

Studio di geologia tecnica
Ignazio Luciano Mancini
Geologo
Via T. Fiore, 14 – 70056 Molfetta (Ba)
Telefax 080 3346819 - email: imancini@libero.it

OGGETTO

**Piano di Lottizzazione
del Comparto C3
Ruvo di Puglia (BA)
F°16 p.lle 1315-1317-1320-1214
-1316-1318-1319-1235-1257-1266-1239-1259-1243**

DENOMINAZIONE

**Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e geotecnica**

COMMITTENTE

Sigg.ri Paolo e Enzo Cummella – Impresa Visicchio srl

DATA

giugno 2019

geol. 53/2019

geologo

geol. Ignazio L Mancini

progettisti

arch . Roberto Ruta

arch. Giovanni Berio



Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dai lottizzanti è stato redatto il seguente studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico generale sui terreni interessati dalla lottizzazione del Comparto C3 a Ruvo di Puglia (BA).

Il presente studio è stato redatto sia in conformità al D.M. 11/03/1988 e successive variazioni e modificazioni e risponde ai requisiti di cui al **DM 17.01.2018** recante Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche di cui al Testo Unico sulle Costruzioni.

L'area ricade nella tav. **III NW "Ruvo di Puglia"** del F° **177** della Carta Topografica d'Italia ed è posta ad una quota media di + **250.00 m. s.l.m.**

Il comparto C3 è compreso tra via Sandro Pertini, via Vincenzo Lorusso e vico 1° Taccone Mons. Andrea, è ubicata nella zona nord-ovest rispetto al centro abitato del Comune di Ruvo a circa 13 km dal mare.

Il comparto C3, avente dimensioni di circa 4.000 mq, sarà suddiviso in tre lotti:

- LOTTI 1-2: Viene realizzata una costruzione avente dimensione in pianta di 31.20 m x 9.50 m per un'altezza di 10 m;
- LOTTO 3: Viene realizzata una costruzione avente dimensioni di 20.45 m x 27.70 m per un'altezza di 12 m;
- LOTTO 4: Viene realizzata una costruzione avente dimensione in pianta di 15 m x 28.50 m per un'altezza di 12m.

Il presente studio riveste un carattere generale; per ogni singolo "manufatto" andranno eseguite indagini di tipo diretto ed indiretto per l'approfondimento delle conoscenze geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni.

Si riportano inoltre le risultanze di indagini geofisiche del tipo microsismico a rifrazione e MASW condotta da chi scrive nel sito in esame.

Il sottoscritto ha curato insieme alla Dott.ssa Mariateresa Mastropirro la parte geologica del PRG del comune di Ruvo di Puglia.

Considerando i parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni, viene indicata la tipologia fondale più idonea, anche in relazione alle condizioni di massima sollecitazione trasmesse allo scrivente dai Progettisti.

Le infrastrutture di cui all'oggetto si inseriranno in un contesto paesaggistico - ambientale non assoggettato dal vincolo paesaggistico e idrogeologico e né tanto meno rientrano nelle aree a rischio esondazione di cui all'approvato PAI, per cui la costruzione dei manufatti di cui all'oggetto non creerà interferenze negative con l'ambiente circostante e né implementa situazioni di rischio.

Il Comune di Ruvo di Puglia con Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 è stato classificato come zona sismica di bassa categoria ($Z = 3$) per cui particolare attenzione è stata rivolta anche a tale aspetto.

Per le finalità di cui all'oggetto sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nel sito in epigrafe con raccolta dati e rilevamento geologico di dettaglio, inoltre sono state visionate le foto aeree della zona.

1. Riferimenti Normativi e Legislazione

Il presente studio è stato redatto in conformità al **D.M. 11/03/1988** *“Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la programmazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre ed opere di fondazione”* e successive variazioni e modificazioni. In riferimento al comma H.1 *“Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree”* al punto a) si riporta *“Nuovi insediamenti Urbani o Civili o Industriali”*. In particolare gli studi geologici e geotecnici devono accertare le condizioni di stabilità dei pendii, i possibili fenomeni di subsidenza prodotti da modifiche del regime delle acque superficiali e profonde nonché alla caratterizzazione del territorio, per la ricerca dei parametri di progetto in accordo con quanto previsto dalle Norme Sismiche.

Inoltre lo studio è conforme alla **L. 64/74**, in cui all' art. 13 (*Parere delle sezioni a competenza statale degli uffici del genio civile sugli strumenti urbanistici*) si riporta: *“Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui al titolo II della presente legge e quelli di cui al precedente art. 2, devono richiedere il parere delle sezioni a competenza statale del competente ufficio del genio civile sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio”*.

Infine risponde anche a quanto dettato dal **DPR 6 giugno 2001 n. 380**, in cui all'art. 89 è riportato: *“Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all'art. 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio”*.

2. Ubicazione dell'area

Il comparto C3 è compreso tra via Sandro Pertini, via Vincenzo Lorusso e vico 1° Taccone Mons. Andrea, è ubicata nella zona nord-ovest rispetto al centro abitato del Comune di Ruvo a circa 13 km dal mare.

Il comparto C3, avente dimensioni di circa 4.000 mq, sarà suddiviso in tre lotti:

- LOTTI 1-2: Viene realizzata una costruzione avente dimensione in pianta di 31.20 m x 9.50 m per un'altezza di 10 m;
- LOTTO 3: Viene realizzata una costruzione avente dimensioni di 20.45 m x 27.70 m per un'altezza di 12 m;
- LOTTO 4: Viene realizzata una costruzione avente dimensione in pianta di 15 m x 28.50 m per un'altezza di 12m.

Catastalmente il Comparto C3 è inserito nel F°16 p.lle 1315-1317-1320-1214-1316-1318-1319-1235-1257-1266-1239-1259-1243 dei terreni di Ruvo di Puglia.

Nelle figure si riporta:

- TAV. 01 - stralcio CTR;
- TAV. 02 - stralcio della TAV di PRGC con individuazione del comparto C3;
- TAV. 03 – stralcio catastale;
- TAV. 04 - stralcio contesto urbano.

Come inquadramento, il Comparto 3 è caratterizzato dalle seguenti coordinate UTM:

- 624108.00.00 m. Est;
- 4553589.00 m. Nord.

Nella figura che segue si riporta l'ortofoto con l'individuazione Comparto C3 a Ruvo di Puglia (BA).



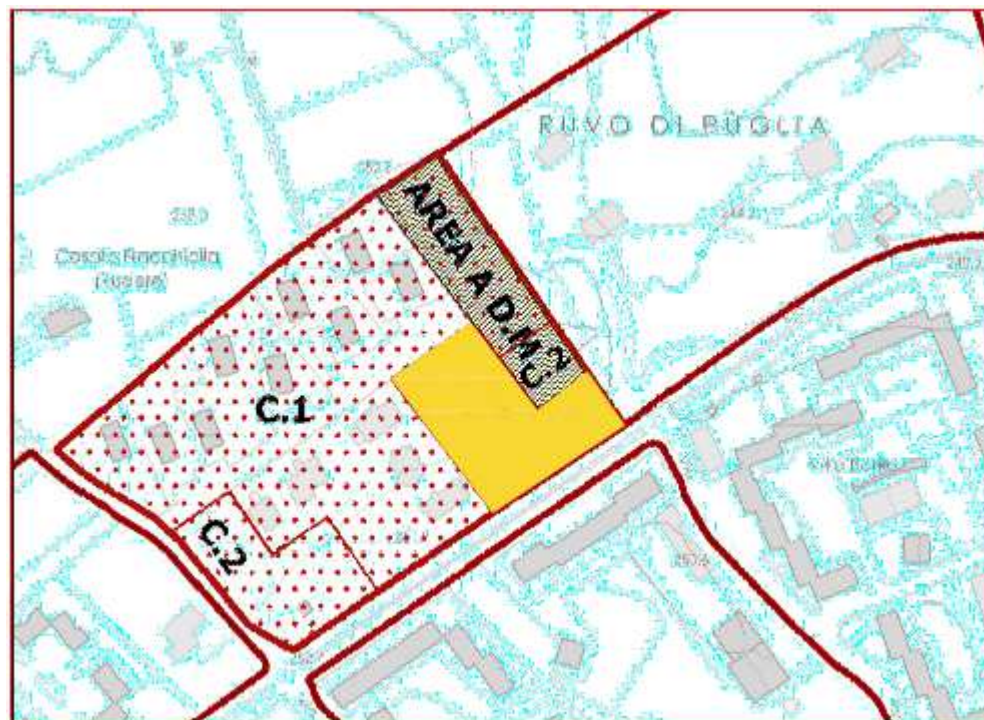
Ortofoto



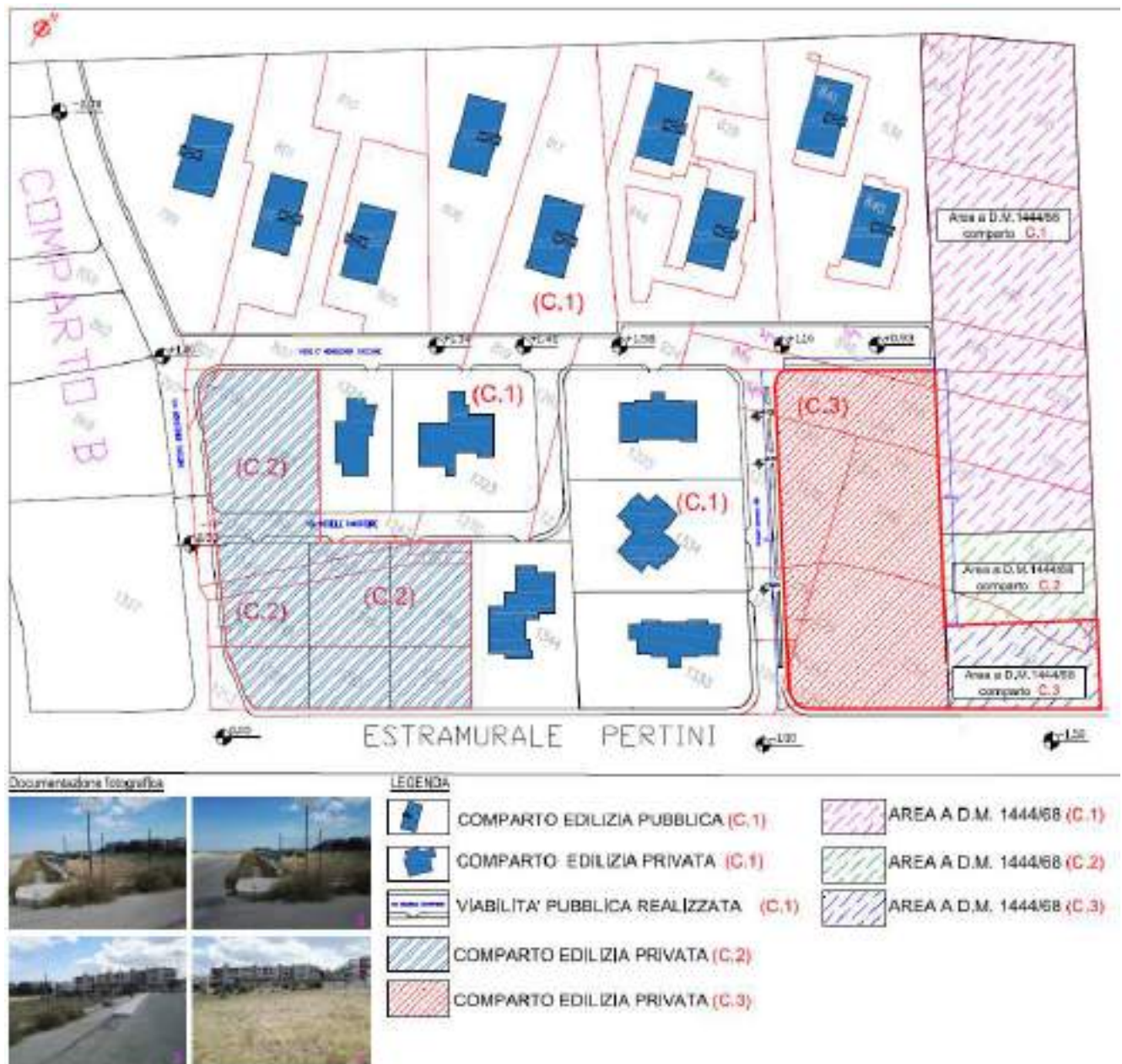
Tav. 01 : stralcio CTR



TAV. 02: stralcio di PRGC



TAV. 03: stralcio catastale



TAV. 04: contesto urbano

3. Caratteri geomorfologici

Il territorio indagato ricade nella bassa-media Murgia e costituisce l'estrema propaggine che pian piano si raccorda alla fascia costiera. Si configura allungato in direzione NE-SW, dai contorni piuttosto irregolari. La morfologia, nel complesso piuttosto semplice, diventa più articolata man mano che si passa dalle porzioni interessanti il centro abitato verso W-NW, al confine con il territorio di paesi vicini. Quasi ovunque affiorano strati di rocce calcaree e calcareo-dolomitiche del Cretaceo a giacitura, ove debolmente inclinata ove suborizzontale, per ampi tratti sottostanti una modesta copertura di terreno agrario e/o colluviale di natura bolosa; altrove le rocce calcaree sono ricoperte da esigui lembi di calcareniti e/o di sabbie limose di età quaternaria. Tali sedimenti non affiorano nell'area indagata.

