

# COMUNE DI VALLERMOSA

Spazio in bianco per apposizione di autorizzazioni o firme

## PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E  
RICOSTRUZIONE DI UN PONTE (PONTE A)  
NEL RIO GORA MANNA A MARGINE DEL CENTRO  
ABITATO - CUP H91B19000640002 - CIG 8370870473

Allegato - Versione - Data - ID - U

**Elaborato N.5**  
**Versione: 1**  
**03/03/2022**

ID-Utente: 4236MS

Committente

**Comune  
di  
Vallermosa**

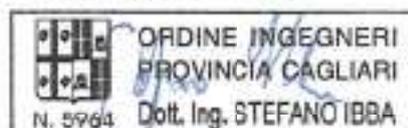
Società di Ingegneria

**DEARIS**

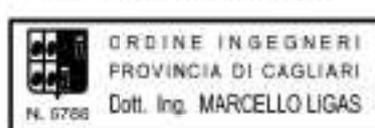
[www.dearis.org](http://www.dearis.org)  
studiodearis@gmail.com  
dearis@pec.it  
Via Botticelli 126, 09045, Quarta S.E.  
Via Roma 41, 07100, Sassari  
PIVA 03677550927

RTP

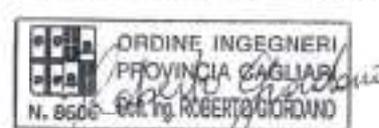
**Dott. Ing. Stefano Ibba**



**Dott. Ing. Marcello Ligas**



**Dott. Ing. Roberto Giordano**





## Indice

1 Premessa.....	3
-----------------	---

## **1 Premessa**

Con determinazione del responsabile del Servizio tecnico n.163 (reg. gen. n.462) del 28/09/2020 è stato affidato l'incarico di "Progettazione dell'intervento di demolizione e ricostruzione di un ponte (Ponte A) nel Rio Gora Manna a margine del centro abitato – CUP H91B19000640002 - CIG 8370870473" all'operatore economico costituito dal raggruppamento temporaneo RTI DEARIS srls (legale rappresentante Ing. Stefano Ibba), Ing. Marcello Ligas, Ing. Roberto Giordano.

Con delibera di giunta n.52 del 04/08/2021 è stato approvato il progetto di fattibilità tecnica ed economica, pertanto si procede alla redazione dei documenti relativi alla fase definitiva.

La procedura di affidamento ha per oggetto il servizio di progettazione (nelle tre fasi: progetto di fattibilità tecnica ed economica, progettazione definitiva, ivi inclusi lo studio di compatibilità idraulica dell'intervento e la relazione paesaggistica, e progettazione esecutiva comprensiva del piano di sicurezza e coordinamento) dell'intervento in oggetto.

Si riporta di seguito lo studio geologico condotto dalla Dott.ssa Maria Francesca Lobina.



COMUNE DI VALLERMOSA  
Provincia del Sud Sardegna

**COMMITTENTE**

*Amministrazione Comunale di Vallermosa*

**SINDACO**

*Dott. Francesco Spiga*

**RESPONSABILE DEL SERVIZIO**

*Ing. Mauro Milazzo*

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

*Ing. Mauro Milazzo*

**PROGETTO DEFINITIVO**

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE  
DI UN PONTE (PONTE A)  
NEL RIO GORA MANNA  
A MARGINE DEL CENTRO ABITATO

**GEOLOGO INCARICATO**

*Dott. Maria Francesca Lobina*  
*Via Lorenzo il Magnifico n. 7 - 09134 Cagliari*  
*Tel. +39 0706499009*  
*Cell. + 39 3283424137*  
*e-mail lobina.francesca@tiscali.it*



Dott.ssa Maria Francesca Lobina  
geologo

**PROGETTAZIONE**

*Dearis S.r.l.s.*  
*Ing. Stefano Ibba*  
*Ing. Marcello Ligas*  
*Ing. Roberto Giordano*

**SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO**

*relazione geologica*

Elaborato

Numero

**GEO3**

Scala

Data

20 ottobre 2021

Rev.

**00**



## SOMMARIO

<b>1. GENERALITÀ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Premessa.....	1
1.2. Inquadramento topografico e territoriale .....	1
1.3. Richiami normativi .....	6
1.4. Descrizione dei luoghi.....	7
1.5. Base informativa di supporto .....	10
<b>2. MODELLO GEOLOGICO .....</b>	<b>12</b>
2.1. Contesto geologico dell'area vasta .....	12
2.2. Assetto litostratigrafico locale .....	12
2.3. Assetto tettonico .....	16
2.4. Stratigrafia dei terreni di fondazione .....	18
2.5. Assetto idrogeologico locale.....	23
2.6. Assetto morfologico ed idrografico .....	25
<b>3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>30</b>
3.1. Sismicità dell'area .....	30
3.2. Sismicità storica del sito .....	30
3.3. Classificazione sismica .....	33
3.4. Categoria di sottosuolo.....	34
3.5. Pericolosità sismica.....	36
<b>4. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....</b>	<b>39</b>
4.1. Pericolosità da inondazione.....	39
4.2. Subsidenza .....	40
4.3. Pericolosità da frana .....	41
5.1. Pericolosità idrogeologica.....	42
5.2. Pericolosità sismica.....	42
<b>6. CONSIDERAZIONI APPLICATIVE.....</b>	<b>43</b>
6.1. Scavabilità dei terreni .....	43
6.2. Stabilità delle pareti di scavo .....	43
6.3. Gestione dei materiali di scavo.....	43
<b>7. CONCLUSIONI .....</b>	<b>45</b>

## ALLEGATI FUORI FASCICOLO

- INDAGINE GEOGNOSTICA – SONDAGGI GEOGNOSTICI, PROVE SPT E PROVE DI LABORATORIO, Relazione a cura della Ditta Dott. Antonello Angius di Cagliari
- INDAGINE GEOFISICA – Relazione a cura della Ditta Dott. Antonello Angius di Cagliari





## 1. GENERALITÀ

### 1.1. Premessa

Su incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Vallermosa previa aggiudicazione di gara su piattaforma telematica, lo scrivente geologo Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA<sup>(1)</sup> redige il presente elaborato nell'ambito delle attività e studi a supporto della progettazione definitiva degli interventi per la «**Demolizione e ricostruzione di un ponte (Ponte A) nel Rio "Gora Manna" a margine del centro abitato di Vallermosa**».

A completamento del quadro informativo derivante da una campagna geognostica e geotecnica condotta nel marzo 2015<sup>(2)</sup> nei luoghi di intervento, da rilievi diretti all'uopo eseguiti in un congruo intorno e da altri dati estrapolati dalla miscellanea e cartografia geotematica regionale, nel mese di aprile 2021, con il coordinamento e la direzione della medesima scrivente, è stata condotta una prospezione geofisica funzionale allo studio sulla risposta sismica della struttura in progetto ai sensi del paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 «*Norme tecniche per le costruzioni*».

È stato così integrato il quadro geologico della precedente fase progettuale nei seguenti aspetti:

- a. modello geologico,
- b. modello geotecnico,
- c. individuazione di eventuali criticità di natura geologica,
- d. elaborazione delle necessarie indicazioni progettuali.

I risultati dell'analisi geologica costituiscono l'oggetto del presente documento. Si rimanda all'elaborato specialistico a firma del medesimo scrivente per quanto attiene le caratteristiche geotecniche dei terreni interagenti con l'opera in progetto.

### 1.2. Inquadramento topografico e territoriale

Il ponte in esame è ubicato sul Rio Gora Manna nel tratto immediatamente fuori la periferia orientale dell'abitato di Vallermosa (Provincia del Sud Sardegna), lungo la strada Com.le Congiaus quale prosecuzione della Via Kennedy in località Pau Cungiaus. L'ambito è prettamente agricolo, con larga diffusione di appezzamenti a pascolo e coltivazioni estensione a ulivi e subordinati frutteti.

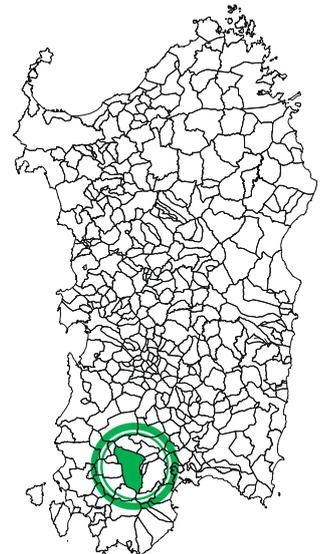
Nello strumento urbanistico comunale (P.U.C.) il sito ricade in zona **E3** "Aree caratterizzate da un elevato frazionamento fondiario".

I riferimenti cartografici sono i seguenti:

- |  |                  |
|--|------------------|
| – Foglio 556 "ASSEMINI" dell'I.G.M.I.    | [scala 1:50.000] |
| – Sez. 556-IV "SILQUA" dell'I.G.M.I.     | [scala 1:25.000] |
| – Sez. 556-020 "VALLERMOSA" della C.T.R. | [scala 1:10.000] |

Le coordinate Gauss Boaga del baricentro dell'opera sono:

4.357.289,26 N                      1.481.870,06 E



**FIGURA 1.1**  
Comune di Vallermosa  
Inquadramento geografico.

<sup>(1)</sup> Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

<sup>(2)</sup> Eseguita dalla Ditta Dott. Antonello Angius di Cagliari.

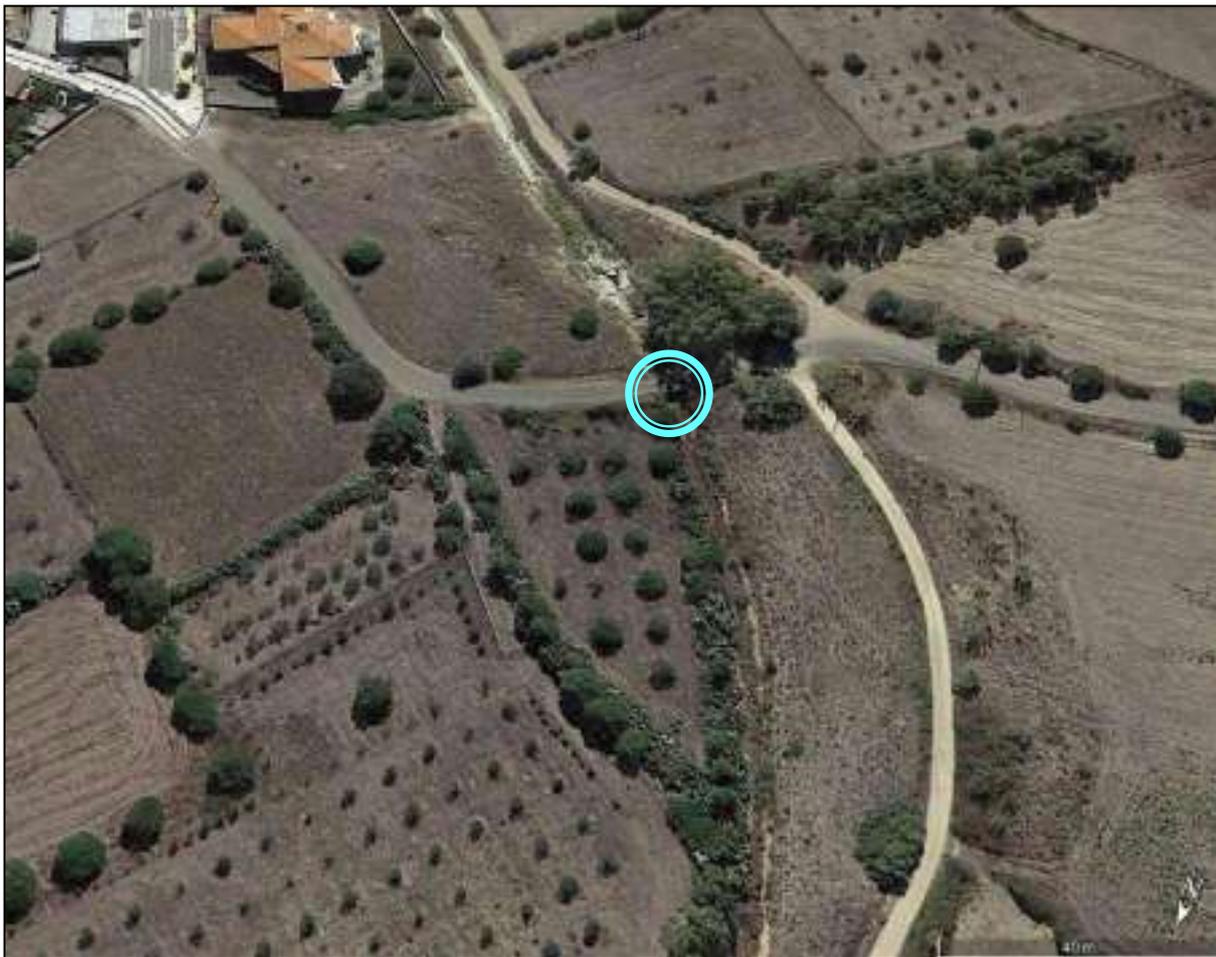


FIGURA 1.2 – Ubicazione del ponte in progetto.



FIGURA 1.3 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia I.G.M.I. in scala 1:25.000.

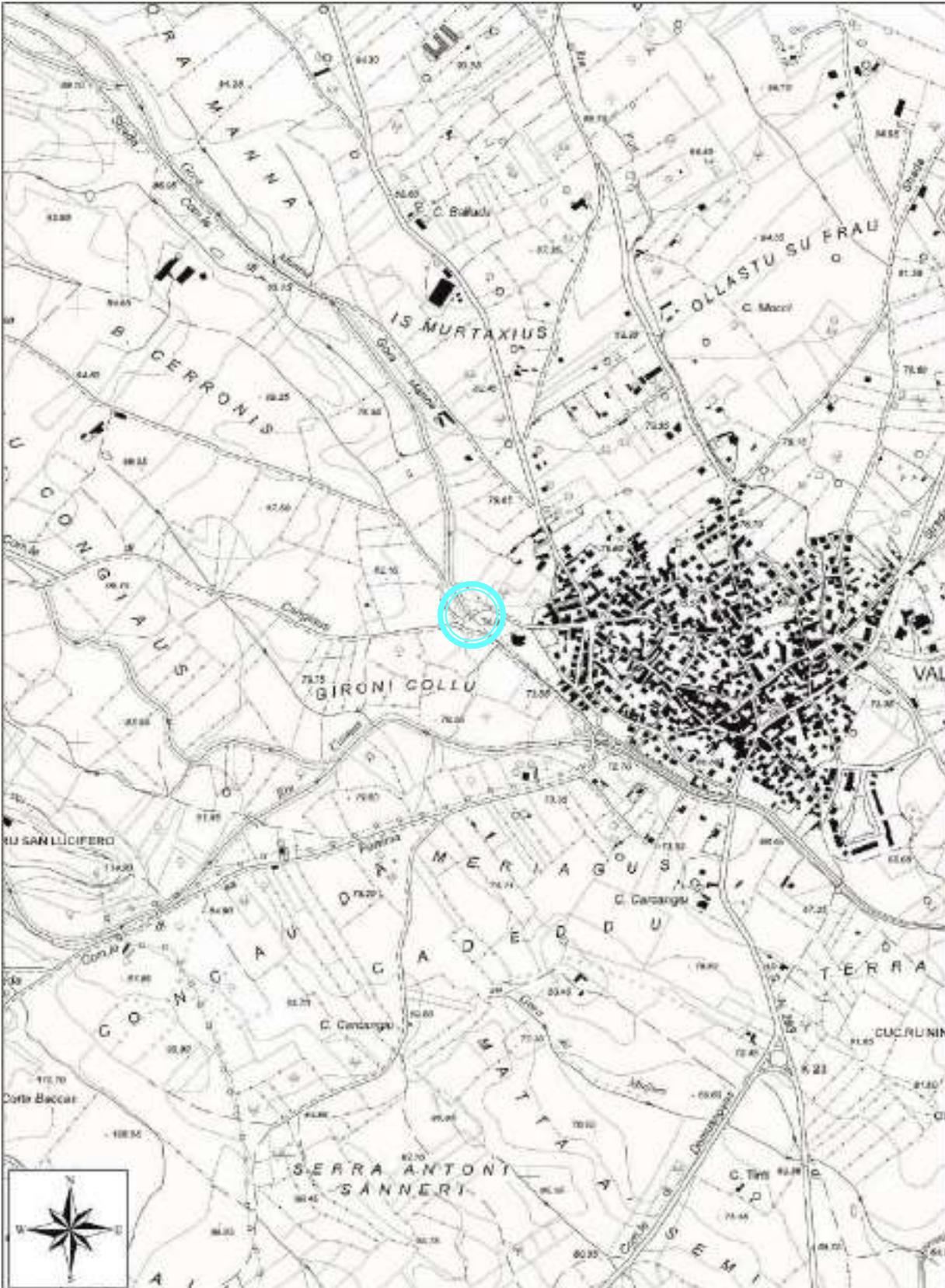


FIGURA 1.4 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia C.T.R. Numerica in scala 1:10.000.

