

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
LOCALITA' LAMA PAGLIARA
COMUNE DI RUVO DI PUGLIA (BA)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVA004 RUVO LAMA PAGLIARA
POTENZA NOMINALE 12.7 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

PROGETTAZIONE E SIA

HOPE engineering
ing. Fabio PACCAPELO
ing. Andrea ANGELINI
arch. Andrea GIUFFRIDA
arch. Gaetano FORNARELLI
dott.ssa Anastasia AGNOLI

Studio ALAMI
Arch. Fabiano SPANO
Arch. Valentina Marta RUBRICHI
Arch. Susanna TUNDO

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI
ing. Roberto DI MONTE

AGRONOMIA E STUDI COLTURALI

dott.ssa Lucia PESOLA

STUDI SPECIALISTICI E AMBIENTALI

MICROCLIMATICA
dott.ssa Elisa GATTO

ARCHEOLOGIA
dott.ssa Domenica CARRASSO

GEOLOGIA
Apogeo Srl

ACUSTICA
dott.ssa Sabrina SCARAMUZZI

Firmato digitalmente da:
PIETRO PEPE

Data: 22/12/2023 07:48:30

PD.R. RELAZIONI SPECIALISTICHE

R.2.1 Relazione geologica, morfologica e idrogeologica

REV.	DATA	DESCRIZIONE
	12-23	prima emissione



SOMMARIO

1	RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	2
2	PREMESSA	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4.1	Successione stratigrafica generale e dell'area in esame	6
4.1.1	Successione stratigrafica locale	8
4.2	Inquadramento Strutturale	8
4.3	Inquadramento geomorfologico	8
4.4	Inquadramento Idrografico	10
4.5	Inquadramento Idrogeologico	11
4.5.1	Rocce permeabili per porosità interstiziale	12
4.5.2	Rocce permeabili per fessurazione e carsismo	12
5	ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI	13
5.1	PPTR - Ambiti Territoriali Distinti	13
5.2	Inquadramento dell'area rispetto al Piano di Assetto Idrogeologico	14
6	INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA	15
6.1	Aspetti generali	15
6.2	Caratteristiche sismiche di riferimento del territorio	15
6.3	Individuazione della pericolosità del sito	18
6.4	Strategia di progettazione	20
7	PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$	22
7.1	MASW – Descrizione del metodo e della strumentazione	22
7.2	MASW – Acquisizione dei dati	22
7.3	MASW – Elaborazione dei dati	22
7.4	MASW – Rappresentazione dei risultati	22
7.5	MASW– Interpretazione dei risultati	23
8	VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	24
8.1	Sintesi delle principali caratteristiche delle Calcareni di Gravina e Calcare di Bari	24
8.2	Considerazioni conclusive	28

1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- *Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata – Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI);*
- *Foglio e Note illustrative della Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000;*
- *Ciaranfi N et al (1983) - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;*
- *AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana.*
- *Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)" - Art. 89 (L) - Parere sugli strumenti urbanistici (Legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 13);*
- *Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "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 progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- *Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003).*
- *Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006).*
- *Gruppo di Lavoro MPS (2004) – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.*
- *Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 "Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista all'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi".*
- *Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale".*
- *Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: "Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4 ...Omissis...";*
- *Delibera D.G.R. n. 1214 del 31.05.2011 della Giunta Regionale - Regione Puglia: "O.P.C.M. n. 3274/03 – D.P.C.M. n. 3685/03 – D.G.R. n. 153/04 – Allegato 2 – D.M. 14.01.2008, Punto 2.4.2 (Classi III-IV)" – Individuazione degli "Edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile".....*
- *"Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);*
- *Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*
- *Classificazione sismica del territorio italiano – marzo 2022.*

2 PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione del Progetto di un Impianto Agrivoltaico e delle relative opere di trasporto e cessione dell'energia prodotta da eseguirsi nel Comune di Ruvo di Puglia" è stato condotto uno studio geologico atto a delineare le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litologico-stratigrafiche dell'area in esame nonché a fornire la caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso.

La relazione è stata redatta al fine di:

- verificare la vincolistica paesaggistica gravante sul territorio relativamente alle perimetrazioni, nonché le prescrizioni di base fissate dal PPTR della Regione Puglia e dal PAI dell'Autorità Interregionale di Bacino della Puglia;
- dare informazioni sulle caratteristiche geologico-stratigrafiche e geotecniche del sito investigato;
- evidenziare i livelli interessati dalle fondazioni e verificare la presenza di situazioni stratigrafiche anomale che possano infirmare la sicurezza delle opere in fase di realizzazione;
- rilevare la eventuale presenza della falda idrica e analizzare eventuali fenomeni di interferenza con la struttura in elevazione;
- dare informazioni utili al fine di determinare la capacità portante ammissibile del terreno di fondazione;
- stimare il valore del $V_{S,eq}$ e determinare la categoria del suolo di fondazione ai sensi delle "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8).

In prima analisi sono stati eseguiti dei sopralluoghi sul sito in esame al fine di tracciarne i caratteri geologici di superficie, inquadrare l'area in oggetto nel contesto geologico regionale ed ottenere così un quadro generale della situazione. In questa fase è stata consultata anche la biblio-cartografia esistente oltre che i dati ottenuti da alcuni lavori professionali con annesse indagini sismiche, eseguite in aree adiacenti e geologicamente analoghe.

Ai sensi del § 6.2.2 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8) e secondo le indicazioni del Progettista, considerato che *"Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista"*, per la stima del parametro del $V_{S,eq}$ e quindi per determinare la categoria del suolo di fondazione, è stato preso a riferimento uno stendimento MASW eseguito dalla ditta Apogeo s.r.l. nell'area a Sud dove sono presenti cave a cielo aperto nell'ammasso calcareo, ad una distanza di circa 3000m, relativo all'intervento per la **"PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN IN LOCALITA' IAZZO DE REI E PEZZA VILLANI COMUNI DI RUVO E BITONTO(BA) – DENOMINAZIONE IMPIANTO: PVC001RUVO IAZZO DE REI POTENZA NOMINALE, 37.0MW"** nell'anno 2022 su commissione DEL Geol. Luigi Buttiglione.

La consultazione dei dati ottenuti dall'indagine suddetta ha reso possibile la stima della categoria del suolo di fondazione dell'area in cui ricade l'opera in progetto come sarà meglio specificato nei paragrafi seguenti.

Per la valutazione e le analisi di progetto, così come previsto dal § 6.1.2 delle suddette Norme e dalla CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle

Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” si rimanda alla specifica relazione geotecnica.

Di seguito si riporta l’ubicazione su ortofoto delle opere in divenire e dell’indagine sismica di riferimento.

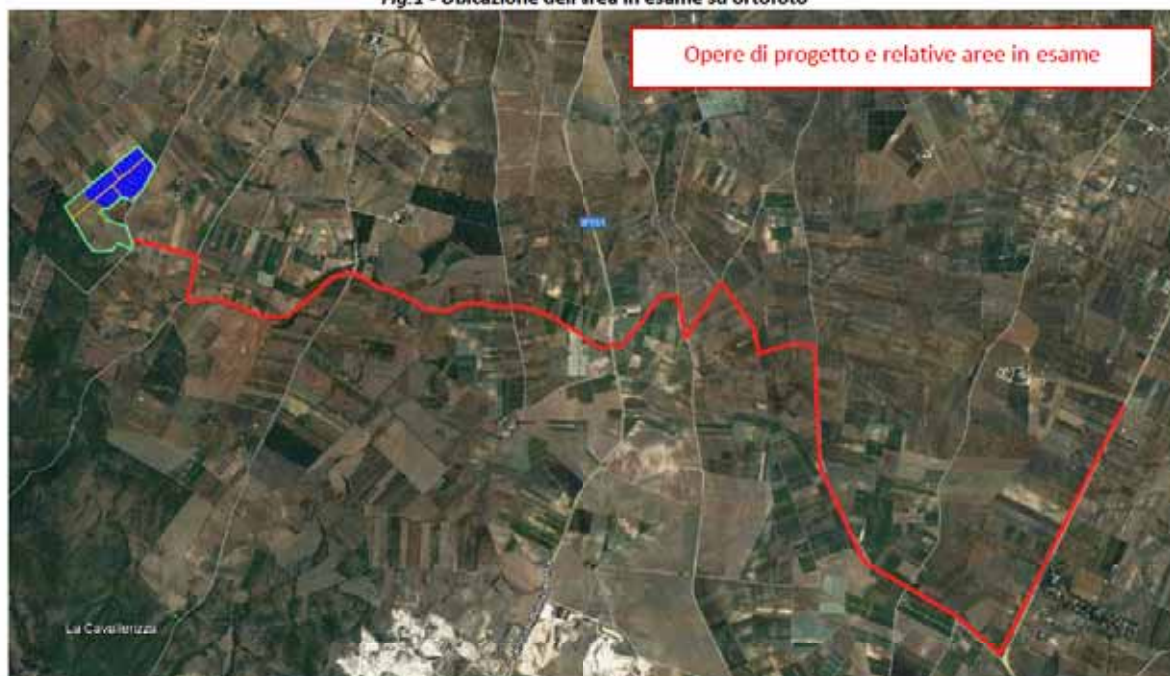


L’intervento da progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico in località Santa Barbara e relativa cabina utente, la realizzazione di opere di trasporto e cabina di cessione Enel, pertanto trattandosi di un’opera estesa, le litologie interessate saranno varie.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame complessivamente, si trova nella estrema periferia del Comune di Ruvo di Puglia, in località Santa Barbara ad una quota compresa tra 295m e 320m (fig. 1).

Fig.1 - Ubicazione dell'area in esame su ortofoto



4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento ricade in due fogli attigui, relativi alle Carte Geologiche, in scala 1:100.000 "Bari" F. n.178 e "Barletta" F. n.176, in particolare nel settore Sud dell'abitato di Ruvo di Puglia (Fig. 2). Come si evince dalla cartografica tutta l'area delle opere in progetto ricadono in parte sui depositi tufacei appartenenti alla Formazione delle Calcareniti di Gravina, in parte sull'ammasso calcareo appartenenti alla Formazione del Calcare di Bari, i quali costituiscono, unitamente al Calcare di Altamura, l'ossatura dell'Altopiano murgiano, e in minima parte sui depositi alluvionali recenti.

Fig 2 – Str. della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) Fogli 176 "Barletta" e 178 "Bari" con ubicazione dell'area in esame



6

- **Calcare di Bari (Cretaceo- Turoniano-Barremiano).**

“Depositi Alluvionali” recenti

Ghiaie composte da ciottoli calcarei in matrice siltoso-terrosa di colore bruno-rossastro, prodotte dall'azione erosiva delle rocce calcaree e calcarenitiche, trasportate dall'acqua e depositatesi lungo i solchi erosivi detti “lame” che generalmente solcano l'ammasso calcarenitico prima e calcareo successivamente.

“Calcareniti di Gravina” (Tufi delle Murge - vecchia denominazione)

Le Calcareniti di Gravina, in precedenza identificati con il termine Tufi delle Murge, che vengono descritti, come depositi calcareo-arenacei e calcareo-arenaceo-argillosi cementati, di colore bianco-giallastri, in lembi residui su piattaforme di abrasione; si sono depositati in seguito alla trasgressione del mare, e hanno un colore bianco-giallastro con livelli fossiliferi. Nel rilevamento di dettaglio sono state individuate delle facies che non rispecchiano la descrizione su citata, pertanto le aree individuate come affioramenti di tufi delle murge sono state suddivise e rinominate in calcareniti di Gravina e in altri sintemi di esigua estensione, che insieme costituiscono il supersistema delle murge.

Tali depositi che occupano le zone costiere e quelle più interne maggiormente depresse dell'altopiano murgiano, risultano in discordanza angolare con l'ammasso calcareo sottostante (Calcare di Bari) evidenziando la trasgressione marina avvenuta nel Pleistocene in concomitanza con un sollevamento della Piattaforma Carbonatica Apula.

Tale formazione è costituita da sabbie calcaree più o meno cementate con abbondante contenuto fossilifero, alla base, localmente si riscontrano silt e sabbie limose di colore rossastro con livelli di ciottoli calcarei bianchi e calcistiti poco cementate il cui spessore massimo della formazione calcarenitica affiorante è di circa 20 m.

“Calcare di Bari”

La maggior parte dell'area rilevata è caratterizzata in affioramento dal Calcare di Bari di età cretacea. Si presenta di colore biancastro e/o rossastro se alterato ed è costituito da strati e banchi calcarei, a grana prevalentemente fine e a luoghi intensamente fratturati e carsificati con intercalazioni lentiformi di materiale terroso rossastro. E' rappresentato da calcari detritici bianchi o grigiastri in parte dolomitizzati, in cui si rilevano alle varie altezze strati o gruppi di strati (livelli) di calcari biostromali con rudiste e gasteropodi mentre le dolomie sono generalmente in banchi di colore grigiastro, subsaccaroidi.

E' caratterizzato prevalentemente da calcare a tessitura fango sostenuta associabili, pertanto, ad ambienti di sedimentazione protetti e di mare basso riferibile ad un dominio di piattaforma interna di bassa energia. La fratturazione è in genere di tipo concoide mentre le strutture interne più ricorrenti sono laminazioni sottili, facilmente visibili quando la superficie è alterata. La componente scheletrica che caratterizza tale formazione è prevalentemente costituita da foraminiferi bentonici, alghe calcaree, rudiste e frammenti di echinodermi. Tra gli elementi non scheletrici si osservano livelli di breccie a cemento ocraceo o rossastro testimonianza di temporanee emersioni. Soprattutto nelle dolomie e nei calcari dolomitici, frequenti sono i livelli, ad ostracodi e foraminiferi, esclusivamente rappresentati dalla famiglia Ophtalmidiidae, che caratterizzano la parte inferiore della formazione insieme a letti discontinui di breccie calcareo-dolomitiche, di contro la parte superiore della formazione i calcari detritici assumono un caratteristico aspetto a lastre “chiancarelle”.