Gli accumuli bolosi, a luoghi esigui e a luoghi copiosi, determinati dal trasporto alluvionale delle acque di precipitazione ruscellanti o incanalate, obliterano in molti casi la reale configurazione morfologica del substrato ed in particolare tendono ad "addolcire" le zone depresse. Tali zone si situano nelle porzioni di territorio subpianeggianti che contornano terreni in pendio o in corrispondenza dei principali solchi erosivi. La rete idrografica, attiva solo in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi, è piuttosto sviluppata. Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, alla mancanza di falde superficiali, come dimostrato dalla assenza di sorgenti perenni e temporanee, fa riscontro l'esistenza di una falda carsica profonda, molto estesa, in movimento verso mare e confinata a profondità di un paio di centinaia di metri al di sotto del livello del mare come testimoniato dalle stratigrafie dei pozzi per acqua perforati in zona.

3.1 Inquadramento geologico

3.1.1 Morfologia

L'area esaminata ricade sul versante adriatico del rilievo murgiano, che mostra, anche localmente, il suo aspetto tipico di tavolato a vasti ripiani allungati parallelamente al mare raccordati tra loro da scarpate corrispondenti ad antiche linee di costa, impostate per tratti su strutture tettoniche preesistenti (faglie a debole rigetto o flessure). Limitatamente al territorio indagato, ricadente nel territorio del Comune di Ruvo, i vari ripiani presentano deboli ondulazioni e nel complesso una direzione SW con inclinazione leggera verso NE. L'attuale forma a ripiani rappresenta l'effetto di un terrazzamento marino di età tardo-quaternaria, successivamente modellato dall'erosione, legato al graduale ritiro del mare verso l'attuale linea di costa. Una corrispondenza tettonico-morfologica, più o meno evidente, può essere osservata tra blande sinclinali a direzione prevalente NW-SE e depressioni vallive. Una caratteristica morfologica di rilievo è costituita da numerosi

solchi erosivi (le lame) che scorrono in direzione sud-nord verso costa, incidendo, a tratti anche profondamente, il tavolato calcareo e, laddove presente, la copertura quaternaria. Le "lame" generalmente si presentano asciutte; solo a seguito di copiose precipitazioni esse convogliano, per brevi periodi, notevoli quantità di acqua. Quindi, nel complesso i caratteri morfologici collegati alla natura carbonatica delle rocce affioranti sono quelli tipici delle zone carsiche, con un reticolo idrografico pressoché assente ed una idrografia sotterranea molto sviluppata per la presenza di una fitta rete di fratture e di cavità, a luoghi riempite di terra rossa.

3.2 Schema geologico generale

Nella maggior parte dell'area del foglio geologico "Bari", interessanti il Comune di Ruvo e quelli limitrofi, affiorano termini del gruppo dei Calcari delle Murge, rocce essenzialmente calcaree e calcareo-dolomitiche.

Su di essi, in talune aree, poggiano in trasgressione terreni limoso-sabbioso-argillosi (Depositi marini terrazzati) di età quaternaria; terre rossastre frammiste a ciottoli, di origine alluvionale o colluviale, si rinvencono sul fondo delle principali depressioni (Depositi alluvionali).

Gli strati calcarei formano una struttura a pieghe blande, con assi a direzione prevalente EW o NW-SE, attraversate da faglie dirette a modesto rigetto. I depositi della copertura plio-pleistocenica mostrano assetto tabulare o leggere inclinazioni verso l'attuale linea di costa.

3.3 Stratigrafia

In questo paragrafo vengono descritti i caratteri litostratigrafici, sedimentologici e strutturali delle unità affioranti, secondo quanto raccolto dalla campagna d'indagini e secondo quanto è stato possibile osservare in corrispondenza di tagli naturali e/o artificiali.

3.4 Calcare di Bari

Tale formazione si presenta nell' area indagata. Le migliori esposizioni si osservano in corrispondenza dei solchi erosivi, sui cui fianchi gli strati calcarei affiorano per tratti continui dello spessore di qualche decina di metri, ed in prossimità di scavi artificiali, in aree limitrofe al lotto d'interesse.

Il "Calcare di Bari" è costituito in prevalenza da calcari organogeni, disposti in strati spessi ed in banchi; subordinatamente si rinvencono calcari a grana fine, grigi o rosati, e calcari granulari bianchi o avana chiaro, a luoghi laminati, in strati e banchi dello spessore variabile da qualche centimetro al metro. In talune aree si riscontrano calcari

sottilmente laminati, dal caratteristico aspetto a lastre (“chiancarelle”). La roccia, sia se prevalentemente calcarea o dolomitica, è di norma molto tenace e compatta. A luoghi i calcari, alla scala del campione, sono interessati da cavità cilindriche, probabilmente da ascrivere all'attività di organismi limivori, all'atto della sedimentazione.

La successione affiorante nell'area considerata, nell'ambito della serie dei calcari delle Murge, si colloca nella parte alta, di età Cenomaniana, del Calcere di Bari, in corrispondenza di un caratteristico "livello guida".

Per tali terreni l'originaria struttura sedimentaria, costituita da strati a giacitura generalmente suborizzontale, si presenta frequentemente interrotta da soluzioni di continuità rappresentate da superfici di fratturazione variamente orientate.

Queste unitamente ai giunti di strato e a superfici di laminazione tettonica, suddividono l'ammasso roccioso in molteplici poliedri di dimensioni variabili, conferendogli un aspetto disarticolato e discontinuo. La roccia calcarea risulta affetta da un carsismo policiclico, a luoghi molto evoluto e maturo che ha demolito ingenti volumi di roccia calcarea, producendo tra l'altro, depositi di *terre rosse* diffuse e/o concentrate. In questo caso la roccia risulta essere fortemente alterata e fratturata. Si riporta un'immagine relativa a degli scavi realizzati nelle vicinanze.

Dagli evidenti caratteri di anisotropia dell'ammasso roccioso è importante rilevare quelli della permeabilità secondaria e cioè come i giunti di fratturazione della fascia superficiale comportano valori di alcuni ordini superiori a quelli della permeabilità verticale. Tale circostanza, unitamente a quella specifica di bassa inclinazione degli strati, condiziona i percorsi delle acque di infiltrazione dalla superficie topografica. Ne risulta che anche i fenomeni del carsismo superficiale, evidenziano una specifica evoluzione lungo i giunti di strato con azione erosiva che contribuisce ad assegnare ai calcari carsificati (almeno per quelli che si intercettano per i primi 10 ml. di profondità) uno specifico comportamento anisotropo anche in termini di andamento sforzi-deformazioni. L'aspetto della roccia, a seguito del processo carsico subito, può presentarsi vacuolare, con diffuse caviature e a luoghi può risultare compresa in una matrice di terra rossa mista a ghiaietto. Dal punto di vista tettonico, la zona in studio è caratterizzata da strati e banchi disposti in ampie pieghe che si susseguono a configurazione sinclinalica con ampio raggio di curvatura. I calcari ed i calcari dolomitici, pur mantenendo costanti le loro caratteristiche fisiche e geometriche, possono assumere, localmente, configurazioni anomale, sia a motivo del grado e dell'intensità dei fenomeni plicativi e disgiuntivi, sia a motivo del fenomeno carsico sviluppatosi in seno all'ammasso roccioso. La roccia, che là dove integra si caratterizza per elevati valori di resistenza meccanica e geostatica può, viceversa, assumere aspetto terroso, clastico, con notevoli discontinuità nelle porzioni

- carta idrogeomorfologica;
- sezione schematica e colonna litostratigrafica.



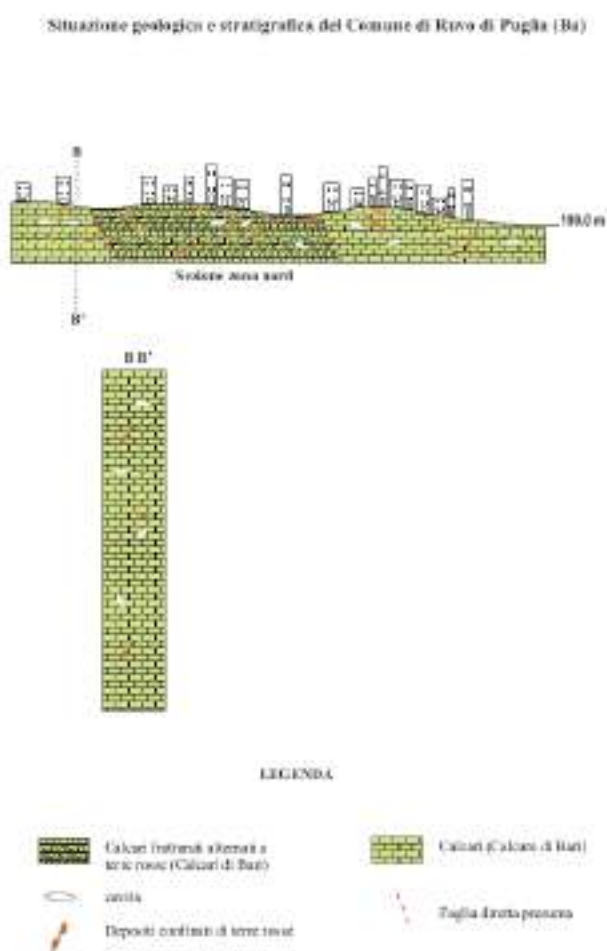
LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

	Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
	Unità a prevalente componente argillosa
	Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
	Unità a prevalente componente arenitica
	Unità a prevalente componente ruditica
	Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
	Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
	Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
	Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

