



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



COMUNE DI SETTIMO S. PIETRO



COMUNE DI SINNAI



COMUNE DI MARACALAGONIS

# Comuni di Settimo San Pietro, Sinnai, Maracalagonis Provincia di Cagliari

## COLLEGAMENTO CICLABILE TRA I COMUNI DI SETTIMO SAN PIETRO, SINNAI E MARACALAGONIS

Programma integrato di interventi per lo sviluppo urbano e la mobilità  
ciclabile nell'ambito dell'Area Metropolitana di Cagliari e Sassari.  
Riprogramazione PO-FESR 2007/2013- Linea di attività 5.1.1.b.

Progetto Definitivo/Esecutivo

OGGETTO

**Relazione Geologica ed indagine geotecnica**

DATA

**APRILE 2015**

ALLEGATO

**5**

REVISIONE

**01**

PROGETTISTA

**Dott. Ing. Valentina Cappai**



GEOLOGO



COLLABORATORE

**Dott. Ing. Franco Corona**



NOME FILE: All.5\_Relazione Geologica \_rev01.pdf

RESP. PROCEDIMENTO

**P.E. Mauro Etzi**



# COLLEGAMENTO CICLABILE TRA I COMUNI DI MARACALAGONIS SINNAI E SETTIMO SAN PIETRO

## PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO

### *Relazione geologica ed indagine geotecnica*

#### Indice

1	Premessa.....	3
2	Inquadramento geografico.....	4
3	Metodologia di indagine.....	6
4	Caratteristiche generali dell'intervento.....	7
5	Tratto Sinnai – Maracalagonis.....	8
5.1	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	8
5.2	Assetto idrogeologico.....	11
5.3	Rapporti con il Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico.....	11
5.4	Rapporti con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.....	11
5.5	Sismicità dell'area.....	13
5.6	Analisi e considerazioni geotecniche.....	14
6	Tratto Sinnai – Settimo San Pietro.....	15
6.1	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	15
6.2	Assetto idrogeologico.....	18
6.3	Rapporti con il Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico.....	18
6.4	Rapporti con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.....	18
6.5	Sismicità dell'area.....	19
6.6	Analisi e considerazioni geotecniche.....	19
7	Conclusioni.....	20
7.1	Tratto Sinnai - Maracalagonis.....	21
7.2	Tratto Sinnai – Settimo San Pietro.....	22

## 1 Premessa

Nell'ambito del progetto definitivo - esecutivo "Collegamento ciclabile tra i Comuni di Maracalagonis, Sinnai e Settimo San Pietro", inerente la pavimentazione di tratti di viabilità sterrata esistenti nel territorio comunale di Sinnai e di Settimo San Pietro, in ottemperanza a quanto richiesto dal D.M. 14 Gennaio 2008 "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI", viene redatta la presente relazione geologica e di indagine geotecnica con la quale si sintetizza lo studio geologico-tecnico realizzato per definire il contesto stratigrafico ed acquisire dati sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni che caratterizzano l'attuale tracciato della viabilità in oggetto, con lo scopo di ricostruire il modello geologico dei luoghi a contorno dei tratti stradali, per la definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità geologica e geomorfologica del territorio in generale e quindi valutare le caratteristiche dei terreni quali sottofondo stradale.

L'analisi si estende ad un'area a contorno dei tracciati stradali esistenti che di seguito verranno trattati distintamente e denominati "Tratto Sinnai – Maracalagonis" e "Tratto Sinnai – Settimo San Pietro".

È stato eseguito uno studio geologico e geomorfologico finalizzato alla definizione del modello geologico dei percorsi stradali e dei territori circostanti, prendendo in esame quanto di conosciuto dalla bibliografia tecnica di settore e conseguentemente, per una caratterizzazione tecnica dei terreni, quanto acquisito a livello sperimentale, indagini geognostiche e geotecniche eseguite in aree limitrofe e in contesti geologici analoghi, per definire le caratteristiche stratigrafico – tecniche dei terreni di sottofondo.

Il lavoro analizza lo stato di fatto del territorio in studio relativamente ai caratteri geologici, stratigrafici, idrogeologici e geomorfologici, con specifico riferimento alla individuazione delle peculiarità geomorfologiche, idrogeologiche e stratigrafiche del tracciato stradale, con riferimento ai processi morfodinamici e al deflusso delle acque superficiali.

