REGIONE LIGURIA
DIPARTIMENTO AMBIENTE
E PROTEZIONE CIVILE

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE
COMMISSARIO DELEGATO
(ORDINANZA C.D. P.C. n. 558 del 15 novembre 2018)

Interventi di messa in sicurezza del tratto focivo del torrente Argentina, a valle del ponte della via Aurelia nei comuni di Taggia e Riva Ligure (IM)

(CUP: 849005897E CIG: G37C19000080002)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.
02	05/2021	Revisione a seguito di nota prot. n. 2832-P di SABAP-IM-SV del 09.04.2021	DM	MF	DC
00	03/2021	Emissione per commenti	ME	MF	DC

RELAZIONE GEOLOGICA

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MAJONE&PARTNERS ENGINEERING
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. Ing. Marco Belicchi

STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI
Dott. Ing. Beatrice Majone
Dott. Ing. Michele Ferrari
Dott. Ing. Nicola Pessarelli

SETTANTA 7 THINKING ARCHITECTURE
Arch. Daniele Rangone
Arch. Matteo Valente

GEOLOGIA
Dott. Geol. Marcello Ermia

HANNO COLLABORATO:
Giorgio Viarengo
Ing. Paolo Polo

ELABORATO:

ARGF 1.03

MARZO 2021

M-G-023

INDICE

1. PREMESSA 2
2. NORMATIVA DI RIFERMENTO 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
3.1 PREMESSA 4
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO GENERALE 5
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 8
3.4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO 10
3.5 VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO 12
4. SISMICITA' DELL'AREA 15
4.1 PREMESSA 15
4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 16
4.3 MICROZONAZIONE SISMICA 17
4.4 AMPLIFICAZIONE LOCALE 20
4.5 ELEMENTI GEOLOGICI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA (APPROCCIO SEMPLIFICATO) 23
5. ANALISI GEOLOGICA OPERE IN PROGETTO 25
6. CONCLUSIONI 28

ALLEGATO – STRATIGRAFIE SONDAGGI REPERITI

1. PREMESSA

Con decreto dirigenziale n. 7889 del 21/12/2020 la SUAR della Liguria, per conto del Commissario Straordinario, ha disposto l'aggiudicazione alla scrivente RTI Majone & Partners - Studio Majone - Geologo Marcello Ermia - Settanta7 Studio Associato della gara d'appalto per lo svolgimento del servizio di *Redazione di studio geologico-geomorfologico, adeguamento del progetto di fattibilità tecnica ed economica, progettazione definitiva ed esecutiva ed espletamento delle attività di coordinatore della sicurezza in fase di progettazione* relativamente ai Lavori di messa in sicurezza del tratto focivo del Torrente Argentina a valle del ponte della Via Aurelia nei Comuni di Taggia e Riva Ligure (IM).

Con successiva nota prot. n. NP/2021/77351 del 08/03/2021, nelle more della stipula del Contratto per i servizi di cui sopra, Regione Liguria – Dipartimento Ambiente e Protezione Civile – Settore Difesa del Suolo Imperia disponeva l'avvio dell'esecuzione del contratto di servizi in via d'urgenza.

Il presente documento rappresenta, nell'ambito della progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica prevista dall'art. 23 del D.Lgs. 50/2016, la "Relazione Geologica", redatta ai sensi dell'artt. 19 – Comma 1 lettera a) e art. 21 – Comma 1 lettera a.3) del D.P.R. 207/2010 nell'ambito della quale verrà descritto il quadro geologico, geomorfologico idrogeologico e geotecnico dei terreni che realizzano il tratto terminale della Valle Argentina arrivando ad analizzare l'insieme dei vincoli di natura Geologica che interessano l'area fociva del Torrente Argentina compresa tra il ponte della Via Aurelia e lo sbocco a mare ed oggetto di progettazione degli interventi di messa in sicurezza dell'area.

Dopo l'inquadramento degli aspetti geologici s.l. verrà descritto il quadro sismico dei luoghi ed in ultimo saranno analizzate la peculiarità delle singole opere in progetto nel contesto geologico locale indicando anche le modalità per il riutilizzo del materiale di disalveo. A supporto della presente relazione sono state redatte tre tavole grafiche (Carta Geologica-Carta Idrogeologica e Sezioni Geologiche) alle quali si rimanda per una più semplice e chiara descrizione del contenuto della presente relazione.

2. NORMATIVA DI RIFERMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative e linee guida:

- D.M. Infrastrutture 17.01.2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circ.Min. Infrastrutture n. 7/2019 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Codice dei contratti pubblici";
- d.P.R 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».
- DGR2016/2017: "OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria";
- Norme di Attuazione del Piano di Bacino Ambito n. 4 T. Argentina;
- Norme di Attuazione del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Taggia

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Premessa

Nel presente capitolo verranno dapprima definite le caratteristiche geologiche e geomorfologiche generali della piana del T. Argentina all'interno della quale si inserisce il sito oggetto di progettazione, successivamente verranno analizzate le caratteristiche idrogeologiche della piana del Torrente Argentina ed infine sarà definito il quadro vincolistico dei luoghi in merito ai tematismi di natura GEO e riconducibili alle fasce di rispetto dei pozzi ad uso potabile prossimi all'area di progetto ed al regime normativo derivante dallo studio idraulico del Piano di Bacino del T. Argentina in merito alle problematiche di inondabilità dell'area oggetto di studio.

L'inquadramento relativo agli aspetti geologici geomorfologici ed idrogeologici, in questa fase progettuale, sono stati sviluppati in accordo alla seguente modalità operativa:

- raccolta e analisi del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente attinente alle caratteristiche geologico-tecniche della zona; nello specifico la bibliografia geologica di riferimento per l'inquadramento del sito di progetto è consistita in:
  - CARG - Carta Geologica Regionale –Foglio Taggia riferita al Foglio 258 Sanremo - sc. 1:50000 edita da Regione Liguria e Note Illustrative;
  - "*Relazione Geologica*" a Corredo del Piano Urbanistico Comunale del Comune di Arma di Taggia;
  - "*Analisi idrogeologica e simulazione numerica dell'acquifero di subalveo del T. Argentina (Liguria occidentale)*" di Peloso G.F. & Cameron E. – Atti Ticinensi di Scienze della Terra;
  - *Il Pliocene Ligure a Taggia (Imperia, Alpi Marittime liguri): stratigrafia fisica ed evoluzione sedimentari"* di M. Marini – Società Geologica Italiana
  - Analisi dei dati di stratigrafie di sondaggio relativi all'area della Piana del T. Argentina e disponibili sul portale cartografico di Regione Liguria
- verifica, estesa ad un intorno significativo dell'area di progetto, di quanto riportato nella bibliografia consultata.
- esecuzione di misure di microtremori sismici al fine di individuare le frequenze locali di risonanza e definire una prima sommaria categoria di sottosuolo di fondazione per le progettande opere.

3.2 Inquadramento geologico geomorfologico generale

La piana di Taggia, tratto terminale della valle del T. Argentina, è costituita da una successione di depositi alluvionali quaternari poggianti, principalmente, su un substrato argilloso-arenaceo-conglomeratico ascrivibile al Pliocene inferiore e, nell'estrema porzione settentrionale, dove la valle del T. Argentina tende a chiudersi per lasciare spazio ad un andamento di tipica valle a V, sui depositi di natura arenacea ascrivibili alla formazione delle "Arenarie di Bordighera". I materiali alluvionali che costituiscono il livello della piana di Taggia si sviluppano quindi dal mare sino poco a monte del Viadotto autostradale, in località Teglie, e sono limitati sia a ponente che a levante dai rilievi collinari che orlano la piana in esame e realizzati dalle successioni plioceniche e dal substrato pre pliocenico. Nel complesso la sua pendenza media si aggira attorno allo 0.1%

Si riporta, a pagina seguente, uno stralcio di una Carta Geologica dell'area in esame (*Il Pliocene Ligure a Taggia (Imperia, Alpi Marittime liguri): stratigrafia fisica ed evoluzione sedimentaria di M. Marini*) dove sono evidenziati i rapporti tra i terreni alluvionali ed i materiali di substrato (pliocenici e pre pliocenici)

Nell'ambito dei depositi alluvionali sono chiaramente individuabili almeno tre ripiani morfologici separati tra loro da scarpate di potenza metrica e databili come alluvioni antiche (Pleistocene inf.), medie (Pleistocene Sup.-Medio) e recenti (Olocene), in rapporto alla quota decrescente di collocazione. Il ripiano più basso è costituito dalle alluvioni recenti del T. Argentina all'interno delle quali è modellato l'alveo; il ripiano medio e quello più elevato sono costituiti dalle alluvioni depositate dal suddetto corso d'acqua in epoche più antiche; in destra orografica sono presenti tutti e tre terrazzi mentre in sinistra manca quello intermedio.

Dal punto di vista granulometrico le alluvioni recenti (oloceniche) sono costituite da ciottoli, ghiaie, sabbie, limi e argille variamente miscelati ed alternati; quelle medie (pleistoceniche sup.-medie) si presentano talora debolmente cementate e caratterizzate da una maggior percentuale di peliti e sabbie fini mentre quelle antiche (plestoceniche inf.) presentano un evidente livello di alterazione di natura limosa argillosa formato dalla degradazione degli originari materiali alluvionali la cui potenza, nelle sezioni di maggior sviluppo, raggiunge il metro e mezzo di spessore.

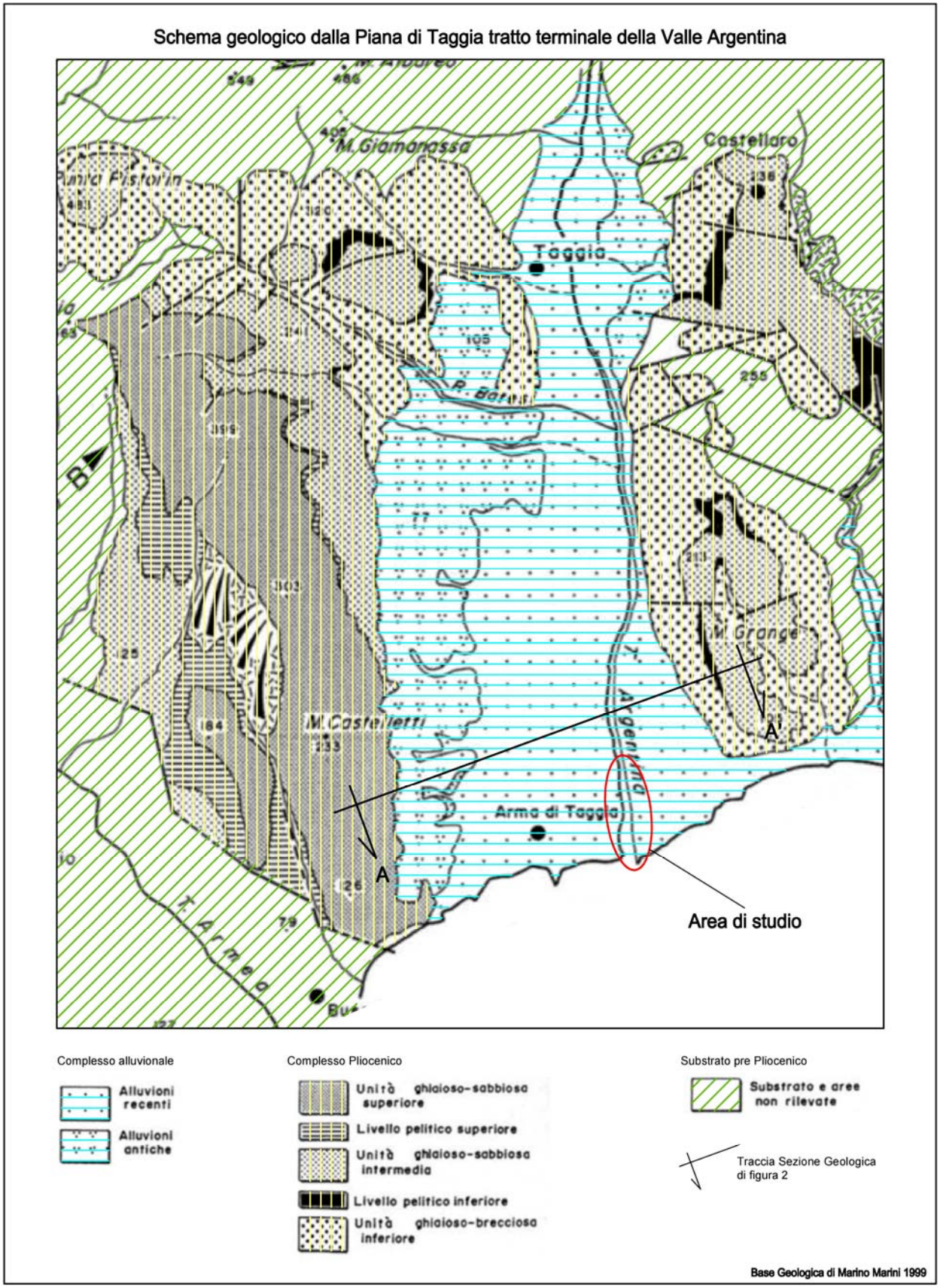


Fig.1: Schema geologico generale della piana di Taggia tratto terminale della Valle Argentina