TAV.05 :Stralcio della carta idrogeomorfologica e relativa legenda



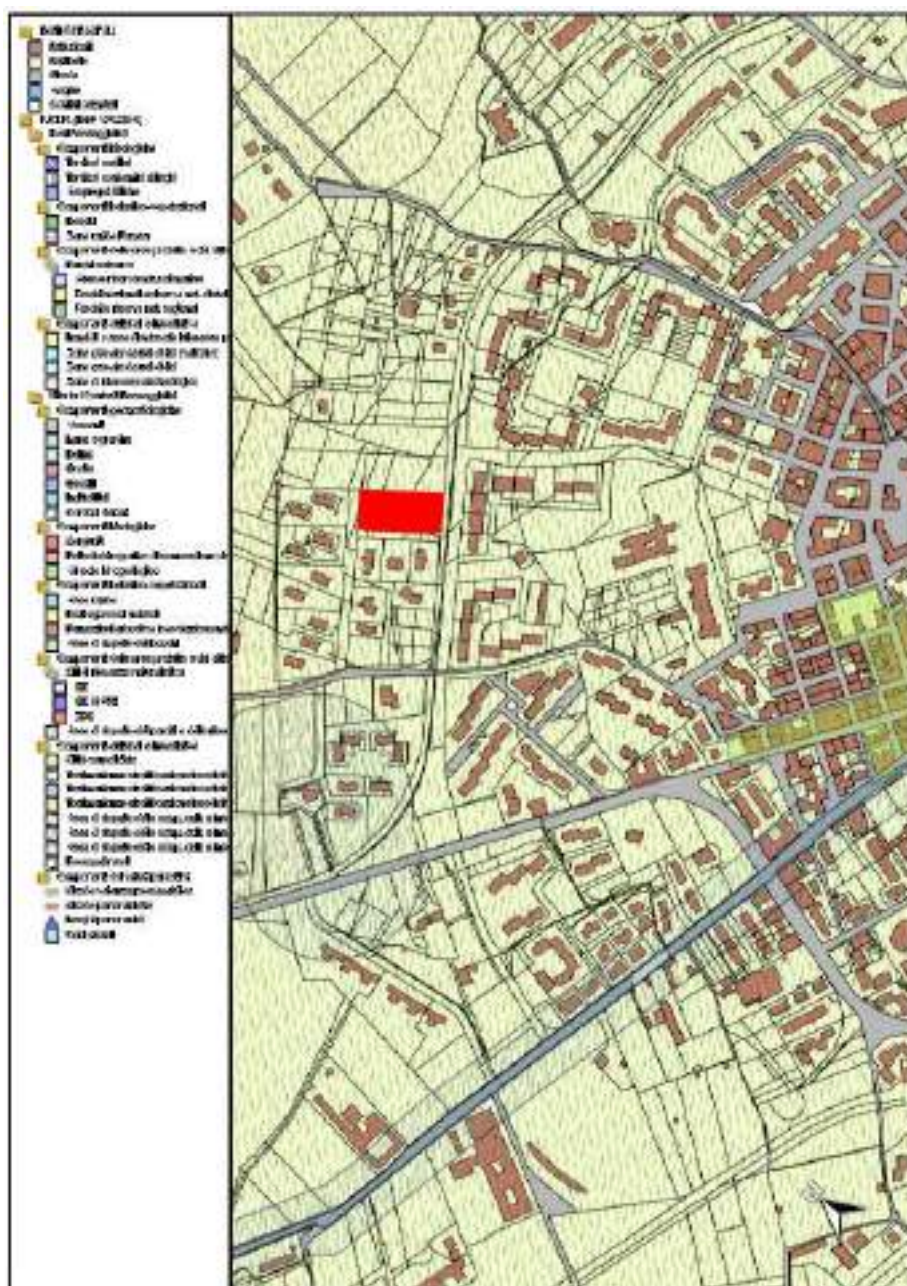
TAV. 06: Sezione schematica e colonna litostratigrafica

4. Rapporti con gli strumenti programmatori e di pianificazione

PPTR

Per quanto riguarda il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) adottato dalla Giunta Regionale con delibera n. 1435 dello 02/08/2013 con il nuovo testo delle NTA con modifiche introdotte dalla DGR n. 2022 del 29/10/2013, regolarmente approvato e pubblicato sul B.U.R.P. n°40 del 23/03/2015, il comparto C3 a Ruvo di Puglia, non rientra nelle perimetrazioni dello stesso piano.

Nella Tav. 7, si riporta lo stralcio di PPTR dalla quale si evince l'estraneità del sito in oggetto da qualsiasi vincolo.



TAV. 07 : Stralcio PPTR

PAI

Per quel che riguarda il Piano di Bacino Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, adottato in data 15.12.2004 dalla Regione Puglia e regolarmente approvato, a cui sono seguite nell'aprile del 2009 le nuove perimetrazioni delle aree sondabili, il Comparto C3 nell'agro di Ruvo di Puglia non rientra in nessuna di queste perimetrazioni. Nella Tav. 08 che segue si riporta uno stralcio della cartografia del PAI, da dove si evince il rischio di allagamento.



TAV: 08: Stralcio PAI

L'area non è interessata nemmeno dalla presenza di "corsi d'acqua" di cui al reticolo idrografico elaborato dall'A.d.B. Puglia.

In merito a quanto sopra scritto qui di seguito si riporta lo stralcio del reticolo idrografico (TAV.09).



TAV. 09: Stralcio reticolo idrografico

L'intervento, in definitiva, risulta congruente con la normativa e la pianificazione in essere. A parere di chi scrive non si riavvisa limitazione alcuna per la realizzazione del progetto in epigrafe e **né sussistono rischi idraulici, idrogeologici e tettonici che possano mettere a rischio l'incolumità di cose e persone.**

5. Indagini

5.1 Rilievo geologico di dettaglio

Nell'area di interesse sono stati effettuati numerosi sopralluoghi per meglio comprendere la situazione geomorfologica esistente.

Nell'area è possibile osservare in affioramento strati e banchi calcarei ben visibili. La zona è caratterizzata da un esiguo spessore di terreno vegetale di copertura e stante la suborizzontalità presentata dagli strati calcarei, di frequente si osservano le facce di strato dell'ammasso carbonatico.

Gli strati calcarei hanno direzione N50E ed immersione a SW di pochi gradi. Sul terreno si osservano due sistemi principali di fratturazione, subverticali e circa ortogonali; il principale ha direzione NS ed il secondo EW.

5.2 Indagini geofisiche

5.2.1 Indagine sismica

Il DM 17.01.2018 prevede la modellazione geologica di sito, mediante l'esecuzione di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto, al fine di caratterizzare il sottosuolo investigato.

Inoltre, è prevista la caratterizzazione sismica del sito attraverso la determinazione della categoria di sottosuolo. Nell'ambito dello studio in oggetto, al fine di ottemperare alla normativa sopra citata è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche di tipo indiretto ed in particolar modo sismico per poter definire un modello sismo-litologico del sottosuolo.

Sono stati condotti stendimenti sismici a rifrazione e stendimenti sismici di tipo MASW, in modo da poter ricavare modelli geo-sismici, associabili a modelli geo-litologici, caratterizzare da un punto di vista sismico i litotipi investigati e determinare le caratteristiche dinamiche degli stessi, mediante la stima dei relativi moduli elastici.

Lo studio, come da piano di indagine, ha seguito il seguente sviluppo:

- n°1 prospezione di sismica a rifrazione in onde P (REF01).
- n°1 prospezione Multichannel analysis of Surface Waves (MASW01)
- Elaborazione dei dati raccolti.

Lo scopo dell'indagine, oltre alla stima del parametro V_{seq} caratteristico dell'area, ovvero la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio negli strati con $V_s < 800$ m/s (strati sovrastanti il bedrock sismico), così come previsto da:

□ Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni - **Decreto Min. Infrastrutture 17/01/2018** (Cap. 3.2.2 Categorie di sottosuolo).

□ **Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009, n. 617 C.S.I.L.L.PP.** (Suppl.Ord. alla G.U. 26.2.2009, n. 47 – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*)

è quello di offrire un contributo all'implementazione di un modello geologico - geotecnico dell'area di indagine.

Mediante l'indagine di sismica a rifrazione in onde P si è potuto caratterizzare la stratigrafia sismica del sottosuolo in termini di spessori e velocità sismiche in onde P (V_p). Inoltre attraverso relazioni (cfr. 6.4) tra valori di V_p (sismica a rifrazione) e V_s (MASW) è stato inoltre possibile ottenere una stima dei moduli dinamici caratterizzanti i litotipi oggetto di studio.

Le indagini sono state condotte seguendo linee guida nazionali ed internazionali:

- **Linee guida per indagini geofisiche A.S.G** (Associazione Società di Geofisica)
- **ASTM D 5777 - 95** (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

L'ubicazione delle indagini geofisiche eseguite sono riportate nella TAV. 10



TAV.10: Ubicazione indagini

Le indagini di sismica a rifrazione permettono la ricostruzione delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici mediante correlazioni tra i valori di V_p e V_s ed i suddetti parametri. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche.

Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori verticali sensibili al del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere per la generazione di onde P, una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. L'indagini di sismica a rifrazione si basa sulla determinazione dei primi arrivi (First Break Picking) i quali sottoposti ad un apposito algoritmo di inversione, permette di ricostruire la distribuzione bidimensionale delle velocità sismiche.

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza (cf -f), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si

deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione.

Lo stendi mento sismico è stato realizzato utilizzando 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica pari a 2.0 m. L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica: 1.5 m
- n° 4/9 *shot* per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di *stacking* in fase di processing per ottimizzare il rapporto *signal/noise*.
- tempo di acquisizione: 2.0 s
- intervallo di campionamento 0.256 μ s.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismostratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*) rispetto al profilo, vengono disposti ai suoi estremi (end) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). In questa occasione sono stati utilizzati 6 *shot points*.

- 2 *end-shots* posti rispettivamente a -1.5 e +36.0 m rispetto al geofono 1.
- 4 intermedi.

I dati sismici sono stati acquisiti utilizzando un numero di *shots* piuttosto elevato contribuendo ad incrementare la capacità risolutiva del metodo.

Si riportano le caratteristiche spazio-temporali relative all'acquisizione MASW eseguita:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica di 1.5 m per complessivi 24.5 m di rilievo
- n° 2 punti di energizzazione distanti -1.5 m dal 1° geofono (S1), 1.5 m (S6) dall'ultimo geofono
- n° 4/8 *shot* per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di *stacking* in fase di processing per ottimizzare il rapporto *signal/noise*.
- tempo di acquisizione: 2.0 s
- intervallo di campionamento 0.256 μ s.

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione in onda P è stato condotto mediante il Software *RAYFRAC* (*Intelligent Resources Inc.*, Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che SH, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, in funzione delle modalità di acquisizione, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM, capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione.

Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

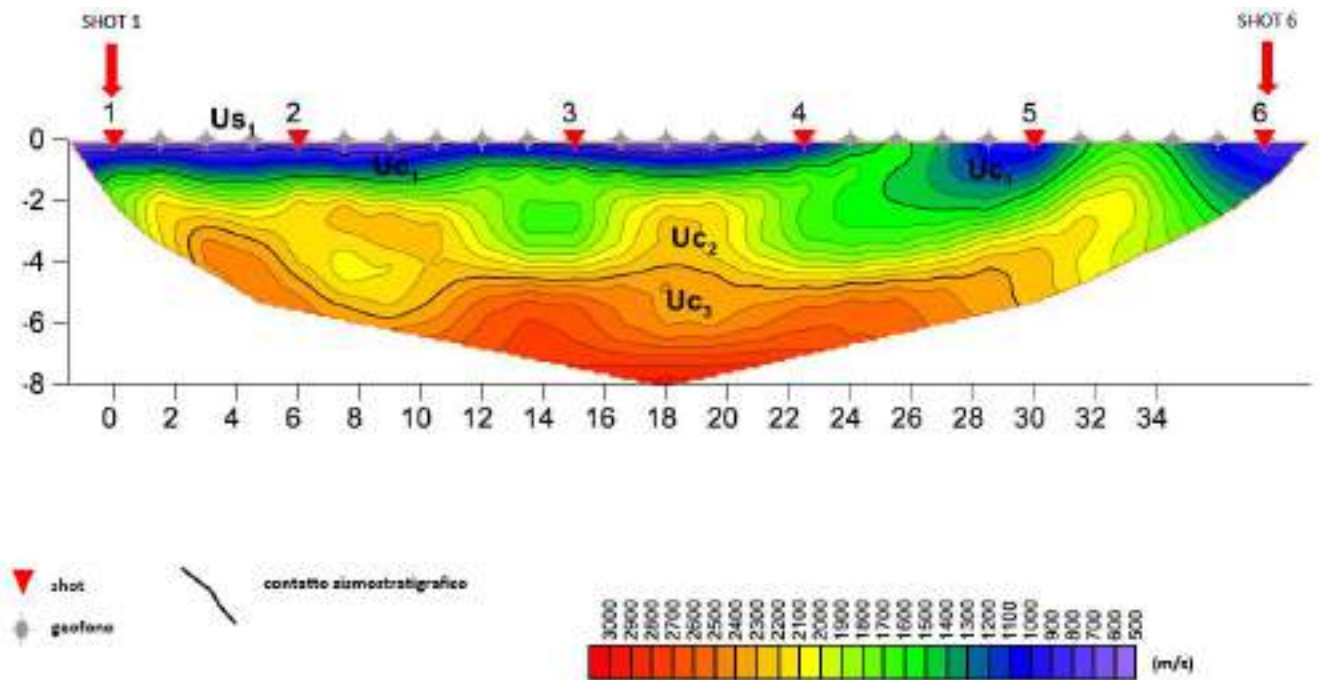
La tomografia sismica (vedi TAV. 11) suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso da 4 unità sismostratigrafiche di base:

Us₁ è presente da p.c. attestandosi ad una profondità massima di 0.5m di profondità con Vp mediamente comprese tra i 500 m/s e 700 m/s.