Data la natura geologica dei litotipi rilevati, in base alle risultanze delle indagini condotte in situ ed in base alle personali conoscenze sulle caratteristiche meccaniche dei terreni incontrati, così come verificate in altri contesti geologico stratigrafici analoghi, in questa fase di caratterizzazione geologica e geotecnica, non si è ritenuto necessario effettuare analisi di laboratorio o altre prove per la valutazione del modello geomeccanico ipotizzato nel presente studio.

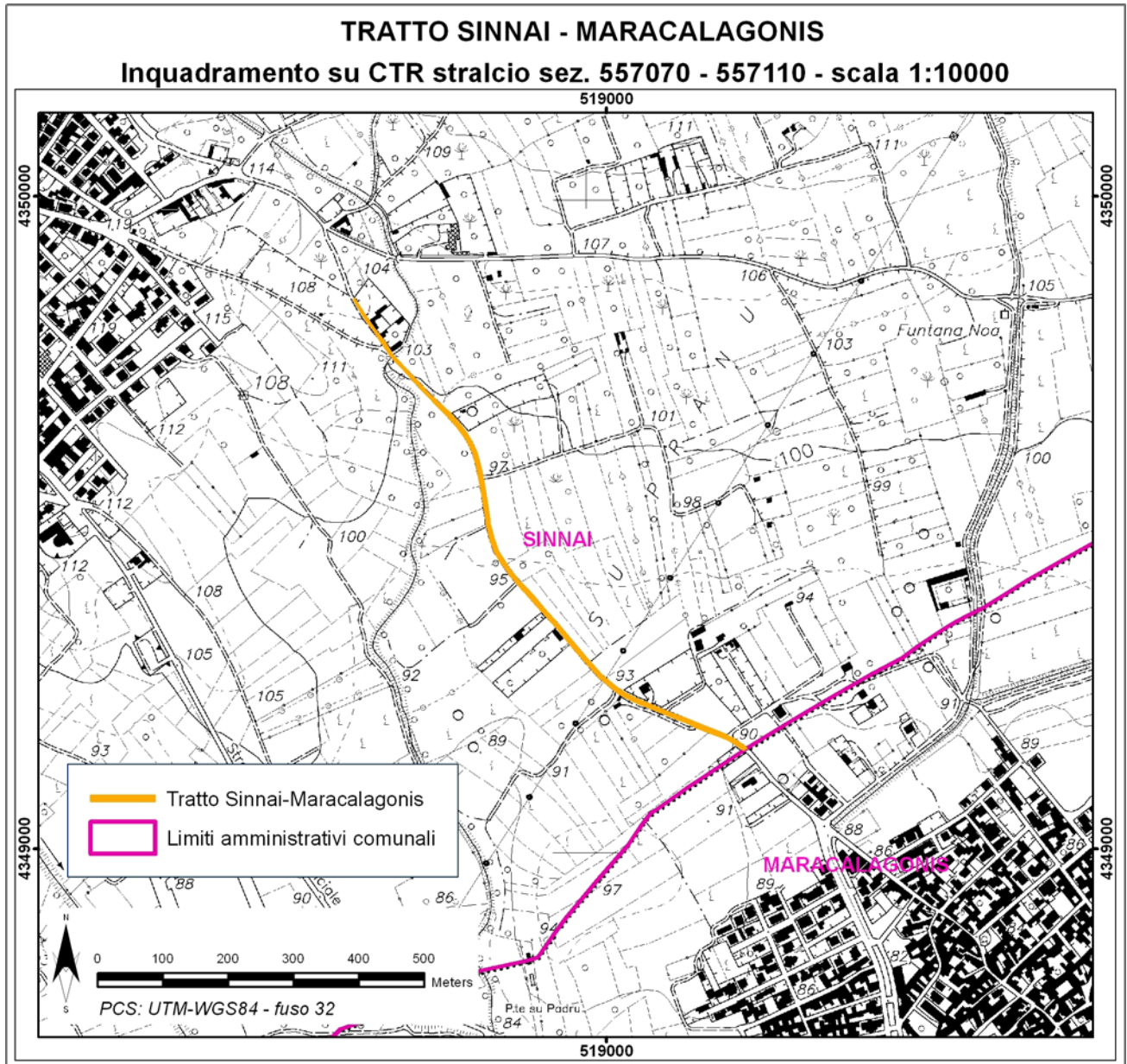
## 2 Inquadramento geografico

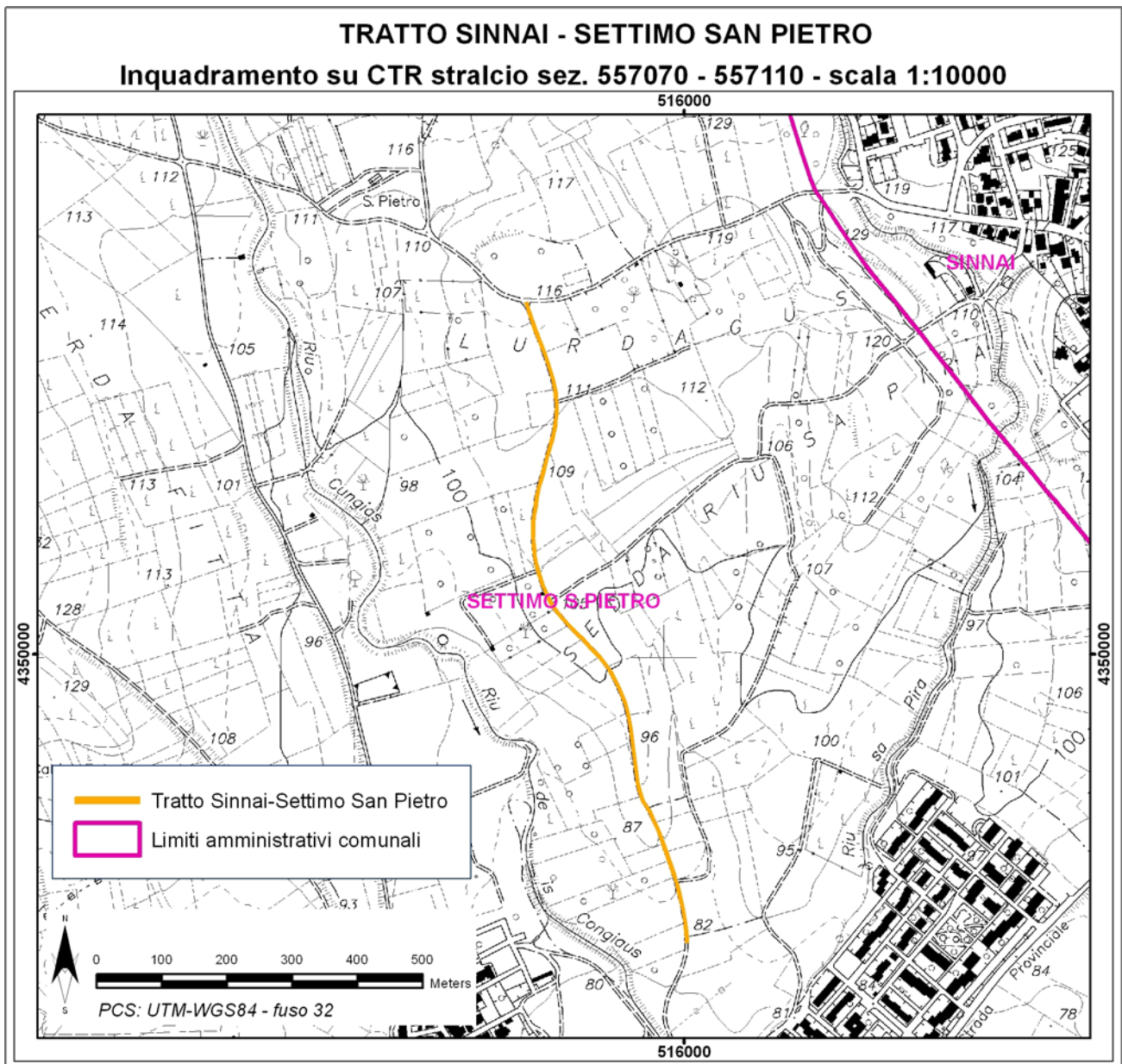
Come citato in premessa sono due i tratti di strada oggetto della progettazione, nel presente studio vengono distinti e denominati come segue:

- "Tratto Sinnai – Maracalagonis"
- "Tratto Sinnai – Settimo San Pietro"

Il "Tratto Sinnai – Maracalagonis" è inquadrato nella sezione 557/II della Carta Topografica d'Italia (I.G.M. 1994) in scala 1:25000 e nella sez. 557.110 Selargius della C.T.R. numerica in scala 1:10000, si estende per una lunghezza pari a 950 m, presentando un dislivello pari a 17 m per una pendenza pari a circa 2% e inclinazione verso Sud, il tratto stradale è interamente compreso nel territorio comunale di Sinnai, interrompendosi proprio al confine comunale con Maracalagonis.