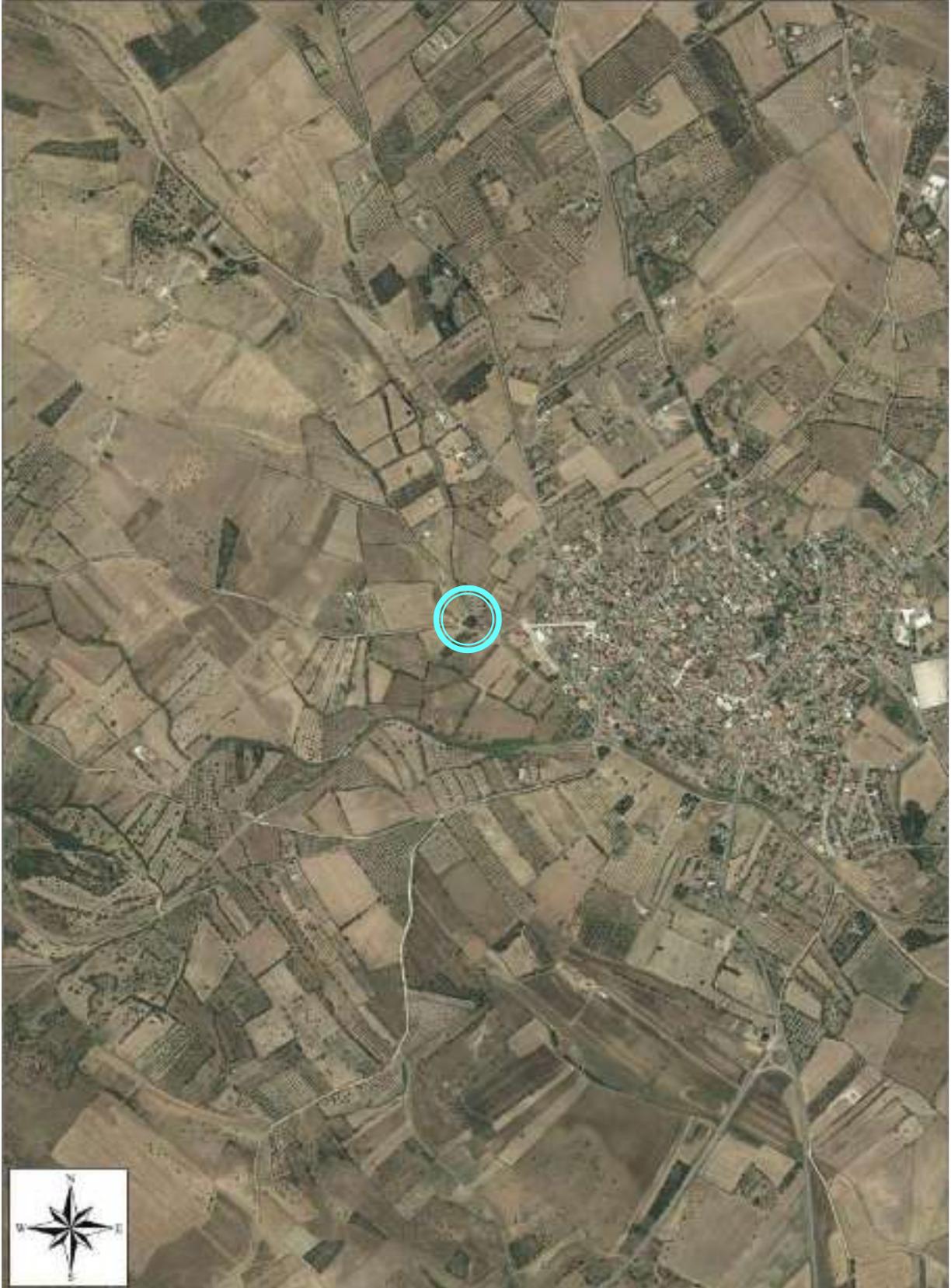


FIGURA 1.5 - Ubicazione dell'opera in progetto su immagine ortofotogrammetrica in scala 1:10.000.

### 1.3. Richiami normativi

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2019** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **D. Lgs. n. 50 del 08.04.2016**, «Nuovo Codice degli Appalti - Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture» e ss.mm.ii.;
- **D.P.R. n. 207 del 05.10.2010** - Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs. 12.04.2006, n. 163 «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» e ss.mm.ii.;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006** «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero LL.PP.;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005;
- **Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21.03.2008** «Norme di Attuazione del P.A.I.»;
- **Norme di Attuazione del P.A.I.** - Testo coordinato, aggiornamento a maggio 2018;
- **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Sardegna (PSFF)** adottato in via definitiva con Delibera n. 1 del 20.06.2013;
- **D.P.R. n. 120 del** «Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del Decreto Legge 12.09.2014, n.133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11.11.2014, n. 164»;
- **D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006** «Norme in materia Ambientale».

## 1.4. Descrizione dei luoghi

Il progetto in argomento si inserisce nell'ambito di un più ampio programma di interventi finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico dell'abitato di Vallermosa che prevedono l'adeguamento dell'alveo del Rio Gora Manna ed il rifacimento di tre ponti preesistenti (denominati da molte a valle ponte A, ponte B e ponte C). Il presente elaborato si riferisce **al ponte A**, ubicato immediatamente fuori l'urbe, con luce 4,65 m ed altezza massima netta rispetto alla savanella di circa 1,90 m, di cui si prevede la completa demolizione e successiva ricostruzione.



FIGURA 1.6 – Rilievo a monte del ponte A.

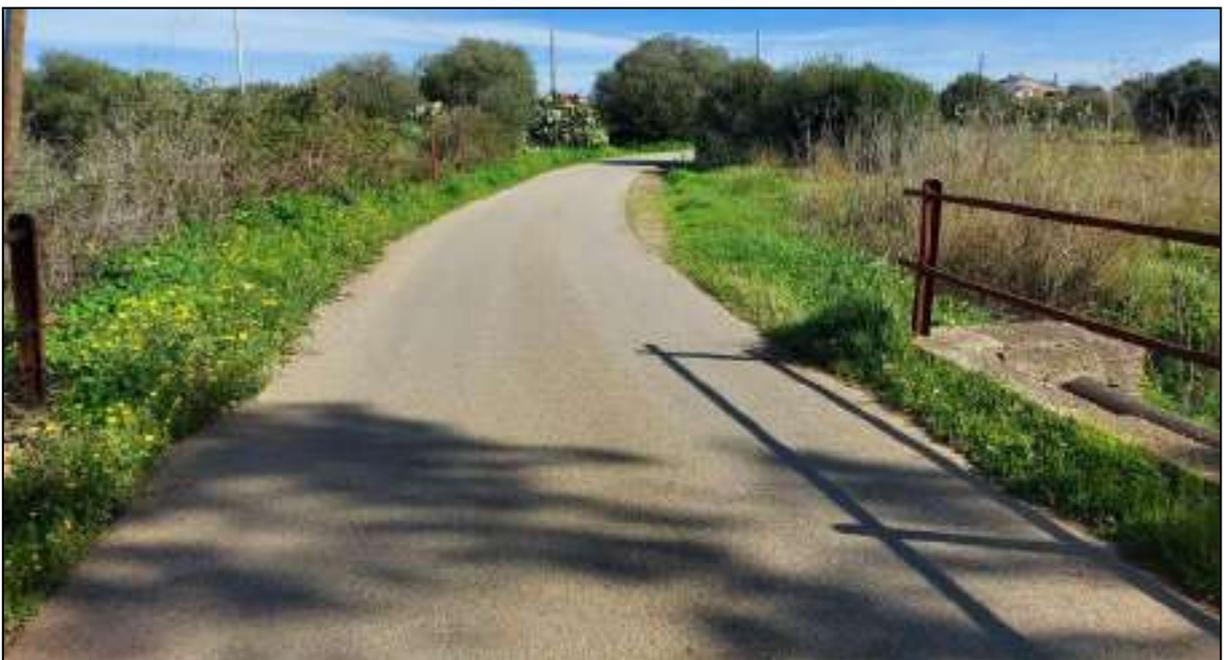


FOTO 1.1 – Panoramica dello stato attuale del ponte.



FOTO 1.2 - Vista del ponte attuale nella parte a valle.

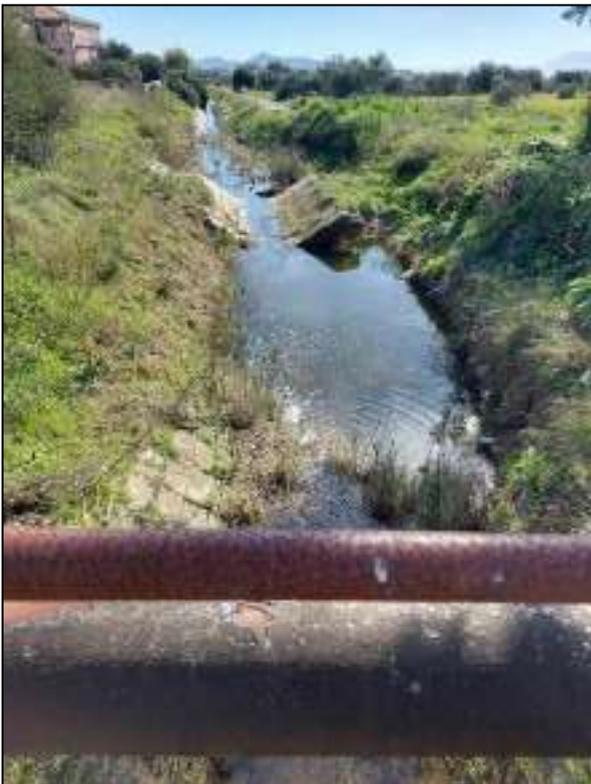


FOTO 1.3 e 1.4 - Vista dell'alveo attuale rispettivamente a valle (immagine sinistra) e a monte (immagine destra)



FOTO 1.5 e 1.6 - Alveo a valle in periodo di magra (agosto 2020) e di moderato deflusso (febbraio 2021).

## 1.5. Base informativa di supporto

L'analisi in essere si è avvalsa, oltre che dei dati acquisiti nel corso di ricognizioni in situ e provenienti dalla base informativa proveniente dalla miscellanea regionale e dai dati estrapolabili dalla documentazione messa a disposizione dalla Stazione Appaltante, relativa all'indagine geognostica 2015 condotta dalla *Ditta Antonello Angius di Cagliari*.

Con riferimento al Ponte A (nel succitato documento indicato come Ponte 2), si è esplicitata in:

- sondaggi a carotaggio continuo spinti a 10 m da p.c. n. 2
- prove S.P.T. n. 3
- prelievi di campioni di terre da sondaggio n. 8
- classificazioni delle terre CNR-UNI n. 2
- prove di taglio n. 2
- prove di compressione n. 5
- prove edometriche n. 1

Per la cui descrizione metodologica delle suddette indagini/prove, le stratigrafie dei sondaggi ed i rapporti di prova, si rimanda allo specifico elaborato.

In **FIGURA 1.7** è rappresentata l'ubicazione dei punti di indagini su immagine fotogrammetrica, estratta dal succitato documento tecnico.



**FIGURA 1.7** – Planimetria delle indagini 2015 estratta dal documento finale a corredo dell'indagine geognostica prodotto dalla Ditta Antonello Angius, rielaborata.

Per la classificazione dei terreni secondo la Nuova Normativa Antisismica (Ordinanza n. 3274) ed i disposti di cui alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018), nel mese di aprile 2021 è stata realizzata una prospezione sismica per la definizione categoria di suolo. Nello specifico si è operato mediante tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) materializzando n. 1 stendimento di lunghezza  $L = 46,00$  m ed allineamento di n. 24 geofoni con interdistanza geofonica 2,00 m e baricentro più o meno coincidente con quello del previsto ponte.

Dall'elaborazione del dato acquisito in campagna è stato ricostruito un profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  che ha consentito di individuare la profondità del substrato con  $V_s > 800$  m/s e distinguere i diversi sismostrati costituenti il sedime dell'intervento. La categoria di sottosuolo è assegnata funzionalmente alla profondità designata per la posa delle fondazioni.

Utilizzando la medesima strumentazione di acquisizione e conservando la medesima distribuzione dei geofoni, il dato sismico è stato elaborato anche con metodo tomografico da cui è scaturita una sezione sismostratigrafica 2D del sito di imposta, ben correlabile con i riscontri diretti provenienti dai sondaggi.

Per i dettagli metodologici si rimanda alla relazione sull'indagine geofisica a cura della ditta esecutrice *Antonello Angius di Cagliari*.



FOTO 1.7 e 1.8 – Disposizione dello stendimento geofisico.

## 2. MODELLO GEOLOGICO

### 2.1. Contesto geologico dell'area vasta

L'area in studio è localizzata nella Sardegna meridionale, in prossimità del bordo occidentale del *Campidano*, settore notoriamente identificato come una zona importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*. Tale piana si sovrappone alla più vasta fossa tettonica sarda (di epoca oligo-miocenica) che attraversa longitudinale la Sardegna occidentale unendo il *Golfo dell'Asinara* con quello di *Cagliari*, la cui formazione si deve a un'intensa tettonica transtensiva sviluppata durante il Terziario che ne ha provocato lo sprofondamento mediante un complesso sistema di faglie a carattere in prevalenza trascorrente impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche.

La colmata della depressione oligo-miocenica si esplica con la messa in posto di un insieme eterogeneo di sedimenti continentali e marini che vulcanici che, localmente, raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri.

La fossa campidanese ("*graben campidanese*" Auct.) invece, connessa con l'evoluzione del bacino sud-tirrenico nel corso del Pliocene e del Quaternario antico, risulta contornata sia dai sedimenti del Terziario (prevalentemente oligo-miocenici ed in subordine eocenici) affioranti nella Marmilla, Trexenta e Parteolla e dai terreni paleozoici dell'Iglesiente-Sulcis e Arburese, questi ultimi costituiti essenzialmente da scisti cambro-ordoviciani, siluriani e devoniano-carboniferi, iniettati da porfidi e da graniti ercinici e post-ercinici. La subsidenza del Campidano rispetto al resto dell'Isola favorisce l'azione dei corsi d'acqua che, per adeguarsi alle variazioni eustatiche del Quaternario, incidono in maniera sempre più efficace i rilievi durante le fasi regressive e depositano il loro carico detritico sopra i sedimenti terziari in concomitanza agli innalzamenti del livello marino.

La sua colmata avviene nel corso del Pliocene medio e superiore e del Quaternario antico, sino a dare origine all'attuale fisiografia del Campidano. Gli ultimi episodi deposizionali sono da ricondurre all'evoluzione paleogeografica olocenica (ultimi 10.000 anni) e rappresentati da un insieme di sedimenti limoso-argillosi, intercalati da episodi ghiaioso-limosi per uno spessore da metrico a pluridecametrico, sovrastanti i depositi alluvionali e colluviali ben addensati e maggiormente ossidati del Pleistocene medio e superiore.

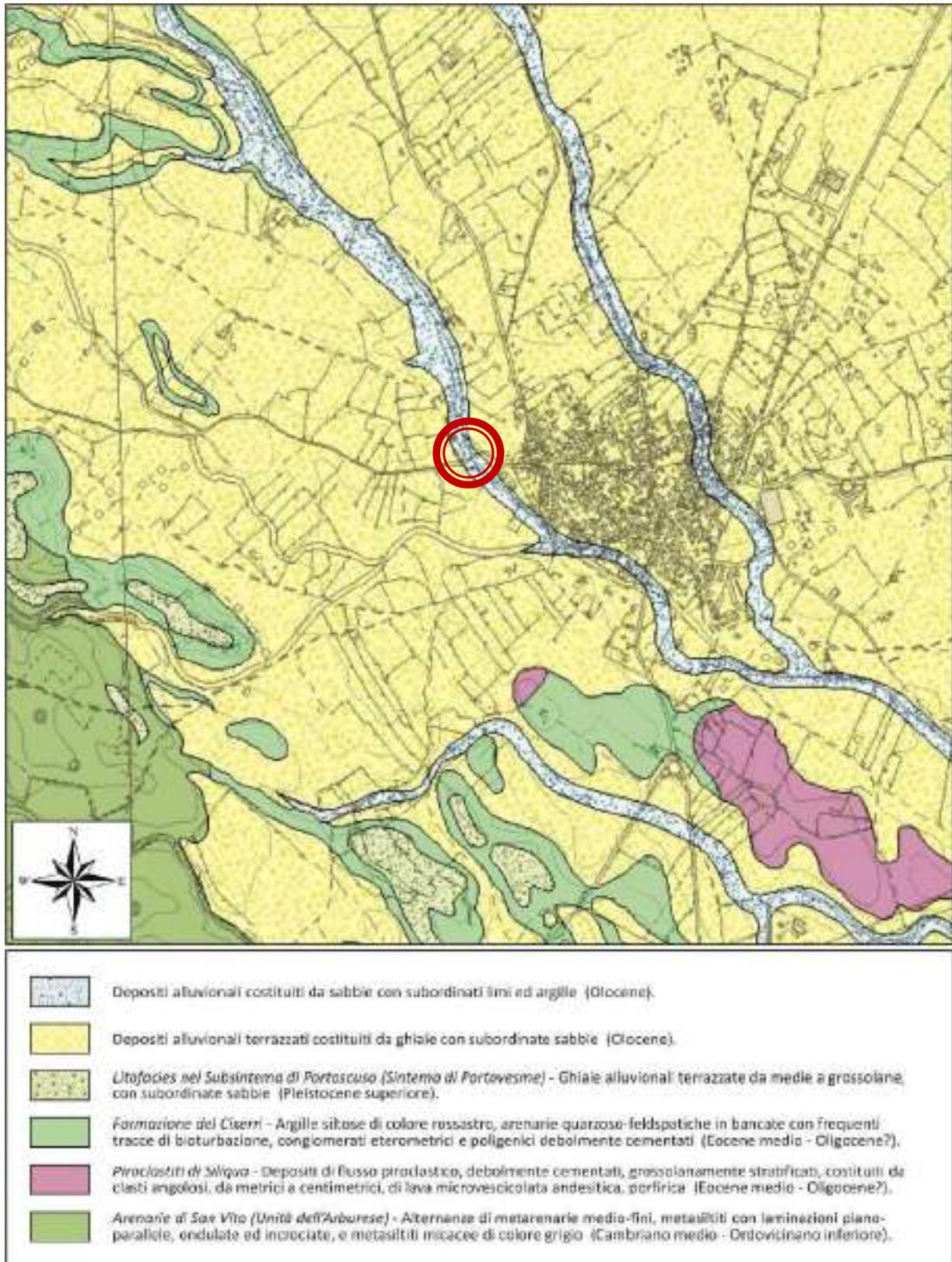
### 2.2. Assetto litostratigrafico locale

Il settore in studio vede la diffusa presenza di terreni detritici di genesi alluvionale, associati ai relativi prodotti di alterazione pedogenetica ("*suoli*") / del rimaneggiamento antropico ("*riporti*") che sormontano il basamento litificato locale, costituito perlopiù dalla successione sedimentaria paleogenica della Sardegna sud-occidentale ("*Formazione del Cixerri*") o alle vulcaniti del cosiddetto "*Distretto vulcanico di Siliqua*".