Segue l'unità **Uc₁**, che presenta uno spessore compreso tra 1.0÷2.3 m, caratterizzata da Vp medie variabili tra 1000÷1250 m/s, tale unità risulta affiorante in superficie tra le progressive x=11÷14m, x=27÷30m ed x=34÷37.5m.

Continuando in profondità è presente l'unità **Uc₂** la quale presenta uno spessore compreso tra 1.5÷4.0 m e Vp medie variabili tra 1700÷2200 m/s, anche questa sub-unità ha il top affiorante in superficie tra le progressive x=25÷26m ed x=32÷34m.

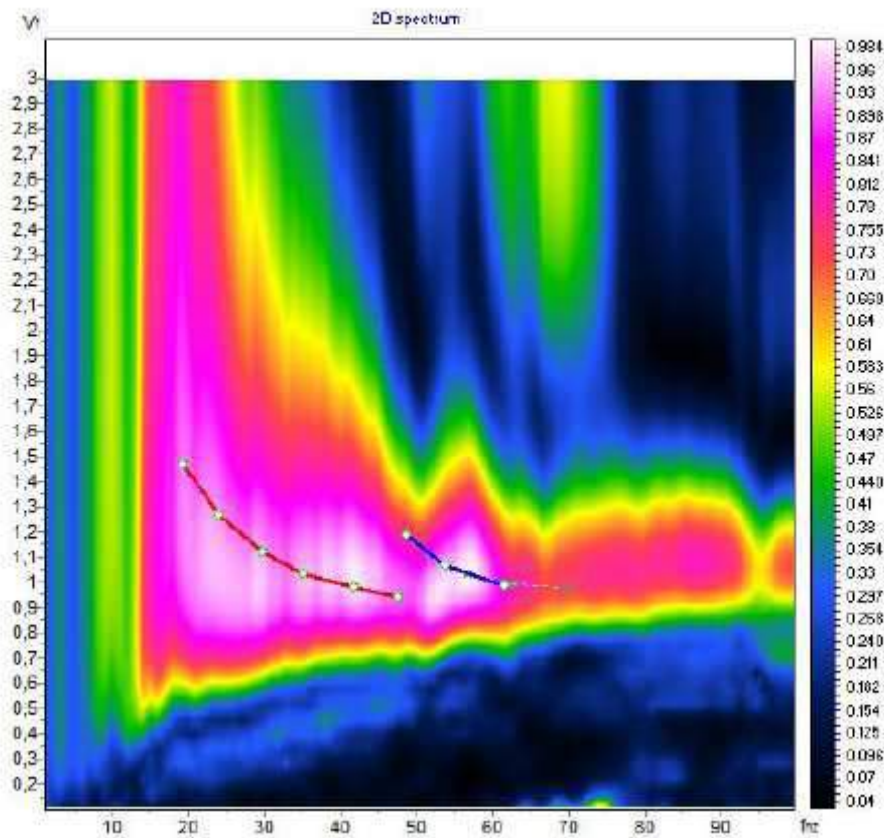
Conclude la subunità **Uc₂** caratterizzata da Vp media maggiore di 2250 m/s.



TAV. 11: Tomografia sismica REF 01 e interpretazione sismostratigrafica

L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{seq} .

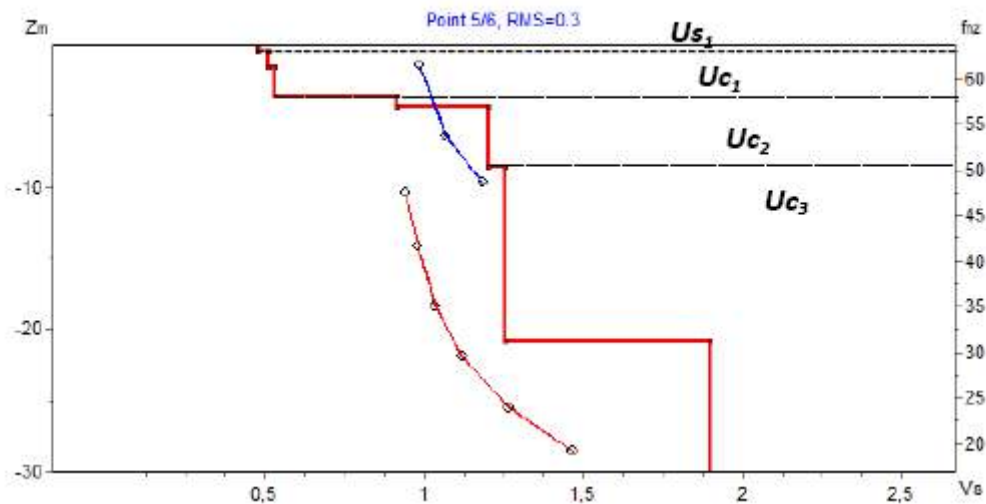
L'analisi in frequenza (TAV. 12) è stata condotta sino ad una frequenza pari a 70 Hz sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.



TAV.12: Spettro frequenza/numero d'onda. Sovrainposte sono i picking del modo fondamentale (rosso), del I modo di vibrazione (blue).

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal I° modo e presenta chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando entrambi i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale VS – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità (TAV.13).



TAV.13: Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, la curva di dispersione misurate e calcolate; fondamentale (rosso), I modo (blue) .

Si riporta la tabella 1 riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismografi individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

CALCOLO MASW Vsequivalente

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	470	0	0.5
2	510	0.5	1.1
3	530	1.6	2
4	920	3.6	

Tab. 1: Vs - profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'adeguamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. “Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche”, facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che “... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento”.Fatta salva la necessità

della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo”, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata (Tab.2).

Categoria di suolo		
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 2 m	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$ ovvero $N_{SPT,30} > 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} > 250$ kPa (terreni a grana fina)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $70 < c_{u,30} < 250$ kPa (terreni a grana fina)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	$V_{s,30} < 180 \text{ m/s}$ ovvero $N_{SPT,30} < 15$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_u < 70$ kPa (terreni a grana fina)
E	<i>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)</i>	

Tab.2 : Categorie di suolo

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i - spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ - velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N - numero di strati;

H - profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da p.c., è possibile evidenziare che il valore V_{seq} rientra, nell’approccio semplificato, alla **categoria A**, in quanto la profondità di posa delle fondazioni ipotizzata è di circa 1.0m, essendo il bedrock sismico a -3.6m da p.c, ci sono 2.6m di “*terreni con caratteristiche meccaniche più scadenti*”, come da tabella del Capitolo 3.2.2. (tab IV: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m).

Considerando l’analogia tra le unità sismostratigrafiche individuate dai due metodi sismici applicati a tale studio (VP –VS), in termini di spessori e di coerenza tra i rapporti VP/VS è stato possibile effettuare una stima approssimativa dei valori dei moduli dinamici caratterizzanti le unità, riassunti nelle seguenti tabelle.

	VP [m/s]		Vs [m/s]		Poisson	
	min	max	min	max	min	max
Us1	500	600	-	-	-	-
Uc1	1000	1250	510	530	0.32	0.39
Uc2	1700	2200	920	1200	0.29	0.29
Uc3	2250		1250		0.28	

	Young [Mpa]		Shear [Mpa]		Bulk [Mpa]		γ (kN/m ³)		ϕ (°)	
	Ed		G		K		Densità		Angolo d'attrito	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Us1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uc1	1280	1515	483	545	1214	2304	18.6	19.4	34.8	35.5
Uc2	4500	8011	1740	3109	3622	6305	20.6	21.6	40.2	42.7
Uc3	8632		3388		6460	0	21.7		43.1	

Tab. 3: Tabelle relative a: velocità e moduli dinamici rilevati

La sequenza litostratigrafica deducibile dalle indagini inizia al top con uno strato (US1) che, per le velocità rilevate, risulta assimilabile a terreno vegetale.

Segue la sequenza l’unità UC1 (evidenziata dai valori elevati del gradiente di velocità delle onde P, Allegato I) che per le velocità sismiche rilevate risulta assimilabile a litotipo calcareo estremamente fratturato, i valori di poisson elevati potrebbero indicare presenza di “terre rosse”.

Continuando la descrizione, l'unità UC2, per le velocità sismiche rilevate risulta assimilabile a litotipo calcareo mediamente fratturato.

Chiude la sequenza l'unità UC3 che per le velocità sismiche rilevate risulta assimilabile a litotipo calcareo da mediamente a poco fratturato

5.3 CONCLUSIONI E ASSOCIAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

La sequenza litostratigrafica deducibile dalle indagini inizia al top con uno strato (Us1) che, per le velocità rilevate, risulta assimilabile a terreno vegetale e sottofondo costituito da materiale di riporto e/o di risulta, talvolta rimescolato in superficie.

L'unità Uc1 per le velocità sismiche rilevate è compatibile con un litotipo calcareo estremamente fratturato con probabile presenza di terre rosse. Indicativo è il relativo aumento del poisson a queste profondità imputabile a componente terrigeno-argillosa di eventuale componente residuale.

Chiude la sequenza l'unità UC2 che per le velocità sismiche rilevate risulta assimilabile a calcare da altamente a mediamente fratturato/alterato, con miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche con la profondità. E' presente una zona di inversione di velocità alla profondità di 5.0m-6.0m da piano campagna, con velocità comparabili a quelle della subunità Uc1 e quindi ascrivibili a calcare più fratturato/alterato in quelle specifiche aree.

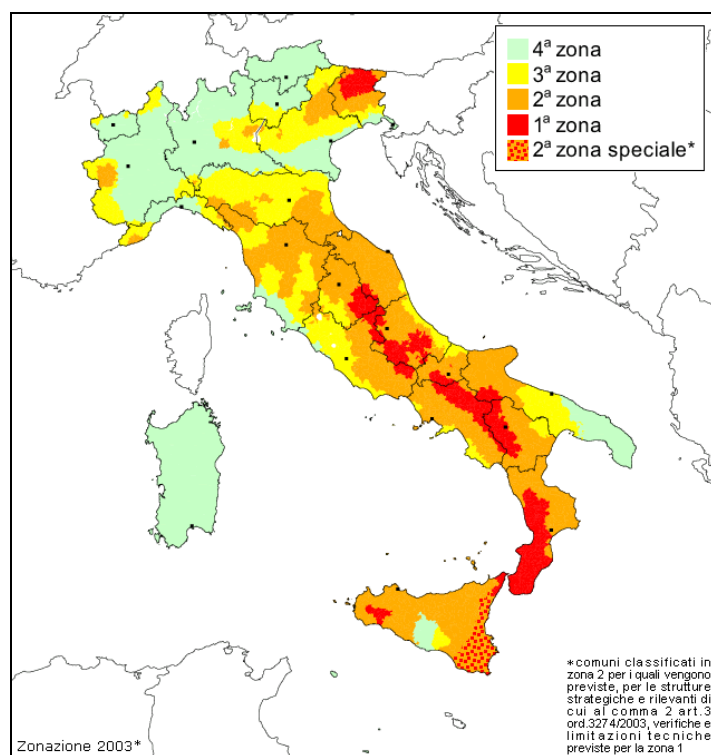
6. Sismicità dell'area

Il Comune di Ruvo di Puglia (BA) è stato classificato, in base all'O.P.C.M. 3274 nella zona sismica di 3^a categoria, pertanto andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno. I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del terreno di fondazione. In proposito va segnalato che l'assenza di condizioni geostrutturali predisponenti all'evento (carta d'Italia del rischio sismico: studio effettuato dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geodinamica) e la bassa sismicità assegnata al sito esclusivamente con criteri statistico-storici (come è noto l'inserimento è dovuto agli effetti indotti in zona dal grave sisma che ha interessato nel novembre 1980 le regioni limitrofe), permettono di affermare che la distanza epicentrale R è stata e, nel caso di eventi futuri, sarà in ogni caso piuttosto elevata (la zona più vicina classificata di 1^a categoria è il Gargano), ed in conseguenza, anche in caso di terremoti di grande magnitudo gli effetti saranno sicuramente modesti. Si riporta in seguito la zonazione sismica del territorio nazionale ad opera dell'INGV ed inoltre la carta delle accelerazioni del suolo (INGV) in termini di frazioni di "g" (accelerazione di gravità), alle quali il suolo può essere sottoposto a seconda dell'area in cui ricade.