Il "Tratto Sinnai – Settimo San Pietro" è inquadrato tra la sezione 557/I e la sezione 557/II della Carta Topografica d'Italia (I.G.M. 1994) in scala 1:25000 e tra la sez. 557.070 Sinnai e la sez. 557.110 Selargius della C.T.R. numerica in scala 1:10000, si estende per una lunghezza pari a 1050 m, presentando un dislivello pari a 34 m per una pendenza pari a circa 3% e inclinazione verso Sud, il tratto stradale è interamente compreso nel territorio comunale di Settimo San Pietro.





### 3 Metodologia di indagine

L'ampiezza dell'indagine è stata ponderata sulla base delle conoscenze geologiche e stratigrafiche delle aree limitrofe ai tratti stradali, in relazione a quanto potuto apprendere dalla ricerca bibliografica ed in relazione alla tipologia e dimensioni delle opere da realizzare.

Per l'acquisizione delle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni interessati dai percorsi stradali, si è proceduto allo studio geologico delle aree circostanti al fine di valutare l'andamento stratigrafico delle formazioni riconosciute dalla cartografia geologica di base e successivamente all'esame dei caratteri geomeccanici delle terre e delle rocce presenti nei siti di progetto.

Le indagini per la caratterizzazione dell'area vasta dal punto di vista geologico sono state effettuate attraverso la ricerca bibliografica e cartografica ufficiale (Carta geologica della Sardegna scala 1:250000, Foglio 234 Cagliari della Carta Geologica d'Italia scala 1:100000 e Foglio 557 Cagliari della Carta Geologica d'Italia scala 1:50000), Cartografia di PUC, analisi foto-geologiche e sopralluoghi in campo; si è fatto inoltre riferimento alla cartografia del PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico) e del PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali) per l'inquadramento del sito in funzione delle pericolosità geomorfologiche e idrauliche.

#### **4 Caratteristiche generali dell'intervento**

Il progetto generale prevede la realizzazione di una percorso ciclo-pedonale-veicolare, tra i centri urbani di Maracalagonis, Sinnai e Settimo San Pietro, che si articola tra due tratti extraurbani principali di collegamento: il primo tra il centro abitato di Maracalagonis e il centro abitato di Sinnai, il secondo tra il centro abitato di Sinnai e il centro abitato di Settimo San Pietro e numerosi sottotratti interni ai centri abitati.

Come detto in premessa il presente lavoro fa riferimento ai tratti extraurbani per i quali è prevista la pavimentazione in macadam ordinario eseguito con materiali da riciclo, che interesserà la sede delle esistenti strade sterrate comunali di collegamento e le attuali fasce destinate a banchina stradale.

Per il Tratto Sinnai – Settimo San Pietro il progetto prevede lo scavo a sezione ristretta per la profilatura delle cunette; lo scavo di sbancamento per la realizzazione di cassonetto per la posa della fondazione stradale, il conseguente compattamento del piano di posa della fondazione stradale, la posa dello strato di fondazione eseguito con tout-venant di riciclo per una altezza della fondazione pari a 20 cm ed il compattamento e la finitura del manto in macadam ordinario eseguito con materiali da riciclo dello spessore di 10 cm; la realizzazione dei cavalcaviasa in corrispondenza degli incroci con altre strade; la posa di segnaletica stradale verticale.

Per il Tratto Sinnai – Maracalagonis il progetto prevede lo scavo a sezione ristretta per la profilatura delle cunette; lo scavo di sbancamento per la realizzazione di cassonetto per la posa della fondazione stradale, il conseguente compattamento del piano di posa della fondazione stradale, la posa dello strato di fondazione eseguito con tout-venant di riciclo per una altezza della fondazione pari a 20 cm ed il compattamento e la finitura del manto in macadam ordinario eseguito con materiali da riciclo dello spessore di 10 cm; la



realizzazione dei cavalcavalli in corrispondenza degli incroci con altre strade; la posa di segnaletica stradale verticale.