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale edita da APAT di cui uno stralcio è riportato in **FIGURA 2.1**, a partire dai più recenti sono state distinte le seguenti unità:

<b>ba</b>	Alluvioni ghiaiose grossolane e medie	[Olocene]
<b>bna</b>	Alluvioni terrazzate ghiaiose e subordinate sabbie	[Olocene]
<b>PVM2a</b>	Depositi alluvionali antichi	[Pleistocene superiore]
<b>CIX</b>	Argille ed arenarie continentali	[Eocene medio - Oligocene?]
<b>SQA</b>	Vulcaniti piroclastiche	[Eocene medio - Oligocene?]
<b>SVI</b>	Alternanze di metarenarie e metasiltiti	[Cambriano – Ordoviciano]

di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del lavoro.



**FIGURA 2.1** - Stralcio della “Carta Geologica d’Italia” a cura di APAT - Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia, modificata (scala 1:10.000).

## **b - Alluvioni recenti**

Sono rappresentate da alluvioni sabbio-limose e talora ghiaioso-sabbio-limose, in genere con un'importante componente argillosa infra-matrice, legata all'evoluzione olocenica del locale reticolo idrografico a carattere torrentizio che drena i rilievi metamorfico-cristallini del Parteolla-Sarrabus meridionale e quelli basso-collinari impostati sulle litologie mioceniche.

Si distinguono depositi alluvionali grossolani, prevalentemente formati da ghiaie  $\pm$  ciottolose poligeniche con abbondante matrice sabbio-limosa [ba] e depositi alluvionali in prevalenza sabbiosi [bb] ma con intercalazioni sia di ghiaie poligeniche sia di limi e argille.

Gli spessori variano in genere da submetrici a plurimetrici e interessano gli attuali fondivalle formati a seguito dei più recenti episodi di terrazzamento.

### **ba - Depositi alluvionali terrazzati**

Questi depositi alluvionali mostrano caratteristiche generali analoghe a quelle descritte in precedenza poiché le modalità di sedimentazione risultano identiche come anche le aree di drenaggio dei paleocorsi d'acqua che le hanno prodotte. Trattasi pertanto di alluvioni a granulometria per lo più ghiaioso-ciottolose, eterometriche e poligeniche con elementi derivanti dallo smantellamento dei rilievi dell'Iglesiente (scisti, quarziti, calcari, vulcaniti, etc.), spesso ricche in concrezioni carbonatiche.

L'addensamento è solitamente elevato, presentando talora una leggera cementazione da ossidi e idrossidi di ferro e manganese nonché da carbonati di ricircolazione secondaria. Il loro grado di ossidazione è moderato e talora mostrano colorazioni arancio-rossastro derivanti dall'erosione e risedimentazione dei depositi alluvionali di conoide più antichi [PVM2 - *Sintema di Portovesme*], maggiormente interessati da fenomeni di ossidazione primaria.

Lo spessore è in genere pluridecametrico, con locali eteropie verticali e laterali conseguenti alle variazioni del regime idrico dei corsi d'acqua, dando luogo a lenti e lingue di materiali a granulometria più fine (limi e argille) o a sacche conglomeratiche.

### **PVM2a - Depositi alluvionali antichi**

Litofacies nel Subsintema di Portoscuso ("*Sintema di Portovesme*") costituita da prevalenti depositi ghiaiosi con clasti di dimensioni da medie a grossolane, con subordinati livelli di sabbie, formatasi in seguito all'accumulo di materiali erosi dai rilievi circostanti.

Comunemente indicati come "*Alluvioni antiche*", sono costituiti da sedimenti ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa-argilloso-limosa, associati a depositi sabbioso-ghiaiosi, ben addensati, con grado di ossidazione spinto che conferisce a queste terre il tipico colore "arrossato". Lo scheletro è costituito da materiali clastici poligenici provenienti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici e vulcanici al contorno.

Locali eteropie laterali e verticali, conseguenti alle variazioni di regime idrico dei corsi d'acqua, caratterizzano il materasso alluvionale dando luogo a lenti e lingue più fini (limi e argille) o a sacche di ciottolame.

Lo spessore è generalmente pluridecametrico.

### **CIX - Argille ed arenarie continentali**

Si tratta di un complesso litologico prevalentemente arenaceo associato a siltiti più o meno arenacee, disposto in strati e bancate piuttosto irregolari, identificabili con la successione sedimentaria paleogenica della Sardegna sud-occidentale denominata "*Formazione del Cixerri*". Il colore prevalente, che caratterizza tutte le varietà litologiche, risulta generalmente rosso mattone-violaceo con striature grigio-verdastre, queste ultime più comuni nelle rocce originariamente a maggior componente argilloso-limoso.

L'aspetto è solitamente lapideo, soprattutto nelle bancate arenacee; l'elevata cementazione delle arenarie ad opera di ossidi ferrosi e l'elevato addensamento delle siltiti fanno sì che tali litologie siano dotate di una porosità estremamente bassa.

Si tratta di sedimenti continentali di chiara deposizione fluviale (antico ed imponente delta fluviale quando il blocco Sardo-Corso era parte integrante di Spagna e Francia) di tipo evoluto (le tracce fossili più diffuse sono rappresentate da numerose bioturbazioni dovute ad organismi limivori entro le siltiti e le arenarie fini) le cui giaciture spesso sono condizionate dalla struttura stratoide dei corpi lentiformi che si sono sovrapposti nel tempo in funzione delle dinamiche fluviali dei corsi d'acqua nei quali avvenivano i fenomeni di trasporto e deposito.

Gli spessori sono sempre notevoli sino ad un massimo di circa 230 m.

### **SQA - Vulcaniti piroclastiche**

Indicate nella cartografia ufficiale come "*Piroclastiti di Siliqua*", sono classificati come depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente stratificati, con clasti andesitici angolosi, da metrici a centimetrici, di lava microvescicolata andesitica, porfirica con matrice fine di colore chiaro, associati a conglomerati di origine epiclastica.

Affiorano al contorno della piana del Cixerri dove costituiscono le colline di *P.ta sa Pibionata* (193 m), *Monte Idda* (220 m), *Monte s'Illixianu* (193 m), *Monte Accas* (143 m), *P.ta de su Ferru* (223 m) o piccole emergenze morfologiche isolate, come *Monte Truxionis* (125 m) ed il rilievo del *Castello d'Acquafredda* (253 m).

### **SVI – Alternanze di metarenarie e metasiltiti**

Formazione geologica antica del Cambro-Ordoviciano costituita da una monotona alternanza una successione terrigena costituita da alternanze, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee e metaquarzoareniti, di colore variabile dal grigio-chiaro al verdastro, al nocciola ed al grigio scuro, con metasiltiti e metapeliti grigio-nerastre, talora verdi o violacee. Questa successione, ascrivibile alla formazione delle ARENARIE DI SAN VITO facente parte dell'UNITÀ TETTONICA DELL'ARBURESE ed indicato nella vecchia letteratura geologica con il nome di "Postgotlandiano", ricopre con netta discordanza le formazioni ordoviciane, siluriane e devoniche dell'Iglesiente.

Per questo rapporto tettonico, evidente nel complesso del *Monte Cuccurdoni Mannu*, l'UNITÀ DELL'ARBURESE viene interpretata come l'estrema propaggine sud-occidentale delle falde alloctone della Sardegna centrale, accavallate fino alla zona più esterna della catena ercinica.

Lo spessore della formazione non è comunque valutabile proprio perché il contatto di base è tettonico e quello superiore di tipo erosivo. Si valuta nell'ordine di diverse centinaia di metri.

### 2.3. Assetto tettonico

L'ambito di intervento è quello della piana campidanese quasi all'innesto con la valle del Cixerri, entrambe riconducibili alla tettonica cenozoica (la prima pliocenica e la seconda tardo-paleogenica).

I lineamenti fisiografici dei rilievi paleozoici che caratterizzano il settore ad occidente, facenti parte del sistema montuoso del Sulcis/Iglesiente/Arburese, sono invece il risultato degli eventi deformativi e metamorfici dell'Orogenesi ercinica. La complessa deformazione sia duttile sia fragile subita dalla successione ordoviciana-devoniana durante la suddetta orogenesi, con formazione di strutture a piega prima con asse E-W ("Prima fase ercinica") poi N-S con una foliazione penetrativa di piano assiale molto inclinata ("Seconda fase ercinica") e successivamente con pieghe a direzioni variabili e deformazioni meno intense ("Terza fase ercinica"), hanno determinato, contestualmente, una complessa fratturazione capace di interessare tutto lo spessore pluriettometrico di basamento.

Con la successiva fase di tettonica distensiva post-collisionale del Carbonifero superiore-Permiano che interessa tutta la catena ercinica, anche nella cosiddetta "Zona esterna" (Sulcis-Iglesiente-Arburese), si sviluppano deformazioni duttili pervasive associate ad un metamorfismo di alta temperatura e bassa pressione, mentre nei livelli strutturali più superficiali sono frequenti zone di taglio estensionali e faglie dirette a basso e alto angolo (CARMIGNANI *et alii*, 1992a).

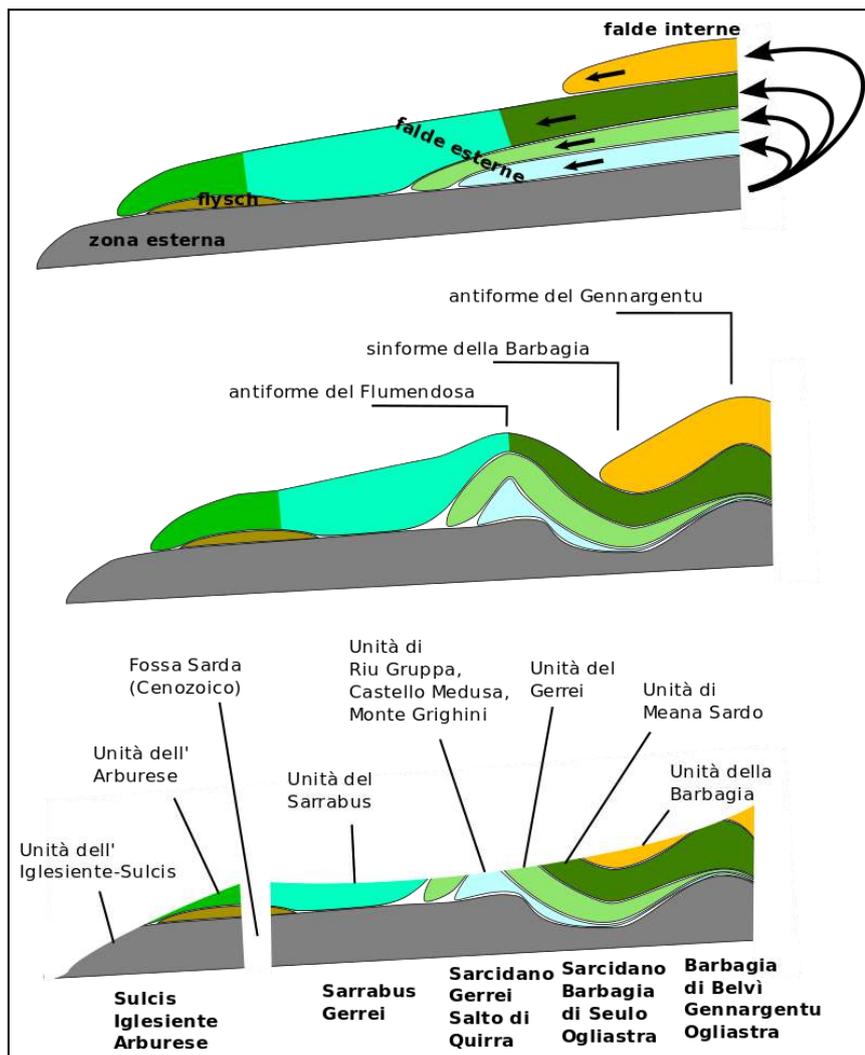


FIGURA 2.2 – Blocco diagramma della tettonica della Sardegna centro-meridionale.

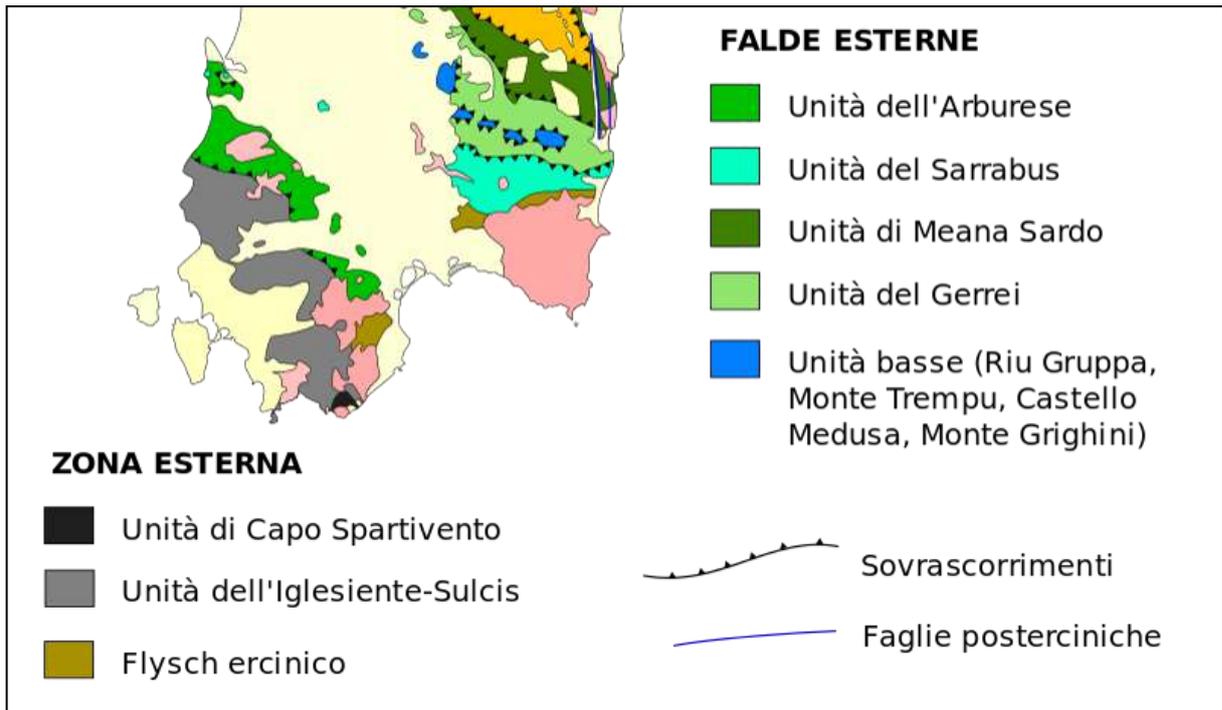


FIGURA 2.3 – Schema tettonico della Sardegna centro-meridionale.

Le lineazioni tettoniche impostate nel corso dell'orogenesi ercinica, di direzioni piuttosto dispersa ma sostanzialmente riconducibili ai trend N-S, NNW-SSE, NNE-SSW, NW-SE e NE-SW, sono state riattivate e accentuate nel corso degli eventi geodinamici che hanno interessato la Sardegna durante le fasi orogenetiche pirenaica ed alpina, provocando la frattura ed il dislocamento del basamento paleozoico e delle successioni sedimentarie mesozoiche, la fuoriuscita di enormi quantità di magmi alcali-calcici e lo sprofondamento delle fosse del Cixerri e del Campidano. Seppur configuratesi quasi contemporaneamente, la subsidenza negativa della pianura del Cixerri si è arrestata a partire dal Terziario, mentre per il Graben campidanese si è verificata una parziale riattivazione delle faglie oligo-mioceniche lungo il bordo orientale del massiccio iglesiente-sulcitano durante il Plio-Quaternario.

La fossa del Cixerri, ben delimitata da faglie marginali a nord e a sud, separa nettamente i monti dell'Iglesiente da quelli del Sulcis – spezzandone l'originaria continuità geologica – e si innesta trasversalmente al Campidano mediante la cosiddetta “*Soglia di Siliqua*”: quest'ultima, che costituisce il limite geomorfologico e strutturale fra la piana del Cixerri e quella campidanese, si estende da Vallermosa fin nei pressi di Uta, per una lunghezza di circa 15 km. Entro la valle affiorano lembi di basamento paleozoico, smembrato da diversi sistemi di faglie, che originano una serie di modesti rilievi di natura quarzoso-scistosa, allineati NW-SE, quasi a creare una sorta di sbarramento naturale tra le due fosse.