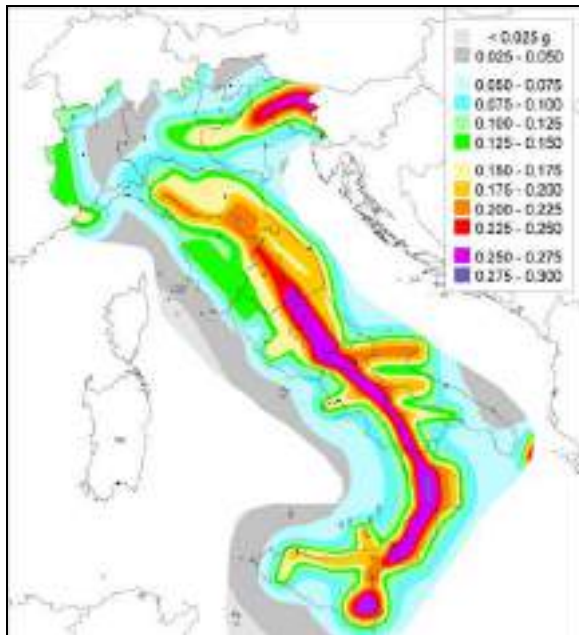
I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in premessa sono menzionati nel D.M. 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” ed entrati ufficialmente in vigore in data 05/08/09 a seguito della Circolare emessa dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e pubblicata su G.U. n. 187 del 13 /08/2009, per cui per maggiore chiarezza sulla caratterizzazione sismica locale in termini di accelerazione del suolo in caso di sisma, riporteremo in seguito uno stralcio tratto dal sito ufficiale dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) in formato web-gis, in cui è possibile ulteriormente osservare la categoria di accelerazione sismica locale in cui il comune di Ruvo di Puglia (BA) ricade; la quale da un’analisi cromatica della cartografia esaminata si è inferiore a 0.025 g.

Per l’indagine sono state prese le seguenti coordinate decimali:

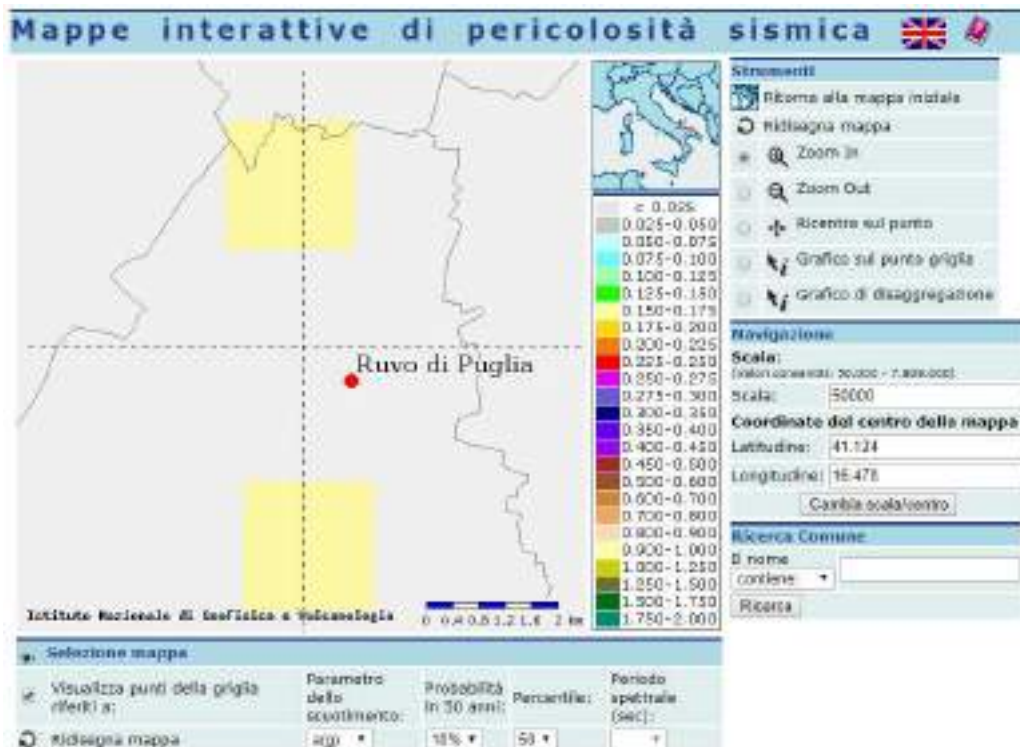
- 41.124120 Lat
- 16.478447 Long



TAV. 14: Zonazione sismica del territorio nazionale



TAV. 15: Carta delle accelerazioni sismiche locali



TAV. 16: Zonazione sismica nazionale (web-gis) in termini di accelerazione sismica locale

Sempre con riferimento alla succitata circolare e alle nuove Norme Tecniche è necessario inoltre caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione con i differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata disponendo di un software fornito dal sito del Consiglio Superiore dei

Lavori Pubblici (www.cslp.it), il quale è strutturato in tre fasi per la valutazione degli spettri di risposta:

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito (sulla base del progetto S 1 dell'INGV);

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione;

FASE 3 - Determinazione dell'azione di progetto.

Risulta chiaro che i dati di input al software sono scelti in funzione di diversi parametri, i quali dipendono direttamente da svariati aspetti come per esempio: dall'ubicazione del sito, dalla vita nominale del manufatto, dal coefficiente d'uso del manufatto, dalla tipologia di stato limite per cui si intende calcolare gli spettri di risposta elastica, dalla categoria di sottosuolo, dalla categoria topografica ed infine da aspetti di carattere strutturale dell'edificio (fattore di struttura).

Saranno pertanto di seguito riportate le relative schermate del software utilizzato da cui si potrà facilmente apprendere la fase di input dei dati per le tre FASI di lavoro e i relativi grafici riferiti agli spettri di risposta elastica, nonché tabelle in cui sono riassunti i principali parametri sismici locali.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate: LONGITUDINE: 15.47845 LATITUDINE: 41.12412

☐ Ricerca per comune: REGIONE: Puglia PROVINCIA: Bari COMUNE: Ruvo di Puglia

Elaborazioni grafiche:
☐ Grafici spettri di risposta
☐ Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
☐ Tabella parametri

Reti di riferimento:
☐ Reti di riferimento

Considerazioni relative:
☐ Stato esistente di riferimento
☐ Intervento di tipo I
☒ Intervento di tipo II

Intervento:
☐ media ponderata

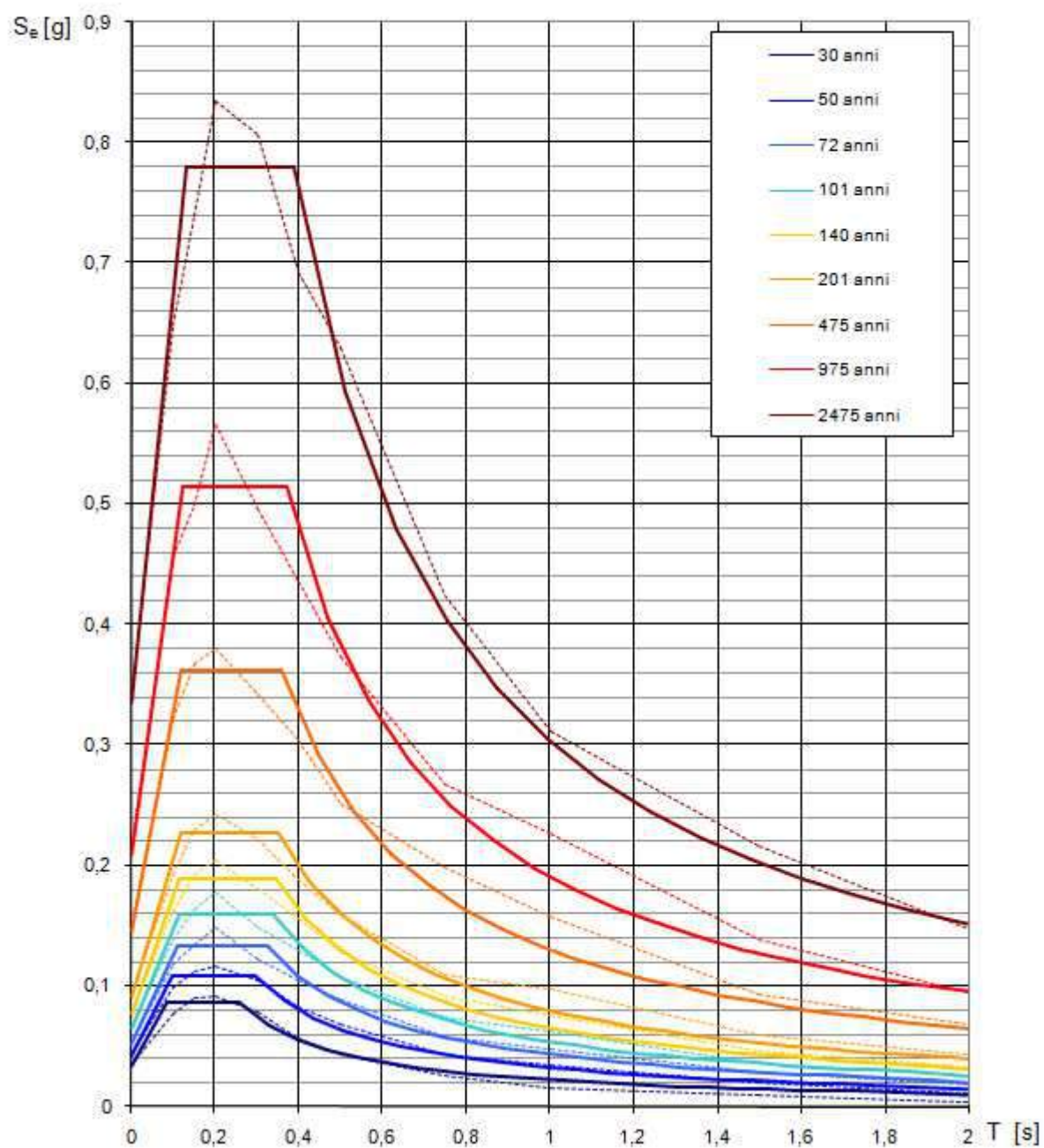
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate (ISTAT) del comune per identificare il sito. Di solito, che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate, si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

