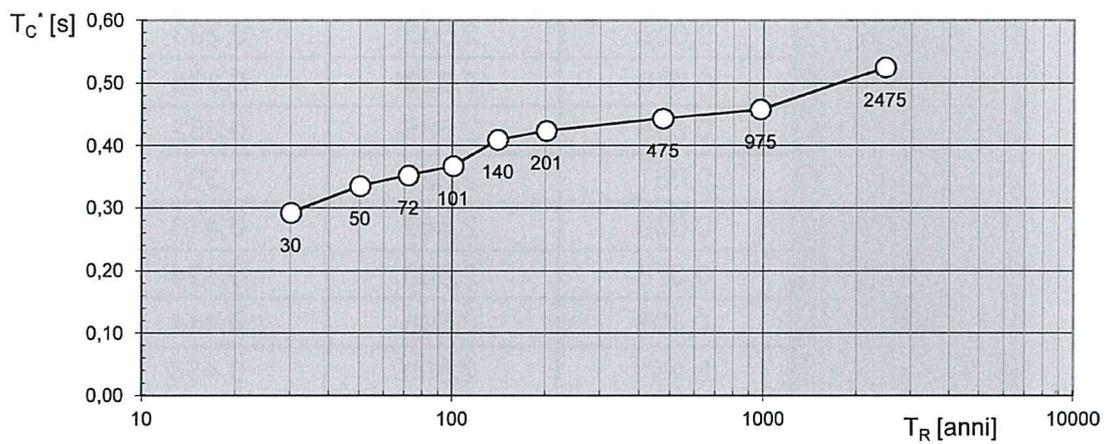
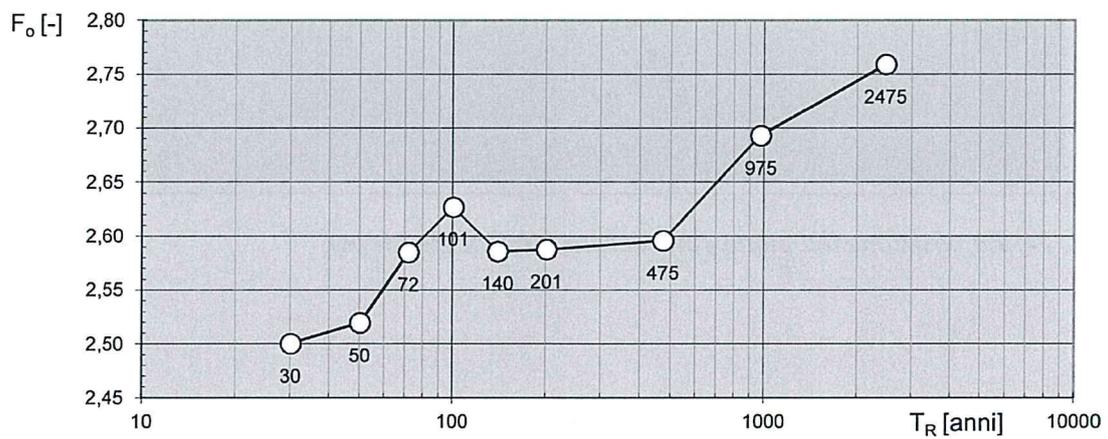