L'attività tettonica attuale nel settore considerato, come per tutta l'Isola, viene considerata molto bassa o quiescente e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene). Non si esclude, stante la scarsa documentazione relativa a terremoti avvenuti in Sardegna in epoca storica nonché di recente, che eventi sismici di eccezionale intensità localizzati in vari settori dell'area tirrenica, possano indurre in alcuni areali dell'Isola vibrazioni i cui effetti sulla struttura in progetto possono comunque considerarsi ininfluenti.

Anche la subsidenza, se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, è un fattore assolutamente irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola.

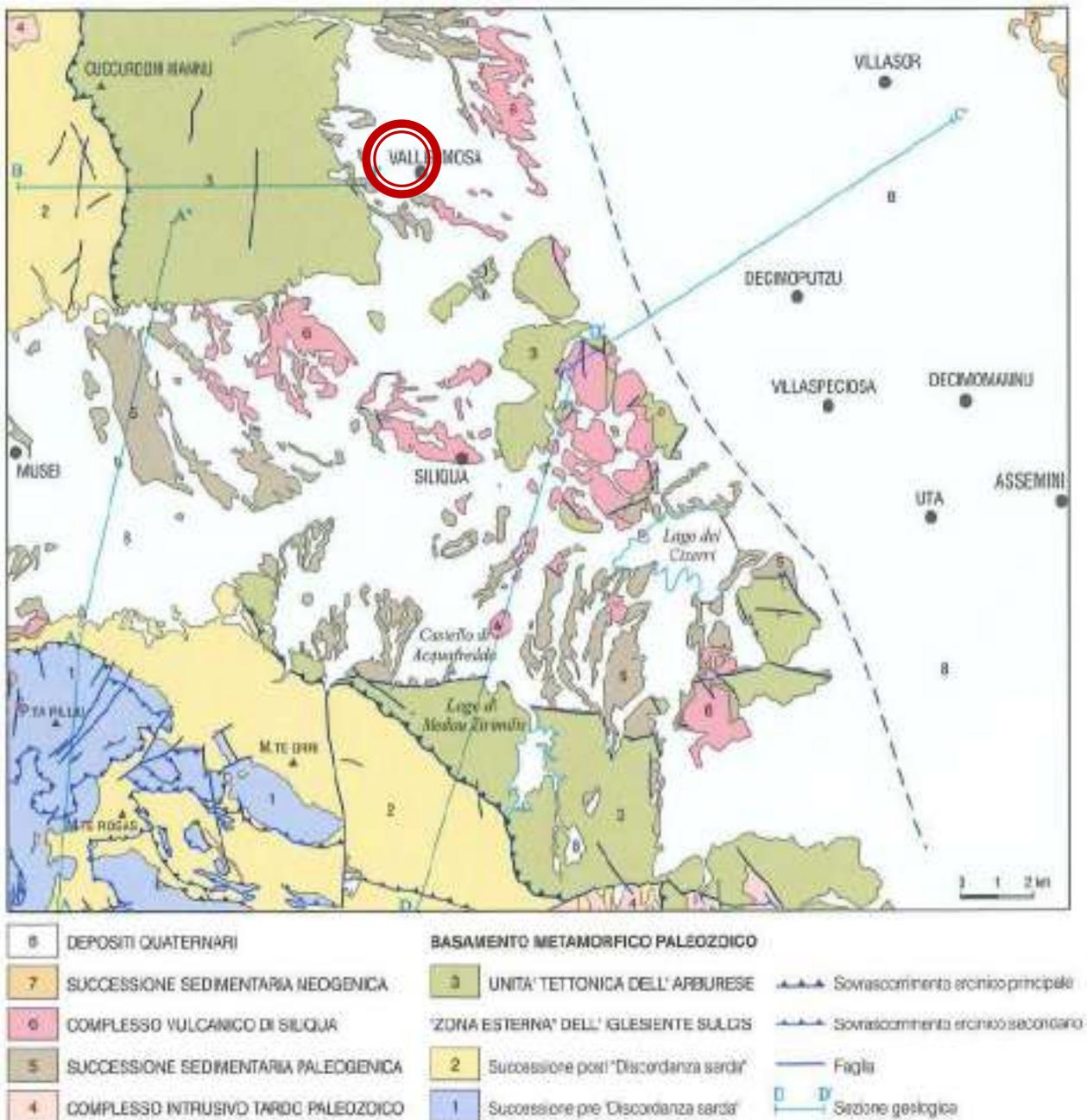


FIGURA 2.4 – Schema tettonico del settore estratto da “Carta geologica d’Italia” a cura di APAT - Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia.

## 2.4. Stratigrafia dei terreni di fondazione

Come risulta dagli elaborati stratigrafici messi a disposizione dalla stazione appaltante, relativi ai sondaggi a carotaggio continuo all’uopo eseguiti nell’anno 2015, la sequenza stratigrafica acquisita in nello stradello in prossimità delle sponde dell’attuale ponte vede la presenza, sotto una coltre di spessore variabile 0,40÷1,80 m di suolo [**Strato LL-A1**] e terre rimaneggiate [**Strato LL-A2**], di alluvioni sabbioso-ghiaiose recenti [**Strato LL-B**] che sormontano, in discordanza stratigrafica e a meno di uno strato argillo-limoso [**Strato LL-C**], il substrato litificato locale nel caso rappresentato dalle sequenza di arenarie e siltiti continentali ascrivibili alla Formazione eocenica del Cixerri [**Strato LL-D**].

Nel dettaglio e per le finalità del presente lavoro, la stratigrafia del settore di intervento, può essere ricondotta alla seguente successione di unità litostratigrafiche, a partire dalle più recenti:

<b>LL-A1</b>	Terre di riporto	[Attuale]
<b>LL-A2</b>	Suolo	[Attuale]
<b>LL-B</b>	Alluvioni sabbioso-ghiaiose	[Olocene]
<b>LL-C</b>	Argille limose	[Eocene medio – Oligocene?]
<b>LL-D</b>	Arenarie marnose e marne	[Eocene medio – Oligocene?]

di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del lavoro.

Si rimanda all'elaborato delle indagini geognostiche a corredo del presente documento come allegato fuori fascicolo, per le stratigrafie dei sondaggi ed il repertorio fotografico.

**LL-A1 Terre di riporto**

*0,00 m ÷ -1,80 m*

*Spessore 1,80 (S1)*

Misto alluvionale di riporto di colore variabile dal beige al marroncino, con scheletro clastico di dimensioni da pluridecimetriche sino a quasi decimetriche, incoerente, costituenti l'attuale piazzola sterrata.

Pur non rivestendo alcun interesse come piano di posa, la prevedibile interferenza con gli scavi di fondazione stante lo spessore non trascurabile, impone di valutare le loro caratteristiche fisico-meccaniche in termini di spinta e di tenuta dei fronti di scavo in fase operativa.

**LL-A2 Suolo**

*0,00 m ÷ -0,40 m*

*Spessore 0,40 (S2)*

Suolo limo-argilloso di colore marrone, attraversato da sottili apparati radicali nella parte sommitale. Rappresenta la porzione più evoluta del substrato, superficialmente rimaneggiata dalle pratiche agricole.

Il rimaneggiamento, la presenza di radici e la scarsa consistenza conferiscono a questi terreni scadenti caratteristiche meccaniche tali per cui poco affidabili come piano di fondazione. Per detta ragione non costituisce un piano di posa adeguato e se ne consiglia il superamento.

**LL-B Alluvioni sabbioso-ghiaiose**

*-0,40 m variabile -1,80 m ÷ -1,90 m variabile -2,30 m*

*Spessore min 0,50 m (S1)*

*Spessore max 1,50 m (S2)*

Ghiaie e sabbie in matrice argilloso-limosa di colore marrone, con elementi poligenici ben elaborati di dimensioni centimetriche da subdecimetriche, poco addensate, umide. Rappresentano i depositi alluvionali del corso d'acqua principale i quali, entro l'alveo, sono ancora sottoposti a processi di trasporto e deposizione fluviale. Tipici dei processi ad alta energia, sovente si rivengono frammisti a blocchi e massi anche ciclopici.

Lo spessore di questa coltre, distinta dallo stendimento MASW, è dell'ordine del metro.

Ai fini applicativi che interessano, per la tipologia di opera in progetto, questi terreni non costituiscono un piano sufficientemente performante per l'appoggio di fondazioni dirette.

Questo strato sarà in ogni caso interessato dagli sbancamenti e verosimilmente potranno ospitare flussi idrici sotterranei connessi con i deflussi in alveo o subalveo a seconda della stagionalità, da richiedere opportune misure di contenimento provvisorio per garantire la stabilità delle pareti di scavo.

#### LL-C Argille limose

-1,90 m variabile -2,30 m ÷ -3,00 m variabile -4,50 m

Spessore min 1,10 m (S2)

Spessore max 1,80 m (S1)

Argille limose di colore marrone-rossiccio, ossidate sovraconsolidate, da consistenti a molto consistenti, ascrivibili ad una delle facies della *Formazione del Cixerri*.

Sebbene dotate di buone caratteristiche geotecniche, la forte componente argillosa le rende suscettibili a fenomeni di detensionamento se esposte agli agenti esogeni con conseguente irreversibile compromissione delle loro caratteristiche meccaniche. Per questo motivo la scelta di individuare su questo strato il piano fondale, dovrà tener conto di possibili cedimenti differenziali, scontabili anche a lungo termine.

#### LL-D Arenarie marnose e marne

-3,00 m variabile -4,50 m ÷ -10,00 m ed oltre (?)

Spessore min 5,90 m (S1)

Spessore max 7,00 m (S2)

Marne [LL-D1] ed arenarie ± marnose [LL-D2], talora conglomeratiche [LL-D3] di colore variabile dal grigio al beige, da semilapidee a lapidee, ascrivibili alla *Formazione del Cixerri*.



FIGURA 2.5 – Stratigrafia dei terreni estratti dal sondaggio S1 (immagini estratte dalla relazione sulle indagini).



**FIGURA 2.6** – Stratigrafia dei terreni estratti dal sondaggio S2 (immagini estratte dalla relazione sulle indagini).

Dall’analisi della documentazione fotografica dei sondaggi a carotaggio (**FIGURA 2.5** e **FIGURA 2.6**), a parte qualche livello decimetrico frammentato, la compagine rocciosa si presenta poco fratturata (a meno di quelle orizzontali indotte dalle operazioni di campionamento) tale per cui si può classificare in via cautelativa con un indice Rock Quality Designation RQD = 80% “Buona”.

Dall’elaborazione dei dati sismici, il tetto del basamento (“bedrock”) è stato riconosciuto alla profondità di 5,00 m rispetto all’attuale piano calpestabile [**Sismostrato III** –  $V_p = 1.130$  m/s e **Sismostrato IV** –  $V_p = 1.390$  m/s], preceduto da uno strato di argille limose di natura colluviale piuttosto che di alterazione in situ [**Sismostrato II** -  $V_p = 420$  m/s] di spessore di alcuni metri.

La facies lapidea consente di garantire elevate capacità portanti in termini di resistenza al taglio e sostanziale incomprimibilità, pertanto per questo strato non sussistono limitazioni in ordine alla tipologia fondale.

Dalle ricostruzioni effettuate – attraverso la consultazione delle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo della campagna geognostica 2015 e con il supporto dei riscontri delle prospezioni sismiche all’uopo eseguite – è stata confermata la configurazione ipotizzata in sede di progetto preliminare e di fattibilità tecnico-economica, ovvero la presenza di un basamento lapideo soggiacente mediamente alla profondità di 4,00 m ed immergente verso i quadranti occidentali (vedi sezione geologica in **FIGURA 2.7**).

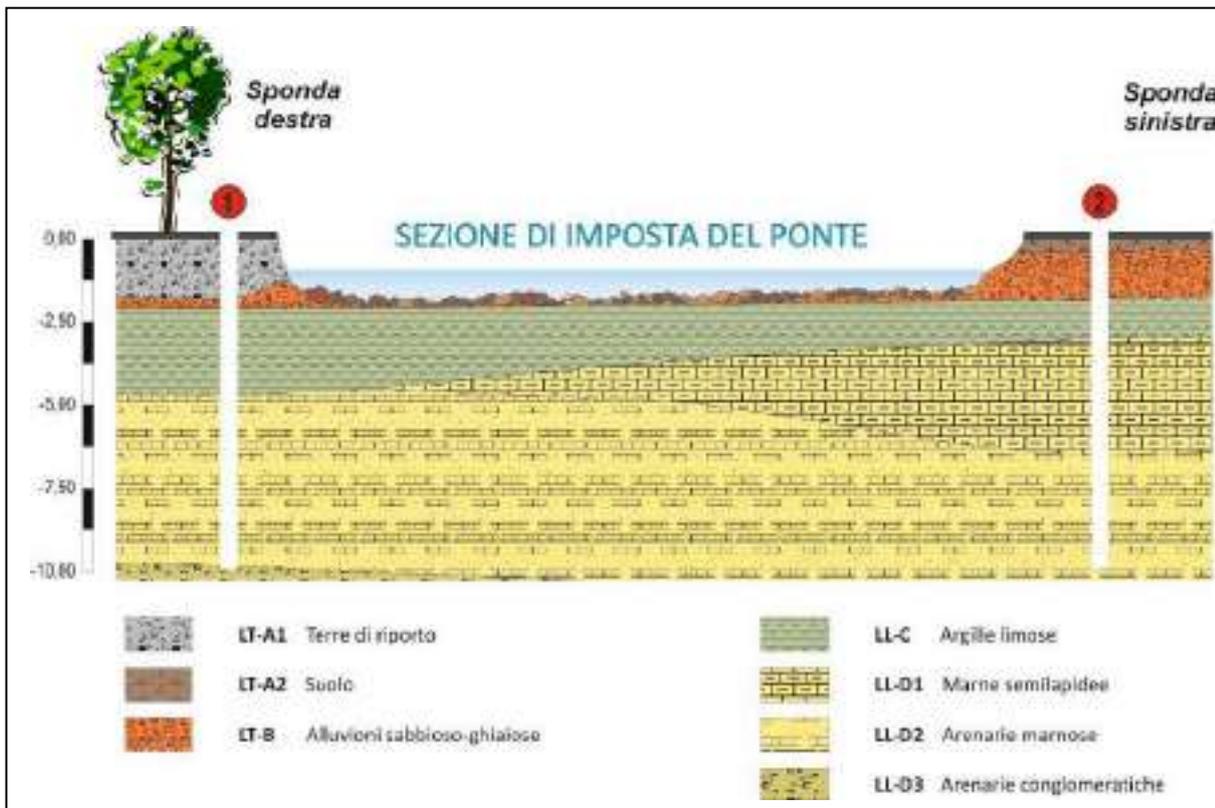


FIGURA 2.7 – Sezione geologica schematica in corrispondenza della sezione di imposta del ponte.

Il profilo 2D (FIGURA 2.8) delle onde P realizzato elaborando il dato di sismica a rifrazione con metodo tomografico, ha mostrato una perfetta coerenza con la ricostruzione stratigrafica dai sondaggi, evidenziando una netta variazione di velocità a  $4 \pm 1$  m di profondità (TABELLA 2.1), verosimilmente riconducibile con il passaggio litologico tra le alluvioni ed il basamento lapideo.

STRATO	DESCRIZIONE	PROFONDITÀ da p.c. [m]	SPESSORE [m]	Vp [m/sec]
1	Alluvioni	0,00 ÷ 5,00	5	450 ÷ 1.250
2	Substrato lapideo	5,00 ÷ oltre	∞	1.250 ÷ 2.600

TABELLA 2.1 – Successione sismo-stratigrafica ricavata dall'interpretazione sismica.

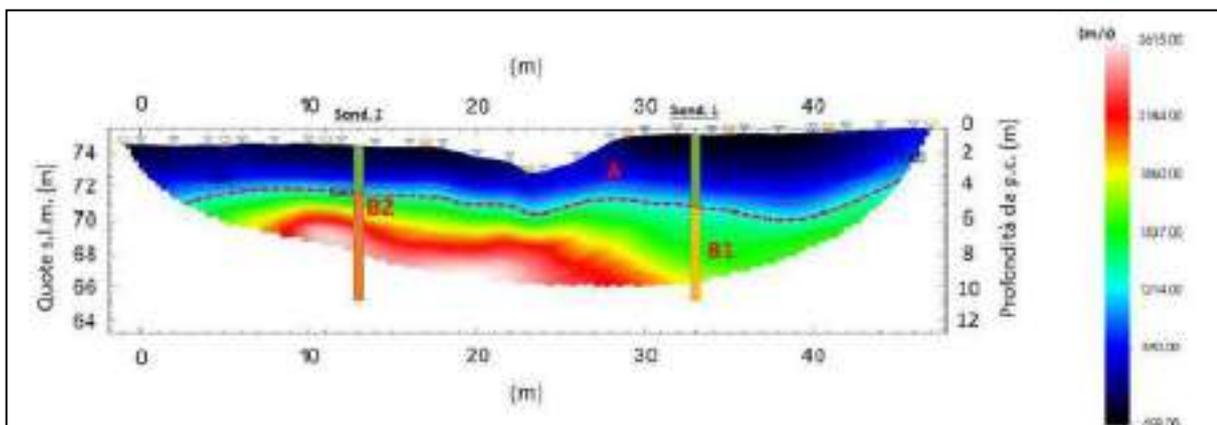


FIGURA 2.8 – Profilo 2D con l'andamento delle onde P.