TAV. 17

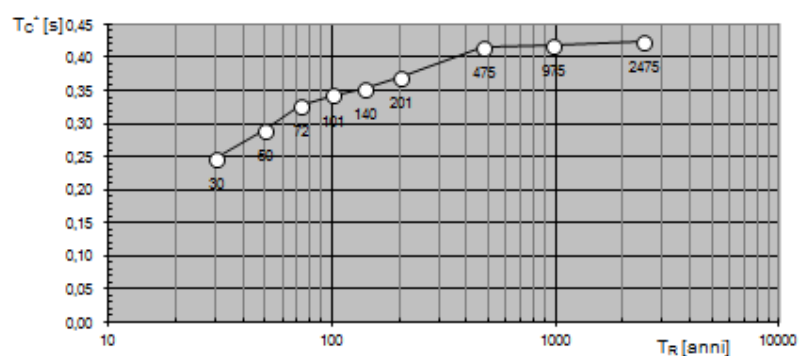
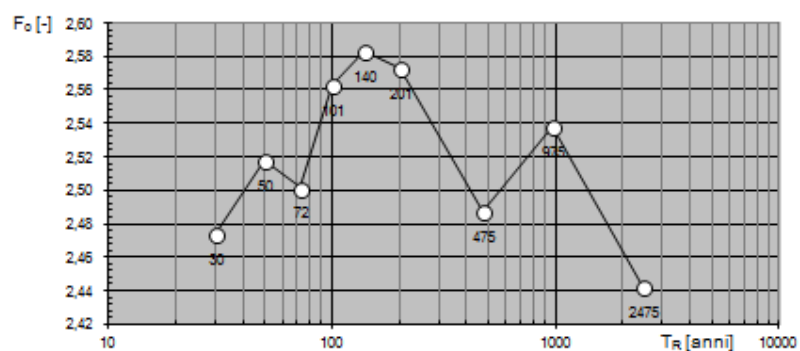
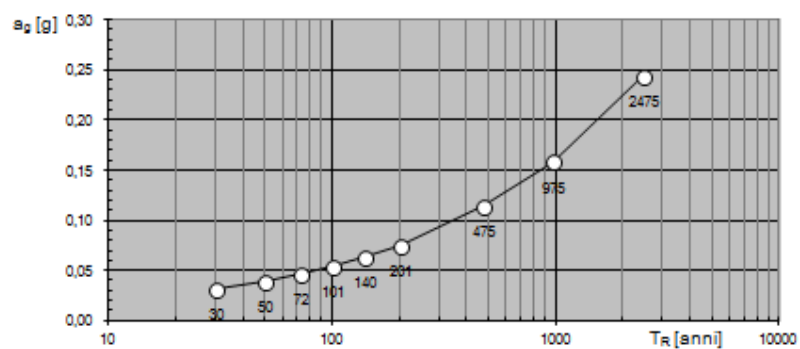
Nella schermata di input dei dati relativi alla FASE 1 si è preferito effettuare una individuazione del sito in funzione delle coordinate geografiche espresse in termini di latitudine e longitudine. Qui di seguito si riportano gli spettri di risposta.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



TAV. 18

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



TAV. 19

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,034	2,512	0,257
50	0,043	2,525	0,295
72	0,053	2,516	0,326
101	0,065	2,469	0,337
140	0,076	2,472	0,344
201	0,091	2,485	0,351
475	0,146	2,483	0,360
975	0,210	2,447	0,371
2475	0,335	2,326	0,389

La verifica dell'ideità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

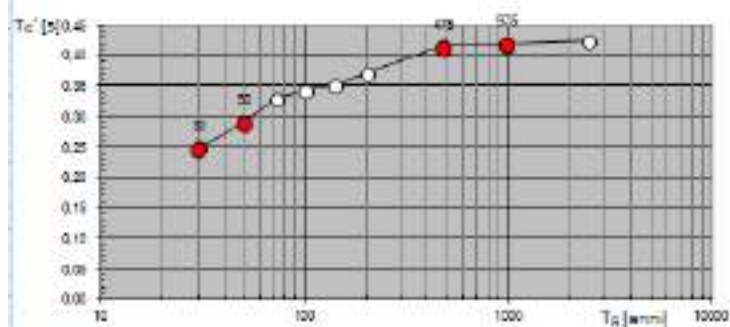
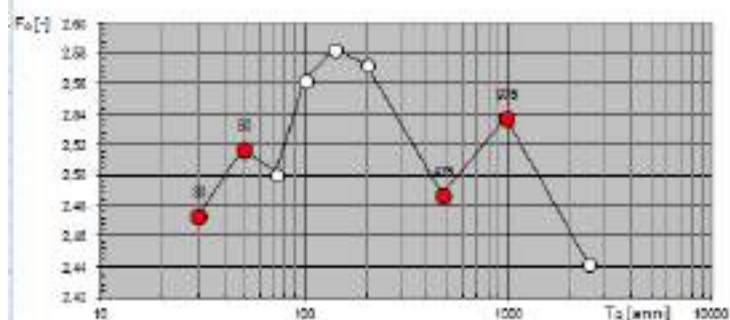
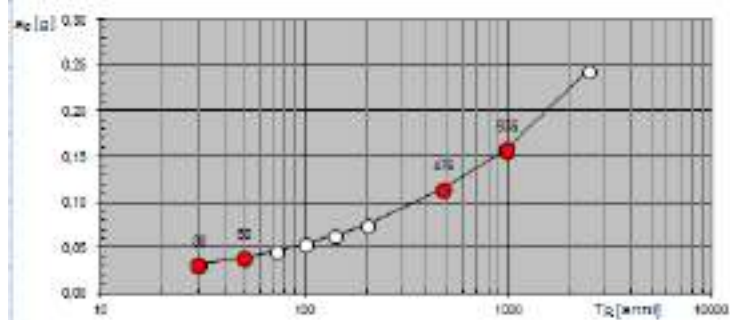
TAV. 20

Nella seguente schermata relativa alla fase di input dei dati della FASE 2 è stata considerata una vita nominale della costruzione pari a 50 anni (cfr. par. 2.4.1 NTC 17/01/2018) e un coefficiente d'uso della costruzione pari a 1 in funzione della tipologia d'uso dell'edificio (cfr. par. 2.4.3 NTC 17/01/2018); quindi si riportano le tabelle ed i relativi spettri.



TAV. 21

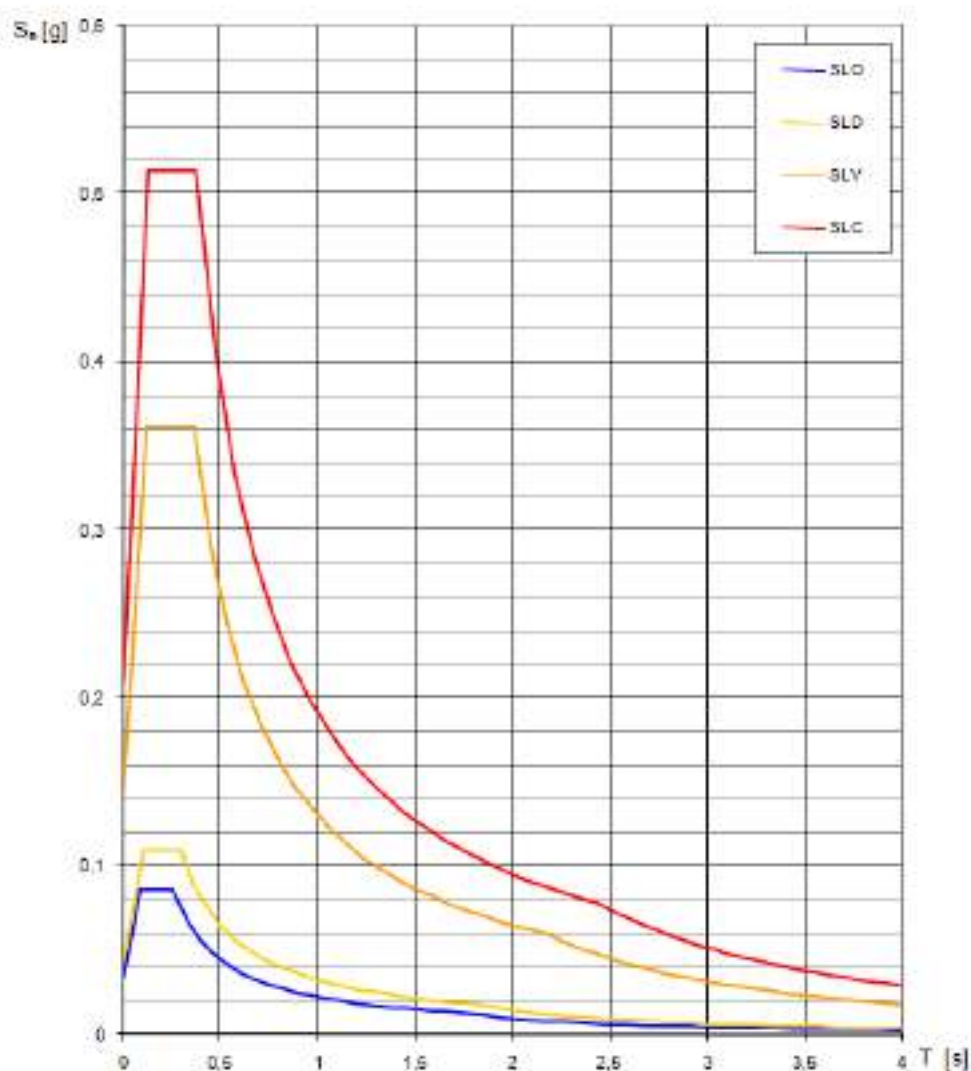
Valori di progetto dei parametri a_g , F_a , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



La veridicità dell'identità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'uso dello stesso.

TAV. 22

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV. 23

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno S

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,034	2,512	0,257
SLD	50	0,043	2,525	0,296
SLV	475	0,146	2,483	0,360
SLC	975	0,210	2,447	0,371

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

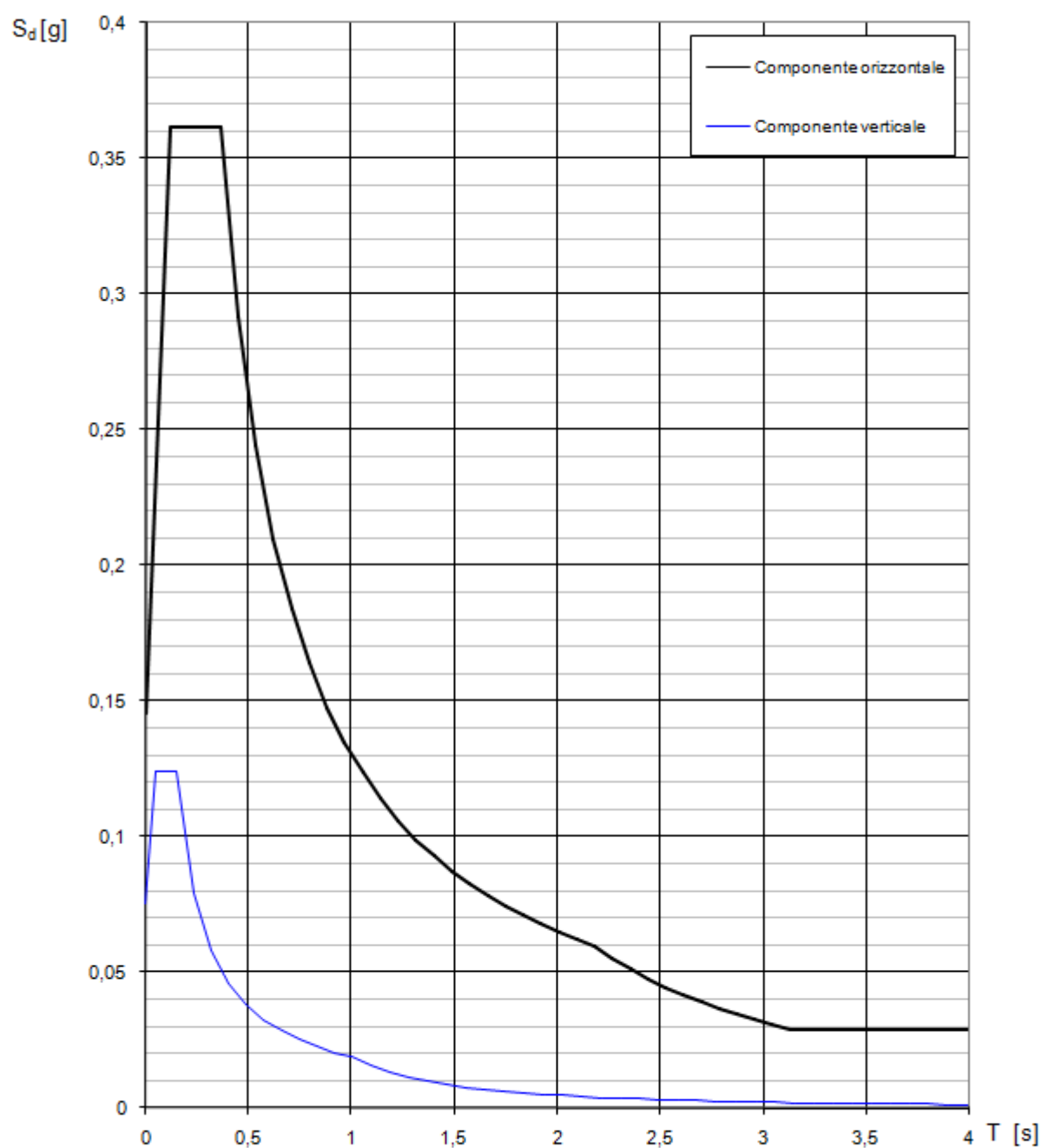
TAV. 24

Nelle successive schermate relative alla FASE 3 i parametri di input del software utilizzati consistono in una verifica in funzione dell'SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita, cfr. par. 3.2.1 NTC 17/01/2018), considerando una categoria di suolo di tipo A (cfr. par. 3.2.2 NTC 17/01/2018), una categoria topografica T1 (ossia con pendenze inferiori a 15°, cfr. par. 3.2.2 NTC 17/01/2018), un fattore q_0 pari a 3 in funzione della tipologia costruttiva (cfr. par. 7.3.1 NTC 17/01/2018), un fattore q pari a 1,5 (cfr. par. 7.3.1 NTC 17/01/2018). Sono di seguito riportati anche i grafici dei corrispondenti spettri di risposta elastica relativi alla SLV.