Litologicamente i materiali alluvionali riflettono la composizione dell'ammasso roccioso nel quale si sviluppa il retroterra del T. Argentina e quindi sono formati essenzialmente da siltiti, areniti e grovacche arcosiche e feldspatiche .

I versanti laterali che, con andamento NNW-SSE, delimitano la piana nella quale si sviluppa il T. Argentina nel suo tratto a valle del Viadotto autostradale sono caratterizzati da affioramenti dei terreni Pliocenici di natura argillosa, arenacea e conglomeratica i quali, a loro volta, poggiano sul substrato roccioso ascrivibile alle formazione del "Flysch di Sanremo" che rappresenta il substrato litologico rigido locale.

Di particolare importanza per i risvolti in chiave idrogeologica, come verrà più specificatamente analizzato nel successivo paragrafo, è l'andamento della morfologia del substrato del complesso alluvionale il quale denota la presenza di due paleoalvei la cui geometria è stata dettagliatamente analizzata nell'ambito del lavoro di studio "*Analisi idrogeologica e simulazione numerica dell'acquifero di subalveo del T. Argentina (Liguria occidentale)*" di Peloso G.F. & Cameron E. – Atti Ticinensi di Scienze della Terra e ripresa nello studio geologico a corredo del Piano di Bacino del T. Argentine e di seguito riproposta

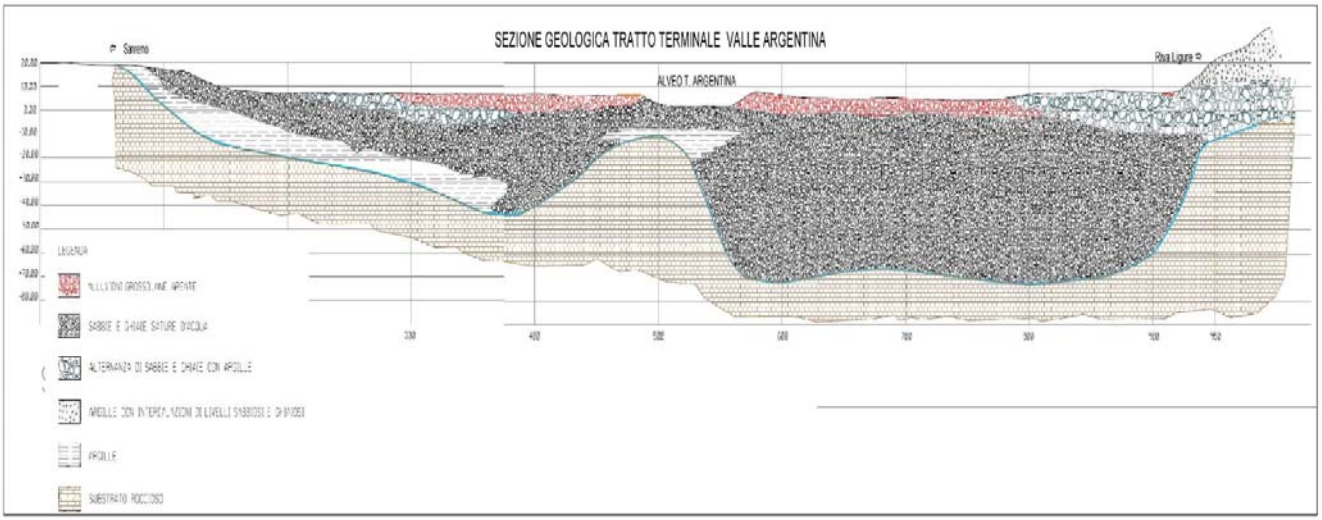


Fig.2: Sezione geologica generale (Sez. A-A' di fig. 1) della piana di Taggia tratto terminale della Valle Argentina – Sezione ripresa dallo studio del PdB del T. Argentina

3.3 Inquadramento idrogeologico

Alla differente natura geologica dei materiali che realizzano la piana di Taggia, tratto terminale della valle del T. Argentina, corrispondono differenti condizioni di permeabilità e quindi di mobilità dei flussi idrici al loro interno. I materiali alluvionali sono dotati di una permeabilità primaria (per porosità) importante che risulta da scarsa a nulla nei terreni pliocenici ed in quelli flyscoidi caratterizzati invece da una permeabilità secondaria (per fratturazione) che, sebbene sviluppata sia nei terreni pliocenici e ancor maggiormente in quelli di substrato roccioso, è, di norma, assai discontinua con fessurazioni non sempre in connessione tra loro e comunque poco sviluppate in profondità. Ciò dà luogo ad una circolazione delle acque di infiltrazione molto superficiale che contribuisce poco all'alimentazione dell'acquifero di subalveo il quale risulta alimentato dall'infiltrazione nel sottosuolo delle acque provenienti dai deflussi che si instaurano all'interno del T. Argentina e che si sviluppa principalmente all'interno dei depositi alluvionali recenti (olocenici) che, come detto, sono costituiti da ghiaie e ciottoli con sabbie grossolane e, in sottordine, limi, limi argillosi ed argille dove quest'ultimi si rinvengono in maggior percentuale all'interno dei sedimenti che realizzano il terrazzo presente in sponda orografica sinistra.

Misure piezometriche eseguite all'interno di diversi pozzi ubicati nella piana del T. Argentina ed analizzate nell'ambito dei diversi approfondimenti di studio idrogeologico hanno evidenziato che l'acquifero di subalveo, quello ospitato nelle alluvioni recenti ed alimentato dai deflussi del T. Argentina, risulta idraulicamente isolato dalle locali e discontinue falde sospese che possono instaurarsi all'interno delle alluvioni antiche sia per la presenza di lenti limose argillose all'interno delle alluvioni recenti, sia, ed in principale misura, per la presenza di materiale limoso argilloso, di bassa permeabilità, che segna il tetto delle alluvioni medie ed antiche.

L'esecuzione di diverse prove di permeabilità eseguite nei materiali che realizzano tale complesso alluvionale hanno permesso di poter attribuire ai depositi alluvionali che ospitano l'acquifero di subalveo un valore di permeabilità media di $1x10^{-02}$ m/s ed una porosità efficace media del 25%. Sempre nell'ambito dei diversi approfondimenti di studio che hanno interessato l'area in parola sono stati definiti i

seguenti valori di permeabilità e di porosità efficace distinti in funzione della natura granulometrica dei diversi orizzonti che costituiscono l'acquifero considerato:

Litologia dell'acquifero	Permeabilità media K [m/s]	Porosità efficace (%)
alluvioni ghiaioso-ciottolose pulite	$10 - 10^{-2}$	30 - 20
alluvioni ghiaioso-ciottolose a matrice sabbiosa e/o sabbio-limosa	$10^{-3} - 10^{-4}$	20 - 10
alluvioni molto costipate, localmente cementate; arenarie e conglomerati fratturati	$10^{-4} - 10^{-5}$	10 - 5
limi e/o argille con ciottoli e/o ghiaie	$10^{-5} - 10^{-7}$	> 5
limi e sabbie fini; argille sabbiose e/o limose	praticamente impermeabili	

Tab. 1: valori medi di permeabilità e porosità efficace dedotti da prove di portata e di permeabilità in situ – Fonte: *Analisi idrogeologica e … T. Argentina (Liguria occidentale)*"

Per quanto attiene l'assetto idrogeologico della falda di subalveo si segnala la presenza, nel corpo dei depositi alluvionali recenti, di livelli impermeabili e/o semipermeabili i quali smistano il flusso idrico in entrata nella piana in più orizzonti dando così origine ad un acquifero unico, ma multistrato; nella porzione medio bassa della piana (quella più attinente all'area di progetto) sono presenti due acquiferi principali separati da diaframmi semipermeabili uno superiore libero, a carattere freatico, ed uno inferiore localmente in pressione; tra i due acquiferi hanno luogo scambi di circolazioni in quanto i livelli semipermeabili non risultano continui sia longitudinalmente che trasversalmente alla piana.

In merito alla dinamica dei deflussi sotterranei risulta particolarmente interessante la ricostruzione dell'andamento della morfologia del substrato del materasso alluvionale che ha evidenziato, come già in precedenza indicato, la presenza di due paleoalvei i quali scorrono a quote differenti e sono separati da un alto (la cui genesi se morfologica o strutturale è ancora non definita) il cui andamento ondulato, sia planimetricamente che altimetricamente permette passaggi laterali d'acqua dal paleoalveo principale (quello di levante che è caratterizzato da una incisione complessivamente più ampia e più profonda) a quello di ponente. L'alveo del T. Argentina scorre, per un

lungo tratto, all'incirca sovrapposto all'asse del paleoalveo principale ed esso determina la ricarica di tutti gli orizzonti acquiferi la cui variazioni piezometriche sono quindi connesse all'andamento delle portate nel Torrente.

In ultimo si segnala che come ogni acquifero costiero anche quello del T. Argentina è soggetto al fenomeno dell'interazione tra acque dolci ed acque salate (fenomeno della risalta del cuneo salino) che è dovuta alla presenza, in prossimità della linea di costa, della superficie di separazione tra le due tipologie di acque che si manifesta con l'intrusione di acque salate al di sotto di quelle dolci e che si spinge più o meno profondamente verso le aree più interne della piana in funzione delle condizioni di saturazione, del tipo e grado di permeabilità e della quantità e durata degli emungimenti. Tale fenomeno è stato oggetto di una campagna di monitoraggio in quanto tale problematica è stata rilevata nei pozzi dell'AAMAIE (Azienda Autonoma Municipalizzata Acquedotto e Impianto Elettrico) ubicati a cavallo della Via Aurelia in sponda orografica destra ed a circa 450 m dalla linea di costa.