## 2.5. Assetto idrogeologico locale

Le differenti unità litologiche sono state caratterizzate anche sulla base dei loro caratteri intrinseci omogenei, ovvero in ordine al tipo di permeabilità (**P** = per porosità, **F** = per fratturazione, **A** = per alterazione) e al grado di permeabilità (**IM** = impermeabile, **SP** = scarsamente permeabile, **MP** = mediamente permeabile e **AP** = altamente permeabile) per ciascuna unità idrogeologica.

Le unità idrogeologiche distinte sono:

- UI1** Unità detritico-alluvionale olocenica
- UI2** Unità detritico-alluvionale pleistocenica
- UI3** Unità vulcanica oligo-miocenica
- UI4** Unità arenaceo-siltitica eocenica
- UI5** Unità metamorfica ercinica

### **UI1** Unità detritico-alluvionale olocenica

Raggruppa le unità litostratigrafiche **ba** e **bna**.

Sono le alluvioni ghiaioso-sabbiose che bordano i principali corsi d'acqua e si caratterizzano per un grado di addensamento da moderato a scarso.

Il flusso idrico sotterraneo è favorito dalla porosità dei sedimenti (permeabilità di tipo **P**) e generalmente, in funzione della presenza o meno di materiali clastici fini (argille, limi) il grado di permeabilità varia da medio (**MP**) a alto (**AP**).

### **UI2** Unità detritico-alluvionale pleistocenica

Coincide con l'unità litostratigrafica **PVM2a**.

Si caratterizza per un grado di addensamento medio-elevato e per la discreta ossidazione della matrice limo-sabbiosa. La permeabilità è di tipo **P** per porosità e il grado di permeabilità varia da scarso (**SP**) a medio (**MP**).

La tipologia degli acquiferi ivi contenuti varia in funzione delle caratteristiche e dello spessore dei depositi detritico-alluvionali che possono determinare la formazione modesti di flussi idrici generalmente semiconfinati.

### **UI3** Unità vulcanica oligomiocenica

Coincide con l'unità litostratigrafica **SQA**.

Detta unità è ben delimitata arealmente anche se in ampi settori essa non è visibile in superficie a causa dello spessore da decimetrico a metrico di copertura detritica alluvionale. È formata dalle litologie vulcaniche a chimismo andesitico costituenti i deboli rilievi del settore pedemontano di passaggio con la piana.

Il tipo di permeabilità prevalente di tipo **F** (fratturazione) condiziona fortemente la capacità di ospitare flussi idrici (grado variabile da **IM** a **SP**) in funzione della distribuzione e delle geometrie del reticolo di fratture che interessano l'ammasso roccioso. A favorire in taluni casi una drastica diminuzione della permeabilità è l'alterazione della roccia che determina talvolta la produzione di minerali argillosi capaci di sigillare le microfessure e l'eventuale porosità primaria del deposito che caratterizza le facies vulcanoclastiche.

Altre volte la stessa alterazione, successivamente ai fenomeni di lisciviazione delle argille, favorisce la formazione di ammassi quasi incoerenti formati dai singoli cristalli che hanno perso l'originario mutuo incastro dovuto alla cristallizzazione della lava.

### **U13 Unità arenaceo-siltitica eocenica**

Coincide con l'unità litostratigrafica **CIX**.

Rappresenta un gigantesco blocco impermeabile che solo occasionalmente consente l'estrazione di modestissime quantità d'acqua confinate in acquiferi isolati e difficilmente ricaricabili.

A sfavore della possibilità di immagazzinamento entro un eventuale reticolo di fessurazioni secondarie vi è il fatto che i diversi sistemi di frattura presenti vengono assorbiti entro i livelli siltoso-argillosi che si intercalano alle bancate arenacee e raramente, conglomeratiche.

Nel settore, la presenza di questa unità favorisce la formazione di un limite di permeabilità (o di tamponamento idraulico) di tipo strutturale nei confronti delle acque immagazzinate entro la copertura detritica costituente la piana.

Il grado di permeabilità varia da nullo (**IM**) a scarso (**SP**).

### **U15 Unità metamorfica ercinica**

Coincide con l'unità litostratigrafica **SVI**.

La possibilità di flusso idrico e di immagazzinamento è determinata esclusivamente dalla presenza di discontinuità di vario tipo all'interno dell'ammasso roccioso. Trattandosi di rocce originariamente sedimentarie, queste discontinuità sono rappresentate dalle superfici connesse con l'anisotropia composizionale originaria del sedimento (giunti di strato o stratificazione) in funzione delle particolari condizioni di sedimentazione, nonché dall'insieme di fessurazioni indotte nella roccia dalle deformazioni tettoniche subite durante tutte le vicissitudini geologiche.

Pertanto, sebbene la roccia sia di per sé impermeabile a livello mesoscopico, l'ammasso roccioso nel suo complesso, grazie alla lentissima infiltrazione nell'intricato sistema di fessure, ha notevoli capacità di accumulo idrico sotterraneo che può venire rilasciato solo attraverso le sorgenti o attraverso un flusso idrico generalmente non sfruttabile con un'opera di captazione tradizionale. Ciò è dovuto al fatto che solitamente le dimensioni e la densità dei vuoti non permette la presenza di falde con elevata produttività (acquiferi con scarsa trasmissività), a meno che non si individuino particolari condizioni di fratturazione concentrata.

A causa della estrema variabilità delle condizioni predisponenti il flusso idrico all'interno dell'ammasso roccioso fratturato, il grado di permeabilità di questa unità varia da nullo (**IM**) a scarso (**SP**) mentre il tipo di permeabilità è essenzialmente per fratturazione (**F**).

Alla luce di quanto sopra esposto, è chiaro che la presenza di flussi sotterranei nelle aree di intervento è condizionata dalla variabilità granulometrica dei sedimenti alluvionali e dallo spessore della stessa coltre che dipende dalla profondità di soggiacenza substrato lapideo, nel caso rappresentato dalle vulcaniti riconducibili alle *Piroclastiti di Siliqua* che fungono da limite impermeabile inferiore.

I sondaggi geognostici hanno escluso la presenza di una circolazione idrica entro il substrato litificato eocenico entro profondità direttamente influenzate dall'opera in progetto. D'altra parte però la presenza del corso d'acqua fa presupporre un deflusso in alveo o subalveo in equilibrio con la falda ospitata nelle alluvioni ciottolose che, nella stagione piovosa, riceve direttamente gli apporti attraverso le acque meteoriche e quelle superficiali incanalate.

## 2.6. Assetto morfologico ed idrografico

L'analisi morfologica ed idrografica è stata indirizzata ad un idoneo contorno rispetto all'area di intervento per poter definire al meglio l'eventuale presenza di fenomeni gravitativi e/o legati al deflusso delle acque incanalate e diffuse e prevedere le possibili interazioni.

I luoghi di intervento ricadono nella piana del Cixerri, in prossimità del limite settentrionale con i rilievi del Marganai, che si allunga in direzione circa est ovest dalla cosiddetta "Soglia di Siliqua" sino ad Iglesias, localmente interrotta da ondulazioni morfologiche e modesti rilievi impostati ora sulle vulcaniti oligo-mioceniche, ora sui depositi eocenici, piuttosto che su rocce paleozoiche.

Nello specifico del sito di imposta del ponte, si inquadra in un ambito sostanzialmente pianeggiante con una debole vergenza al quadrante sud-orientale e quota s.l.m.m. di 87 m (**FIGURA 2.12**), dominato dal sistema di rilievi dell'Iglesiente.

Il ridotto gradiente altimetrico è sostanzialmente favorevole a condizioni di stabilità gravitativa, per cui non predisponente a fenomeni franosi o distacchi dalle pareti rocciose essendo i luoghi di intervento non direttamente sottoposti alla morfodinamica dei rilievi, limitando gli effetti delle acque meteoriche di dilavamento sulla topografia ad un debole ruscellamento areale.

Vero è che i corsi d'acqua che si originano dal suddetto complesso montuoso e che afferiscono alla piana, sottendono ad un esteso quanto acclive bacino idrografico, peraltro impostato su litologie poco permeabili [Unità Idrogeologica **UI5** coincidente con il complesso metamorfico indifferenziato **SVI**] che trasferiscono la maggior parte delle acque meteoriche ai deflussi incanalati di superficie: queste dinamiche hanno originato il conoide alluvionale che, dallo sbocco sulla piana del *Rio su Pau* superata *Punta Medau Micheli*, si estende fino quasi all'abitato di Vallermosa, nonché i terrazzi di vari ordini che caratterizzano gli alvei dei principali corsi d'acqua del settore.



**FIGURA 2.9** - Assetto morfologico dell'area vasta su immagine di Google Earth, con amplificazione delle altezze ed indicazione del sito di imposta del ponte rispetto alle principali evidenze del rilievo.

Tra questi ultimi si annoverano *Gora Perda Mortas* che ad est marca il confine amministrativo con il Comune di Villasor, lo stesso *Gora Manna* ed il *Rio Linus*, il *Rio Cannas* e più a sud *Gora Argiddas / Gora Sa Nuxedda* oltre ad una fitta rete di tributari secondari alimentati dai rilievi del Marganai. Lembi di terrazzi alluvionali, anche distanti dalle attuali pertinenze golenali, sono la dimostrazione concreta di alterne fasi di sedimentazione ed erosione avvenute a partire dal tardo Pleistocene fino all'Olocene ad opera di una rete idrografica oramai obliterata.

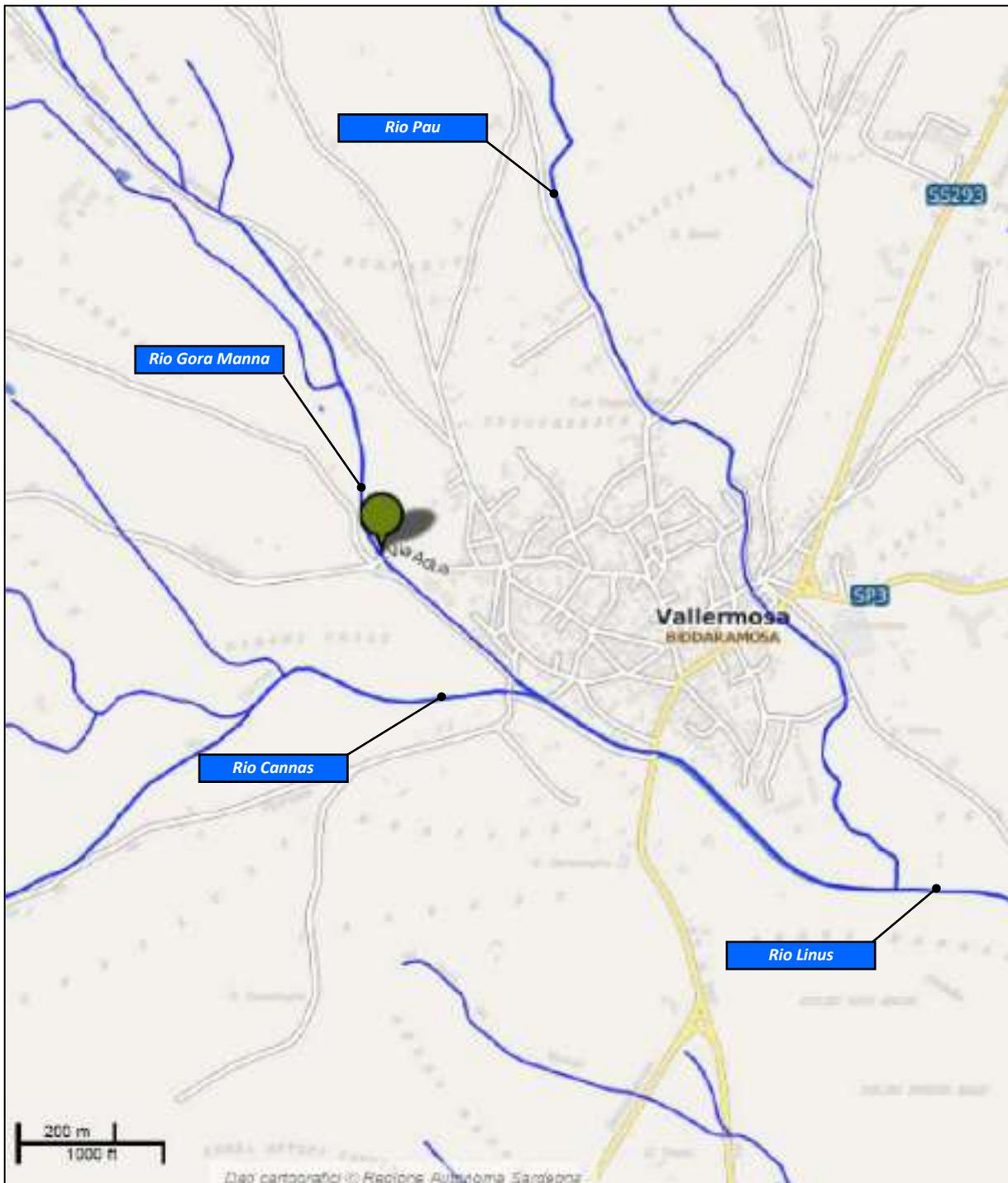


FIGURA 2.10 - Assetto idrografico del sito di imposta ed un adeguato intorno (da [www.sardegnaeoportale.it/webgis2](http://www.sardegnaeoportale.it/webgis2)).

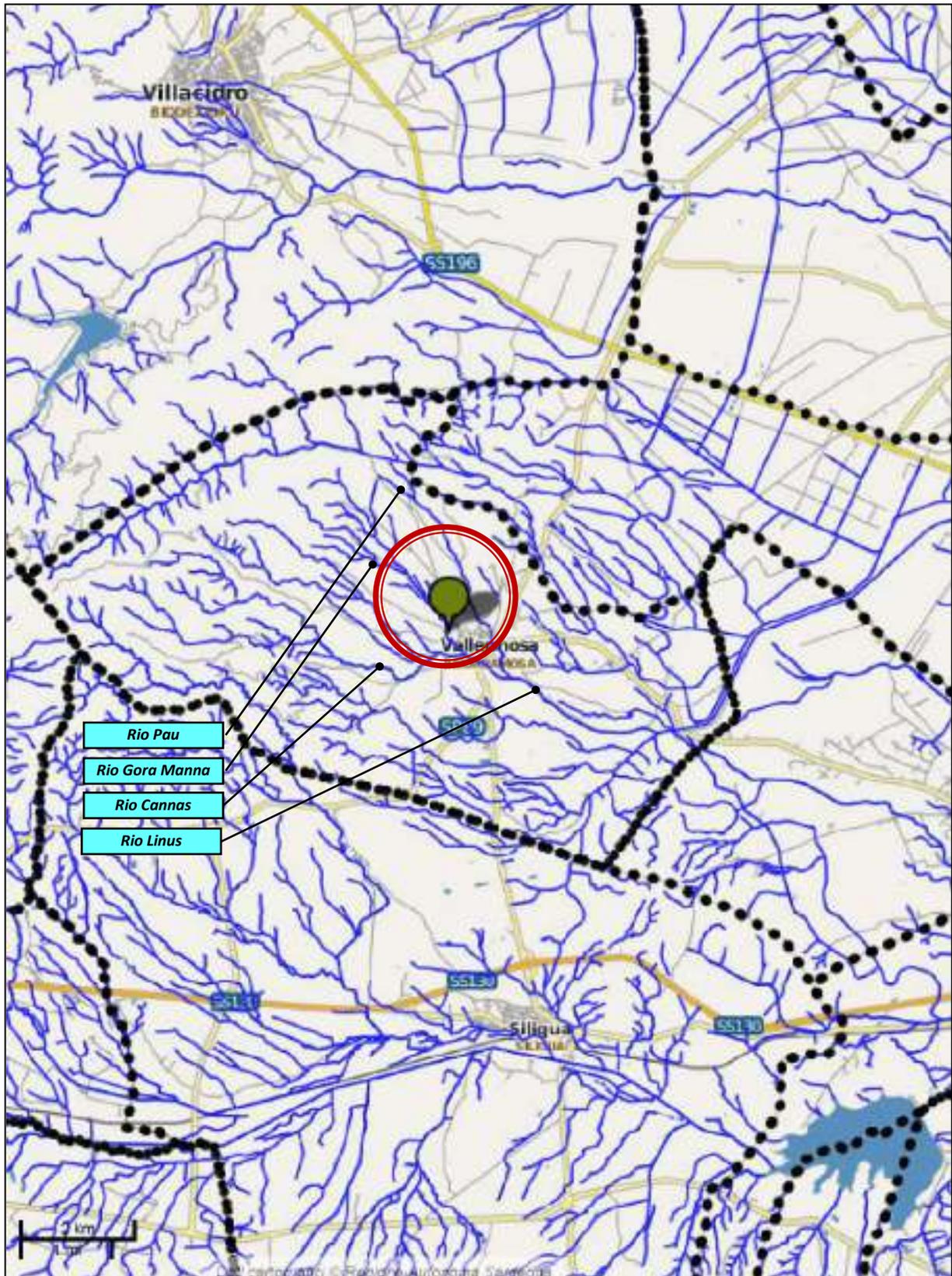


FIGURA 2.11 - Assetto idrografico dell'area vasta (da [www.sardegnaigeoportale.it/webgis2](http://www.sardegnaigeoportale.it/webgis2)).