TAV. 25

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV. 26

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,146 g
F_a	2,483
T_c	0,360 s
S_s	1,000
C_c	1,000
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,000
η	1,000
T_B	0,120 s
T_c	0,360 s
T_D	2,183 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0,5 + \xi} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	$S_e [g]$
	0,000	0,146
T_B	0,120	0,362
T_c	0,360	0,362
	0,446	0,291
	0,533	0,244
	0,620	0,210
	0,707	0,184
	0,794	0,164
	0,881	0,148
	0,967	0,134
	1,054	0,123
	1,141	0,114
	1,228	0,106
	1,315	0,099
	1,401	0,093
	1,488	0,087
	1,575	0,083
	1,662	0,078
	1,749	0,074
	1,836	0,071
	1,922	0,068
	2,009	0,065
	2,096	0,062
T_D	2,183	0,060
	2,269	0,055
	2,356	0,051
	2,443	0,048
	2,529	0,044
	2,616	0,042
	2,702	0,039
	2,789	0,037
	2,875	0,034
	2,962	0,032
	3,048	0,031
	3,135	0,029
	3,221	0,029
	3,308	0,029
	3,394	0,029
	3,481	0,029
	3,567	0,029
	3,654	0,029
	3,740	0,029
	3,827	0,029
	3,913	0,029
	4,000	0,029

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

TAV. 27

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{su}	0,075 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_u	1,279
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_u = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_u}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_k \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_u} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_k(T) = a_k \cdot S \cdot \eta \cdot F_u$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_k \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_k \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,075
$T_B \leftarrow$	0,050	0,124
$T_C \leftarrow$	0,150	0,124
	0,235	0,079
	0,320	0,058
	0,405	0,046
	0,490	0,038
	0,575	0,032
	0,660	0,028
	0,745	0,025
	0,830	0,022
	0,915	0,020
$T_D \leftarrow$	1,000	0,019
	1,094	0,016
	1,188	0,013
	1,281	0,011
	1,375	0,010
	1,469	0,009
	1,563	0,008
	1,656	0,007
	1,750	0,006
	1,844	0,005
	1,938	0,005
	2,031	0,005
	2,125	0,004
	2,219	0,004
	2,313	0,003
	2,406	0,003
	2,500	0,003
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

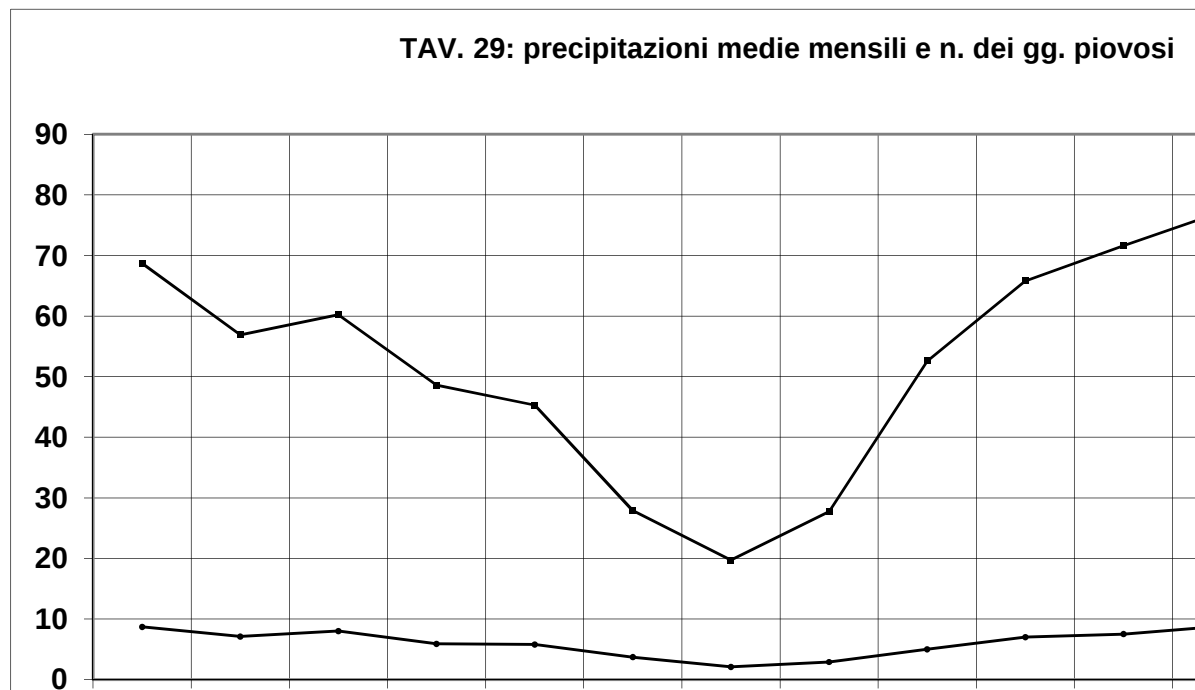
TAV. 28**7. Pluviometria**

I dati delle precipitazioni medie disponibili, coprono un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1980 ("Precipitazioni in Puglia: mappe stagionali" di G. Zito & G. Cacciapaglia).

Nella tabella 4 e nella TAV. 29, si riportano le medie mensili ed annuali delle precipitazioni e dei gg. piovosi relativi alla stazione di osservazione di Ruvo di Puglia (260 m. s.l.m.).

mesi	Gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
mm	68,7	56,9	60,2	48,6	45,3	27,9	19,7	27,7	52,6	65,8	71,6	77,2	622,2
gg.	8,7	7,1	8,0	5,9	5,8	3,7	2,1	2,9	5,0	7,0	7,5	8,8	72,5

tab. 4: Medie Mensili e annuali delle precipitazioni (anni di osservaz.1921-1980)



I massimi delle precipitazioni mensili sono concentrati nel quadrimestre Ott. – Gen. (45 % riferito al totale annuo), mentre i minimi occorrono nel mese di luglio. L'andamento annuale è piuttosto regolare.

Nella zona in esame, il regime pluviometrico è di tipo mediterraneo con estati calde ed inverno freddo-umido. Le precipitazioni sono rilevanti nel periodo tardo-autunnale ed invernale; prolungata siccità, salvo sporadici rovesci di notevole intensità e breve durata, nel corso del periodo estivo.

7.1 Studio idrologico

Il calcolo delle portate pluviali parte dall'analisi delle precipitazioni meteoriche.

L'evento meteorico condiziona totalmente l'impianto, poiché il battente d'acqua da trattare è funzione dell'entità delle precipitazioni atmosferiche in una data zona, dato necessario per calcolare la portata in ingresso.

Per l'individuazione delle condizioni pluviometriche più gravose con dato tempo di ritorno, ovvero delle caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto, si è ritenuto opportuno avvalersi dell'analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno (Progetto Va.Pi), effettuata per tutto il territorio della Puglia. Tale metodo si basa sull'analisi degli estremi idrologici massimi condotta suddividendo il territorio della Puglia in zone geografiche omogenee (TAV. 30).



Tav. 30: Suddivisione della Puglia in zone geografiche omogenee

Per ciascuna zona, basandosi su un'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata al variare della quota, ha portato appunto all'individuazione di 6 zone per ciascuna delle quali è definita la curva di possibilità climatica.

Le curve di possibilità pluviometrica rispondono alle equazioni sotto riportate:

$$\text{Zona 1: } x(t,z) = 26.8t^{[(0.720 + 0.00503z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2: } x(t) = 23t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t,z) = 25.325t^{[(0.0696 + 0.00531z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4: } x(t,z) = 24.70t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5: } x(t,z) = 28.2t^{[(0.628 + 0.0002z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 6: } x(t,z) = 33.7t^{[(0.488 + 0.002z)/3.178]}$$

Per quanto concerne il fattore di crescita, per assegnato tempo di ritorno, per la sottozona omogenea n. 5 si ha la seguente formula:

$$KT = 0.1599 + 0.5166 \ln T$$

Quindi per un tempo di ritorno uguale a 5 anni si ha $KT = 0,9913$.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica è riconducibile a:

$$y = a \cdot x^n.$$

Il sito in oggetto è caratterizzato da una quota di +250.0 m s.l.m., per cui si ha:

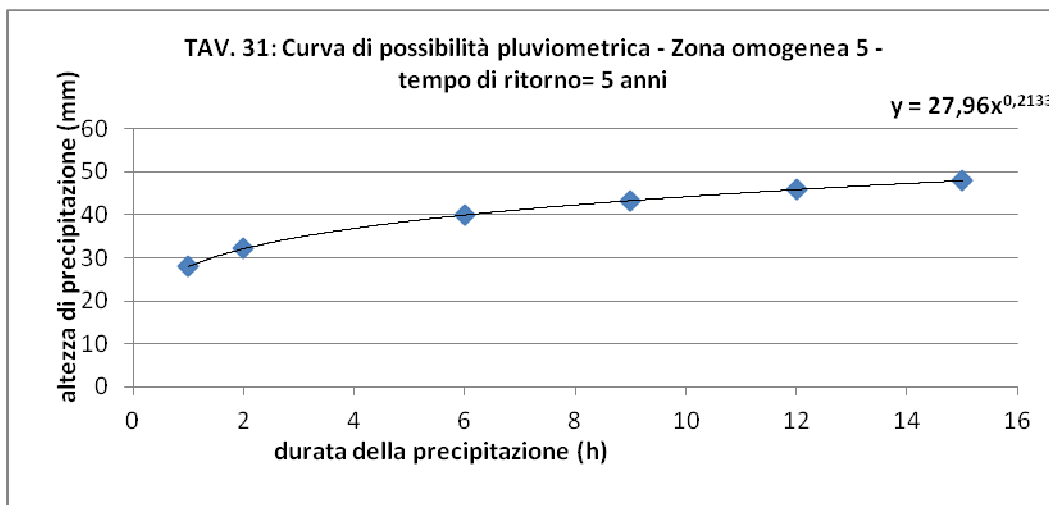
$$a = 28.2 \cdot K_T = 27.96$$

$$n = 0.2133$$

per cui l'equazione definitiva è:

$$y = 27.96 x^{0.2133}$$

con la curva di possibilità pluviometrica riportata in Tav. 31.



Tali acque andranno trattate e condotte nella fogna bianca, se esistente.

8. Criteri di progettazione in aree carsiche

Nelle aree sede di fenomeni erosivi di tipo carsico, i problemi nascono dalla difficile determinazione sia della disposizione, sia della forma e dimensioni di eventuali cavità presenti al di sotto del piano di posa delle fondazioni. La continuità laterale e verticale della roccia non è comunque quasi mai verificata né regolare, per la presenza di zone a luoghi più allentate e fratturate che, talvolta, potrebbero reagire in modo difforme sotto l'aspetto geostatico. Il confronto tra lo stato di fratturazione e lo sviluppo della rete carsica porta ad una caratterizzazione della roccia in sito che può essere ascritta al **GRADO II** o **III** ("Valutazione geologico-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati"; F. ZEZZA, 1976). Cioè si passa da ammasso poco carsificato (II grado) a quello mediamente carsificato (III grado). La roccia è definibile come "discreta", con giunti di stratificazione solo parzialmente interessati da manifestazioni di tipo carsico ed ancora caratterizzata dalla presenza di piccole cavità, a sviluppo essenzialmente verticale, collegate ai processi di erosione e di dissoluzione carsica. Per questo tipo di roccia

l'indice di qualità della roccia (**RQD**) varia dal 40 al 60%. Tenendo conto delle incertezze relative alla conoscenza precisa e puntuale del sottosuolo è necessario prevedere la possibilità di impiegare opportuni interventi che possono avere come obiettivo, o il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della porzione di terreno all'interno della quale gli incrementi delle sollecitazioni, prodotti dall'opera in oggetto, sono significativi, ovvero il trasferimento di tali incrementi in zone più resistenti.