3.4 Inquadramento geotecnico

Per la definizione del quadro geotecnico dei terreni prossimi all'area di progetto, in questa fase di studio di fattibilità tecnico economica, è stato fatto riferimento al materiale di indagine disponibile presso gli enti di riferimento integrando le informazioni reperite con delle misure di microtremore sismico (vedi par. 4.4) attraverso la cui elaborazione è stato possibile affinare il modello geologico dei luoghi. L'insieme dei dati geotecnici consultati ed integrati dalle misure di microtremore sismico sono riportate nella figura 3 di pagina seguente mentre le singole stratigrafie, reperite sul portale cartografico di Regione Liguria, vengono riportate in allegato 1 al presente documento. Nello specifico i dati geotecnici ad oggi disponibili sono consistiti nell'analisi delle stratigrafie derivanti dalle seguenti indagini:

- N. 2 Sondaggi a carotaggio continuo realizzati da Bianchi S.p.A. nel 1999 nell'ambito dello studio geotecnico per la realizzazione di un complesso residenziale (Torri Colombo)
- N. 4 Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti da "Area 24" nel 2005 nell'ambito della ex stazione ferroviaria di Taggia
- N. 2 Sondaggi a carotaggio continuo realizzati da "Condominio Dario" nel 1989

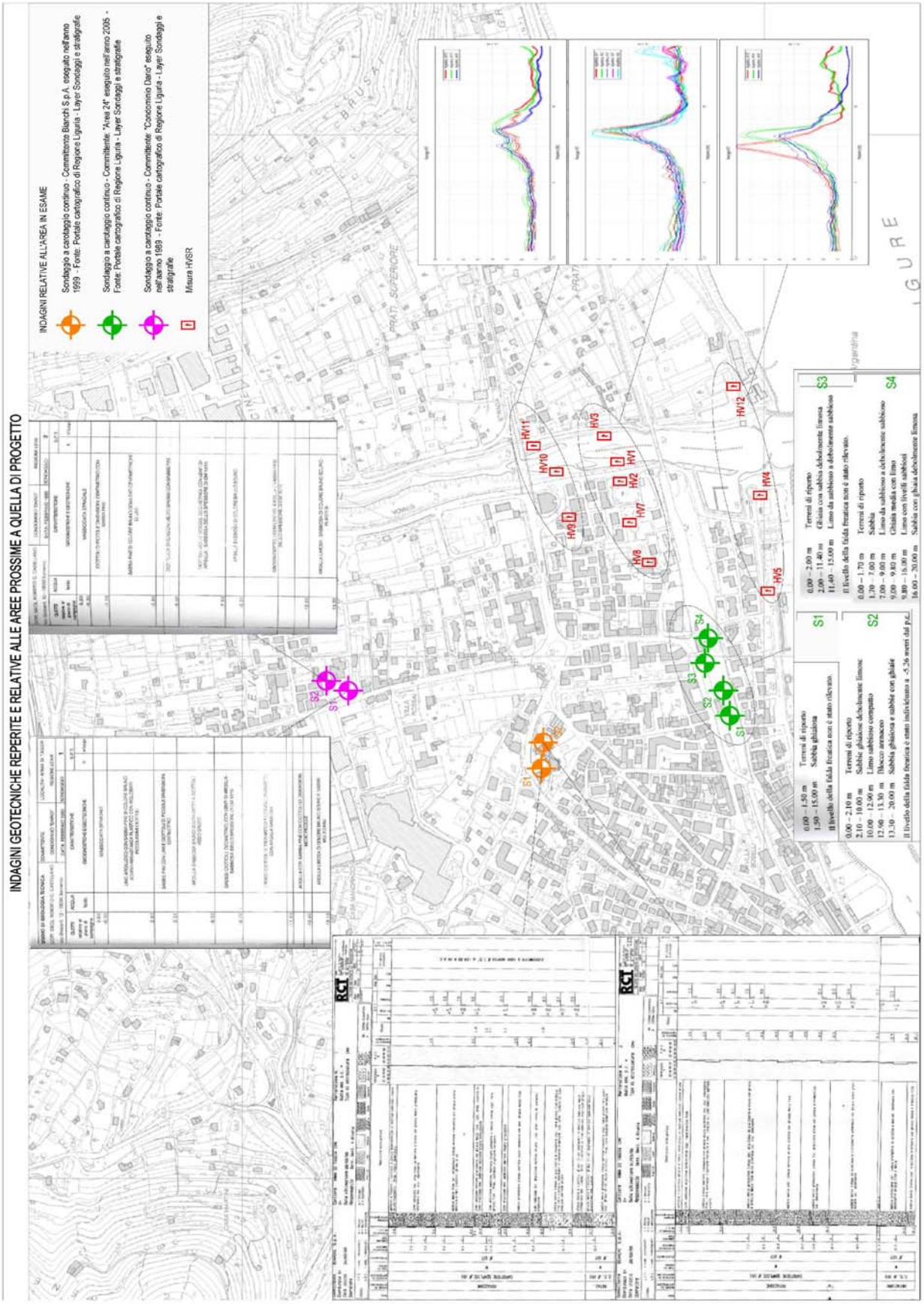


Fig.3: Planimetria d'insieme indagini reperite

Il quadro geotecnico dei materiali investigati nell'ambito delle indagini elencate evidenzia la presenza di materiali fini nei primi metri superficiali alternati, con l'approfondimento dei sondaggi, a materiali di granulometria media (sabbie e ghiaia) e localmente grossolane (ciottoli). L'analisi dei valori delle SPT eseguite nell'avanzamento dei sondaggi (S1 e S2 Torri Colombo) indicano terreni di medio/elevato addensamento.

Nelle successive fasi progettuali dovranno essere eseguiti approfondimenti di natura geotecnica specificatamente programmati che arrivino ad individuare con il dettaglio progettuale adeguato il modello geotecnico di riferimento per le singole opere in esame.

3.5 Vincoli di natura geologica dell'area di progetto

L'area di progetto ricade nel tratto terminale della piana del T. Argentina tra il ponte della SS1 Aurelia e lo sbocco a mare; lo scopo delle opere in progetto è quello di ridefinire le aree di esondabilità che, attualmente, interessano una vasta area dei territori di Taggia e Riva Ligure.

Ciò premesso nel presente paragrafo si vogliono evidenziare i vincoli di natura geologica che interessano l'area in parola esclusivamente riferibili alle seguenti categorie:

- alle fasce di rispetto dei pozzi potabili afferenti all'acquedotto di Taggia;
- ai regimi normativi relativi alle aree esondabili come definiti nello studio di piano di bacino le quali, con l'esecuzione delle opere in progetto, potranno essere oggetto di successiva ridefinizione.
- a quelli derivanti dal Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC) (che per l'unità fisiografica sulla quale insiste l'area di progetto non è ancora stato approvato).

Lo scopo del presente paragrafo è quello, definito il quadro geologico ed idrogeologico dei luoghi, di descrivere compiutamente l'area di progetto con la consapevolezza che, almeno per quanto riguarda il regime vincolistico di piano di bacino, esso dovrà essere oggetto di ridefinizione successivamente all'esecuzione delle opere

in parola. Le perimetrazioni oggetto della presente trattazione sono riportate su base cartografica nell'elaborato ARGF1008 (Tavola "*Carta di inquadramento idrogeologico e vincoli di natura geologica*").

Fasce di rispetto dei pozzi potabili

L'ubicazione dei pozzi potabili e le loro fasce di rispetto sono state riprese dalla relativa cartografia redatta a corredo del PUC del comune di Taggia; i pozzi potabili afferenti al Comune di Riva Ligure, la cui ubicazione è stata reperita dalle cartografie regionali, risultano posizionati, rispetto al sito di progetto, ad una distanza maggiore di 200 m e quindi a distanza superiore rispetto alla dimensione della loro fascia di rispetto definita sulla base del criterio geometrico.

In merito ai pozzi afferenti al Comune d Taggia ed in riferimento all'eventuale interferenza con le opere in progetto, si segnala che una fascia di rispetto di un pozzo potabile arriva ad interessare la sponda destra dell'alveo del T. Argentina nel tratto a valle del ponte Aurelia per una lunghezza di circa 25 m da questo. Le opere in progetto risultano comunque compatibili con tale fascia in quanto il regime vincolistico definito dal D.Lgs 152/06 non esclude la possibilità di esecuzione delle tipologie costruttive confrontabili con quelle in progetto che nel tratto in parola prevede un intervento di risagomatura dell'alveo e la realizzazione di una scogliera a ridefinire le sponde dello stesso .

Fasce di inondabilità e ambiti normativi del Piano di bacino

L'area a valle della Via Aurelia è caratterizzata da una estesa area di esondabilità per periodi di ritorno Tr=50 anni che condiziona negativamente buona parte del territorio ubicato in sponda orografica sinistra in Comune di Riva Ligure (circa 17 Ha) ed una minore porzione in sponda destra in Comune di Taggia (circa 4 Ha). Nella Tav. ARGF1008 vengono riportati gli stralci della zonizzazione delle fasce di esondabilità e dei relativi regimi normativi, questi come prodotto derivato dallo studio velocità-tiranti, del Piano di Bacino.

Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC)

Attualmente il PTAMC è vigente solo sull'ambito 15 (unità fisiografiche del Golfo del Tigullio, della Baia del Silenzio e di Riva Trigoso; delimitato dalla Punta di Portofino ad Ovest e da Punta

Baffe ad Est.) ed è in fase di approvazione il PTAMC dell'ambito 8 (unità fisiografiche del Centa e del Maremola; dal porto di Alassio capo Santa Croce al Capo di Caprazoppa) che rappresenta circa il 10% della costa bassa ligure.

Ciò premesso, nell'elaborato ARGF1008 (Tavola "*Carta di inquadramento idrogeologico e vincoli di natura geologica*") sono state riportate le perimetrazioni eseguite nell'ambito della redazione del Piano Gestione del Rischio Alluvioni, con individuazione della fascia inondabile da mareggiate con tempo di ritorno cinquantennale e centennale e tali informazioni devono essere intese esclusivamente come quadro conoscitivo per la pericolosità da inondazione marina.

Si evidenzia in ultimo che per la valutazione delle altezze delle onde incidenti, associati a diversi periodi di ritorno, utilizzati come input nel modello di propagazione del moto ondoso dal largo verso riva, è stato fatto riferimento ad uno studio dell'Università di Genova i cui risultati sono riportati nella seguente tabella:

ZONA 4 DA CAPO MELE AL CONFINE FRANCESE **Settori di provenienza: grecale (al largo), levante, scirocco, mezzogiorno, libeccio**						
dir °N	TR (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)
45	2.6	6.9	4.9	9.4	5.2	9.7
90	1.6	5.4	3.1	7.6	3.4	7.8
135	1.1	4.4	2.9	7.2	3.1	7.5
180	1.2	4.6	3.1	7.5	3.4	7.9
225	3.8	8.3	6.7	11.0	7.2	11.4

Tab. 2: valori di altezza d'onda, periodo e direzione, associati ai diversi periodi di ritorno, derivati dallo studio UNIGE DICAT. - FONTE: "*Mappatura della pericolosita' da inondazione marina nelle aree costiere della Regione Liguria*" - Direttiva Europea n. 2007/60/CE del 23 Ottobre 2007 D.Lgsl. 49/2010 del Dicembre 2014

4. SISMICITA' DELL'AREA

4.1 Premessa

La Liguria occidentale è costantemente soggetta ad una sismicità di livello medio-basso anche se nel recente passato è stata interessata da eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. Gli eventi più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms= 5.9) e quello ben studiato del 23 Febbraio 1887 (Ms=6.4) con probabile epicentro in mare (Capponi et al., 1985; Eva e Rabinovich, 1997), la sequenza del Luglio del 1963 con due eventi di Ms 5.9 ed il terremoto di Ventimiglia del 1995. La sismicità più recente, messa in luce dalla rete sismica operante in Liguria e Piemonte a cura della sezione Geofisica del DISTAV, pur mettendo in luce le caratteristiche della microsismicità che interessa la parte più interna, ha evidenziato l'esistenza di importanti aree attive lungo il margine continentale del bacino ligure