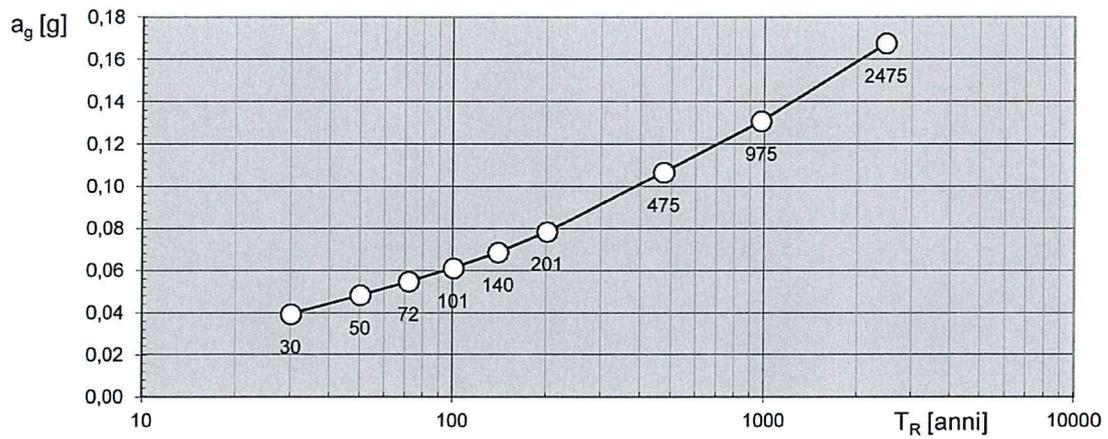
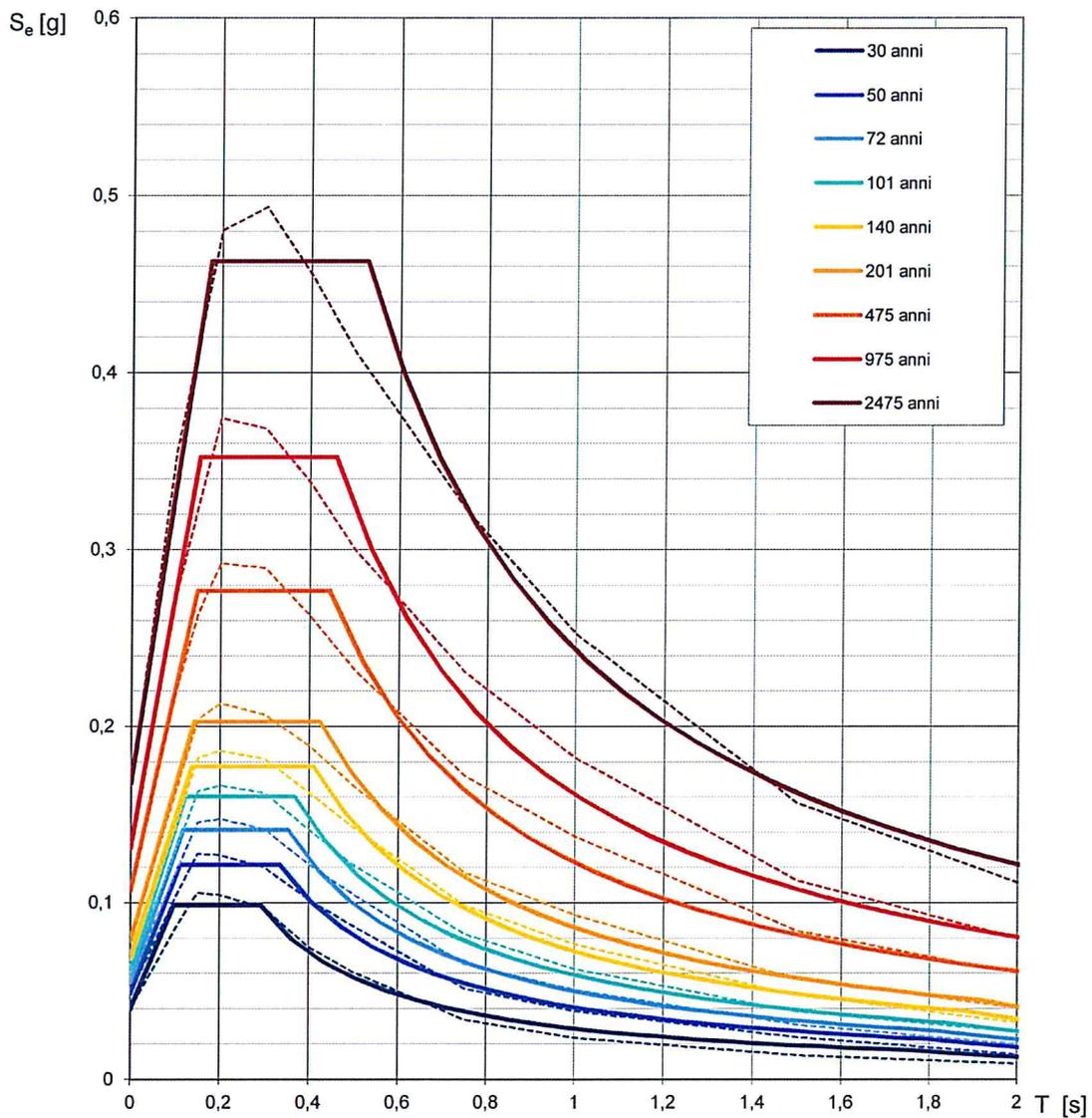