Lo spessore affiorante nel Foglio “Bari” è dell'ordine di circa 2000 metri, mentre quelli osservati in fase di rilevamento in corrispondenza di cave a cielo aperto sono in media di 50-60 metri. In affioramento il

Calcere di Bari mostra degli strati generalmente disposti in modo regolare e continuo tuttavia sono anche frequenti interruzioni dovute a fratture e faglie con basso rigetto e blande pieghe.

Al di sopra del calcare mesozoico giacciono in evidente discordanza angolare i depositi sabbioso-calcarei o arenaceo-calcarei delle Calcareniti di Gravina.

In ultimo, l'ammasso calcareo in questione, così come tutto l'altopiano Murgiano, risulta interessato da incisioni, "lame", come nello specifico ne è interessato il territorio in esame. Le lame di genesi e successivo modellamento fluviale, rappresentano attualmente, perlomeno nell'ambito delle Murge, l'unica forma di scorrimento delle acque superficiali, sebbene solo durante condizioni di precipitazione eccezionali o durante il periodo autunnale o invernale. L'azione erosiva dell'acqua fa sì che sui fondi e sui fianchi di tali incisioni sono presenti sedimenti, terrosi e ciottolosi eterogenei ed eterometrici colluviali ed alluvionali.

4.1.1 Successione stratigrafica locale

Dal rilevamento di superficie dell'area, è stato rilevato che la copertura calcarenitica, laddove è presente, ha uno spessore compreso tra 5.0m e circa 10m, sovrapposto all'ammasso calcareo che ne rappresenta il substrato, lo stesso è costituito principalmente da calcare dolomitico di colore grigio compatto, a luoghi fratturato. In due soli punti l'opera di trasporto intersecherà i depositi alluvionali mentre l'area su cui insisterà l'impianto fotovoltaico ne ospita nella porzione centrale una minima quantità.

Dal rilevamento risalta che tali depositi hanno uno spessore di circa 2.0m.

Il livello piezometrico è a partire da una profondità di circa 220 metri.

4.2 Inquadramento Strutturale

L'area strettamente in esame si colloca all'interno dell'Altopiano Murgiano in corrispondenza del penultimo ripiano su cui è dislocata la struttura dell'Altopiano Murgiano prima di arrivare alla fascia costiera.

Dal punto di vista strutturale si parla quasi esclusivamente in termini relativi all'ammasso calcareo, infatti, sul calcare ivi affiorante, si osservano numerose blande pieghe, anticlinali e sinclinali, dirette sia in direzione appenninica che in direzione est-ovest, mentre pieghe a fianchi un po' più inclinati sono osservabili nelle zone più interne ed elevate.

In generale, tutte le pieghe osservabili presentano sensibili distorsioni e sono attraversate da numerose faglie, variamente dirette, le cui caratteristiche, direzione, immersione e rigetti non sono di facile individuazione.

L'opera in esame interseca in alcuni punti i solchi erosivi su cui insistono i depositi alluvionali originatisi da eventi tettonici distensivi, pertanto in tali punti l'opera intersecherà presunte linee di faglia.

4.3 Inquadramento geomorfologico

L'altopiano su cui si incentra la nostra area di studio corrisponde ad una parte del versante adriatico del rilievo murgiano e pertanto mostra anche localmente il suo tipico aspetto di tavolato a vasti ripiani allungati parallelamente alla costa.

I vari ripiani presentano deboli ondulazioni e nel complesso una leggera ondulazione a NE, quello più interno ed elevato costituisce la cosiddetta "Murgia Alta" gli altri degradano verso l'Adriatico distinti tramite scarpate via via meno alte.

Si ipotizza che l'attuale forma a ripiani potrebbe derivare da una spianata di abrasione cenozoica sollevatasi via via in tempi sempre più recenti con graduale formazione di piane costiere da SO a NE e le varie scarpate forse inizialmente rappresentate da fessure o da faglie, avrebbero in seguito subito arretramenti per abrasione.

In corrispondenza dell'affioramento calcareo, le forme del rilievo sono principalmente modellate dal fenomeno carsico su ampia e piccola scala. Sono visibili segni di ruscellamento superficiale attribuibile al reticolo idrografico delle formazioni carbonatiche il quale ha originato netti solchi erosivi, diversamente profondi e di apprezzabile ampiezza, denominati localmente "lame". In esse si raccoglie e scorre l'acqua di origine meteorica, in special modo quella di precipitazione intensa e di breve durata. Lungo tali solchi erosivi e nelle parti più depresse si raccolgono, in seguito al trasporto subito con le acque di dilavamento, dei depositi terrosi e ciottolosi prodotti dalla disaggregazione e dilavamento e dell'ammasso calcareo e delle Calcareni di Gravina. I materiali che si accumulano, presentano un grado di permeabilità estremamente variabile poiché in esso si passa dalla componente ciottoloso-sabbiosa grossolana a quella sabbiosa fine fino ad arrivare ai livelli limoso-argillosi; questa eterogeneità dei materiali comporta quindi una distribuzione dei temporanei accumuli di acqua abbastanza casuali. Nella restante area la morfologia è caratterizzata da forme sub-pianeggianti in corrispondenza dei depositi pleistocenici e quaternari.

Per quanto riguarda l'era dell'impianto fotovoltaico, l'area in esame, che si colloca ad una quota di circa 320m s.l.m., si presenta con una superficie sub-pianeggiante debolmente inclinata verso Nord, delimitata nella zona Ovest dell'impianto da un orlo di terrazzo che individua un salto di circa 30 metri.

Sebbene l'area in esame non è stata urbanizzata non sono evidenti altre forme morfologiche di rilievo.

Area Impianto - Profilo topografico direzione SW-NE da Google-Earth



Le restanti opere, subordinate all' impianto, si distribuiscono su una superficie sub-pianeggiante, ad una quota compresa tra 295m e 315m.

4.4 Inquadramento Idrografico

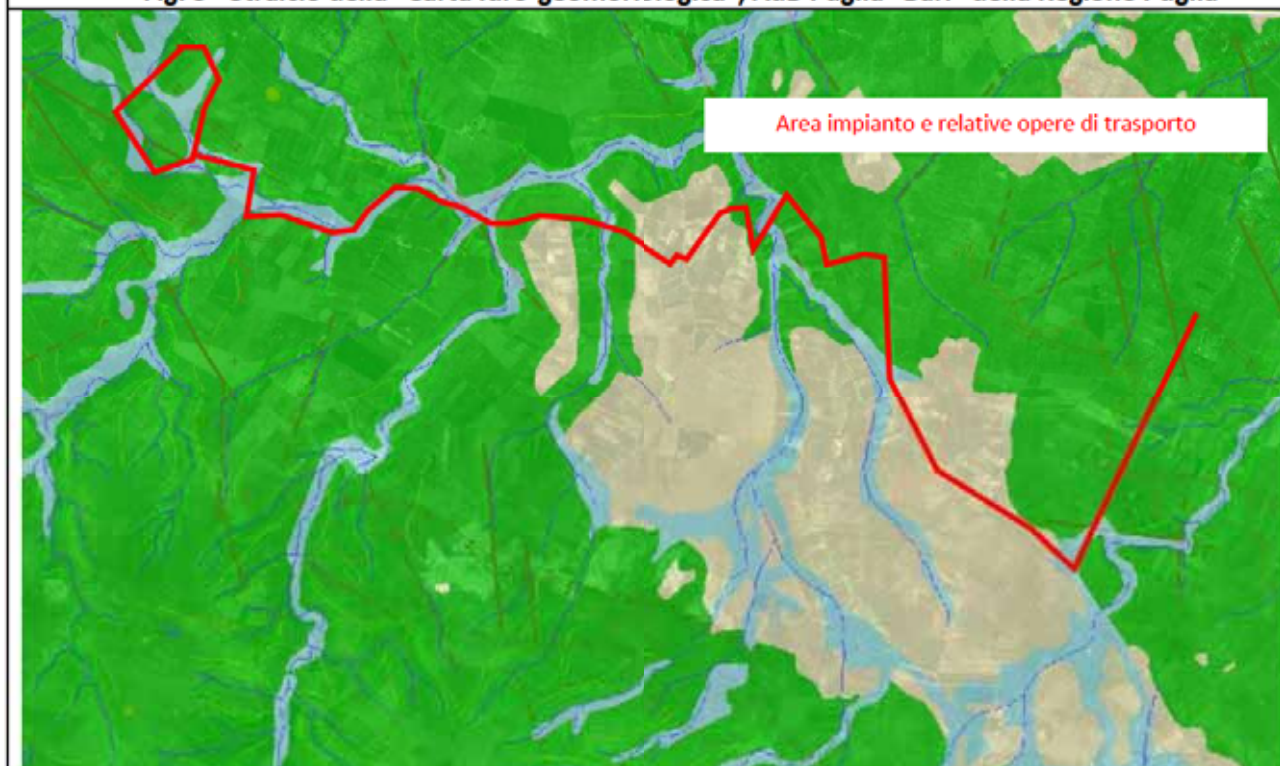
L'area d'intervento nella sua totalità, ricade in un'area non urbanizzata, nonostante ciò l'andamento del reticolo idrografico è presente in forma ridotta sebbene la rete di trasporto attraversa in due punti due modesti solchi erosivi il cui fondo è occupato da depositi alluvionali mentre l'area dell'impianto è posta parzialmente sullo stesso tipo di depositi occupanti un terzo lineamento erosivo.

Generalmente, comunque, la natura del substrato calcareo ivi presente e le scarse precipitazioni meteoriche non dovrebbero aver generato evidenti solchi erosivi che quindi, quando presenti, sono quasi sempre asciutti. Pur tuttavia in occasione di eventi meteorici intensi possono essere interessati da fenomeni di scorrimento superficiale con scarico in mare o all'interno di bacini endoreici, ovvero, zone maggiormente depresse contraddistinte da roccia molto fratturata in grado di comunicare con il sottosuolo; la zona in esame è compresa, come si evince dallo stralcio idro-geomorfologico, tra vari lievi solchi erosivi.

La distribuzione dei caratteri di permeabilità delle rocce carbonatiche mesozoiche, che risultano essere ivi presenti più a larga scala, è legata principalmente all'evoluzione del fenomeno carsico che a sua volta influisce sulla circolazione idrica. Generalmente il grado di fratturazione dei calcari, compresi nell'area di studio, insieme all'azione del carsismo facilita l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo impedendone pertanto il ruscellamento.

Di seguito si riportano i lineamenti idrografici presenti nel territorio e riportati nella "Carta Idrogeomorfologica", in Web Gis redatta dall'Autcrità di Bacino della Puglia (vedi fig. 3 seguente con l'ubicazione dell'area in esame).

Fig. 3 - Stralcio della "Carta Idro-geomorfologica", AdB Puglia "Bari" della Regione Puglia



ELEMENTI GEOSTRUTTURALI Litologie e strutture: ☐ Unità prevalentemente calcarea e dolomitica ☐ Unità a prevalente componente siliceo-sabbiosa e argillosa ☐ Unità a prevalente componente calcarea ☐ Unità a prevalente componente calcarea con un generale assetto nudo ☐ Depositi sciolti a prevalente componente sabbiosa ghiaiosa ☐ Unità a prevalente componente argillosa ☐ Unità a prevalente componente arenaria ☐ Unità costituite da alternanze di masse a composizione e granulometria variabile ☐ Depositi sciolti a prevalente componente calcarea	Tettonica ☐ Faglia ☐ Asse di anticlinale certo ☐ Asse di anticlinale presunto ☐ Asse di anticlinale presunto Tettonica ☐ Strati suborizzontali ($<10^\circ$) ☐ Strati molto inclinati ($45^\circ-60^\circ$) ☐ Strati ripassati ☐ Faglia presunta ☐ Asse di anticlinale presunto ☐ Asse di anticlinale presunto ☐ Strati poco inclinati ($10^\circ-45^\circ$) ☐ Strati suborizzontali ($<10^\circ$) ☐ Strati correnti
FORME DI VERSANTE Linee ☐ Orto di scarpata determinata forma semipianale ☐ Cresta strutturali ☐ Nodosa di distacco Piagioni ☐ Corpo di linea ☐ Area interessata da dissesto diffuso ☐ Cresta affilata ☐ Asse di dispiuvio ☐ Cono di deiezione ☐ Area a calanchi e forme simili	FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA Cigli e ripe ☐ Ciglio di sponda ☐ Ripa di emissione FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE Corsi d'acqua ☐ Corso d'acqua ☐ Corso d'acqua obliterato ☐ Recapito finale di bacino endoreico ☐ Corso d'acqua episodico ☐ Corso d'acqua tombato

4.5 Inquadramento Idrogeologico

Per quanto attiene le caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame si segnala che a larga scala in tutta la regione è presente una falda carsica profonda che non avrà alcuna interferenza con le opere in progetto. Infatti, i calcari che costituiscono gran parte delle Murge sono a seconda dei luoghi, più o meno permeabili per fessurazione e quindi le acque di precipitazione dopo la fase di ruscellamento superficiale si incanalano attraverso le fratture per andare ad alimentare la falda carsica profonda. Inoltre, poiché la permeabilità delle rocce del Calcarea di Bari è alquanto irregolare, in profondità si può trovare una circolazione idrica più o meno attiva da zona a zona. Il carico piezometrico nella zona di Ruvo di Puglia è pari a circa 75.0 metri sul livello del mare e quindi, viste le quote, la falda è ubicata a profondità superiore a 220 metri.