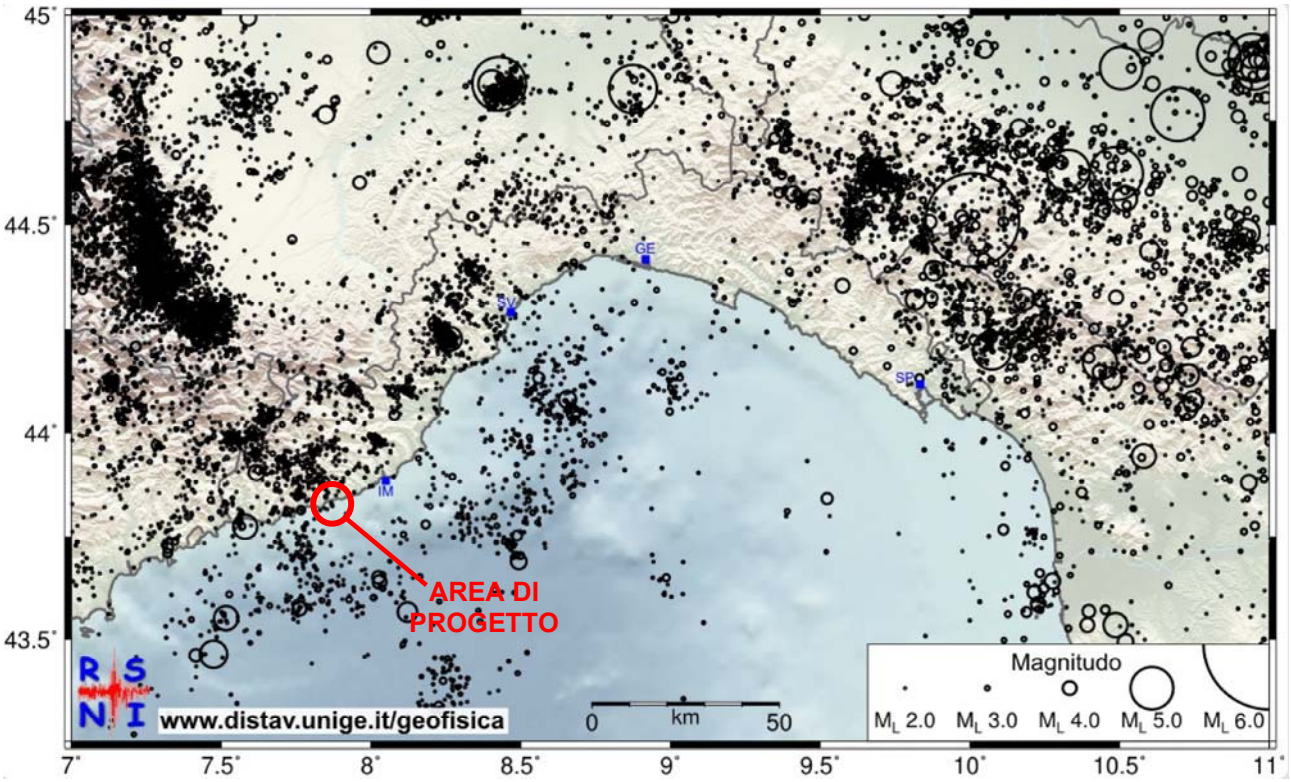


Fig. 4: Mappa di sismicità strumentale della Liguria e delle aree limitrofe nel periodo 1982 - 2013 con magnitudo (M_L) >= 2.0 – Fonte: Distav – Un. Genova)"

Nell'insieme delle strutture sismogenetiche che interessano il margine continentale nel ponente ligure è possibile mettere in evidenza solo due sistemi tettonici attivi: la

linea Saorge-Taggia e la Breil-Sospel-Monaco. La Saorge-Taggia (ST) è un complesso fascio di faglie, con orientazione NO-SE a trascorrenza destra (Giammarino et al., 1978). Questo sistema si estende dal Mar Ligure sino ad intersecare, verso nord, la faglia Breil-Sospel-Monaco (BSM), con trascorrenza sinistra, considerata lo svincolo orientale dell'arco di Nizza. La dinamica attuale della zona continentale prossima al confine francese, imputabile al plio-quaternario, è determinata da numerosi sistemi di faglie attive, di cui la linea Breil-Sospel-Monaco, attiva dal Miocene medio-superiore, e la Saorge-Taggia, attiva dal Pliocene (Campredon et al., 1977) rappresentano le principali espressioni. La sismicità strumentale (1985-2013), che è caratterizzata da scosse di bassa energia e da brevi sequenze, viene ad ubicarsi prevalentemente lungo i due lineamenti BSM e ST e si nota una forte concentrazione a N-E della BSM e nel punto di intersezione tra i due sistemi di faglia. Anche se nel periodo considerato, la magnitudo degli eventi è compresa tra 1.5 e 3.5 ed i massimi valori di energia corrispondono ai main shocks di alcune sequenze, risulta molto evidente la correlazione tra la microsismicità e l'andamento della ST al punto di ipotizzare che la linea ST rappresenta un esempio di quasi perfetta sovrapposizione tra l'attività sismica recente e le evidenze strutturali di tale lineamento (Spallarossa et al., 1997).

4.2 Pericolosità Sismica di base

Tralasciando la descrizione degli approfonditi studi attraverso i quali giungere alla mappa di pericolosità sismica di un territorio, nel presente paragrafo si vogliono proporre i risultati ottenuti per l'area in parola e rappresentati dalla "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (MPS04 - aprile 2004)" , elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e recepita, nella sua versione finale con OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 . In tale mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo a(g) (i.e. P.G.A.: Peack Ground Acceleration) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi (Vseq > 800 m/s), per l'intero territorio nazionale.

Dalle mappe interattive di pericolosità sismica è possibile definire, per i Comuni di Taggia e Riva Ligure e per probabilità d'accadimento, la massima accelerazione attesa come riportato nell'immagine di pagina seguente

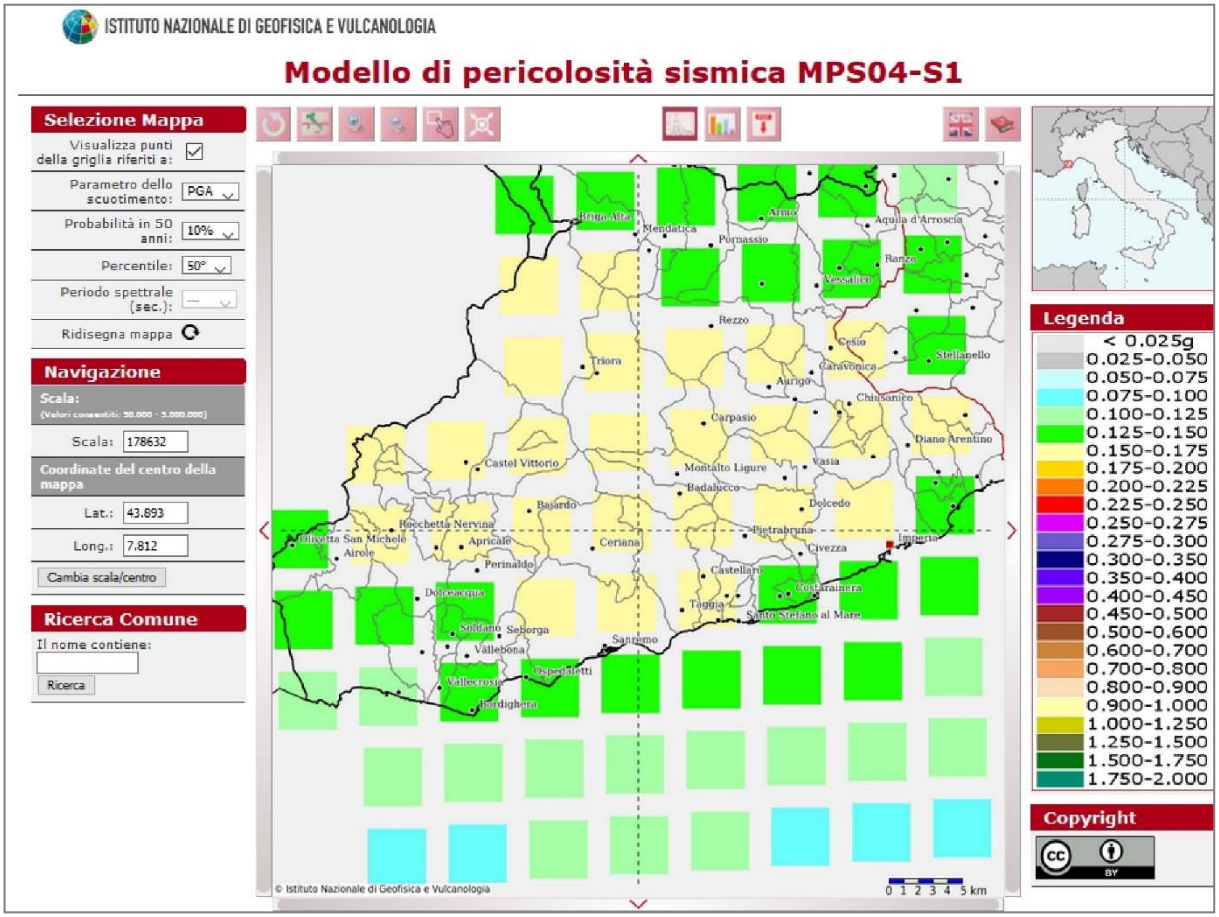


Fig. 5: Mappa di accelerazione attesa su suolo rigido per tempi di ritorno Tr=475 anni

Tale immagine ci indica che la massima accelerazione attesa su suolo rigido per l'area di progetto è compresa tra 0.150 g e 0.175 g; si noti che l'area in parola è caratterizzata dai massimi valori di ag rispetto alle aree adiacenti. L'azione sismica da utilizzarsi per le opere in progetto dovrà poi essere modificata per considerare gli effetti di amplificazione locale indotti dall'assetto litostratigrafico e topografico locale.