9. Aspetti geodinamici

Tutti gli aspetti precedentemente descritti si riferiscono solo a quelli geostatici. Rientrando il Comune di Ruvo di Puglia (BA) nella zona sismica di 3^a categoria andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno.

I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del terreno di fondazione. In proposito va segnalato che l'assenza di condizioni geostrutturali predisponenti all'evento (carta d'Italia del rischio sismico: studio effettuato dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geodinamica) e la bassa sismicità assegnata al sito esclusivamente con criteri statistico-storici (come è noto l'inserimento è dovuto agli effetti indotti in zona dal grave sisma che ha interessato nel novembre 1980 le regioni limitrofe), permettono di affermare che la distanza epicentrale R è stata e, nel caso di eventi futuri, sarà in ogni caso piuttosto elevata (la zona più vicina classificata di 1^a categoria è il Gargano), ed in conseguenza, anche in caso di terremoti di grande magnitudo gli effetti saranno sicuramente modesti.

10. Descrizione delle costruzioni

La struttura sarà con fondazioni a travi, pilastri in c.a. e solai in latero cemento.

La struttura è abbastanza semplice.

L'opera di che trattasi rientra nella Classe II così come definita al par. 2.4.2. del DM 14.01.2008 e cioè: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali ... omissis.*

Con vita nominale ≥ 50 anni così come riportato nella tab. 5 del sopraccitato DM.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab 5: Vita nominale V_n per diversi tipi di opere

In base a quanto riportato al par. 2.1 dell' EC7, la categoria geotecnica da attribuire alla struttura in esame è la categoria geotecnica 2.

“Questa categoria comprende tipi convenzionali di strutture e fondazioni, che non presentino rischi eccessivi oppure condizioni di sottosuolo o di carico non comuni o eccezionalmente difficili. Le strutture categoria geotecnica 2 richiedono dati geotecnici e analisi di tipo quantitativo per verificare che siano soddisfatti i requisiti fondamentali; possono essere, peraltro, adottate procedure di prova in sito ed in laboratorio, nonché di progetto di costruzione di tipo convenzionale.”

Questo giustifica la tipologia di analisi e studi effettuati per la determinazione delle caratteristiche di progetto del piano di sedime.

11. Parametri geotecnici dei terreni

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, è stata basata sulle caratteristiche litologiche e strutturali dell'ammasso roccioso, valutando il numero di fratture per metro (i), presenti nel terreno.

Sono state considerate le risultanze delle indagini sismiche condotte in sito e i risultati di prove di laboratorio condotte su materiali simili (come condizioni di fratturazione e carsismo) appartenenti alla formazione del “Calcere di Bari. Si riportano qui di seguito i parametri più significativi.

parametro	unità di misura	valore
γ_g peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in laboratorio	“	2.60
n porosità l.s.	%	3.70
C grado di compattezza	-----	0.96
ϕ' angolo di attrito intergranulare	gradi	35
σ_r tensione di rottura per compressione	kg/cmq	500

Tab. 6: parametri fisico-meccanici (laboratorio).

I parametri ottenuti in laboratorio devono essere trasferiti in sito applicando dei coefficienti riduttivi che tengano conto dello stato di fratturazione, della presenza di materiale compressibile (terre rosse l.s.) e comunque, più in generale, di tutti i difetti strutturali e tessiturali della roccia.

I parametri geotecnici vanno oltremodo corretti tenendo presente lo “effetto scala” (Madhav & Rama Krishna, 1980).

Considerato che l'ammasso roccioso è interessato dalla presenza di piani di discontinuità, con frequenza degli stessi di $i = 10$ **piani/metro**, partendo dalla relazione proposta da Fissenko (1961), Manev & Avramova-Tacheva (1970), hanno correlato l'abbattimento

dei valori di resistenza in funzione della frequenza delle discontinuità. Partendo da tale relazione si ottengono i parametri corretti in sito.

parametro	un. di misura	valore
γ_g peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in sito	"	2.15
i piani di fratturazione	piani/metro	10
n' porosità in sito	%	20.4
C' grado di compattezza	---	0.80
σ_s tensione di rottura in sito	kg/cmq	11.22

Tab. 7 : parametri fisico-meccanici (in sito).

I calcari non possono essere considerati come praticamente indeformabili e pertanto si potrà fare riferimento ai seguenti parametri elastici:

μ coefficiente di Poisson	adim.	0.39
E modulo elastico statico in sito	kg/cmq	2.000

Pertanto dovendo schematizzare l'ambiente fondale si tratta di calcari fratturati e carsificati con giunti poco allargati e scarse terre rosse.

E' chiaro che in siffatto ambiente esiste la potenzialità del rinvenimento di piccole cavità merofossili. Queste risultano da tempo escluse dalla rete idrica sotterranea.

E' bene sottolineare il fatto come i materiali riempienti, in parte o totalmente le cavità, non possono considerarsi condizionanti ai fini della stabilità delle fondazioni.

Ciò in quanto il rapporto tra i moduli di deformazione dei materiali stessi rispetto ai moduli dei calcari incassanti è certamente non superiore ad 1/20. Questo significa che la capacità portante del terreno di fondazione è garantita quasi esclusivamente dalle proprietà geomeccaniche della struttura calcarea incassante.

Per contro, ai fini della stabilità nel tempo delle cavità, gli stessi terreni possono svolgere una rilevante funzione di contenimento delle strutture disarticolate e di regolazione delle vie che l'acqua di infiltrazione può percorrere.

Per quanto concerne la soluzione dei calcoli progettuali, occorre tenere conto del concorso di due distinti aspetti : la stabilità a breve e a lungo termine dell'insieme roccia-fondazione-struttura.

Quantunque il problema non si presti a generalizzazioni e ad estrapolazioni, per il gran numero di parametri che lo governano, tuttavia la soluzione è riconducibile a modelli numerici di tipo elastico isotropo ed anisotropo, per i quali, può essere sufficiente l'uso in campo elastico lineare, specificando per i materiali la non-resistenza a trazione.

Le proprietà meccaniche sopra definite delle rocce carsificate sono condizionate non solo dallo stato di fratturazione ma anche dalla presenza dei materiali di riempimento e, in particolare, dalle terre rosse. Tali depositi possono assumere un andamento stratoide o

lentiforme quando riempiono le cavità interstratali, si dispongono a guisa di filoni sedimentari variamente inclinati, quando colmano le cavità carsiche di tipo composto, più o meno ampie; formano infine, un insieme caotico con la roccia ospitante quando questa risulta particolarmente rilassata e carsificata. La spinta anisotropia che caratterizza gli ammassi rocciosi carsificati si riflette, pertanto, sulle proprietà meccaniche che possono variare anche notevolmente, entro distanze assai brevi.

12. Tipologie fondali

Il terreno di sedime è costituito essenzialmente da sedimenti calcarei per cui non si pone il problema della resistenza, almeno secondo il concetto della capacità portante.

Infatti, la rottura del terreno può avvenire, ma per altre cause che non il superamento della resistenza a taglio della roccia stessa. In tal caso, l'instabilità può manifestarsi per la presenza di cavità o fessure occupate da materiale di alterazione a comportamento argilloso e dalla presenza sotto il piano di sedime, della terra rossa.

Nella teoria precedentemente esposta vengono prese in considerazione tali eventualità e pertanto si spiega il notevole abbattimento subito dai parametri fisico-meccanici e soprattutto dalla resistenza a compressione.

Quindi nell'ipotesi di rottura del terreno per compressione monoassiale con contenimento laterale nullo ($\sigma_v \neq 0$ e $\sigma_h = 0$), per un coefficiente di sicurezza $\eta = 3$, la tensione di contatto massima risulta:

$$\sigma = \sigma_s / \eta = 11.22 / 3 = 3.74 \text{ kg/cmq}$$

Le indagini geofisiche realizzate permettono di effettuare una serie di considerazioni.

Per la valutazione della massima sollecitazione trasmissibile al sedime, si è supposto che ad una profondità compresa tra il piano fondale e B (con B = larghezza di fondazione), si trovi una cavità che si sviluppi per il 20 % della larghezza di fondazione.

Considerando, pertanto, l'area compensata, il valore della massima sollecitazione di esercizio è :

$$\sigma_{amm} = \sigma * A_c / A = 3.74 * 0.80 / 1.00 = 2.99 \text{ kg/cmq}$$

Per quanto riguarda la σ_{SLU} si potrà fare riferimento a:

$$\sigma_{SLU} = 5.62 \text{ kg/cmq}$$

Sulla scorta di quanto sopra, si ritiene quale tipologia fondale più idonea quella costituita da fondazioni isolate con **plinti isolati** ovvero da un **reticolo di travi**.

Per la loro realizzazione si provvederà all'esecuzione di scavi a sezione ristretta, in corrispondenza dei singoli pilastri. La profondità da raggiungere sarà tale da incastrarli parzialmente e/o totalmente in roccia.

Si provvederà quindi alla regolamentazione del fondo scavo con messa in opera di magrone cementizio per uno spessore minimo di 10 cm, su cui realizzare il plinto vero e proprio.

13. Modellazione sismica.

La modellazione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 6.2.2 delle NTC (DM 14.01.08) e dal paragrafo 6.2 della Circolare del 02.02.09 n. 617.

Come riportato dalla suddetta normativa, 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 (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III)

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Nell'area in esame, il calcolo del V_{seq} , basato sulle indagini sismiche a rifrazione e MASW riportate nella relazione geologica, è stato eseguito considerando il piano di appoggio delle fondazioni in corrispondenza dell'orizzonte calcareo, a circa 2.00 m dal p.c..

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Il valore medio ottenuto è superiore a **800 m/sec** per cui in riferimento alla suddetta normativa, il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione “**A**”, trattandosi di formazione rocciosa caratterizzata da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con una $V_{seq} > 800$ m/sec.

Condizioni topografiche

Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Azione sismica

Il calcolo dei coefficienti sismici è stato eseguito considerando:

- superficie topografica pianeggiante: T1
- categoria sottosuolo: A
- classe dell’edificio: II, $C_U=1$
- vita nominale: $V_N \geq 50$ anni
- periodo di riferimento per l’azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U \geq 50$ anni

Conclusioni

L’indagine di cui alla presente nota riveste un carattere generale per cui non esaurisce l’obbligo di approfondire i problemi specifici dei singoli corpi di fabbrica, per cui è prescrittivo eseguire indagini preventive di tipo diretto o indiretto.

Previa autorizzazione, andranno eseguiti dapprima gli scavi per il raggiungimento del piano fondale e su questo andranno eseguite prove geofisiche (elettrica e sismica) atte alla migliore caratterizzazione dell’ammasso roccioso ivi presente.

Lo sbancamento preliminare servirà a calibrare le misure geofisiche più idonee da eseguirvi.

Il sito in epigrafe è esente da rischi di instabilità e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di sisma.

Per quanto riguarda la categoria di appartenenza del suolo di fondazione, di cui al punto 3.1 della Normativa sismica, questa è la “A” - *formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* – caratterizzati da valori di V_{seq} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3.00 m.

Dopo la realizzazione delle strutture, nelle singole unità potranno essere effettuate delle misure di concentrazione di radon. E' importante quindi che le misure siano di lungo periodo, per tener conto delle fluttuazioni stagionali del radon. Un buon compromesso può consistere nell'effettuazione di misure di durata pari a tre – cinque mesi, in periodo autunno-invernale.

Allo stato non si riscontrano particolari condizioni di rischio idraulico, sismico, idrogeologico e geologico l.s. per cui non ci sono limitazioni a quanto previsto nel progetto del Comparto C3 nel territorio di Ruvo di Puglia (BA).

Molfetta,

geologo

(dr. geol. Ignazio L. Mancini)