## **5 Tratto Sinnai – Maracalagonis**

### **5.1 Inquadramento geologico e geomorfologico**

L'area indagata nei dintorni del tratto Sinnai – Maracalagonis si inquadra in un settore di piana alluvionale e si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali del Quaternario e limitati affioramenti del basamento miocenico.

Il basamento miocenico è rappresentato dalle litologie della Formazione delle Marne di Gesturi che nell'area investigata sono rappresentate da alternanze di marne arenacee e siltitiche ben cementate e consistenti con lenti e strati centimetrici e decimetrici di arenarie compatte e lapidee o di calcari marnosi di vario spessore. Le rocce si presentano ben stratificate, la giacitura degli strati è immergente verso sud con inclinazione di circa 6° - 7°. Il colore in affioramento varia dal giallo pallido al grigio chiaro delle marne arenacee, all'ocra - arancio delle arenarie e dei calcari marnosi. La roccia sana umida si presenta spesso di colore grigio chiaro, ma esposta agli agenti atmosferici, perdendo umidità assume la tipica colorazione giallastra. Nell'area indagata le marne si presentano particolarmente addensate e caratterizzate da una certa foliazione o scagliosità determinata dal disseccamento delle litologie e da rilasci tensionali.

Le litologie del Miocene, variamente differenziate, costituiscono il substrato su cui poggiano le alluvioni e le coperture detritiche colluviali del Quaternario. Il contatto stratigrafico tra le litologie marnose mioceniche e le alluvioni oloceniche è ben osservabile, in discordanza su superficie di erosione, lungo il canale del rio Tanieli a Nord del tratto stradale in progetto.

I depositi quaternari che caratterizzano la piana degradante verso Sud, si contraddistinguono tra alluvioni terrazzate e alluvioni degli alvei attuali, in ambedue i casi si tratta di sedimenti grossolani, ghiaiosi e ciottolosi, con rare lenti e orizzonti sabbiosi, depositi in condizioni climatiche differenti da quelle attuali e da fiumi e rii impostati su valli di origine pleistocenica.

La risalita eustatica post pleistocenica e le oscillazioni climatiche oloceniche hanno determinato la colmata

delle paleovalli con generazione di aree alluvionali molto più estese di quelle attuali e nelle quali, a seguito di eventi idrometeorici importanti, venivano interessati e riattivati settori molto ampi delle pianure. La morfologia a terrazzi è la diretta conseguenza di questa evoluzione geomorfologica, caratterizzata da alternanze di incisioni e colmate, durante le quali le dinamiche fluviali hanno dato vita a numerose variazioni del reticolo idrografico, di cui ancora si riconoscono le morfologie in forma di tracce di alvei abbandonati, fino a giungere al regime geomorfologico compatibile con il livello eustatico attuale e con la conformazione odierna del reticolo idrografico.