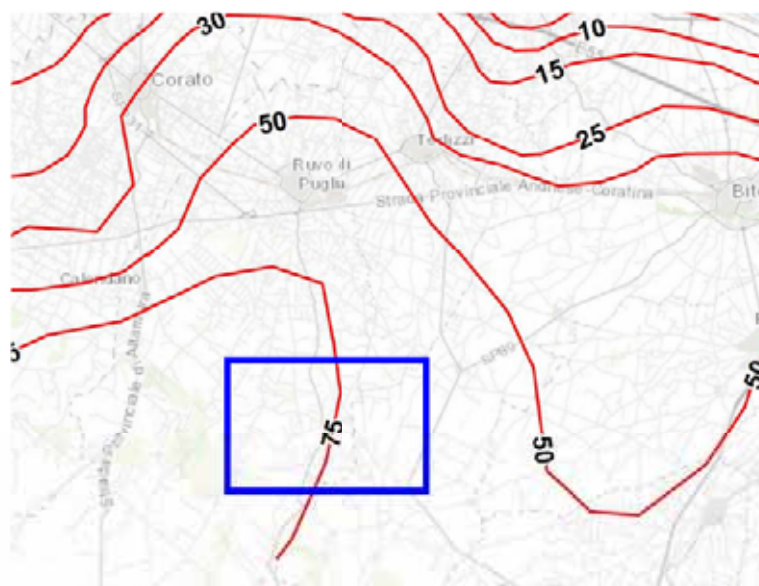


Fig. 4 - Stralcio della Tav. c.5 del Piano di Tutela delle Acque ("Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento")

Attualmente il reticolo idrografico è pressoché inattivo durante tutto l'arco dell'anno. Ciò è dovuto alle scarse precipitazioni e ad una circolazione idrica sotterranea molto sviluppata per la presenza di numerose fratture e cavità che influenzano considerevolmente la permeabilità delle rocce calcaree.

Infatti, le acque di pioggia, dopo un percorso superficiale molto breve, si infiltrano nel sottosuolo, alimentando così la falda idrica profonda.

Sulla base delle caratteristiche di permeabilità, le rocce localmente affioranti si distinguono in:

- rocce permeabili per porosità interstiziale;
- rocce permeabili per fessurazione e carsismo.

4.5.1 Rocce permeabili per porosità interstiziale

Rientrano all'interno di tale categoria i depositi alluvionali, le calcareniti e le "terre rosse".

Il materiale di riporto e le "terre rosse", per il loro contenuto sabbio-limoso variabile presentano una permeabilità variabile. In particolare per i depositi alluvionali eterogenei (da ghiaie a sabbie limose) si può assumere una permeabilità K compresa tra $1 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$ e $1 \cdot 10^{-2} \text{ m/sec}$, mentre per le "terre rosse" il valore della permeabilità K compresa tra $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$ e $1 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$.

Per le calcareniti, nel caso specifico, sabbie da poco a mediamente cementate, debolmente limose, si può assumere una permeabilità K compresa tra $1 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$ e $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$.

4.5.2 Rocce permeabili per fessurazione e carsismo

La permeabilità per fessurazione e carsismo, o permeabilità in grande, è propria di rocce praticamente impermeabili alla scala del campione, data la loro elevata compattezza, ma nelle quali l'infiltrazione e il deflusso può avvenire attraverso i giunti di stratificazione e le fratture. Tali discontinuità possono allargarsi per fenomeni legati alla dissoluzione chimica (carsismo).

Questo tipo di permeabilità caratterizza il Calcare di Altamura. Laddove il calcare è intensamente fratturato e carsificato, risulta molto permeabile ed è sede di una cospicua ed estesa falda idrica di base (o falda carsica) il cui ruolo idrostrutturale è di "acquifero".

Il valore della permeabilità è compreso tra: $K = 1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$.

5 ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI

5.1 PPTR - Ambiti Territoriali Distinti

Com'è possibile osservare dagli stralci del PPTR Puglia riportati di seguito l'area in esame o una parte di essa, ricade nelle perimetrazioni di seguito riportate (fig.5).

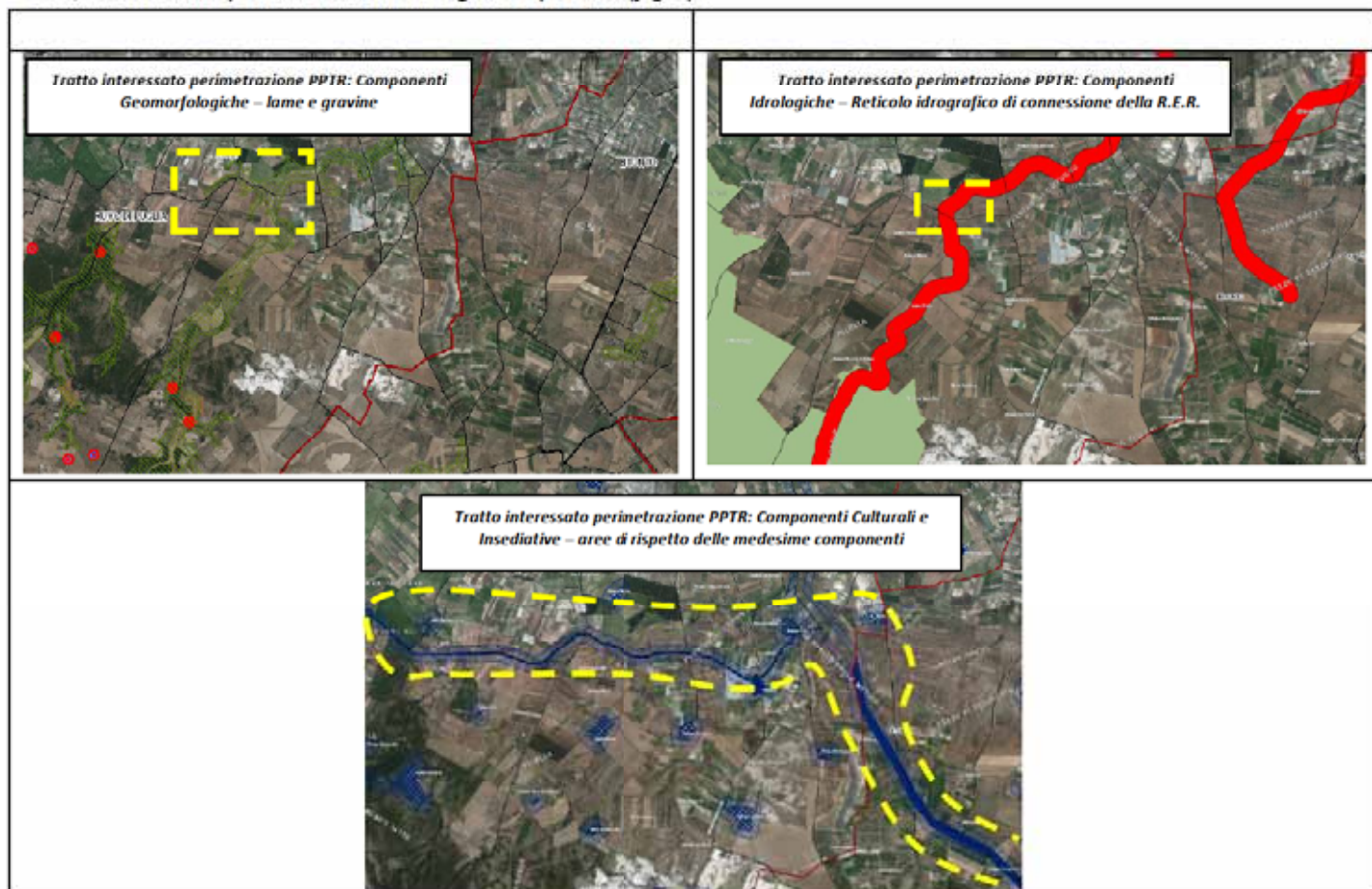


Fig.5 - Stralcio degli Ambiti Territoriali Distinti

5.2 Inquadramento dell'area rispetto al Piano di Assetto Idrogeologico

Dalla Consultazione della "Carta del Rischio" del Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale della Puglia, è emerso che un tratto delle opere di trasporto, rientra nelle perimetrazioni riguardo aree a pericolosità idraulica media e alta, in tutto il resto dell'opera non sono presenti perimetrazioni (Fig. 6).

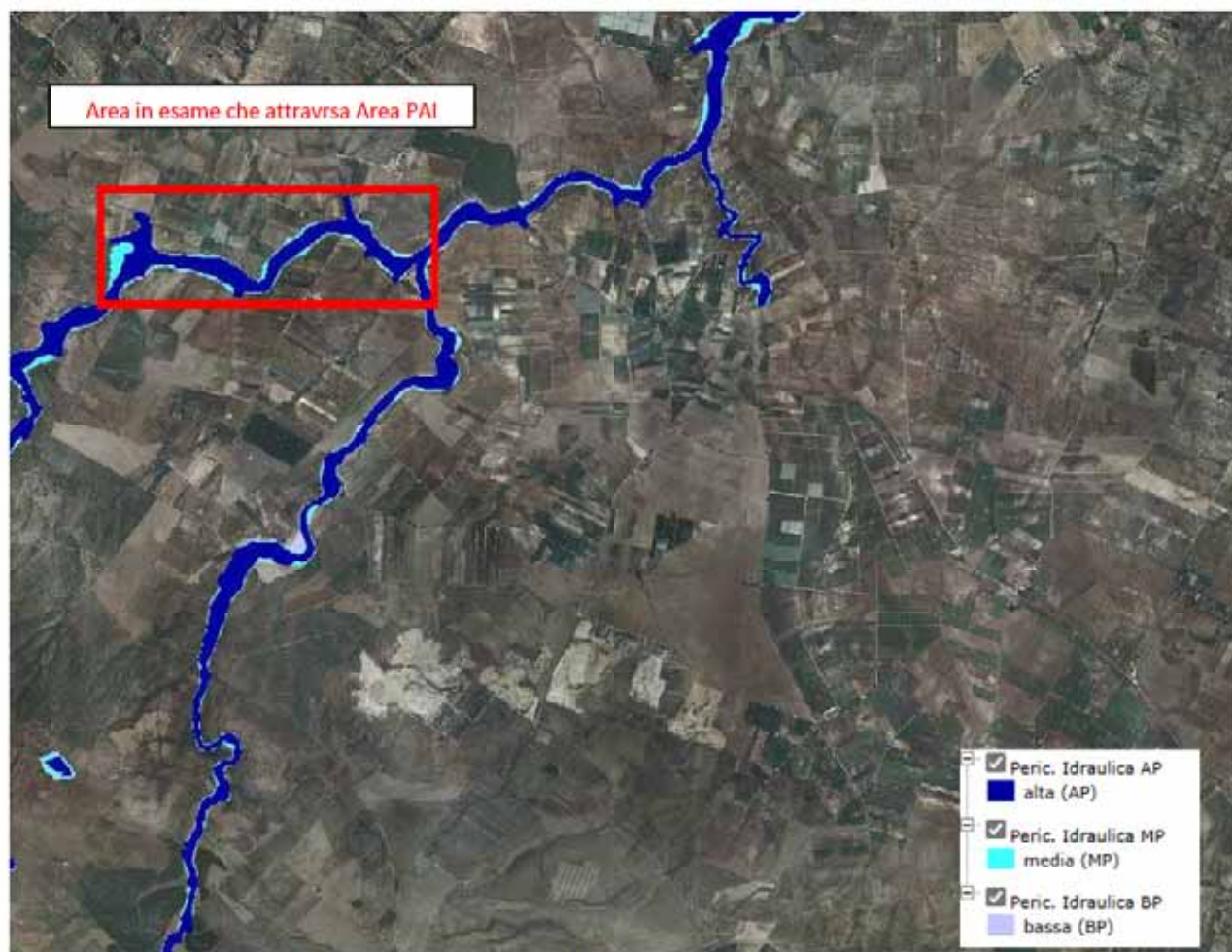


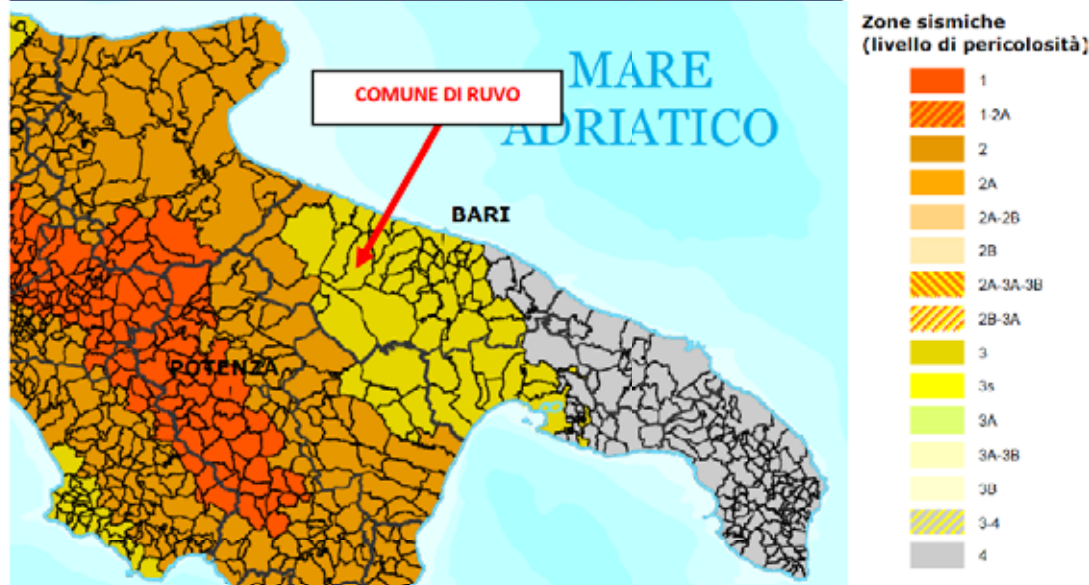
Fig.6 Carta del rischio idrogeologico della AdB Puglia con ubicazione dell'area in esame

6 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

6.1 Aspetti generali

Il Comune di Ruvo di Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009, confermato dalla nuova classificazione sismica del territorio italiano (marzo 2022) ricade in zona sismica 3 (*livello di pericolosità basso – zone interessate da scuotimenti modesti*).