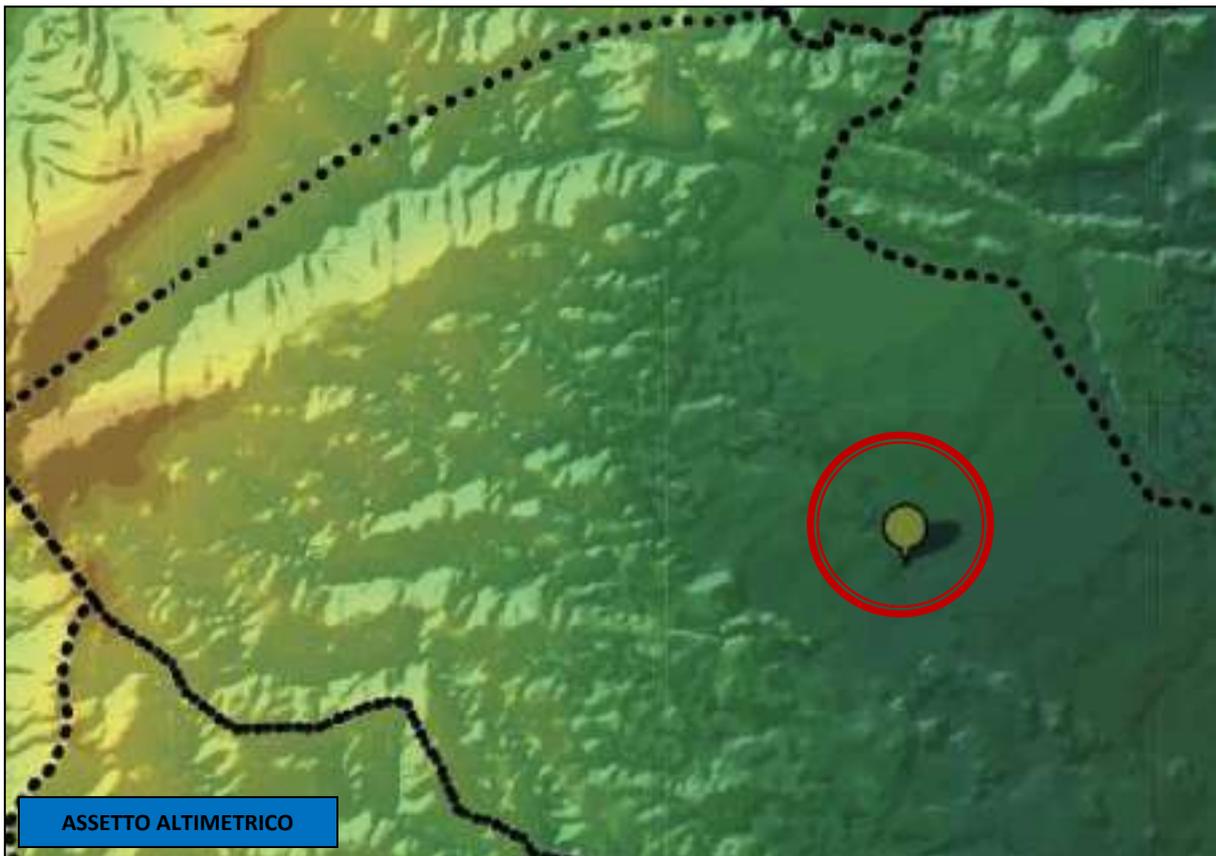


FIGURA 2.12 - Assetto dell'area vasta rispetto al sito di imposta del ponte (da [www.sardegnaeopoitale.it/webgis2](http://www.sardegnaeopoitale.it/webgis2)).



**FIGURA 2.13** – Panoramiche del Rio Gora Manna in prossimità del Ponte A (Immagini estratte dal D.P.P. del Comune).

A memoria d'uomo si rileva che il deflusso degli attuali corsi d'acqua del settore è strettamente legato alla stagionalità delle piogge, motivo per cui durante la stagione secca (maggio-settembre) i letti fluviali appaiono in parte o del tutto privi di deflusso superficiale pur mantenendo, nei tratti a valle, una circolazione idrica in sub-alveo. Sono altresì contraddistinti da piene autunnali (ottobre-novembre) e massimi di portata nei mesi di febbraio-marzo sebbene irregolari.

Come avvenuto nel novembre 2013, in concomitanza con eventi piovosi, la rete di compluvi nel settore di piana non è in grado di smaltire le acque drenate dai rilievi montuosi essendo i deflussi costretti nelle gore e nei canali artificiali interpoderali realizzati con finalità di bonifica e di supporto all'agricoltura: nonostante le basse acclività, gli effetti delle precipitazioni intense e perdurevoli non si attenuano, per cui le acque superficiali incanalate mantengono la loro impetuosità che accresce verosimilmente con gli apporti secondari, fino a mettere in crisi tutto il sistema di drenaggio con conseguente esondazione a danno del comparto antropizzato compreso quello urbano.

## 3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 3.1. Sismicità dell'area

Le caratteristiche di sismicità del blocco sardo-corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano: il basamento della Sardegna rappresenta infatti un segmento della catena ercinica sud-europea originatasi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore.

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola, che si protrae fino a parte del Quaternario e durante il quale i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

### 3.2. Sismicità storica del sito

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze<sup>(3)</sup>.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Alcuni terremoti segnalati (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania). Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola. Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 di ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

<sup>(3)</sup> (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

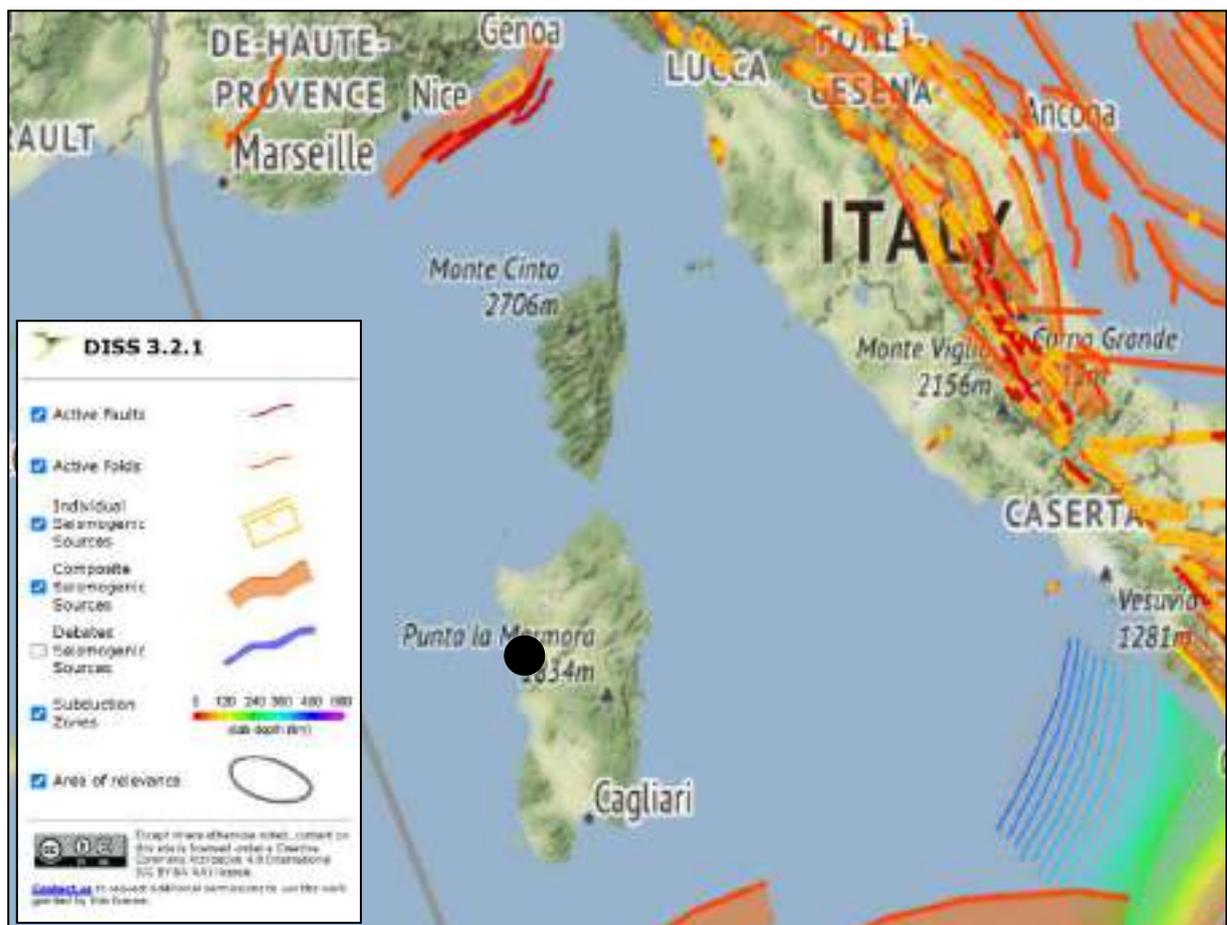
- **CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015**  
 Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o con magnitudo ( $M_w$ )  $\geq 4$  relativi a tutto il territorio italiano.
- **DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015**  
 Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Vallermosa.

Si segnalano altresì il terremoto magnitudo 4,77 del 26.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale (40.955 N – 10.097 E, profondità circa 1 km), quello magnitudo 4,52 del 15.05.1897 con epicentro nel Tirreno meridionale e quello del 17.08.1771 con magnitudo 4,43 e area epicentrale nella Sardegna meridionale.

Non si hanno testimonianze degli effetti di questi terremoti per il territorio di Vallermosa, per i comuni al contorno vicini ove sono stati avvertiti (Villacidro, Siliqua, **FIGURA 3.2**) per cui si presume siano stati irrilevanti.

Dal database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo  $> 5.5$ , si evince che il settore di intervento non è gravato da potenziali faglie sismogenetiche.



**FIGURA 3.1** – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5,5$  rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

### Siliqua

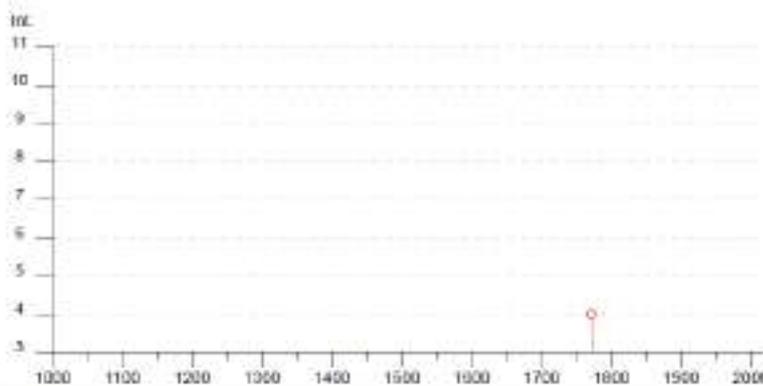
PlaceID IT\_68985  
 Coordinate (lat, lon) 39.300, 8.806  
 Comune (ISTAT 2015) Siliqua  
 Provincia Cagliari  
 Regione Sardegna  
 Numero di eventi riportati 2



Effetti		In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	MI	Se	Area epicentrale	NMDC	Io Mw
nr	1897	03	13	13	42	30	Tirreno meridionale	85	5.4-5.0
nr	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265	4.77

### Villacidro

PlaceID IT\_69031  
 Coordinate (lat, lon) 39.457, 8.732  
 Comune (ISTAT 2015) Villacidro  
 Provincia Medio Campidano  
 Regione Sardegna  
 Numero di eventi riportati 1



Effetti		In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	MI	Se	Area epicentrale	NMDC	Io Mw
4	1771	08	17	18			Sardegna meridionale	7	5.4-4.3

#### Località vicine (entro 10km)

Località	Eqe	Distanza (km)
Cornoofanadiga	1	7

FIGURA 3.2 – Eventi sismici estratti dal catalogo CPT15 e DBMI15 per i comuni limitrofi di Vallermosa.

### 3.3. Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo ( $a_{g475}$ ), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di  $a_{g475}$  con una tolleranza 0,025g a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ), che deve essere considerato in sede di progettazione.

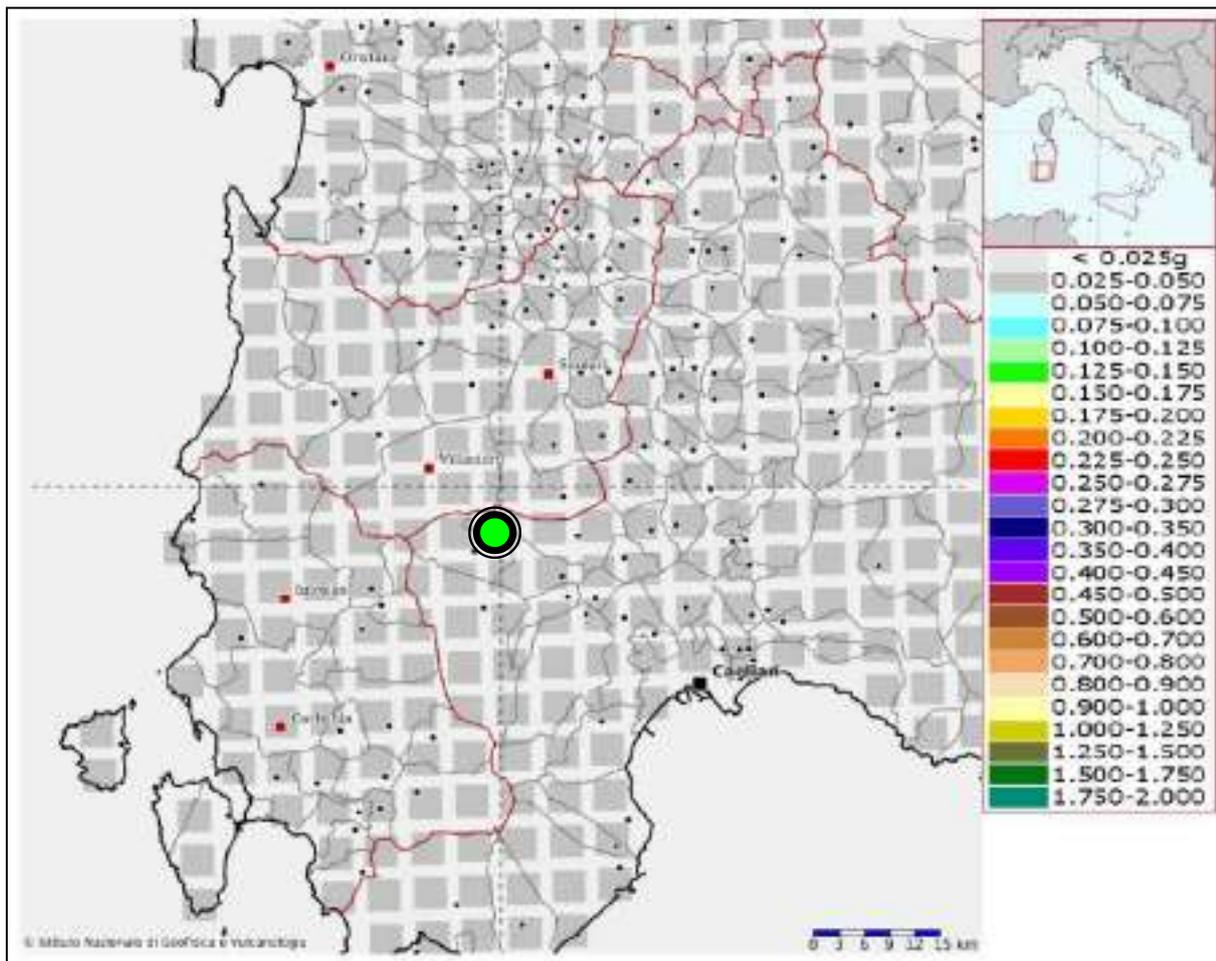
ZONA	$a_{g475}$
1	$a_{g475} \geq 0,25g$
2	$0,25g < a_{g475} \leq 0,15g$
3	$0,15g < a_{g475} \leq 0,05g$
4	$a_{g475} < 0,05g$

TABELLA 3.1 – Valori di accelerazione orizzontale massima al suolo.

Allo stato attuale delle conoscenze e del progresso scientifico, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento edilizio, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione (**FIGURA 3.3**).

Pur tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

Il *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) ha consentito di escludere la presenza di "faglie capaci", ovvero di lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Gli studi scientifici hanno evidenziato l'assenza di faglie capaci nell'area di stretto ambito progettuale ed in corrispondenza del sedime specifico. Gli unici elementi tettonici significativi sono ubicati circa 4,5 km ad est del sito: tratta della faglia 94198 "Sarroch 2 Fault" e della faglia 94202 "Villacidro 1 Fault" facente parte del sistema di Campidano Graben (Barca et al. 2009; Barca et al. 2005; Carmignani et al. 2001; Carmignani et al. 2015; Cherchi et al. 1979; Cherchi et al. 1980; Cocco et al. 1982; Murgia et al. 1993; Pecorini et al. 1969; Regione Sardegna 2016).



**FIGURA 3.3** – La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia scaricata dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

I diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A,  $V_{s30} > 800$  m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate (Latitudine 39°436 e Longitudine 8°833) individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 38889, posto al centro della mappa e coincidente con l'abitato di Vallermosa.

Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

### 3.4. Categoria di sottosuolo

Le NTC 2018 e ss.ii.mm, definiscono le regole per progettare l'opera sia in zona sismica che in zona non sismica. Per la definizione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale: pertanto si deve procedere con la classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio ( $V_s$ ).

Nell'approccio semplificato, la classificazione si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{seq}$ , definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}} \text{ [m/s]}$$

dove:

- h<sub>i</sub>** = spessore dello strato i-esimo (in m)  
**N** = numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h (strato) e dalla velocità delle onde S Vs (strato);  
**V<sub>s,i</sub>** = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m sommitali;  
**H** = profondità del substrato definito come formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

La profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle fondazioni superficiali piuttosto che alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera e al piano di imposta della fondazione per i muri di sostegno. Per depositi con profondità H del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V<sub>Seq</sub> è definita dal parametro V<sub>S30</sub>, ponendo H = 30 m nella precedente espressione.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle V<sub>Seq</sub> con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

- 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 fine 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]** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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]** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 m/s 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.