4.3 Microzonazione sismica

I Comuni di Taggia e Riva Ligure, ai sensi della D.G.R. 216/2017 – "*OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria"*, sono classificati come comuni sismici di categoria 2 (ex Comuni 3S ai sensi DGR1362/2010 (superata)) e per tali comuni Regione Liguria ha intrapreso un' azione di studio mirato a definire gli aspetti di MS aventi lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente di dettaglio (scala comunale o subcomunale) le condizioni di

sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (fratture, frane, liquefazione, densificazione, movimenti differenziali deformazioni permanenti) per le costruzioni e le infrastrutture (i.e. effetti locali). A tal proposito Regione Liguria, per i comuni classificati in categoria 3S ai sensi DGR 1362/2010, e quindi anche per Riva Ligure e Taggia, ha redatto (Settembre 2011) una cartografia di riferimento propedeutica agli studi di MS di livello 1 che, per l'area di progetto si riporta di seguito

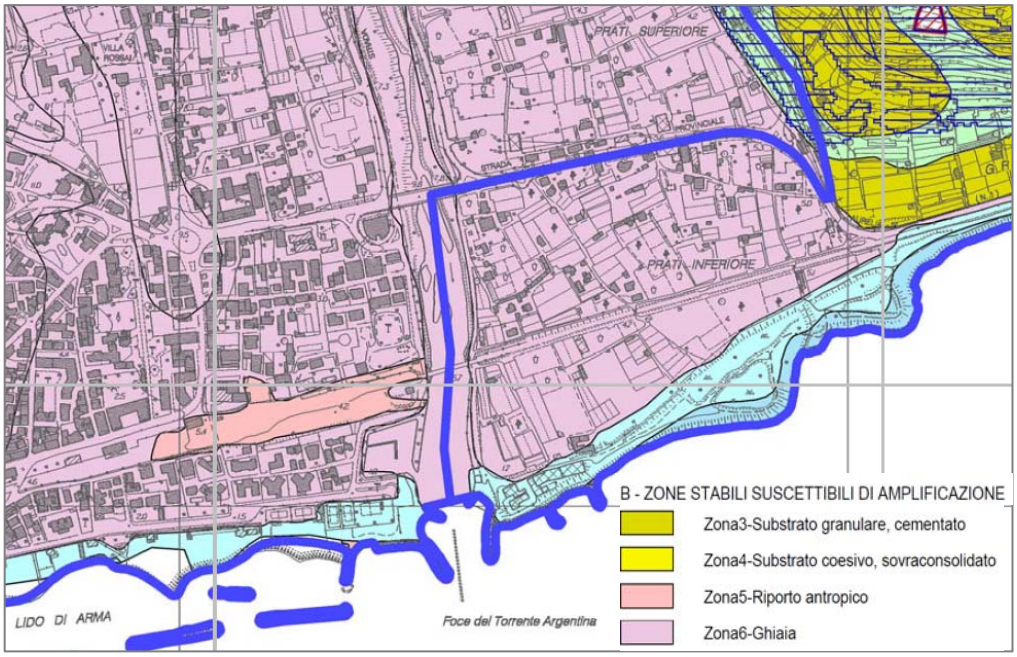


Fig. 6: Cartografia propedeutica studi di MS

Tale stralcio cartografico evidenzia che l'area occupata dalle alluvioni del T. Argentina (i.e. area di progetto) risulta una zona stabile suscettibile di amplificazione.

Il Comune di Taggia, nell'ambito dello Studio di PUC ha redatto la "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" e cioè la carta relativa agli approfondimenti di MS di livello 1 nella quale viene proposta una zonizzazione delle aree distinguendo quelle nelle quali sono attesi fenomeni di amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità rispetto a quelle dove non si prevedono modifiche dello scuotimento sismico. Si riporta a pagina seguente lo stralcio di tale cartografia

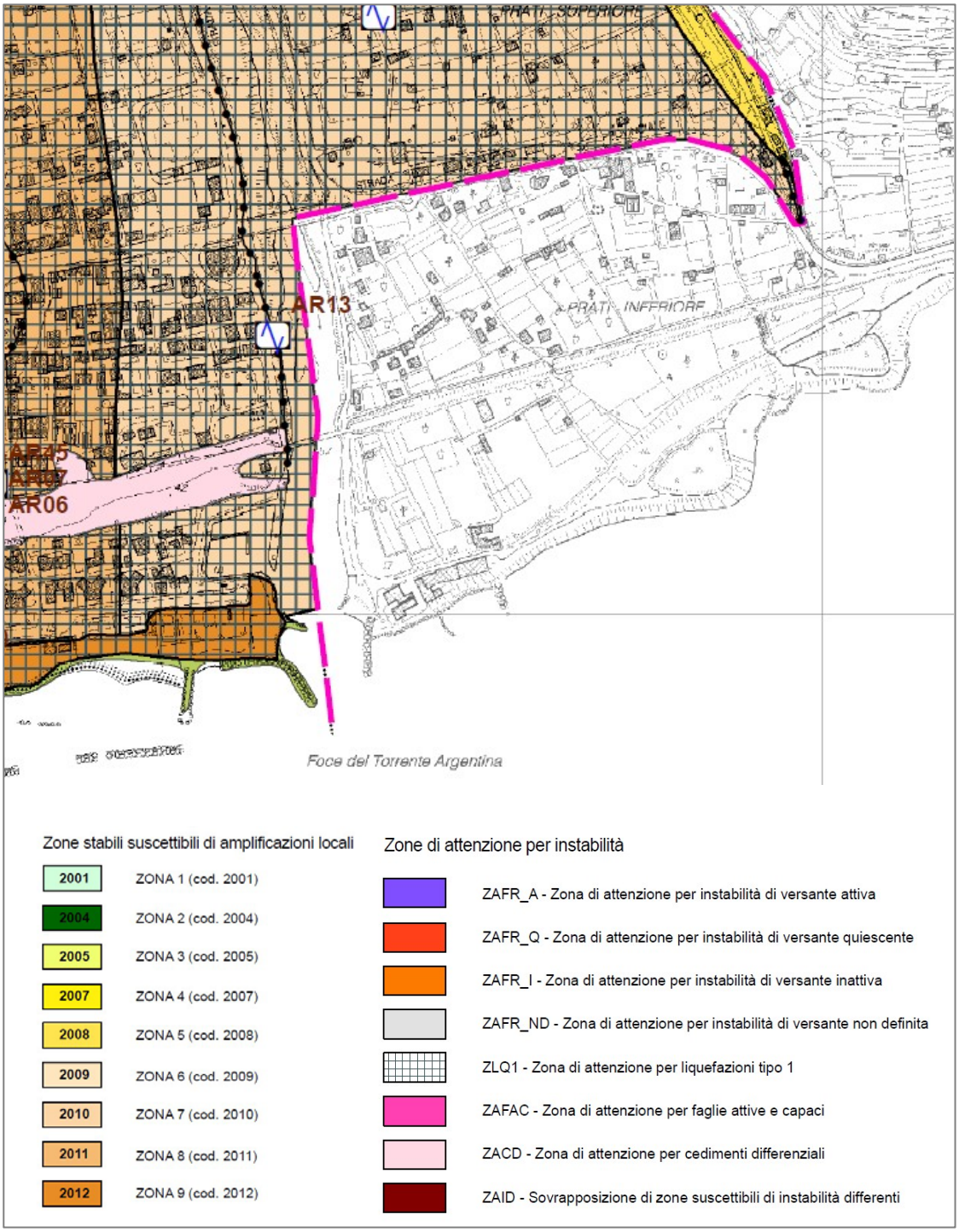


Fig. 7: Stralcio della "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" dello studio di PUC di Taggia

Dalla cartografia di PUC si evince che l'area interessata dalle opere in progetto ricade in area soggetta ad amplificazione locale (zona 7) e di potenziale liquefazione (ZLQ1); il Comune di Riva L. non ha redatto tale approfondimento di studio anche, sulla base degli elementi geologici raccolti che confermano l'omogeneità tra le due

rive del T. Argentina nel tratto interessato dalle opere in progetto, porta a considerare di poter estendere anche alle aree in Comune di Riva Ligure interessate dalle opere in progetto la stessa zonizzazione (i.e. le stesse problematiche) proposta per il Comune di Taggia.

4.4 Amplificazione locale

La metodologia di analisi per la definizione dei fenomeni di amplificazione locale è basata sull'acquisizione di rumore ambientale e sull'individuazione delle frequenze di risonanza dei suoli applicando la metodologia dell'analisi dei rapporti spettrali tra la media delle componenti orizzontali e quella verticale del rumore sismico (Metodo di Nakamura o HVSR). Il passo successivo è quello, definito un modello geologico di sottosuolo basato su specifiche indagini puntuali, di confrontare, nell'ambito di una valutazione di Risposta sismica locale (RSL), lo spettro ottenuto dalla selezione di dato numero di eventi registrati in prossimità dell'area in esame con lo spettro delle misure HVSR al fine di valutare la bontà del modello di inversione utilizzato nell'analisi di RSL.

Allo stato attuale della progettazione ci si limiterà all'identificazione delle frequenze di risonanza per il sito di progetto demandando gli approfondimenti di RSL alle successive fasi progettuali.

Nell'ambito del presente lavoro sono state eseguite 26 misure di microtremore sismico ubicate tra la linea di spiaggia e l'area subito a monte della Via Aurelia nei settori compresi tra l'ex stazione ferroviaria, verso ponente, ed il confine tra Taggia e Riva Ligure verso levante; l'ubicazione delle singole postazioni con il codice misura, la frequenza di risonanza ed il valore di amplificazione massima viene riportata nella figura 8 di pagina seguente e l'elaborazione grafica di contouring relativa sia alle frequenze di risonanza che ai valori di amplificazione vengono riportate nella figura 9