Classificazione sismica 2022 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



6.2 Caratteristiche sismiche di riferimento del territorio

Sulla base dell'indagine sismica MASW, consultate è stato possibile stimare la categoria di suolo per il sito in esame.

Tenendo conto che l'indagine sismica di riferimento è stata eseguita in un'area di cava dell'ammasso calcareo, escludendo le velocità sismiche dei primi 4 m legate a materiali di scarto di lavorazione della cava, il sottosuolo in esame che sottintende o la presenza di calcareniti cementate o la presenza dell'ammasso calcareo compatto in affioramento ne consegue che il sottosuolo in esame può essere classificato come suolo di categoria "A" definita, come previsto dalle NTC 2018, nel seguente modo:

"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 3.0m".

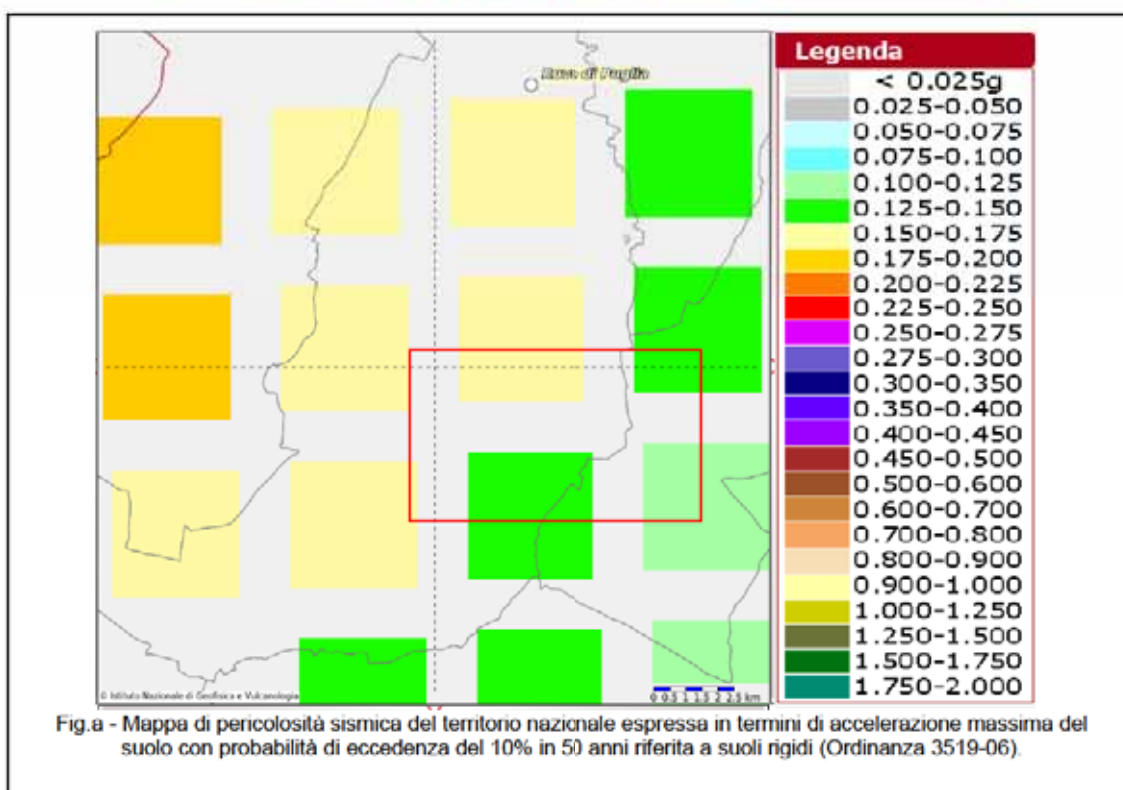
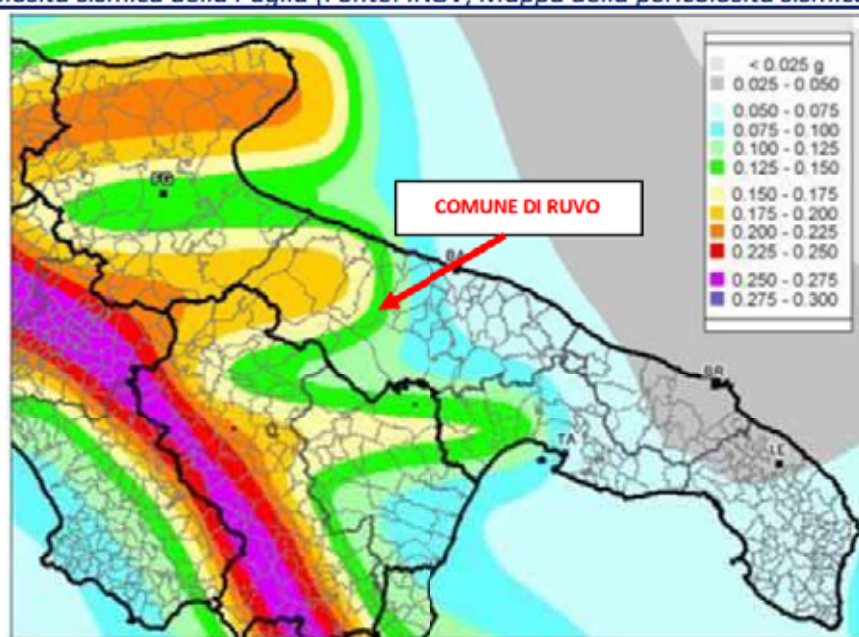
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del Gennaio 2018 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni maggiore di 0.05 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.15g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una

“pericolosità di base” fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l’intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali “parametri spettrali” riferiti all’accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell’azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall’INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC l’area in questione, essendo molto estesa è caratterizzata da diversi intervalli di accelerazione: complessivamente essa rientra in un unico intervallo di un’accelerazione compresa tra 0.100 - 0.175 g, come evidenziato nella figura a, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_s > 800$ m/sec).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)



Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione in generale è costituito in parte da un ammasso calcarenitico cementato e in parte da un ammasso calcareo a luoghi fratturato;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state rilevate falde superficiali;
- il valore del fattore S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito espressa dalla relazione seguente $S = SS \times ST$ (dove SS è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e ST è il coefficiente di amplificazione topografica, opportunamente tabellati nelle NTC 2018) è pari nei quattro stati limite a:

SLO	$S=1.00$
SLD	$S=1.00$
SLV	$S=1.00$
SLC	$S=1.00$

Pertanto, dall'osservazione della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06) e successive norme (NTC18) e tenuto conto del fattore di amplificazione stratigrafica e topografica, il sito di interesse è caratterizzato da un'accelerazione pari a $0.100g < a_{gmax} < 0.175g$.

La luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 42) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 17.01.2018 (NTC 18)*, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- "ag" accelerazione orizzontale massima al terreno;

- “Fo” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “Tc*” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.3 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC18 (Norme Tecniche delle Costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica. Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa. La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici. Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/T_r$ (T_r è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE

LATITUDINE

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☐ Interpolazione esatta

Interpolazione

superficie rigata

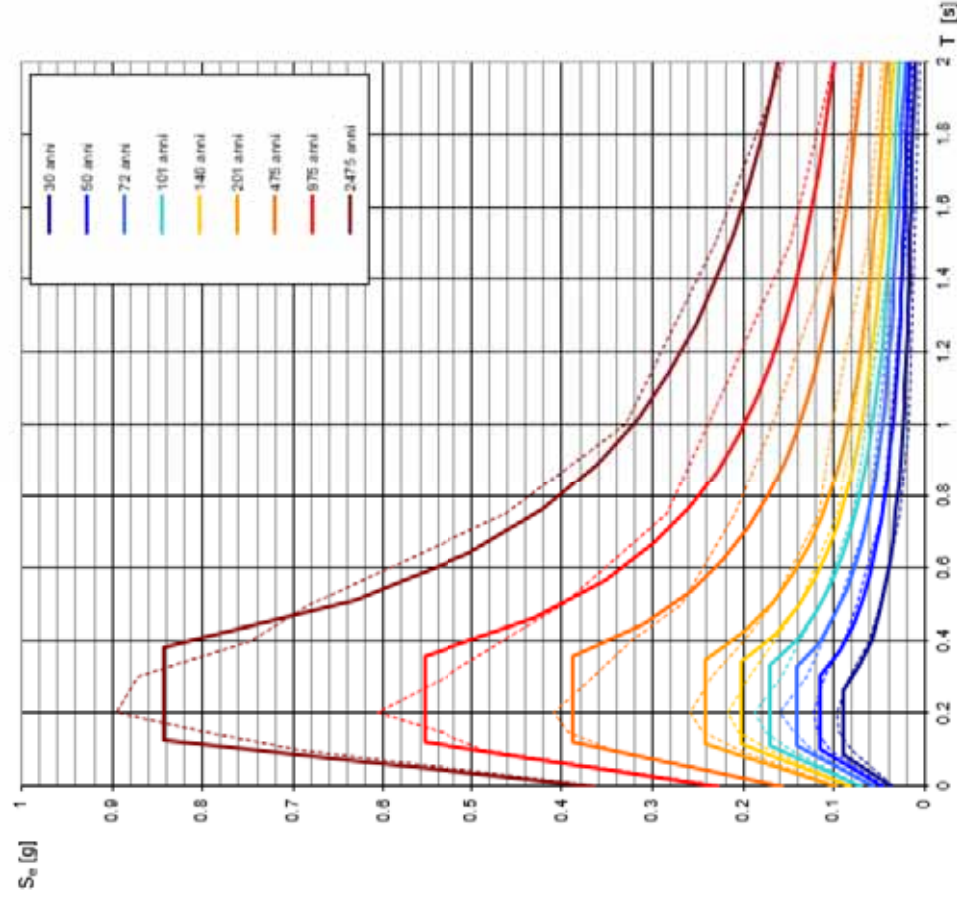
La “Ricerca per comune” utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la “Ricerca per coordinate”.

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

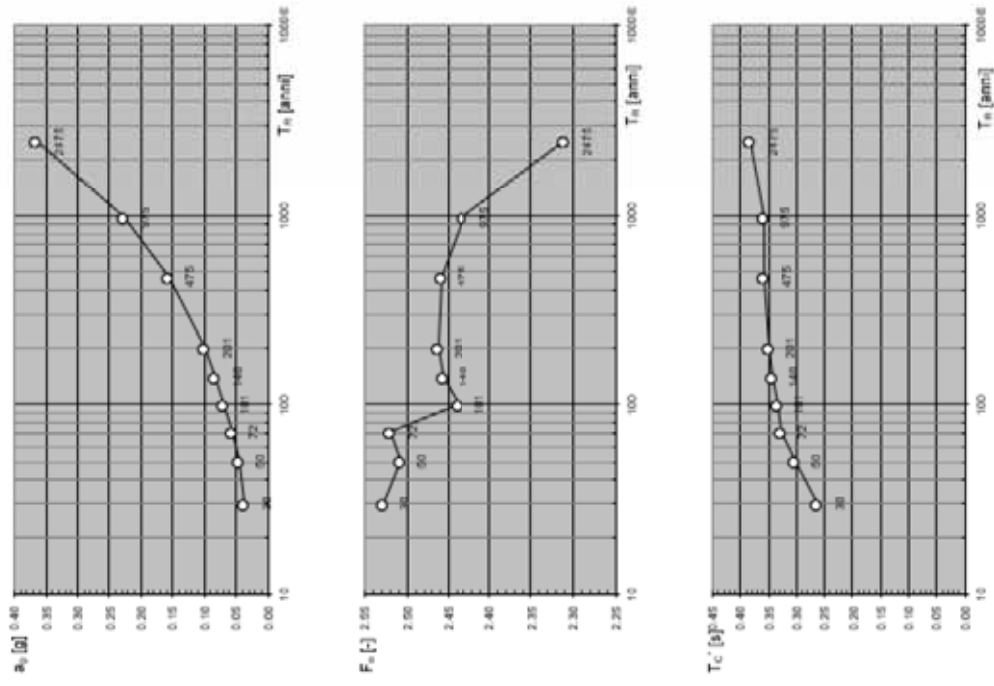
Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) sono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_{c^*} in funzione del periodo di ritorno T_r .