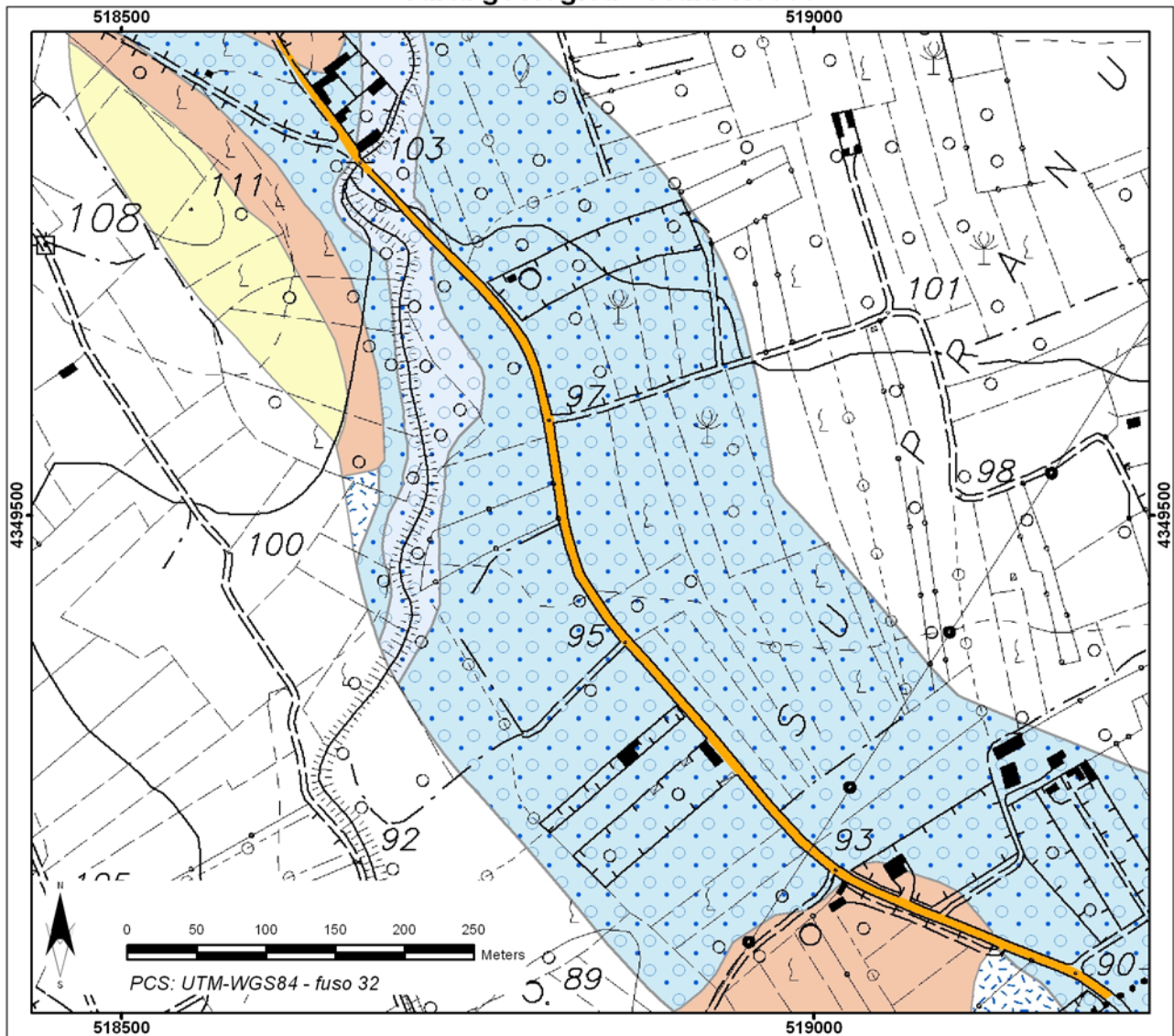
Lo spessore di questi depositi alluvionali terrazzati è variabile tra qualche metro e i 20 - 25 metri come verificato in sondaggi per la ricerca idrica eseguiti nelle vicinanze del sito di progetto ed in genere si ritrovano al tetto della Formazione delle Marne di Gesturi in discordanza stratigrafica.

Le alluvioni degli alvei attuali si localizzano nei settori prossimi ai corsi d'acqua attuali e ne caratterizzano le aree interessate dalle dinamiche alluvionali che si manifestano durante i principali eventi idrometeorici attuali. Nell'area esaminata si riconoscono lungo l'alveo del rio Tanieli esposte sulle sponde o in alcune pareti di scavo lungo la viabilità. Questi depositi alluvionali sono rappresentati da ghiaie con subordinate sabbie sciolte o poco addensate.

I processi geomorfologici attuali che interessano le aree esaminate sono principalmente legati ai deflussi delle acque incanalate lungo il reticolo idrografico, nella fattispecie lungo il rio Tanieli e in minima parte a deflussi a carattere diffuso. Il rio Tanieli è attraversato dal tratto stradale in progetto per mezzo di un ponticello ad un centinaio di metri a valle del punto di inizio della strada, il corso d'acqua, non arginato, si presenta inciso e approfondito rispetto al livello di campagna con sponde alte circa 2 metri. Le condizioni idrauliche del rio Tanieli a monte e a valle del ponte non hanno in genere causato esondazioni o rotture delle sponde, la dinamica dei deflussi concerne in processi ordinari di erosione di fondo e di sponda ma di modesta entità.







## TRATTO SINNAI - MARACALAGONIS

Carta geologica - scala 1:5000



Tratto Sinnai-Maracalagonis

### Geolitologia

-  b2--Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
-  ba--Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE
-  bb--Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
-  bna--Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
-  PVM2a--Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
-  GST--MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO

## **5.2 Assetto idrogeologico**

Nell'area indagata, che si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali poggianti sulle litologie marnose del miocene, non si evidenzia la presenza di una falda superficiale sebbene i depositi alluvionali abbiano le peculiari caratteristiche di porosità e permeabilità determinanti per poter costituire un acquifero.