Dall'indagine sismica in questa sede condotta con metodo MASW è stato ricostruito il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali Vs e distinti n. 4 sismostrati che sono stati associati ad altrettanti litotipi che caratterizzano il sito di intervento (**TABELLA 3.2**).

Esaminato il profilo delle Vs, la profondità del substrato è posta a **5,00 m dal p.c.** (Vs > 800 m/s) da cui scaturisce una velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio pari a V<sub>Seq</sub> = 327,9 m/s che consente di classificare il terreno appartenente alla "Categoria E".

SISMOSTRATO	PROFONDITÀ [m]	SPESSORE [m]	DESCRIZIONE	DENSITÀ [kN/mc]	Vs [m/sec]
1	1,70	1,70	Detriti sciolti	1.800	230
2	5,00	3,30	Argilla	1.900	420
3	25,90	20,90	Arenarie	2.500	1.130
4	30,00	9,90	Arenarie	2.700	1.390

**TABELLA 3.2** – Successione sismo-stratigrafica ricavata dall'interpretazione sismica.

Nell'ipotesi in cui le fondazioni siano realizzate oltre la profondità di -5,00 m dal p.c., il piano di fondazione coinciderebbe con il tetto del bedrock sismico, onde per cui il terreno risulterebbe caratterizzato da valori di velocità delle onde di taglio  $> 800$  m/s e ricadrebbe nella "Categoria A".

Per i sismogrammi si rimanda alla relazione specifica.

### 3.5. Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici dei ogni maglia elementare, i valori di:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno,
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno  $T_r$ , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C..

Per un periodo di ritorno  $T_r = 475$  anni, detti parametri valgono:

- $a_g = 0,500$
- $F_0 = 2,88$
- $T_c^* = 0,34$

Tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica  $I_{max}$  (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità ( **$I_{max/pon}$** ), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione.

Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

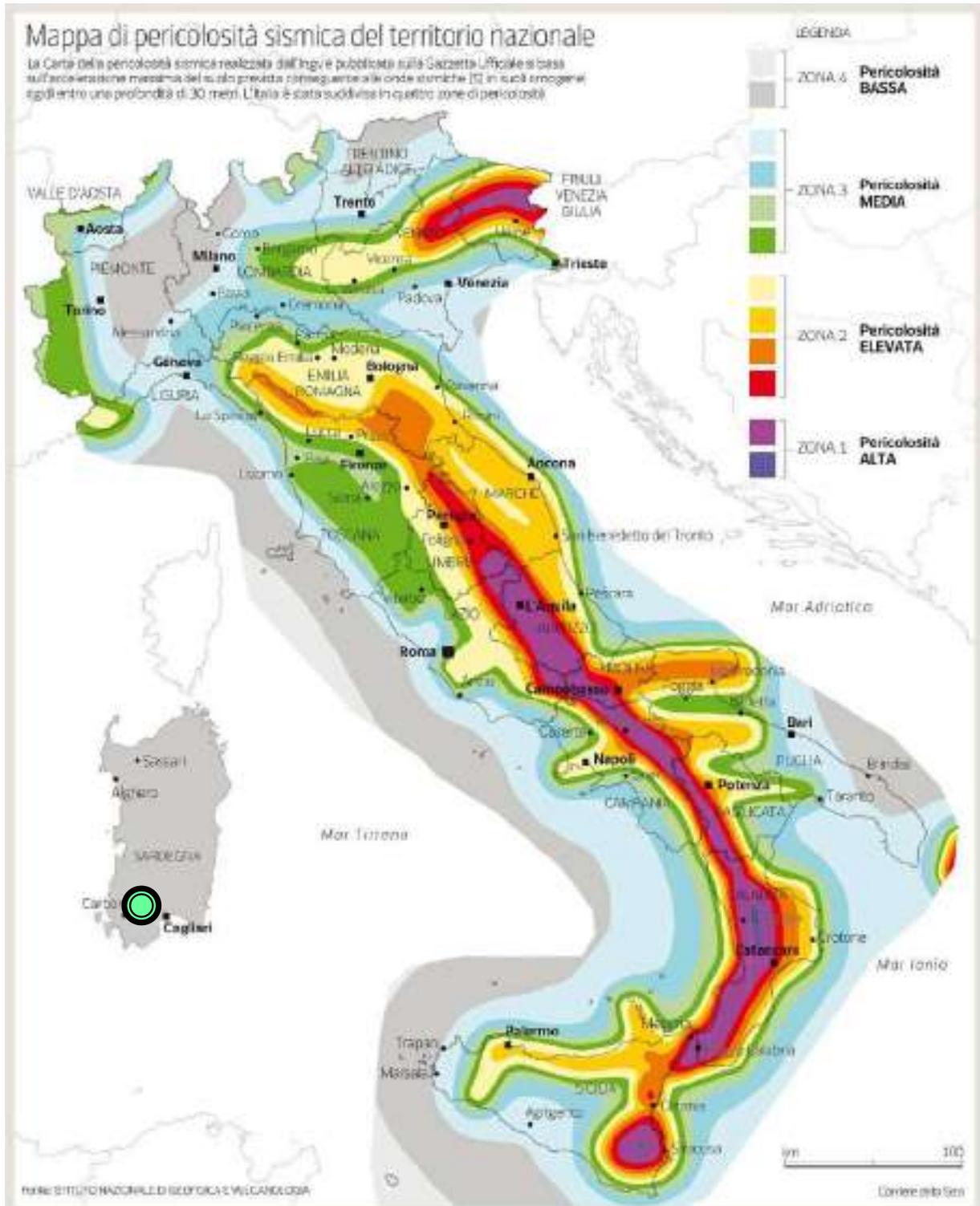


FIGURA 3.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018).

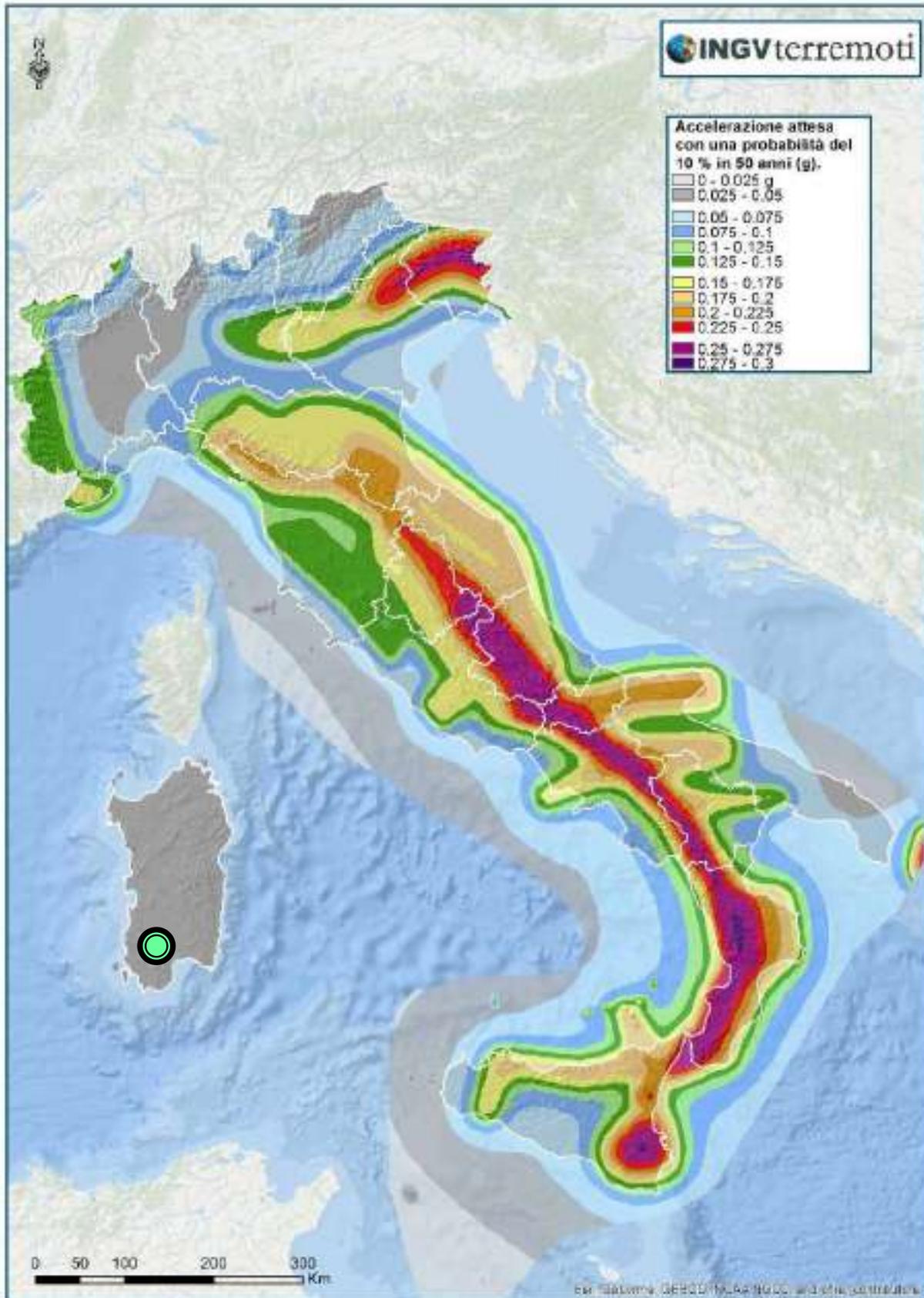


FIGURA 3.5 – Mappa dell’accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018).

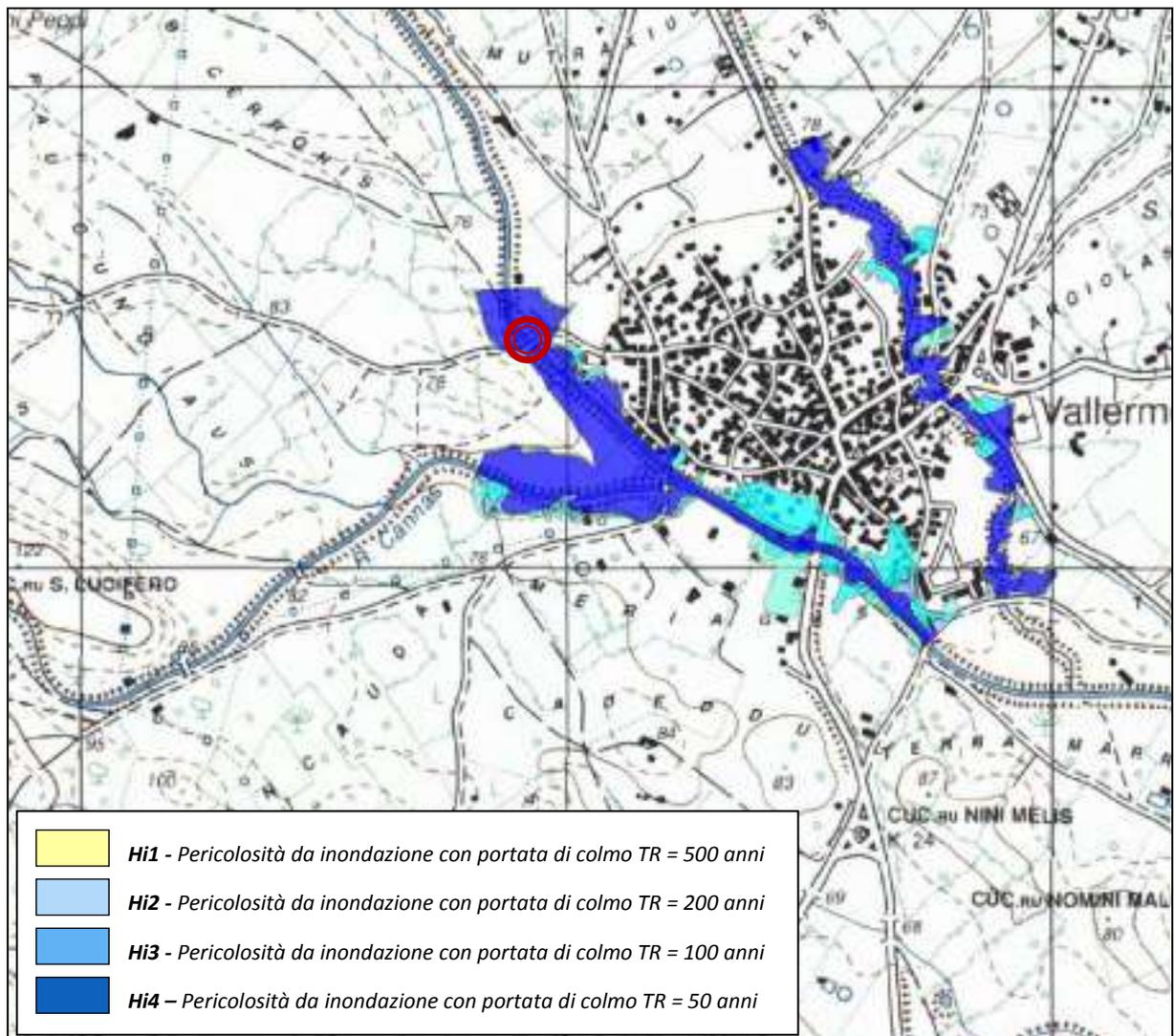
## 4. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

### 4.1. Pericolosità da inondazione

Nell'area in esame la presenza di ostacoli antropici al naturale deflusso degli affluenti in sinistra idrografica del Rio Cixerri, riferibili principalmente alla presenza della S.S. 130, impedisce il regolare deflusso delle acque meteoriche verso il tributario principale, con sussistenza di locali condizioni di pericolosità idraulica in concomitanza con eventi meteorici circitici.

Le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico riferite al *Bacino Idrografico del Flumini Mannu (N. 04)*, *Sub-bacino Flumendosa-Campidano-Cixerri (N. 07)* scaricabili dal sito ufficiale della R.A.S., nella revisione dell'art. 8 comma 2 (**FIGURA 4.1**) indicano una criticità di livello Hi4 nelle aree contermini il Rio Gora Manna che inizia poco a monte del Ponte A, lambisce il settore sud-occidentale dell'abitato di Vallermosa, oltrepassando la confluenza del Rio Cannas fino all'attraversamento con i prolungamento della Via Vittorio Veneto.

Lo stesso sito rientra nelle zone alluvionate dal ciclone "Cleopatra" (**FIGURA 4.2**).



**FIGURA 4.1** – Cartografia di pericolosità idraulica secondo il vigente Piano di Assetto Idrogeologico (art. 8 comma 2).

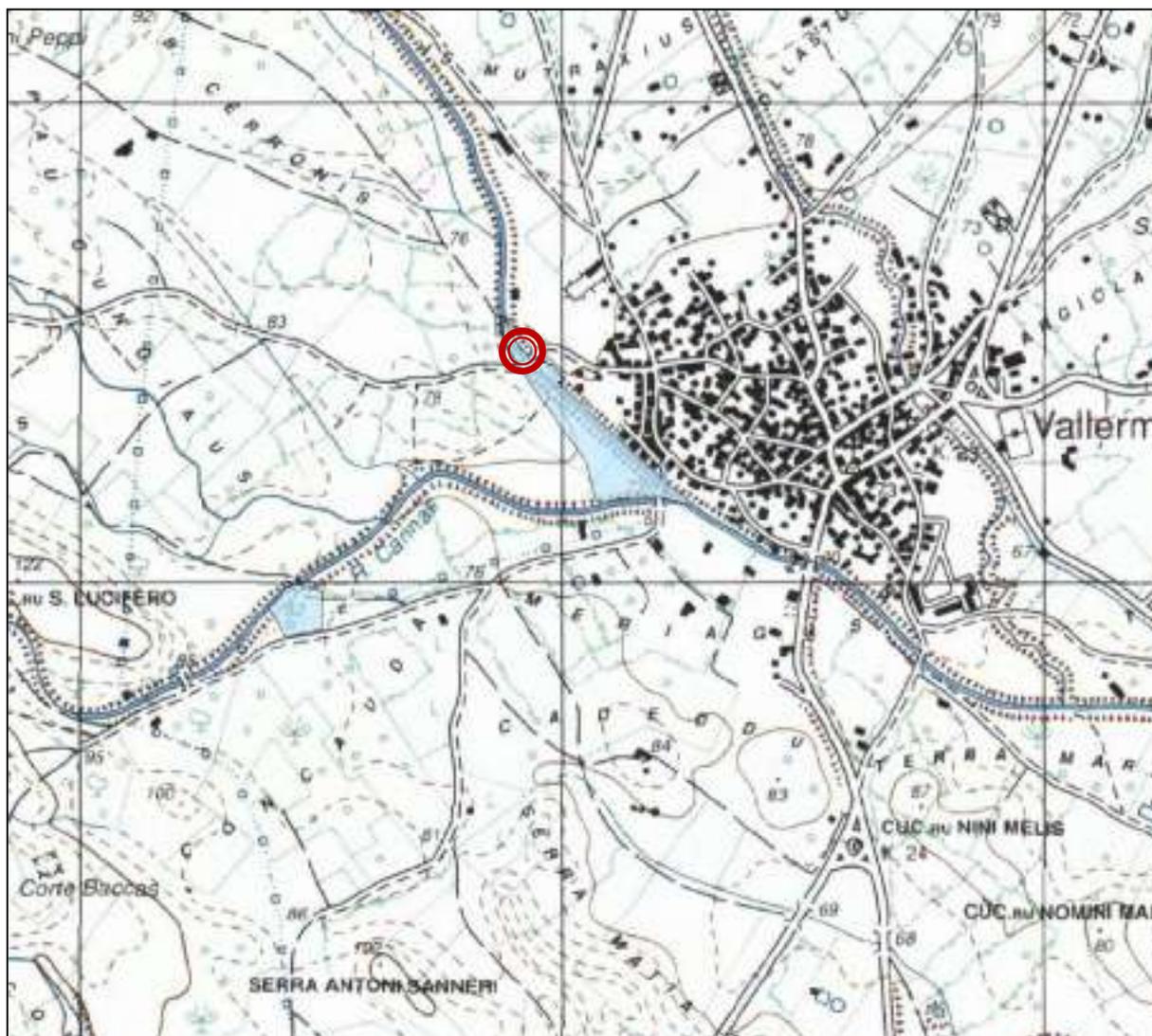


FIGURA 4.2 – Cartografia delle aree alluvionate dal ciclone Cleopatra.