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



Valori dei parametri a_g , F_a , T_c : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1

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	0.036	2.528	0.262
50	0.046	2.508	0.304
72	0.056	2.519	0.328
101	0.070	2.439	0.335
140	0.082	2.458	0.343
201	0.098	2.463	0.349
475	0.150	2.459	0.357
975	0.228	2.432	0.359
2475	0.365	2.309	0.392

6.4 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

Stati limite ultimi - SLU

$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \\ \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie

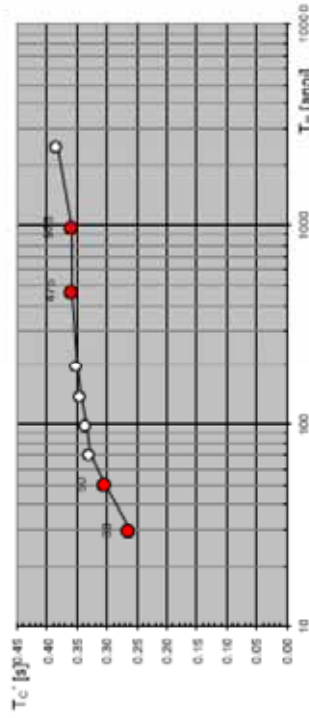
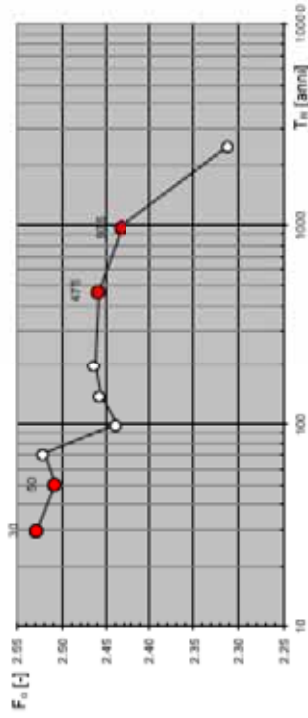
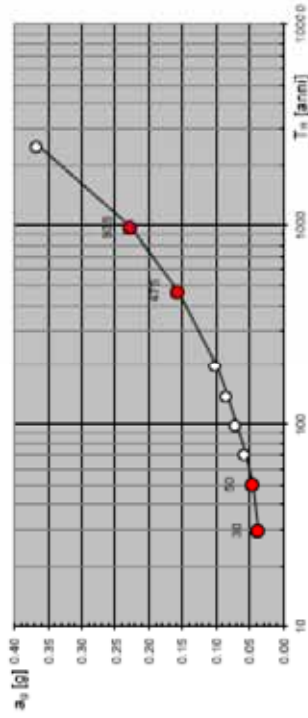
--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

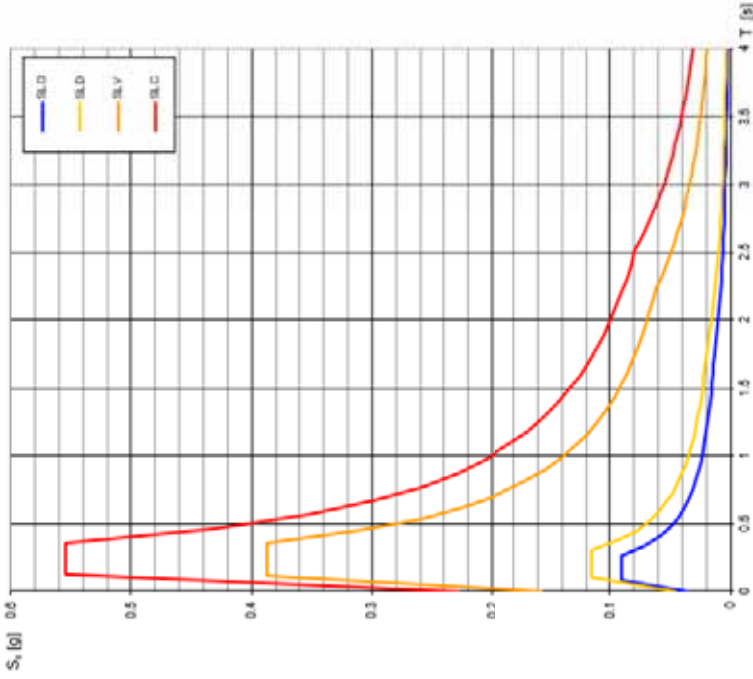
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u = 1.0$.

In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_R che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC18. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_y , F_v , T_c^* in funzione del periodo di ritorno



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_y , F_v , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_y [g]	F_v [-]	T_c^* [s]
SLD	30	0.036	2.528	0.263
SLD	50	0.046	2.508	0.304
SLV	475	0.157	2.459	0.357
SLC	975	0.228	2.432	0.359

7 PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$

7.1 MASW – Descrizione del metodo e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018, sono stati eseguiti n. profilo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) ubicato come mostrato nella planimetria allegata (**Allegato 01**).

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando i tempi di arrivo delle onde sismiche di superficie generate artificialmente ed elaborando il segnale con un opportuno software.

A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). È così possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "VS".

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 24 geofoni verticali a 4.5Hz, in un sismografo a 24 canali della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati.

7.2 MASW – Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- Predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati di 5.0 m in linea retta, di lunghezza pari a 115m con l'esecuzione di uno scoppio a 10m di distanza dal primo (MASW 01);
- osservazione del segnale che si propaga tramite onde S nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610/S.

7.3 MASW – Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. È importante rilevare che il profilo di ciascuno stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

I dati sono stati interpolati ed elaborati con i Software SWAN prodotto dalla Geostudi Astier.

7.4 MASW – Rappresentazione dei risultati

Nell'**Allegato 02** sono stati rappresentati, in nove grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo MASW e i sismogrammi medi di tutte le interazioni per gli stendimenti svolti.

Il primo grafico, a partire dallo spettro F-K, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo. Nel grafico successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un

modello di sottosuolo, ottenuto per “aggiustamenti” successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati. Il grafico successivo riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

7.5 MASW– Interpretazione dei risultati

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione, NTC 2018, è stato introdotto il calcolo di un nuovo parametro, il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i -esimo

$V_{s,i}$ = 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 moltorigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio si riferisce alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell'assetto geologico del sottosuolo.

Basandosi sulle indagini sismiche consultate, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. L'indagine MASW, ha raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m e ha consentito di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_{s2} \geq 800$ m/s ad una profondità pari a 4.50m e mentre il pacchetto di strati ad esso sovrapposto risulta caratterizzato per lo stendimento MASW 01 da un valore di $V_{s,eq}=256$ m/s; in questo caso però nel sito in esame erano presenti materiali di riporto, essendo stata eseguita la prova all'interno di un'area di cava; pertanto considerato che nel sito in esame sono in affioramento direttamente e le calcareniti cementate e l'ammasso calcareo compatto ne consegue che è possibile assimilare al sottosuolo in esame la categoria di suolo “A”.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie tonografica
A	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.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

8 VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal rilevamento di superficie dell'area destinata alla realizzazione delle opere in progetto si evince che risultano in affioramento sia l'ammasso calcarenitico che l'ammasso calcareo.

Pertanto si è proceduto a:

- descrivere dal punto di vista geotecnico la formazione coinvolta negli scavi;
- fornire alcuni fra i principali parametri geotecnici utili al fine di una eventuale calcolazione.

8.1 Sintesi delle principali caratteristiche delle Calcareniti di Gravina e Calcare di Bari

L'area di stretto interesse, relativa alla superficie destinata ad essere occupata dall'area dell'impianto fotovoltaico, dalle opere di trasporto e cessione dell'energia, a seguito di un dettagliato rilevamento geologico di superficie, risulta essere caratterizzata a luoghi dalla presenza delle calcareniti a luoghi dalla presenza dell'ammasso calcareo, al di sotto di una copertura di suolo. Sintetizzato tutti i dati ricavati dagli studi eseguiti nell'area in esame e in altre a queste limitrofe e geologicamente analoghe è stata fatta, a titolo indicativo, una stima delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

È stato utilizzato il RMR System (Rock Mass Rating System – Bienawsky 1973), che utilizza i seguenti parametri:

- RQD (Rock qualità designation), cioè il rapporto fra la sommatoria delle carote di lunghezza superiore a 10cm e la lunghezza totale del tratto analizzato (espresso in %); dato è stato attribuito sulla base dei dati acquisiti su perforazioni su rocce simili e delle informazioni rilevabili nello scavo;
- spaziatura delle discontinuità;
- condizioni delle discontinuità;
- condizioni Idrogeologiche;
- resistenza alla compressione monoassiale.

Il RMR System consente di assegnare un punteggio all'ammasso in base ai valori dei parametri riportati in tabella. La somma dei punteggi riferiti per ogni parametro consente di definire lo stato dell'ammasso e di assegnare i valori della coesione c e dell'angolo di attrito interno ϕ .

Ammasso calcareo

DESCRIZIONE AMMASSO	FOTO AMMASSO O CAROTE SONDAGGI	
Calcare dolomitico di colore grigiastro, compatto o poco fratturato a luoghi alternato a calcare bianco-avana fratturato ed alterato		
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Rock Mass Rating SYSTEM)		
PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
RESIST. ALLA COMPRESS.IONE MONOASSIALE DEL MATERIALE INTATTO (Mpa)	25-50	4
RQD (%)	25-50	8
SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA' (metri)	0,06-0,2	8
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	Superficie leggermente ruvida, apertura<1mm, pareti leggermente alterate	25
CONDIZIONI GENERALI DI UMIDITA'	Completamente Asciutto	15
INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'	Molto favorevole	0
	PUNTEGGIO TOTALE	60
CLASSI DELL'AMMASSO IN BASE AL PUNTEGGIO (Beniawski, 1973)		VALORI DA FORMULA
CLASSIFICAZIONE AMMASSO	DISCRETO	
COESIONE (kPa)	200-300	300
ANGOLO DI ATTRITO (°)	25°- 35°	35

Ammasso calcarenitico

DESCRIZIONE AMMASSO	FOTO AMMASSO	
Calcareniti cementate		
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Rock Mass Rating SYSTEM)		
PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
RESIST. ALLA COMPRESS.IONE MONOASSIALE DEL MATERIALE INTATTO (Mpa)	5-25	2
RQD (%)	<25	3
SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA' (metri)	0,2-0,6	10
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	Superficie leggermente ruvida, apertura<1mm, pareti leggermente alterate	25
CONDIZIONI GENERALI DI UMIDITA'	Completamente Asciutto	15
INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'	Favorevole	-2
	PUNTEGGIO TOTALE	53
CLASSI DELL'AMMASSO IN BASE AL PUNTEGGIO (Beniawski, 1973)		VALORI DA FORMULA
CLASSIFICAZIONE AMMASSO	DISCRETO	
COESIONE (kPa)	200-300	265
ANGOLO DI ATTRITO (°)	25°- 35°	31.5

PARAMETRI GEOTECNICI					CALCARENITI DI GRAVINA					Range di valori ¹				
Valore														
2.1	q/cm ³	2.10	t/m ³		20593.965	N/m ³			KN/cm ³	20.59397	KN/m ³			1.8-2.25 g/cm ³
31.5	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25°-35°
2.7	Kg/cm ²	264.78	Kpa		0.2647796	Mpa			t/m ²	0.26478	N/mm ²			100-150 Kpa
NA	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16000	Kg/cm ²	1569064.80	Kpa		1569.064	Mpa			t/m ²	1569.064	N/mm ²			Mpa
5000	Kg/cm ²	490332.75	Kpa		490.3325	Mpa			t/m ²	490.3325	N/mm ²			Mpa
80	Kg/cm ²	7845.32	Kpa		7.84532	Mpa			t/m ²	7.84532	N/mm ²			30-150 Kg/cm ²
0.32	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33-0.35 A
Coefficiente di Poisson (δ)														
Coefficiente di Lambe														
30	kg/cm ³	30000.00	t/m ³		294199500	N/m ³			KN/cm ³	294199.5	KN/m ³			10-50 kg/cm ³
30	kg/cm ³	30000.00	t/m ³		294199500	N/m ³			KN/cm ³	294199.5	KN/m ³			10-50 kg/cm ³
30	kg/cm ³	30000.00	t/m ³		294199500	N/m ³			KN/cm ³	294199.5	KN/m ³			10-50 kg/cm ³

PARAMETRI GEOTECNICI					CALCARE DI BARI					Range di valori ¹				
Valore														
2.2	q/cm ³	2.20	t/m ³		21574.63	N/m ³			KN/cm ³	21.57463	KN/m ³			2.10-2.35 g/cm ³
35	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30°-45°
3.06	Kg/cm ²	300.08	Kpa		0.3000835	Mpa			t/m ²	0.300083	N/mm ²			250-400 Kpa
NA	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219320	Kg/cm ²	21507955.75	Kpa		21507.945	Mpa			t/m ²	21507.94	N/mm ²			Mpa
26480	Kg/cm ²	2596802.24	Kpa		2596.8009	Mpa			t/m ²	2596.801	N/mm ²			Mpa
600	Kg/cm ²	58839.93	Kpa		58.8399	Mpa			t/m ²	58.8399	N/mm ²			150-750 Kg/cm ²
0.29	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25-0.33 A
Coefficiente di Poisson (δ)														
Coefficiente di Lambe														
290	kg/cm ³	290000.00	t/m ³		2.844E+09	N/m ³			KN/cm ³	28439285	KN/m ³			20-350 kg/cm ³
290	kg/cm ³	290000.00	t/m ³		2.844E+09	N/m ³			KN/cm ³	28439285	KN/m ³			20-350 kg/cm ³
290	kg/cm ³	290000.00	t/m ³		2.844E+09	N/m ³			KN/cm ³	28439285	KN/m ³			20-350 kg/cm ³

NOTE

NA= Non applicabile

* - Range di valori accettabili

¹ - I Parametri di Coesione e Angolo di attrito delle rocce sono stimati attraverso il sistema di classificazione di BIENIAWSKI dell'ammasso roccioso

² - Il Modulo Edometrico non è applicabile alle rocce. Qualora il software lo richieda necessariamente si suggerisce di utilizzare valori molto elevati, ad es. 100.000Kg/cm²

A = Adimensionale

8.2 Considerazioni conclusive

Alla luce di quanto ricavato dal rilevamento geologico e dalle indagini sismiche consultate, per il sottosuolo in esame si riportano di seguito alcune considerazioni utili al fine della scelta di fondazioni idonee a sopportare i carichi trasmessi dalla struttura in elevazione:

- il terreno di fondazione è caratterizzato da un ammasso calcarenitico generalmente cementato, e da calcareo compatto, a luoghi fratturato;
- il terreno di fondazione è da ritenersi permeabile per porosità e fessurazione pur non essendo interessato da alcuna falda superficiale;
- dal rilevamento di dettaglio non sono state rilevate evidenze di instabilità (piccoli smottamenti o crolli).