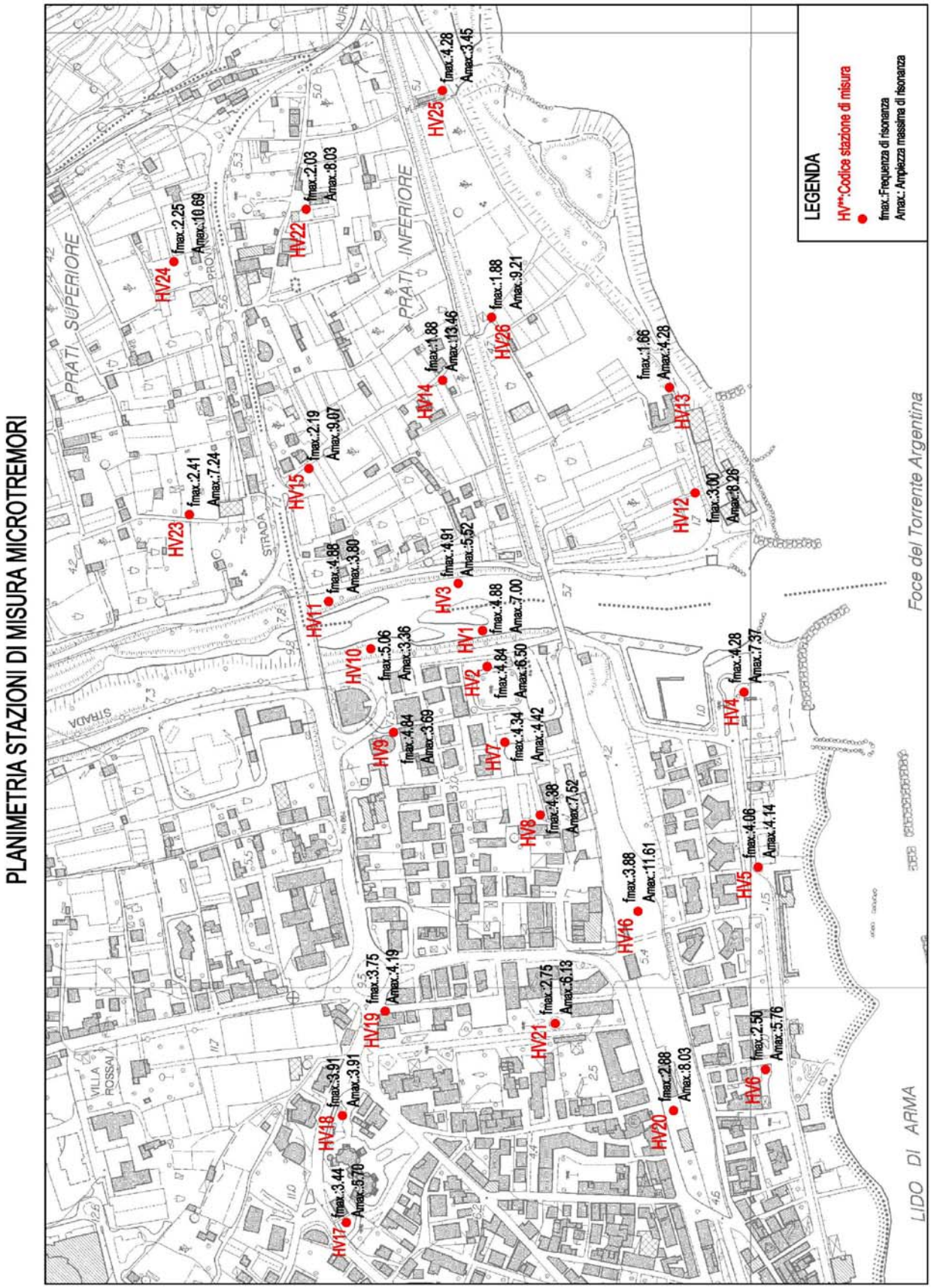


Fig. 8: Ubicazione stazioni misura HVSR

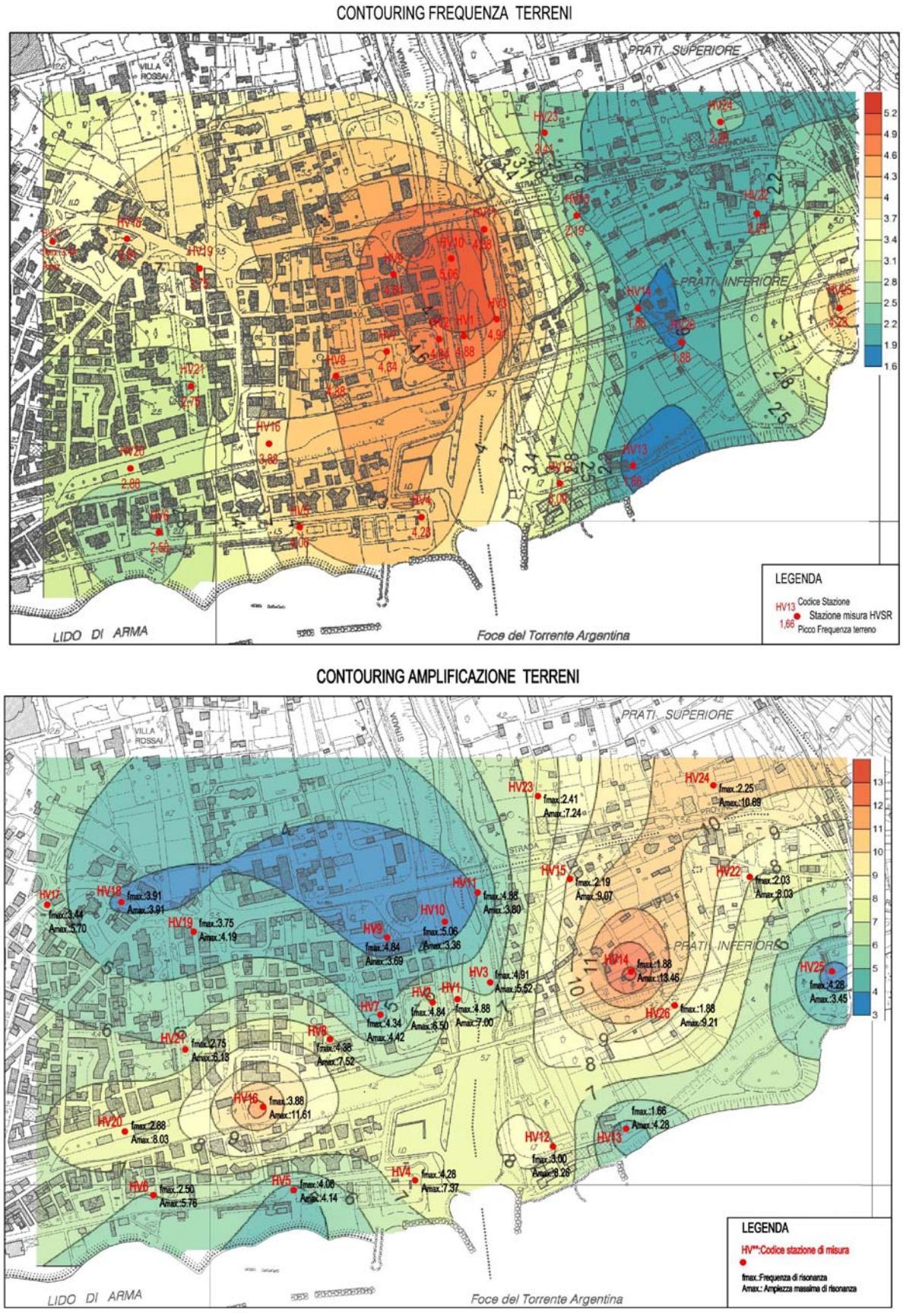


Fig. 9: Cartografie derivate dall'analisi delle misure HVSR eseguite nell'area oggetto di studio

L'analisi combinata delle mappe di frequenza e di amplificazione evidenziano che:

- il settore a valle della Via Aurelia nel tratto compreso tra il ponte stradale e quello della pista ciclabile è caratterizzato dai massimi valori di frequenza di risonanza, dell'ordine di 7-7 Hz, e minimi valori di amplificazione, sintomo di minor profondità del substrato rigido riferibile all'alto di separazione tra il paleoalveo di ponente e quello di levante;
- i minimi valori di frequenza di risonanza (2.2<f<1.6) (i.e. massima profondità del substrato rigido) e massima amplificazione si incontrano in località Prati inferiore in corrispondenza del massimo approfondimento del paleoalveo di levante

4.5 Elementi geologici di caratterizzazione sismica (Approccio semplificato)

Dal punto di vista sismico i parametri geologici che contribuiscono alla definizione dell'azione sismica in accordo ad uno sviluppo semplificato come indicato in Cap. 3.2.2 NTC2018 sono:

- Coordinate ED50: Lat.: 43,788864 – Long.: 7,550678
- Coordinate WGS84: Lat.: 43,787874 – Long.: 7,5496129;
- Caratteristiche superficie topografica: Superficie pianeggiante ⇨ Categoria T1
- Categoria di sottosuolo: i modello sintetici per l'inversione delle misure HVSR evidenziano la presenza di un substrato rigido (Vs>800 m/s) a profondità superiore a 30 m dal locale p.c. e valori di Vseq medi dell'ordine di 340 m/s e quindi il terreno di fondazione è ascrivibile ad una categoria C in riferimento alla tab.3.2.1 NTC2018 (*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.*)

Nelle successive fasi progettuali, ed in considerazione della rilevanza delle opere in progetto, come previsto nel Cap. 7.11.3 delle NTC2018 verrà eseguito un approfondimento di studio mirato alla valutazione di Risposta Sismica Locale (RSL) che, partendo da dati acquisiti tramite l'esecuzione di specifiche indagini,

peraltro previste in C.7.11.3.1.1. della circolare esplicativa delle NTC, permettano di arrivare a descrivere le modificazioni del segnale sismico, rispetto all'azione sismica di base (i.e. su suolo rigido) dovuta alla deformabilità e alla capacità dissipativa del terreno compreso nel volume significativo.

5. ANALISI GEOLOGICA OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto nella sua completezza si compone di una serie di singole opere attraverso la cui esecuzione verrà garantito il contenimento della piena di riferimento all'interno dei nuovi limiti arginali definiti dalle opere strutturali in progetto. Nel complesso le principali attività che realizzano la complessità del progetto in parola consistono in:

- Posa in opera di una scogliera in massi naturali a realizzare i nuovi argini in sponda destra e sinistra nel tratto compreso tra il Ponte Aurelia e l'ex ponte Ferrovario che sarà oggetto di demolizione e sostituzione con nuovo ponte compatibile ciclo pedonale;
- realizzazione di nuove sponde arginali con opere impostate su diaframmi in c.a. in sponda destra e sinistra nel tratto a valle dell'ex ponte Ferrovario (tratto focivo s.s.)
- realizzazione di strutture in c.a. (muri) perimetrali in corrispondenza del perimetro delle nuove aree esondabili ed a contenimento dei livelli di massima piena prevista;
- risagomatura dell'alveo nel tratto compreso tra il ponte Aurelia e l'ex ponte Ferrovario tramite asportazione materiale alluvionale
- riqualificazione urbanistica dell'area darsena tramite adeguamenti plano altimetrici dello stato attuale dei luoghi

In riferimento all'inserimento delle principali opere nel contesto geologico locale dei luoghi si rimanda all'elaborato grafico ARGF 1009 – "*Sezioni geologiche principali opere in progetto*" - dove viene rappresentato il contesto geologico delle opere in progetto. Si deve evidenziare che tali elaborazioni derivano dall'analisi, allo stato attuale, dei dati disponibili nell'attuale fase progettuale e che, in funzione dei successivi livelli di progettazione, dovranno essere oggetto di approfondimento e verifica sulla base di risultati ottenuti tramite l'esecuzione di adeguate indagini geologiche, geotecniche e di caratterizzazione sismica specificatamente progettate ed eseguite.

Come evidenziato in precedenza al fine di dar luogo agli interventi in progetto è prevista anche la risagomatura del fondo dell'alveo tramite asportazione di parte del materiale alluvionale presente (i.e. disalveo); nel complesso il volume prelevato sarà di circa 28.000 mc ed attualmente ne è previsto il suo riutilizzo in termini di

materiale da ripascimento. A tal proposito si evidenziano fin d'ora le modalità operative, definite dai "*Criteri generali da osservarsi nella progettazione deli interventi stagionali di ripascimento degli arenili*" (testo coordinato DGR 1209/2016 e DGR 95/2017) che prevede, come destinazione del materiale prelevato a tale fine, il suo utilizzo all'interno della stessa unità fisiografica del T. Argentina cartografata nel PTAMC e di seguito riportata:

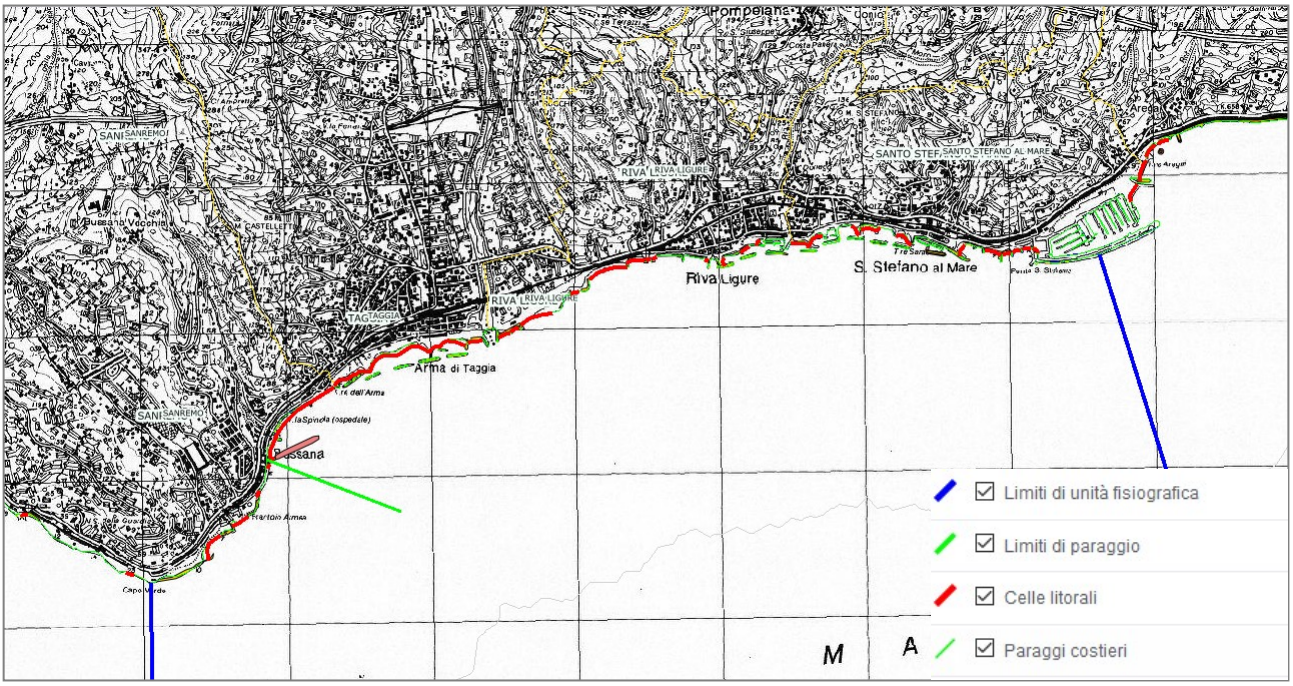


Fig. 10: Stralcio PTAMC – Criteri di progettazione ripascimenti stagionali - DGR1446/2009

e quindi nell'ambito dei comuni di Sanremo, Taggia, Riva Ligure e S. Stefano al Mare.