Nel settore a valle dell'abitato sinnaese l'acquifero freatico produttivo e maggiormente sfruttato si individua nel complesso delle litologie arenacee che costituiscono la base della Successione sedimentaria marina del Miocene.

Le sabbie e le arenarie stratificate e spazialmente estese, costituiscono il litotipo ideale per ospitare un acquifero, sono infatti caratterizzate da permeabilità primaria per porosità e fessurazione medio-alta.

## **5.3 Rapporti con il Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico**

Da quanto potuto osservare nella cartografia allegata al P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico), revisione luglio 2004, approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10.07.2006, pubblicato nel B.U.R.A.S. n. 25 del 29.07.2006, la zona in cui è previsto l'intervento è inquadrata all'interno del Sub Bacino 7 – Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Nella cartografia che individua le aree assoggettate a pericolosità idraulica il sito di intervento non si inquadra in alcuna tavola pertanto non risulta in aree a pericolosità idraulica, lo stesso vale per quanto concerne la cartografia che individua le aree assoggettate a pericolosità geomorfologica, infatti il sito di progetto non si inquadra in alcuna tavola e conseguentemente non risulta in aree a pericolosità geomorfologica.

## **5.4 Rapporti con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali**

Da quanto potuto osservare nella cartografia allegata al P.S.F.F. (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, la zona in cui è previsto l'intervento è inquadrata all'interno del Sub Bacino 7 – Flumendosa-Campidano-Cixerri.

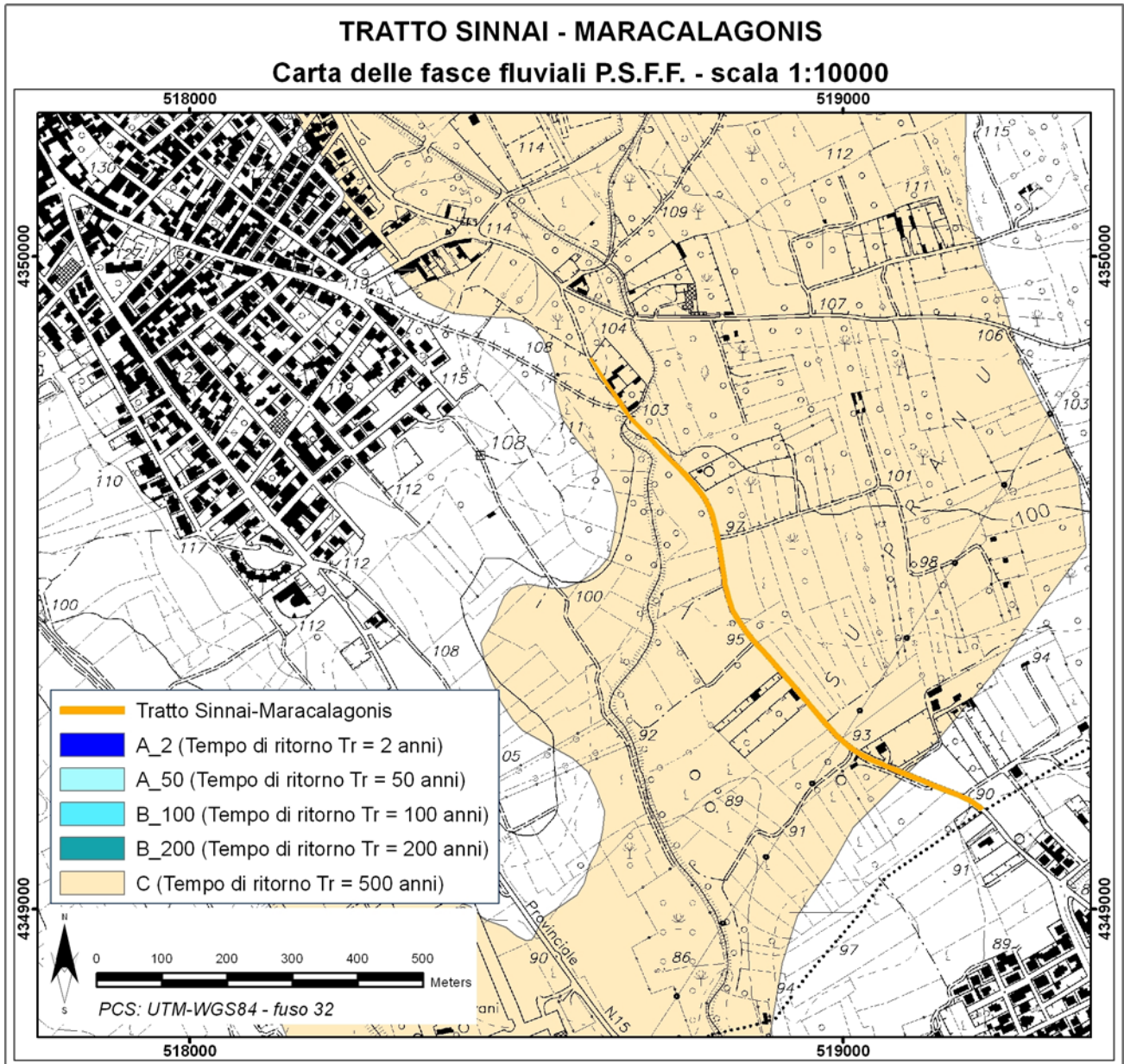
Nella cartografia che individua le fasce fluviali il tratto stradale oggetto dell'intervento si inquadra nella