Dalla Consultazione della *"Carta del Rischio"* del Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale della Puglia, è emerso che un tratto delle opere di trasporto, rientra nelle perimetrazioni riguardo aree a pericolosità idraulica media e alta, in tutto il resto dell'opera non sono presenti perimetrazioni.

Basandosi sulle indagini sismiche consultate, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. L'indagine MASW, ha raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m e ha consentito di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_s \geq 800\text{m/s}$ ad una profondità pari a 4.50m e mentre il pacchetto di strati ad esso sovrapposto risulta caratterizzato per lo stendimento MASW 01 da un valore di $V_{s,eq}=256\text{m/s}$; in questo caso però nel sito in esame erano presenti materiali di riporto, essendo stata eseguita la prova all'interno di un'area di cava; pertanto considerato che nel sito in esame sono in affioramento direttamente e le calcareniti cementate e l'ammasso calcareo compatto ne consegue che è possibile assimilare al sottosuolo in esame la categoria di suolo "A".

Dalle risultanze della prospezione sismica, è emerso che il territorio in esame, dal punto di vista della caratterizzazione sismica, è classificato come categoria di suolo di fondazione di tipo "A", poiché il bedrock è presente già a partire da 2.00m dal piano di indagine ed è essendo caratterizzato da un valore delle $V_s=1890\text{m/s}$; tale categoria infatti, come previsto dalle NTC 2018, è definita nel seguente modo: **"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 3.0m"**.

In conclusione, dallo studio effettuato non sono stati evidenziati elementi che precludono la possibilità di edificare nell'area indagata e pertanto si esprime un parere geologico favorevole, tuttavia si suggerisce di effettuare indagini sismiche in loco al fine di confermare la categoria assegnata

ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE DI RIFERIMENTO

▫ UBICAZIONE DELL' INDAGINE SISMICA



ALLEGATO 02 – PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$

- ELABORATI INDAGINI MASW
 - SISMOGRAMMA MEDIO
 - SPETTRO DELLE FREQUENZE
 - CURVA DI DISPERSIONE
 - PROFILO VS

Località "BITONTO (BA)" – MASW01

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

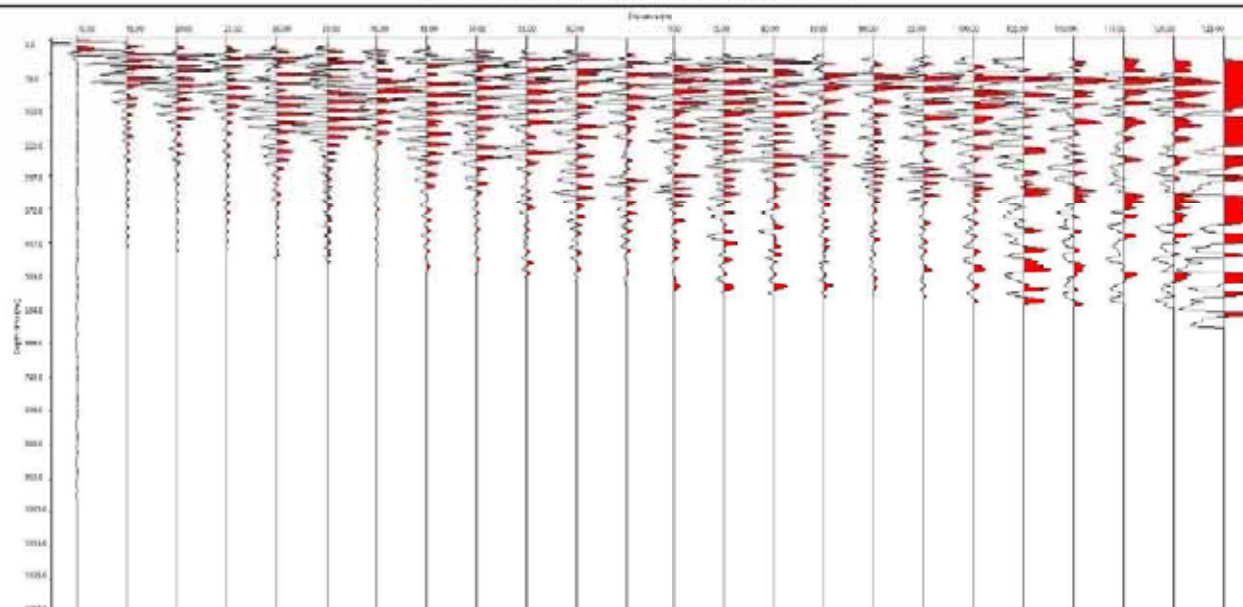
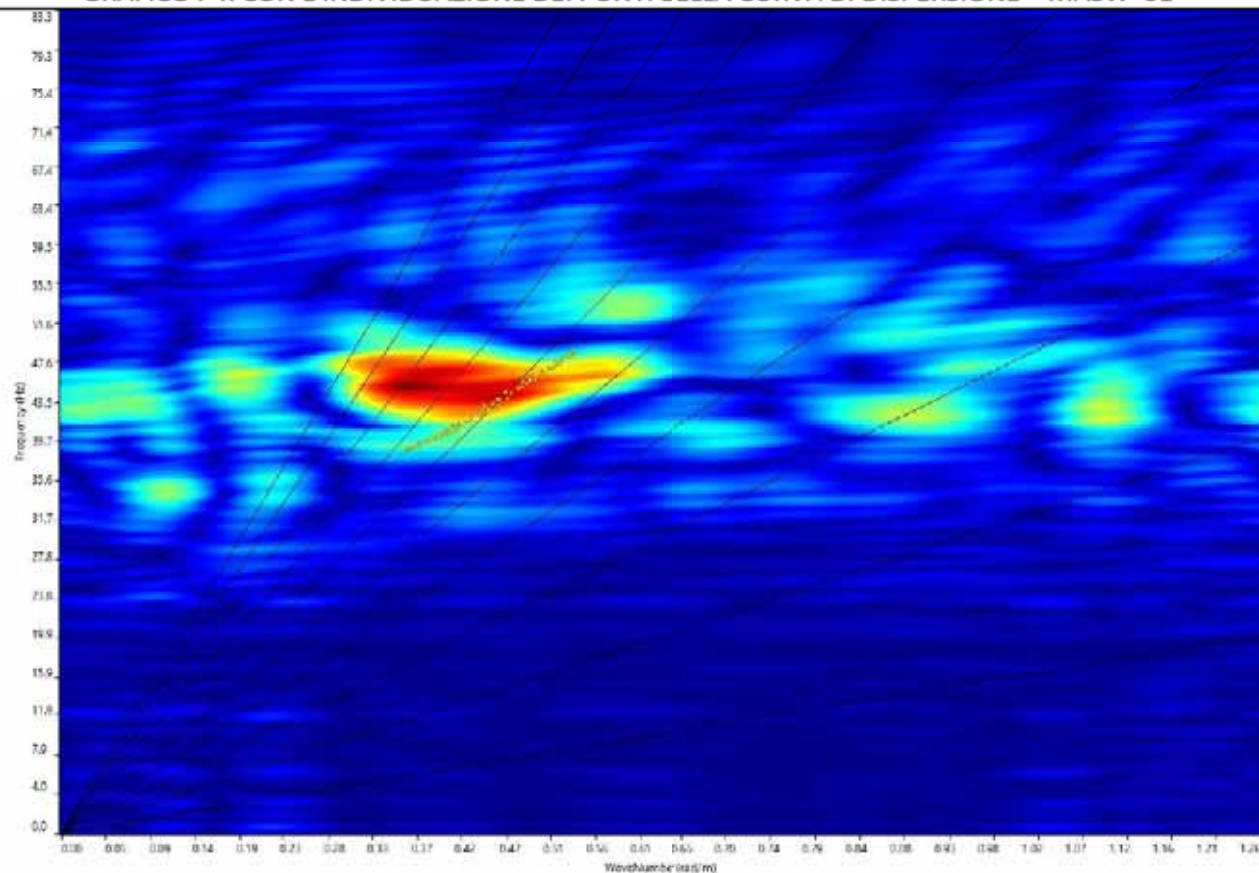
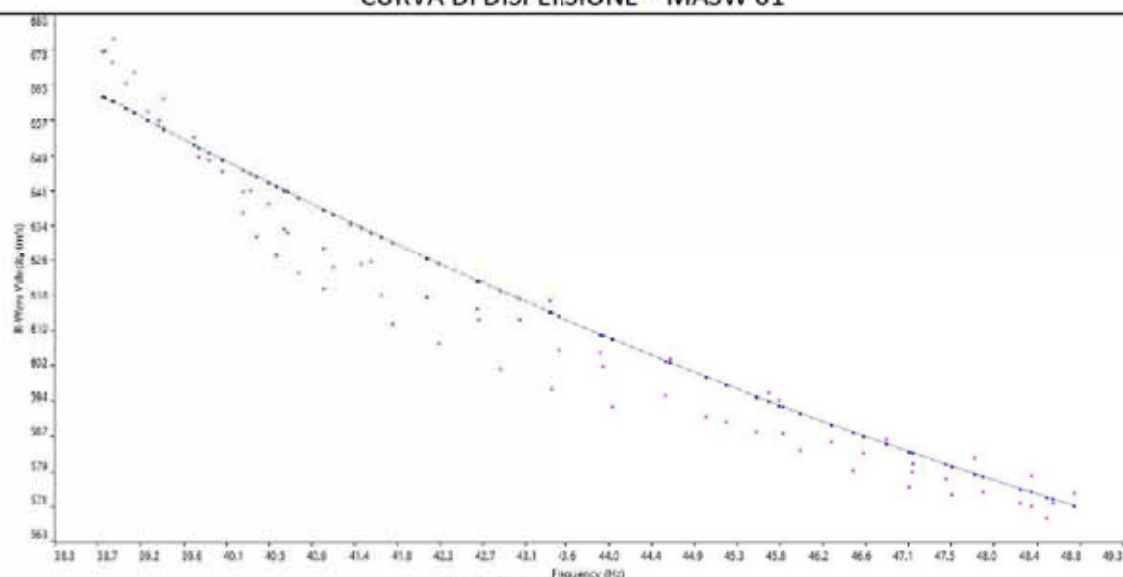


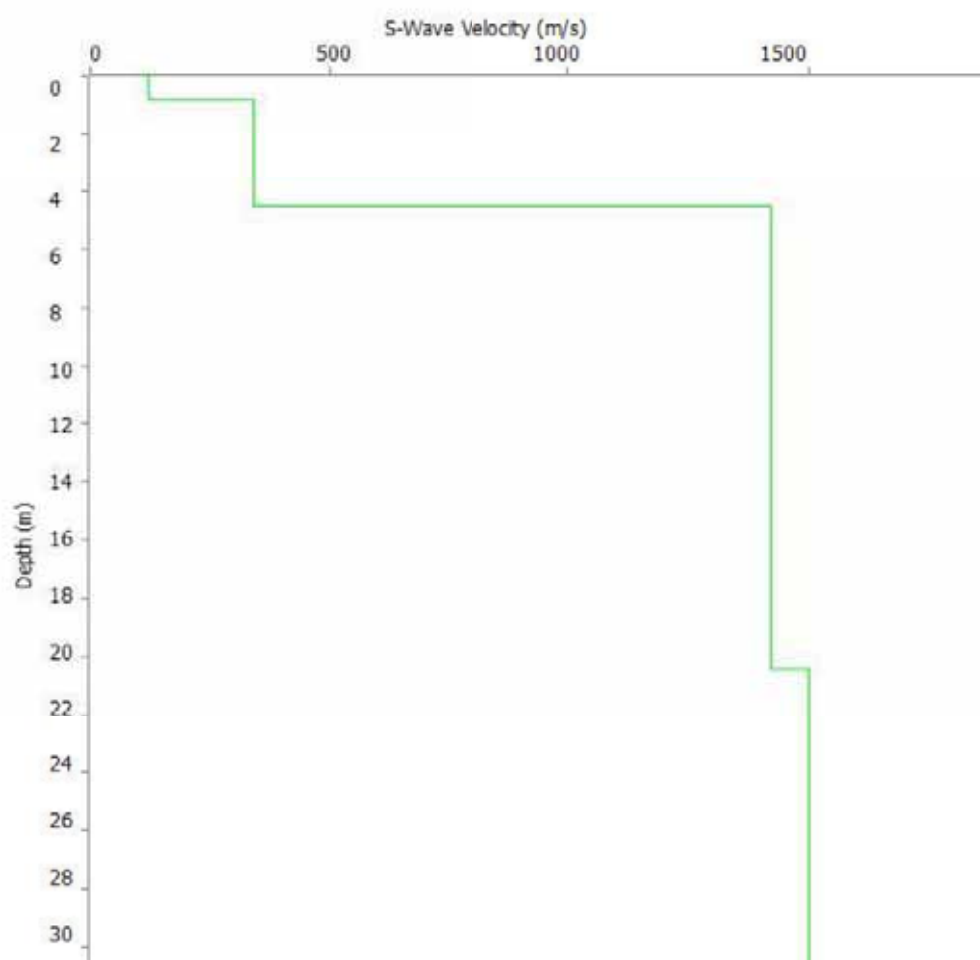
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



ROFILO VS – MASW 01



Categoria "A" –, calcolato a partire da -2.0m rispetto al p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

		Thickness	Depth		Vs
Layer 1	☐	0.80	0.00	☐	120
Layer 2	☐	3.70	0.80	☐	340
Layer 3	☐	15.90	4.50	☐	1420
Layer 4	☐	INF	20.40	☐	1500