La caratterizzazione del materiale oggetto di disalveo ai fini del suo riutilizzo per ripascimento delle celle litorali all'interno della stessa unità fisiografica dovrà essere concertato con il soggetto attuatore del ripascimento in quanto le caratteristiche granulometriche, tessiturali e di colore della cella litoranea di destinazione dovranno essere compatibili con quelle del materiale da utilizzarsi (i.e. materiale di disalveo). Il piano e programma di campionamento sul materiale da prelevarsi in alveo, da eseguirsi in accordo ai contenuti della normative regionale di riferimento, potrà prevedere una fase preliminare di studio, che individui le caratteristiche fisiche

(granulometria) del materiale da riutilizzarsi a valle dei trattamenti previsti (macinazione, vagliatura e lavaggio), e, sulla miscela individuata che meglio si adatta alle condizioni della cella litoranea di destinazione, eseguire gli approfondimenti previsti dalla norma regionale in materia.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del presente lavoro è stato dapprima descritto il quadro geologico, geomorfologico idrogeologico e geotecnico dei terreni che realizzano il tratto terminale della Valle Argentina che è caratterizzata da una potente successione alluvionale sede di importanti circolazioni idriche subsuperficali alimentate dal deflusso del T. Argentina. In questo contesto geologico di piana alluvionale è stata successivamente posta l'attenzione sul tratto terminale del Corso d'acqua al fine di supportare, anche dal punto di vista geologico, le scelte progettuali relative all'insieme delle opere previste ai fini della messa in sicurezza del tratto focivo a valle del ponte della Via Aurelia evidenziando l'insieme dei vincoli di natura Geologica che interessano l'area in parola.

Successivamente è stato descritto il quadro sismico dei luoghi arrivando a definire gli elementi geologici che contribuiscono alla definizione dell'azione sismica locale in accordo ad un approccio semplificato rimandando alle successive fasi progettuali una valutazione di risposta sismica locale da affrontarsi anche sulla base dei risultati di specifiche indagini di modellizzazione geotecnica e sismica dei luoghi in parola.

In ultimo sono state analizzate la peculiarità delle singole opere nel contesto geologico locale indicando anche le modalità per il riutilizzo del materiale di disalveo ai fini del suo riutilizzo come materiale da ripascimento.

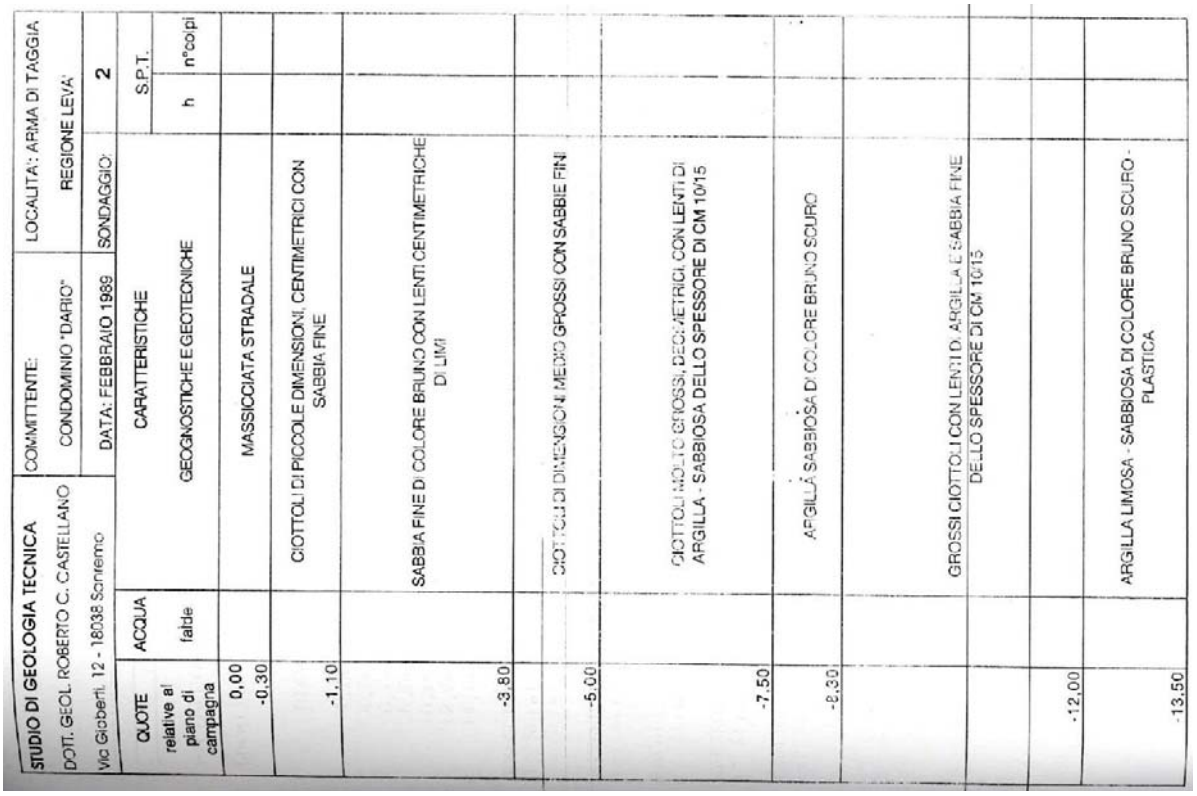
Il documento è inoltre supportato da tre tavole grafiche alle quali si rimanda per una più semplice e chiara descrizione del contenuto della presente relazione.



Geol. Marcello Ermia

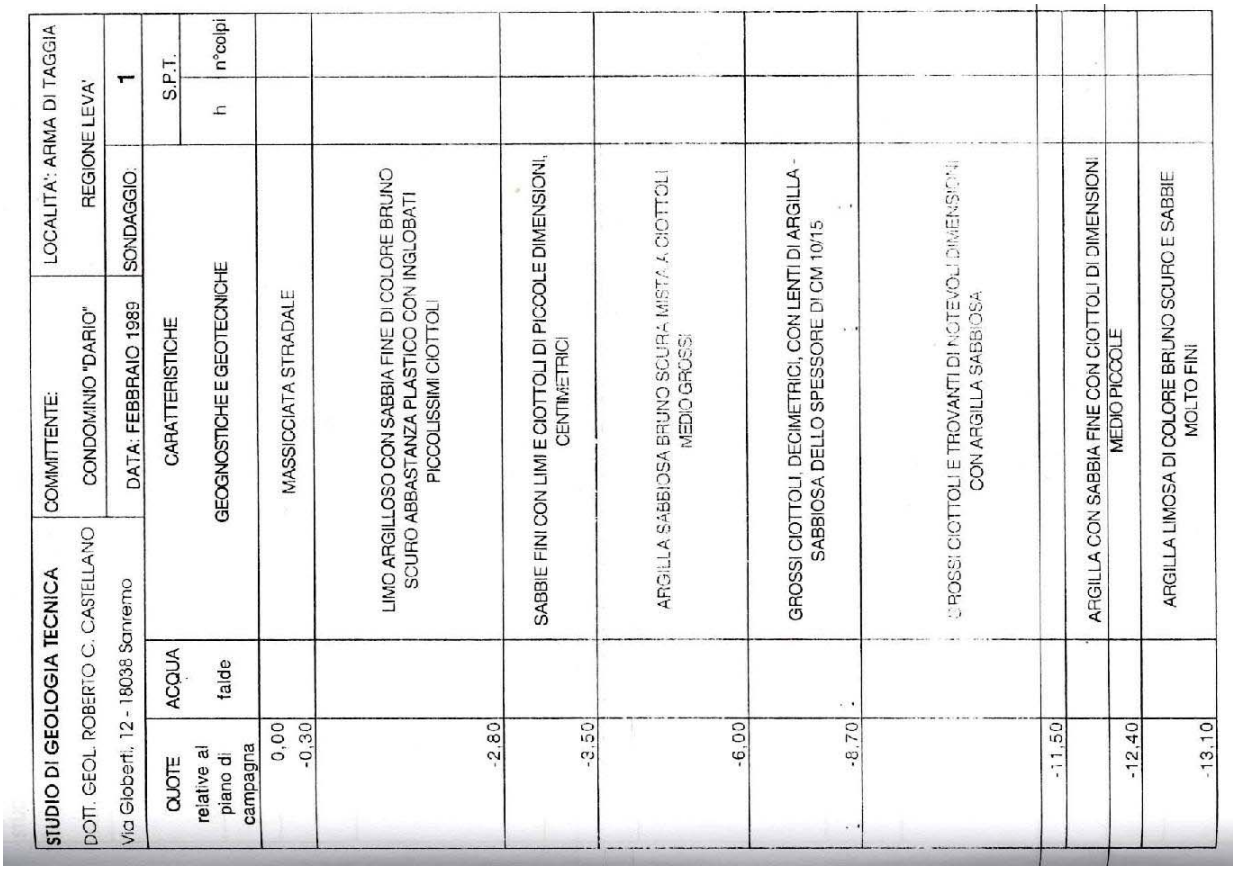
ALLEGATO – STRATIGRAFIE SONDAGGI REPERITI

Sondaggi condominio Dario



STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA	COMMITTENTE:	LOCALITA': ARMA DI TAGGIA
DOTT. GEOL. ROBERTO C. CASTELLANO	CONDOMINIO "DARIO"	REGIONE LEVA'
Via Giberti, 12 - 18038 Sanremo	DATA: FEBBRAIO 1989	SONDAGGIO: 2