Fig. 15: Valori dei parametri a_g , F_o e T_C^* - variabilità col periodo di ritorno T_R (elaborazioni eseguite con "Spettri NTC ver. 1.0.3")



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 16: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento (elaborazioni eseguite con "Spettri NTC ver. 1.0.3")

Analoghi calcoli, ad ogni modo, possono essere condotti con altri programmi mentre la scelta i valori di progetto dei parametri a_g , F_0 e T^*_C , chiaramente, sarà eseguita in base alla classe d'uso dell'opera ed allo stato limite scelto.

Per la definizione dell'azione sismica nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) è prevista la caratterizzazione del suolo di fondazione attraverso dei profili stratigrafici di riferimento in funzione della velocità delle onde S e con la definizione del parametro specifico V_{S30} , ovvero la velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità calcolata secondo la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i/V_{s,i}} \quad [m/s]$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, quindi, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante opportune prove. La valutazione del V_{S30} è comunque connesso ad un approccio semplificato che si basa, come si accennava in precedenza, sull'individuazione di profili stratigrafici di riferimento (categorie di sottosuolo) nei quali si fa riferimento anche alle caratteristiche litotecniche dei terreni:

A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.

B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ o $Cu_{,30} > 250$ kPa).

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ o $70 < Cu_{,30} < 250$ kPa).

D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ o $Cu_{,30} < 70$ kPa).

E - *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D* per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Le categorie di sottosuolo S1 ed S2 rendono necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, in particolare nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Nella normativa, infine, nella definizione dell'azione sismica vengono valutate anche le condizioni morfologiche locali attraverso la definizione di quattro categorie topografiche:

T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;

T2 - Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;

T3 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;

T4 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$;

Ad ogni modo, per la definizione dell'azione sismica, è sempre opportuno eseguire una specifica indagine geofisica in quanto, la natura e la geometria delle alternanze litologiche del sottosuolo e la presenza di discontinuità negli orizzonti può dare luogo, in caso di eventi sismici, ad amplificazioni sismiche locali.

V - NOTE CONCLUSIVE

Al termine di questo lavoro possiamo riassumere gli aspetti principali emersi nello studio eseguito e le relative conclusioni a cui si è giunti nelle sue diverse fasi.

Per la realizzazione di un impianto idroelettrico è stato eseguito uno studio preliminare per definire i caratteri geologici e geomorfologici generali della zona.

L'area interessata dal progetto è situata in località Colle Gessaro, nella parte sud-orientale del territorio comunale, alla sinistra del fiume Trigno, lungo il versante che degrada verso la piana che costeggia il fiume. La topografia dell'area appare caratterizzata da un'alternanza di tratti a diversa pendenza lungo la pendice mentre, nella piana alluvionale, si rileva in genere solo una modesta acclività in direzione del corso d'acqua. Nel tratto tra Colle Gessaro e la Fondovalle Trigno, in particolare, si registra un incremento di acclività e viene perimetrata un'area a pericolosità da frana elevata per la presenza di soliflussi attivi (soliflusso/deformazione viscosa del suolo).

La geologia della zona appare piuttosto articolata con affioramenti che vanno, da sud-ovest verso nord-est, dalle argille varicolori ai termini calcareo-marnosi del flysch di Tufillo ed all'unità clastico-evaporitica (unità del Fiume Treste del Cretaceo sup.-Messiniano), fino ai termini plio-pleistocenici con l'Associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano. Al tetto di queste unità, inoltre, troviamo depositi di ambienti di transizione dal marino al continentale o prettamente continentali come le alluvioni fluviali e coltri eluvio-colluviali.

Ad ogni modo, in fase esecutiva, si realizzeranno le opportune indagini e verifiche per una giusta definizione dell'intervento di progetto e,

inoltre, si ricorda che l'acqua determina un decremento delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, per cui è necessario limitarne quanto più possibile la circolazione e la percolazione.

Dott. Geol. Concezio E. Rossi



AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI

Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore

PROGETTO DI PIANO STRALCIO

PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME TRIGNO

TAVOLE
Scala
1:25000

CARTA DELLA PERICOLOSITA'
DA FRANA E DA VALANGA

avvento di variante

LEGENDA

PERICOLOSITA' DA FRANA E DA VALANGA

Pericolosità moderata

Pericolosità elevata

Pericolosità estremamente elevata

Confine comunale

Limite di bacino