ALLEGATO 03 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SULLE INDAGINI DIRETTE E INDIRETTE

-
- PROSPEZIONE SISMICHE DI SISMICA PER LA STIMA DEL $V_{S, EQ}$ – MASW
-

Località "Comuni di Bitonto (Ba)" - MASW01

BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G1



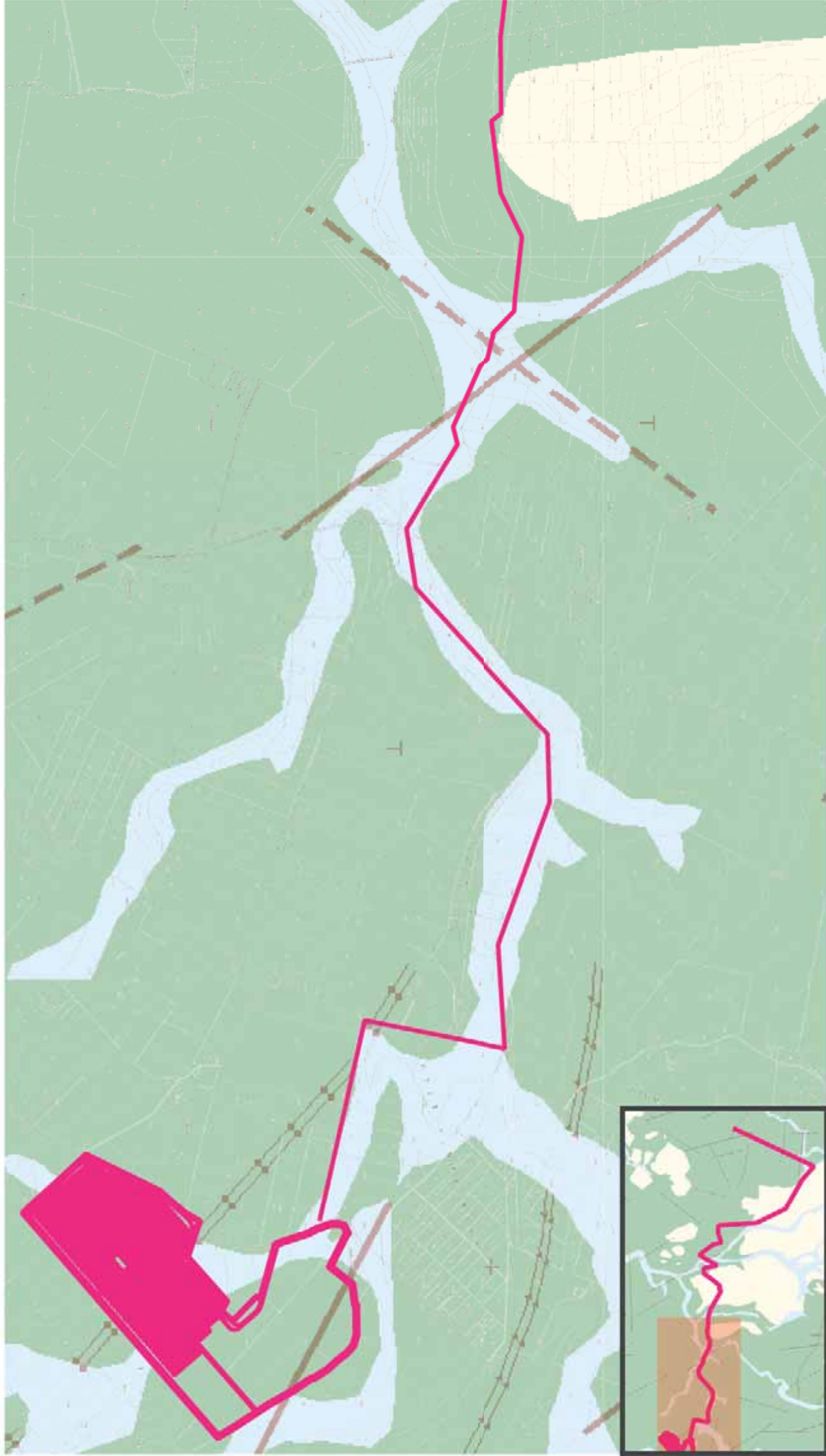
BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G24



BS01 e MASW01, particolare della strumentazione



TAV.00A CARTA GEOLOGICA SU BASE CTR IN SCALA 1:10.000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

LITOLOGIA

- Unità prevalentemente alluvionale e coluvionale
- Unità a prevalenza componente litica (sabbia, ghiaia)
- Unità a prevalenza componente calcarea
- Unità a prevalenza componente argillosa (con un generato alluviale calcareo)
- Depositi sabbiosi a prevalenza componente sabbioso-ghiaiosa

- Unità a prevalenza componente argillosa
- Unità a prevalenza componente arenosa
- Unità costituita da alternanza di rocce a composizione variabile
- Dacoreti scisti a prevalenza componente calcarea

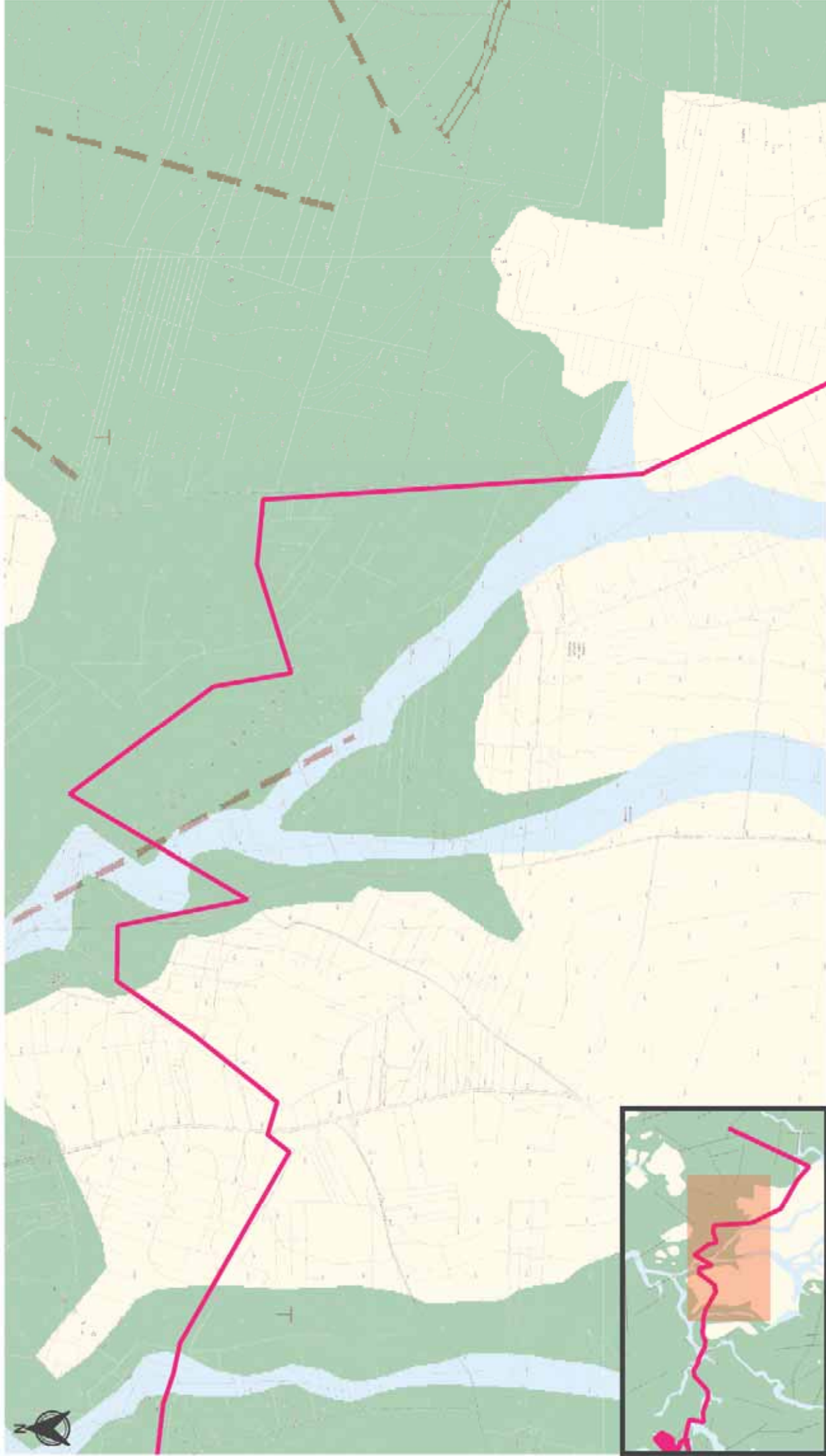
- Tettonica**
- Faglia**
 - Asse di antichiusura certa
 - Asse di antichiusura certa

- Faglia presunta**
- Asse di antichiusura presunta
 - Asse di antichiusura presunta

- Tettonica**
- Strati subverticali (<10°)
 - Strati molto inclinati (45°-90°)
 - Strati versanti

- Strati poco inclinati (10°-45°)
- Strati subverticali (>60°)
- Strati orizzonti

TAV.00B CARTA GEOLOGICA SU BASE CTR IN SCALA 1:10.000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

LITOLOGIA

- Unità prevalentemente sabbia e ciottoli
- Unità a prevalenza componente siliceo-sabbiosa (s.g. ghiaia)
- Unità a prevalenza componente sabbia
- Unità a prevalenza componente argilla (s.g. argilla)
- Depositi sabbia e prevalentemente sabbia
- Depositi sabbia e prevalentemente sabbia

- Unità a prevalenza componente argilla
- Unità a prevalenza componente argilla
- Unità costituita da alternanza di rocce a composizione variabile
- Depositi sabbia e prevalentemente sabbia

- Tettonica**
- Faglia**
 - Asse di anticlinale aperto
 - Asse di anticlinale chiuso

- L** Faglia presunta
- Asse di anticlinale presunta
 - Asse di anticlinale presunta

- Tettonica**
- Strati subverticali (<10°)
 - Strati molto inclinati (45°-90°)
 - Strati versanti

- Strati poco inclinati (10°-45°)
- Strati subverticali (>60°)
- Strati orizzonti



OPERE DI PROGETTO

entertainment industries is different.

- Unità previsionale: area industriale e commerciale
- Unità a previsioni componenti: singole unità di attività
- Unità a previsioni componenti: nulla
- Unità a previsioni componenti: nessuna con un generale aspetto 120000
- Depositi sociali a previsioni componenti: subordine di attività

N Faglia

- Asse di antinodale corto**
Asse di antinodale corto

Faglia presenta

- 7.1** Acqua di artidionale presente

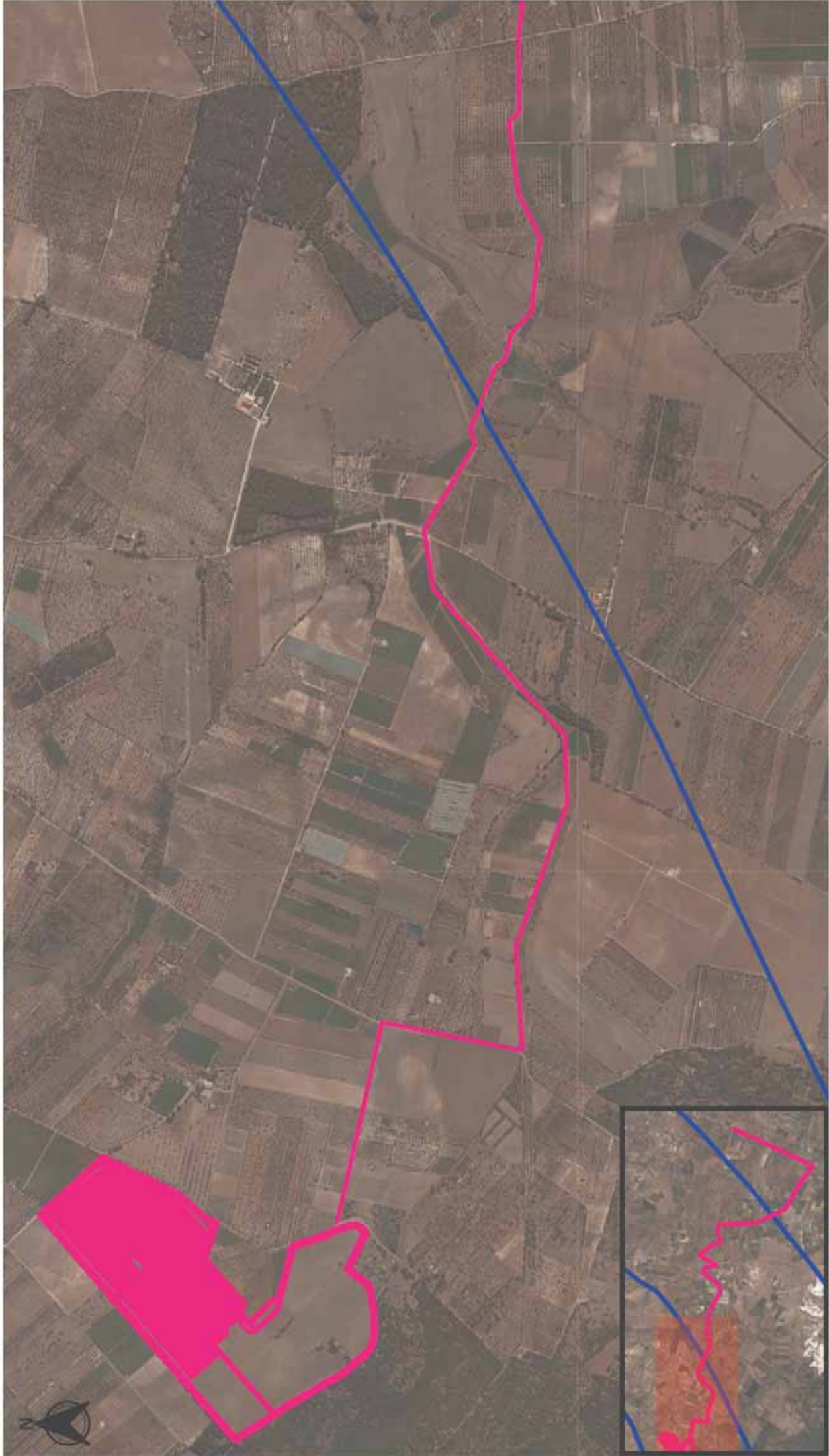
† Strati: submicronized ($<10^3$)