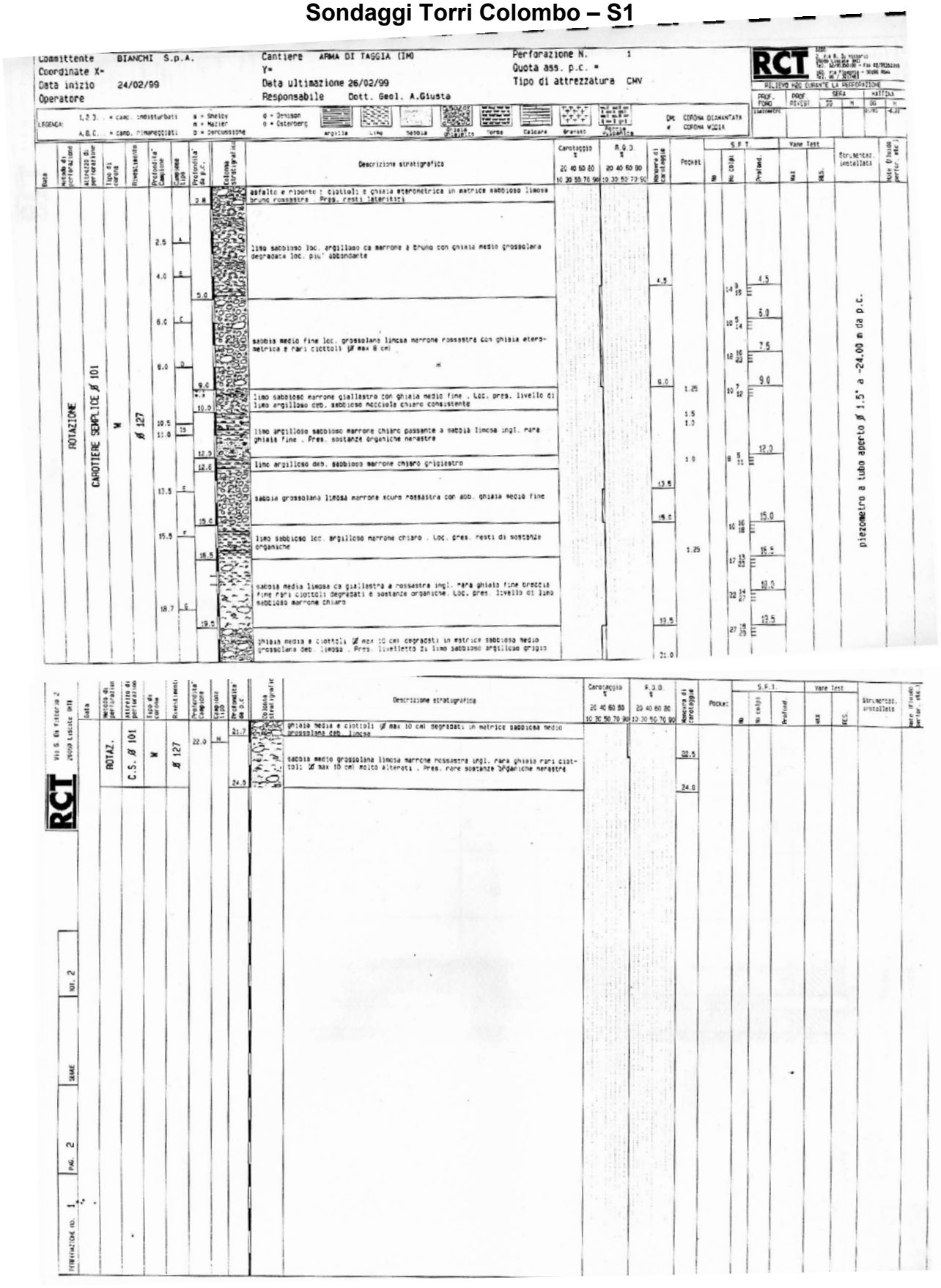
QUOTE relative al piano di campagna	ACQUA falde	CARATTERISTICHE GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	S.P.T. h	S.P.T. n°colpi
0,00		MASSICCIATA STRADALE		
-0,30		CIOTTOLI DI PICCOLE DIMENSIONI, CENTIMETRICI CON SABBIA FINE		
-1,10		SABBIA FINE DI COLORE BRUNO CON LENTI CENTIMETRICHE DI LIMI		
-3,80		CIOTTOLI DI DIMENSIONI MEDIO GROSSI CON SABBIE FINI		
-5,00		CIOTTOLI MOLTO GROSSI, DECIMETRICI CON LENTI DI ARGILLA - SABBIOSA DELLO SPESSORE DI CM 10/15		
-7,50		ARGILLA SABBIOSA DI COLORE BRUNO SCURO		
-8,30		GROSSI CIOTTOLI CON LENTI D. ARGILLA E SABBIA FINE DELLO SPESSORE DI CM 10/15		
-12,00		ARGILLA LIMOSA - SABBIOSA DI COLORE BRUNO SCURO - PLASTICA		
-13,50				



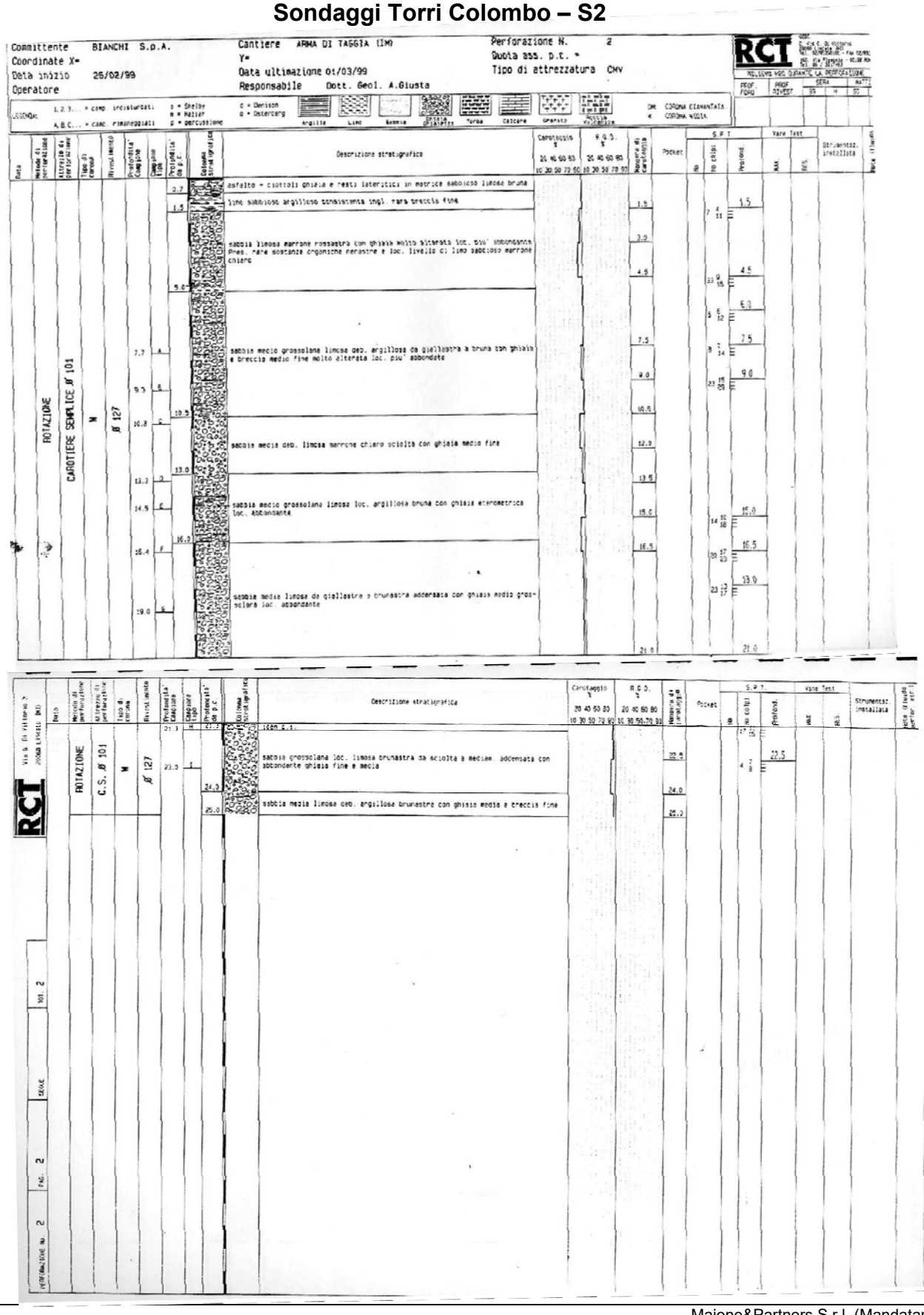
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA	COMMITTENTE:	LOCALITA': ARMA DI TAGGIA
DOTT. GEOL. ROBERTO C. CASTELLANO	CONDOMINIO "DARIO"	REGIONE LEVA'
Via Giberti, 12 - 18038 Sanremo	DATA: FEBBRAIO 1989	SONDAGGIO: 1

QUOTE relative al piano di campagna	ACQUA falde	CARATTERISTICHE GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	S.P.T. h	S.P.T. n°colpi
0,00		MASSICCIATA STRADALE		
-0,30		LIMO ARGILLOSO CON SABBIA FINE DI COLORE BRUNO SCURO ABBASTANZA PLASTICO CON INGLOBATI PICCOLISSIMI CIOTTOLI		
-2,80		SABBIE FINI CON LIMI E CIOTTOLI DI PICCOLE DIMENSIONI, CENTIMETRICI		
-3,50		ARGILLA SABBIOSA BRUNO SCURA MISTA A CIOTTOLI MEDIO GROSSI		
-6,00		GROSSI CIOTTOLI, DECIMETRICI, CON LENTI DI ARGILLA - SABBIOSA DELLO SPESSORE DI CM 10/15		
-8,70		GROSSI CIOTTOLI E TROVANTI DI NOTEVOLI DIMENSIONI CON ARGILLA SABBIOSA		
-11,50		ARGILLA CON SABBIA FINE CON CIOTTOLI DI DIMENSIONI MEDIO PICCOLE		
-12,40		ARGILLA LIMOSA DI COLORE BRUNO SCURO E SABBIE MOLTO FINI		
-13,10				

Sondaggi Torri Colombo – S1



Sondaggi Torri Colombo – S2



18.6Sondaggi Area 24 ex stazione ferroviaria Taggia

Il primo sondaggio (S1) è stato ubicato sul lato ovest dell'edificio Ex Stazione FFSS ed è stato spinto fino a 20 metri di profondità dal locale piano campagna. La prospezione ha individuato la seguente stratigrafia di massima:

0.00 – 2.10 m	Terreni di riporto
2.10 – 10.00 m	Sabbie ghiaiose debolmente limose
10.00 – 12.90 m	Limo sabbioso compatto
12.90 – 13.30 m	Blocco arenaceo
13.30 – 20.00 m	Sabbia ghiaiosa e sabbie con ghiaie

Il livello della falda freatica è stato individuato a -5.26 metri dal p.c.

Il secondo sondaggio (S2) è stato realizzato in corrispondenza del lato sud est della Ex Stazione, ed è stato spinto fino a 15 metri di profondità dal locale piano campagna. La prospezione ha individuato la seguente stratigrafia:

0.00 – 1.50 m	Terreni di riporto
1.50 – 15.00 m	Sabbia ghiaiosa

Il livello della falda freatica non è stato rilevato.

Il terzo sondaggio (S3) è stato realizzato ad est della Ex Stazione, ed è stato spinto fino a 15 metri di profondità dal locale piano campagna. La prospezione ha individuato la seguente stratigrafia:

0.00 – 2.00 m	Terreni di riporto
2.00 – 11.40 m	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
11.40 – 15.00 m	Limo da sabbioso a debolmente sabbioso

Il livello della falda freatica non è stato rilevato.

Il quarto sondaggio (S4) è stato realizzato all'estremo est dell'area di proprietà ed è stato spinto fino a 20 metri di profondità dal locale piano campagna. La prospezione ha individuato la seguente stratigrafia:

0.00 – 1.70 m	Terreni di riporto
1.70 – 7.00 m	Sabbia
7.00 – 9.00 m	Limo da sabbioso a debolmente sabbioso
9.00 – 9.80 m	Ghiaia media con limo
9.80 – 16.00 m	Limo con livelli sabbiosi
16.00 – 20.00 m	Sabbia con ghiaia debolmente limosa

Il livello della falda freatica è stato individuato a - 4.26 metri dal p.c.

L'esame delle risultanze degli accertamenti geognostici eseguiti permette di rilevare, per le verticali indagate, assetti stratigrafici reciprocamente ben assimilabili.

Al di sotto di uno strato superficiale di riporti eterogenei, con potenza variabile da 1.5 a 2.1 metri, sono presenti depositi alluvionali di fondo valle costituiti da limi, sabbie e ghiaie disposti presumibilmente secondo lenti allungate.