## 4.2. Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, è un fattore assolutamente irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola. Gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza registrati nel territorio regionale, sono localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias, perlopiù provocati dallo sprofondamento dei "vuoti minerari", meglio noti come "sink-holes".

Poiché il substrato lapideo locale non comprende litotipi carbonatici del Cambriano inferiore, sono assenti anche fenomeni di sprofondamento (sinkhole) tipici delle aree carsiche e/o interessate da coltivazioni minerarie in galleria.

Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

### 4.3. Pericolosità da frana

Il settore in studio è esente da problematiche legate a dissesto per franosità in quanto non sottoposto all'influenza diretta delle dinamiche morfogenetiche connesse con la presenza dei rilievi al contorno perché troppo distanti.

Dalla consultazione della relativa cartografia P.A.I., per l'areale in studio ed un suo congruo intorno, non sono indicate condizioni di pericolosità da frana, neanche per lo stesso abitato di Vallermosa, perimetrato **Hg0** (pericolosità da frana "nulla"). Questa constatazione è altresì suffragata dall'esito dei rilievi all'uopo condotti che non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante e post-operam.

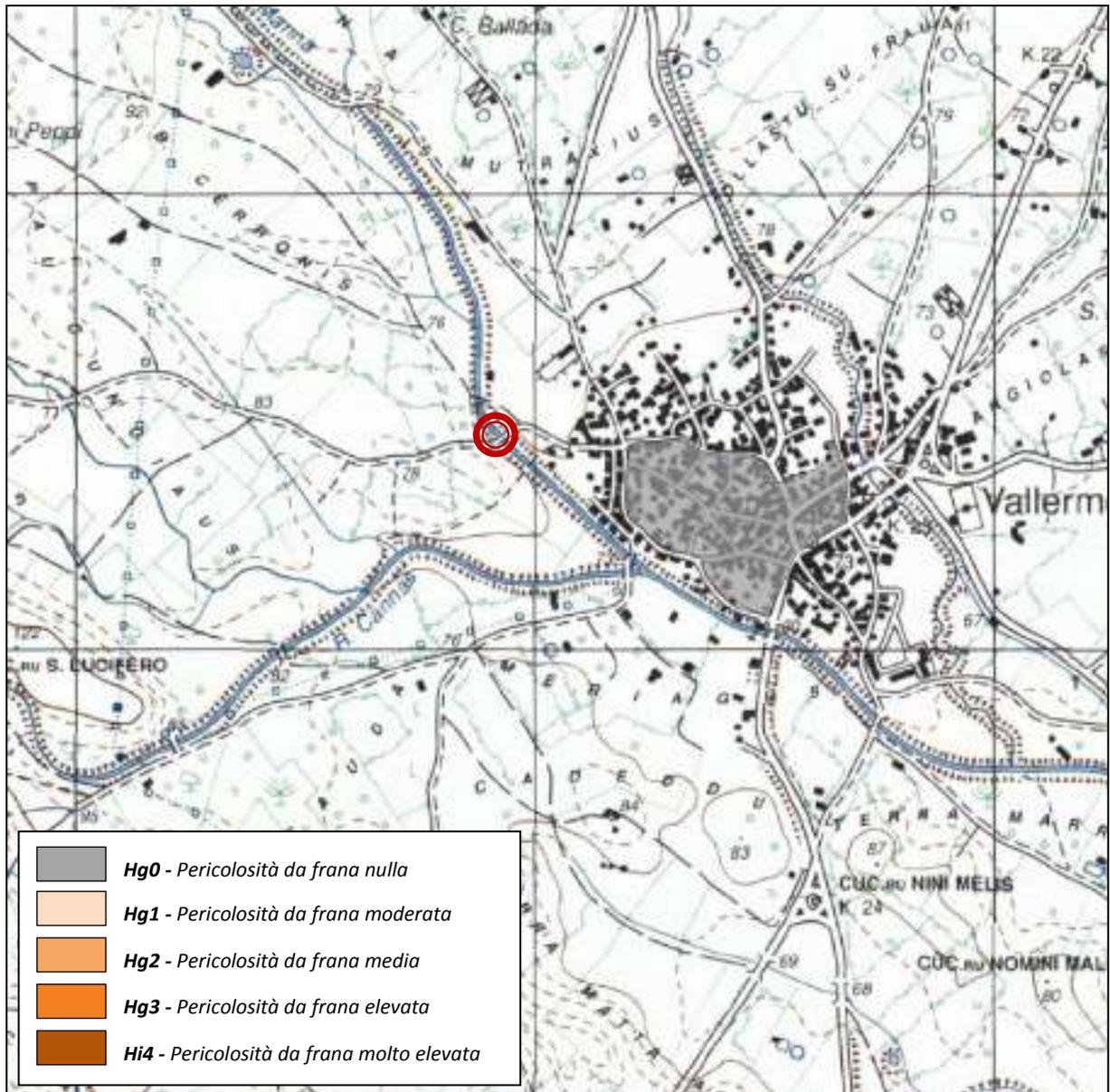


FIGURA 4.3 – Cartografia di pericolosità da frana secondo il vigente Piano di Assetto Idrogeologico (art. 8 comma 2).

## 5.1. Pericolosità idrogeologica

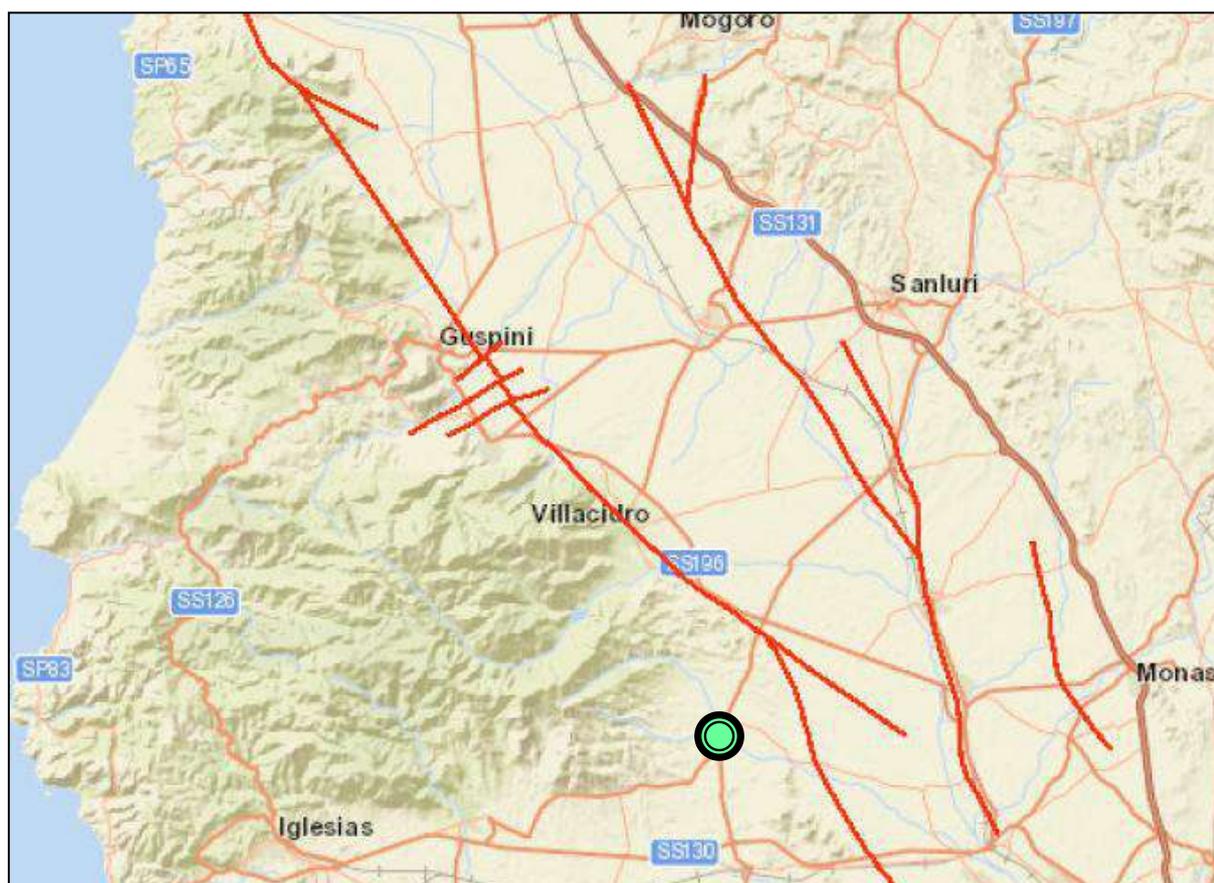
L'assetto idrogeologico del settore è condizionato dalla presenza di una coltre alluvionale entro cui i flussi idrici sotterranei sono connessi con i deflussi in alveo e subalveo del Rio Gora Manna, sostenuti dal basamento siltitico-arenaceo della F.ne del Cixerri che funge da limite impermeabile inferiore.

## 5.2. Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

Sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili, è stato possibile individuare a circa 4,5 km ad est del sito in argomento due faglie "capaci", definite come lineamento tettonico attivo che potenzialmente può creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, si tratta della faglia 94198 "Sarroch 2 Fault" e della faglia 94202 "Villacidro 1 Fault (**FIGURA 5.1**) facente parte del sistema di Campidano Graben (Barca et al. 2009; Barca et al. 2005; Carmignani et al. 2001; Carmignani et al. 2015; Cherchi et al. 1979; Cherchi et al. 1980; Cocco et al. 1982; Murgia et al. 1993; Pecorini et al. 1969; Regione Sardegna 2016).

Quest lineamenti non interferiscono direttamente con l'opera in progetto, ma è comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con sicuro risentimento per le opere al contorno.



**FIGURA 5.1** - Stralcio cartografico dell'area di interesse con individuazione delle opere in progetto (blu), delle viabilità di progetto (blu) e delle faglie capaci (Ithaca 2019).

## 6. CONSIDERAZIONI APPLICATIVE

### 6.1. Scavabilità dei terreni

I terreni costituenti il sedime dell'opera in progetto consentono la scavabilità a sezione obbligata mediante i classici mezzi meccanici, solo per il franco sommitale detritico-alluvionale (strati **LL-A1**, **LL-A2**, **LL-B**) ed il sottostante strato argillo-limoso (strato **LL-C**) in quanto assimilabili a «*terre compatte miste a pietre e trovanti di roccia di dimensioni fino a 0,50 m<sup>3</sup>*».

Le facies lapidee e/o semilapidee rappresentate da arenarie e siltiti eoceniche (strato **LL-D**) richiederanno l'impiego di martello demolitore.

### 6.2. Stabilità delle pareti di scavo

Poiché gli scavi di fondazione interferiranno perlopiù con i terreni della coltre di riporto (Strato **LL-A2**) e delle sottostanti alluvioni incoerenti (Strato **LL-B**), per la scarsa o nulla "competenza", non potrà essere garantita la stabilità se non a breve termine e per altezze  $h \leq 0,50 \text{ m}$  e comunque in assenza di circolazioni idriche.

Per tale motivo sarà opportuno prevedere svassi con angolo  $50 \div 60^\circ$  e gradonature dello scavo.

Qualora ciò non fosse possibile a causa di condizionamenti logistici, sono da prevedersi obbligatoriamente misure provvisorie atte a garantire la stabilità delle pareti, quali (blindaggi, puntellature, palancole, etc.) e quindi l'incolumità delle maestranze operanti entro gli scavi.

### 6.3. Gestione dei materiali di scavo

Poiché i lavori in argomento prevedono, tra le altre attività, l'esecuzione di scavi a sezione obbligata per l'alloggiamento delle fondazioni, si produrrà una certa quantità di terre e rocce da scavo. Al fine di minimizzare i conferimenti in discarica salvo ricorrere a tale destinazione «*[...] solo in assenza di alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili coerentemente con la normativa vigente*»<sup>(4)</sup> si suggerisce una loro gestione come "sottoprodotti" ai sensi del D.P.R. 120/2017, purché soddisfino i requisiti di qualità ambientale del D.Lgs. 152/2006 ed idonee in termini di requisiti prestazionali per lo specifico uso.

Le caratteristiche composizionali dei materiali prodotti dagli scavi negli strati **LL-A1**, **LL-A2**, **LL-B** e **LL-C**, per la significativa frazione fine limo-argillosa presente, escludono un loro impiego ai fini stradali, per rilevati o per aggiustamenti planoaltimetrici. Tutt'al più potranno essere utilizzati per le sistemazioni esterne purché non interessate da opere strutturali oppure per le aree a verde.

Potrà valutarsi eventualmente un impiego in del misto alluvionale proveniente dallo scavo in **LL-A2** e **LL-B** per i riempimenti contro terra della fondazione. Lo stesso vale per gli sfridi provenienti dalla demolizione delle rocce dello Strato **LL-CD**.

Per i quantitativi in esubero – nel rispetto dell'etica di salvaguardia ambientale indirizzata a limitare il consumo del territorio e dell'ottimizzazione dell'impiego delle economie pubbliche – si potrà prevedere un impiego come sottoprodotti ("ex situ") per ripristini ambientali e planoaltimetrici in altro progetto comunale, piuttosto che in siti esterni, pubblici o privati, purché titolati.

<sup>(4)</sup> Deliberazione R.A.S. N. 50/17 del 20.09.2016, pag. 7/8 punto 11 comma 2.

Fatte salve le caratteristiche prestazionali e merceologiche delle terre risultanti dagli sbancamenti, si potrà prevedere anche un conferimento a ciclo produttivo ai sensi del D.P.R. 120/2017).

L'estrema ratio, in mancanza di alternative anche alla luce della natura dei materiali di scavo<sup>(5)</sup> e degli esiti degli accertamenti chimici di laboratorio, sarà quella di una gestione come "rifiuti" con conferimento a discarica per specifico codice CER e pericolosità del rifiuto.

---

<sup>(5)</sup> I prodotti delle demolizioni saranno sempre gestiti come "rifiuti" così come le terre rimaneggiate con un contenuto di antropico > 20%.

## 7. CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto litostratigrafico dell'area che ospiterà il ponte in progetto vede la presenza, sotto una coltre di terre rimaneggiate e suoli, di depositi alluvionali ghiaiosi più o meno sabbioso-limoso-argillosi, che sormontano il basamento antico siltoso-arenaceo inizialmente alterato ed argillificato. Il modesto grado di addensamento delle alluvioni detritiche (**Strato LL-B**) e la scarsa competenza che esporrebbe le fondazioni ivi impostate a pericolosi scalzamenti, suggerisce fin d'ora il loro superamento fino a raggiungere lo strato argilloso-limoso compatto [**Strato LL-C**] o meglio ancora successione antica siltoso-arenacea della Formazione del Cixerri, preferibilmente in facies lapidea / semilapidea [**Strato LT-D**], rinvenuta a partire da profondità variabili tra 3,50÷4,10 rispetto al piano stradale attuale.

Per le profondità stimate della falda stabilizzata (oltre i 10 m dal p.c. attuale), si possono escludere interazioni permanenti tra le opere in progetto e le acque sotterranee.

L'esecuzione degli scavi di fondazione profondità anche il contenimento laterale dei fronti, a meno di svassi dei medesimi con angolo prossimo ai 50÷60°.

Il settore di intervento è esente da problematiche legate a dissesto per franosità in quanto non sottoposto all'influenza diretta delle dinamiche morfogenetiche connesse con la presenza dei rilievi al contorno perché troppo distanti. Di contro, rientra nella perimetrazione PAI ad elevata pericolosità da inondazione (Hi4) che si estende nelle aree contermini il Rio Gora Manna, nel tratto che lambisce il settore sud-occidentale dell'abitato.

Dall'indagine sismica condotta con metodo MASW è stato ricostruito il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  che ha consentito di individuare il bedrock ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di **5,00 m dal p.c.**: da questa constatazione è scaturita una velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio dei terreni pari a  $V_{s_{eq}} = 327,9$  m/s che li classifica come appartenenti alla **Categoria 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».

Tuttavia, dal momento le fondazioni dovranno essere necessariamente individuate oltre 2,00 m di profondità, tra il suddetto piano ed il bedrock sismico rimarrebbe un franco inferiore a 3,00 m: per tale motivo ed ai fini che interessano, la categoria di sottosuolo da adottarsi risulterebbe quella **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».

Resta in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da utilizzare in funzione delle scelte progettuali. **MFL**

DATA: 20 ottobre 2021

IL GEOLOGO:

Dott.ssa Maria Francesca Lobina