- ◆ Strati molto inclinati (45° - 80°)
- ◆ Strati horizontali

T. Skretli poco inclinati (10° - 45°)

- II Stretti subverticali ($>60^\circ$)
- > Stretti contorti

TAV.01A CARTA IDROGEOLOGICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



LEGENDA

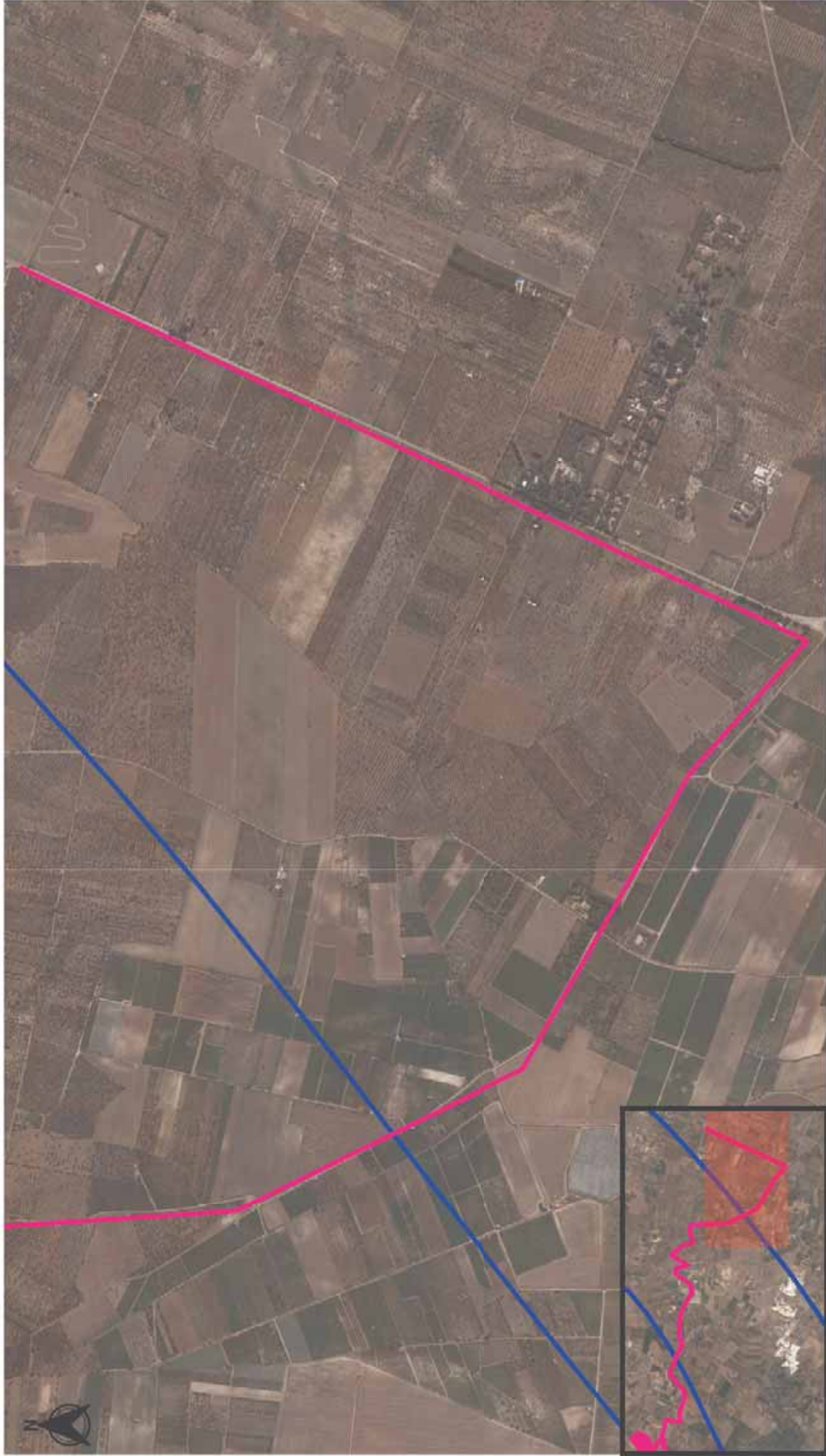
	OPERE DI PROGETTO
	ISOFREATICHE

TAV.01B CARTA IDROGEOLOGICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



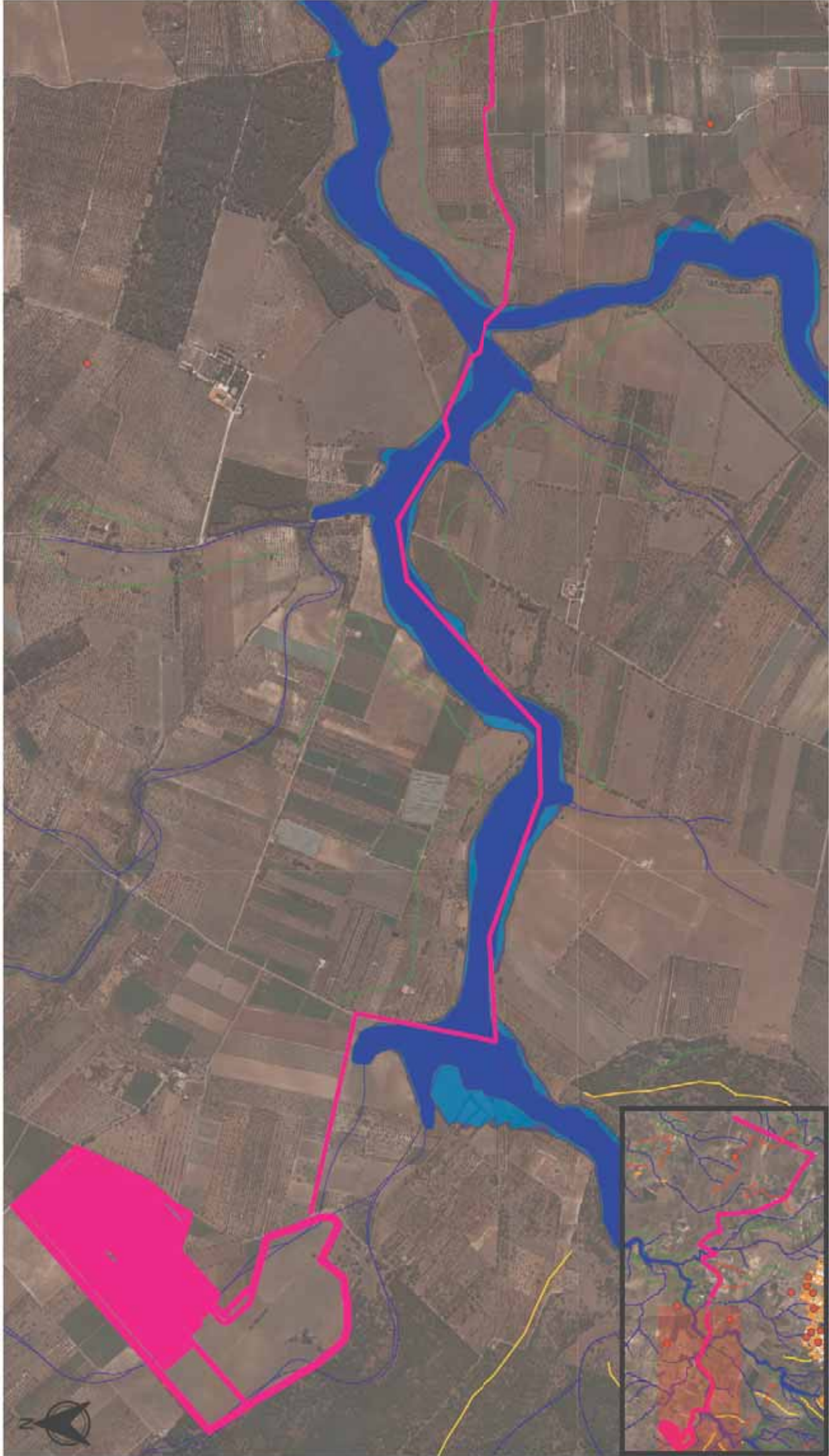
- LEGENDA
- OPERE DI PROGETTO
 - ISOFREATICHE

TAV.01C CARTA IDROGEOLOGICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



- LEGENDA
- OPERE DI PROGETTO
 - ISOFREATICHE

TAV.02A CARTA IDRO-GEOMORFOLOGICA CON INDICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

PUNTI SOMMITALI

CRESTE

RIPE EROSIONE FLUVIALE

PAI_PUGLIA

reticoli_PUGLIA

AP

MP

BP

TAV.02B CARTA IDRO-GEOMORFOLOGICA CON INDICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



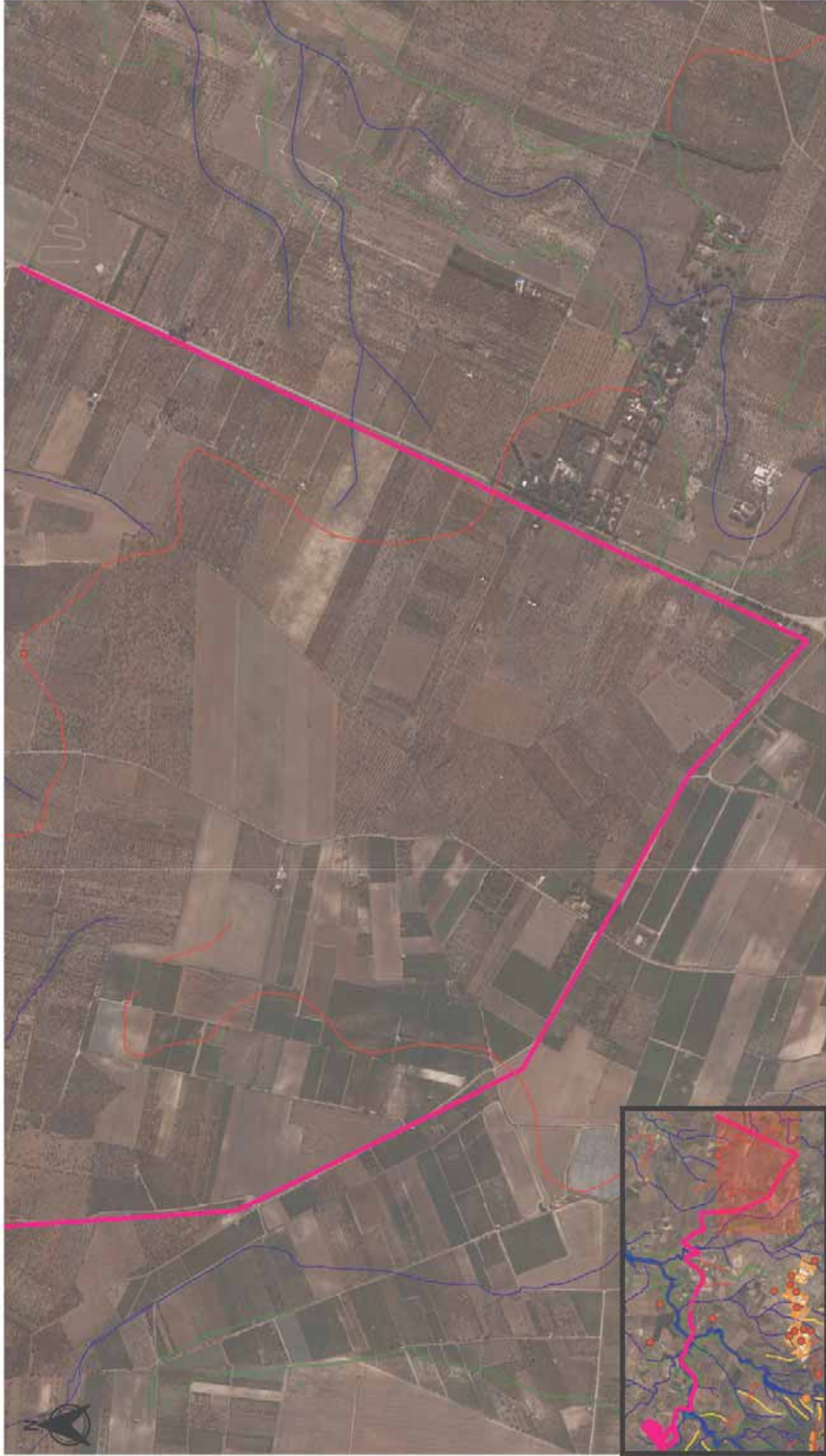
LEGENDA

- OPERE DI PROGETTO
- PUNTI SOMMITALI
- ORLI TERRAZZO MORFOLOGICO
- RIPE EROSIONE FLUVIALE

PAI_PUGLIA

- reticoli_PUGLIA
- AP
- MP
- BP

TAV.02C CARTA IDRO-GEOMORFOLOGICA CON INDICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SU BASE ORTOFOTO IN SCALA 1:10.000



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

- PUNTI SOMMITALI
- ORLI TERRAZZO MORFOLOGICO
- CRESTE
- RIPE EROSIONE FLUVIALE
- GROTTE
- DOLINE
- CAVE

- PAL_PUGLIA
- reticoli_PUGLIA
 - AP
 - MP
 - BP