tavola RF\_004, il rio preso in esame viene individuato nelle "Aste secondarie" e denominato Riu Foxi.

Nella Delibera n.1 del 20.06.2013 vengono definiti i parametri di disciplina delle aree mappate nel P.S.F.F., in quanto per esse vengono stabilite delle misure di salvaguardia come previste nelle Norme di Attuazione del P.A.I..

La Delibera all'art. 3 punto 3 prevede che le aree perimetrale all'interno della Fascia C, delimitata con il criterio geomorfologico, definendo che: "...su tali aree si applicano, quali Norme di Salvaguardia, i vincoli di cui agli artt. 4, 8 cc. 8, 9, 10, 11 ed artt. 23, 24, 30 delle N.A. del P.A.I., assegnando alle medesime la classe di pericolosità (Hi1)."; inoltre all'art. 3 punto 4 di prevede che: "per i fiumi, torrenti e corsi d'acqua o tratti degli stessi, non indagati dal P.A.I. (approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10.07.2006, pubblicato nel B.U.R.A.S. n. 25 del 29.07.2006), sono adottate le aree a pericolosità idraulica perimetrate dallo studio P.S.F.F. e le corrispondenti misure di salvaguardia previste dalle vigenti N.A. del P.A.I. agli artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11), nn. 23, 24, 27, 28, 29 e n. 30.

Emerge pertanto che il tratto stradale in progetto ricadendo per quasi la totale estensione all'interno della Fascia C – Fascia geomorfologica di deflusso della piena con tempi di ritorno  $Tr = 500$  anni, come si può osservare nella tavola successiva, ricada in un area assoggettata a pericolosità idraulica di categoria Hi1 e pertanto sia disciplinata ai sensi dell'art. 30 – Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata, che prevede al comma 1: "Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi."



### 5.5 Sismicità dell'area

Da quanto osservato sulla zonizzazione sismica d'Italia emerge che l'areale in oggetto di progettazione, come d'altronde tutto il territorio regionale sardo, ricade in Zona 4, quindi, come anche accennato in premessa, a bassissimo grado di sismicità.

In riferimento a quanto previsto nelle NTC al Cap. 3, Paragrafo 3.2 Azione sismica, punto 3.2.2 al fine di poter valutare in maniera semplificata, viste le caratteristiche sismiche della Regione Sardegna, considerato che i depositi alluvionali si presentano in genere a grana grossolana e hanno potenza inferiore ai 20 m, in base alla tabella 3.2 II delle NTC, si ritiene di poter identificare la categoria di sottosuolo e nell'ipotesi maggiormente

cautelativa, affermare che si sia in presenza di un sottosuolo tipo E.

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, secondo quanto descritto all'allegato A delle NTC, per la valutazione delle accelerazioni  $a_g$  e delle relative forme spettrali, da cui si ricavano le azioni sismiche di progetto, sempre nell'ottica delle semplificazioni applicabili al territorio regionale sardo, si fa riferimento a quanto riportato nella tabella 2 delle NTC.

### **5.6 Analisi e considerazioni geotecniche**

Al fine di caratterizzare i terreni da un punto di vista fisico tecnico e al fine di ricostruire una stratigrafia litotecnica si fa riferimento ad esperienze e conoscenze dirette dei terreni che caratterizzano il tracciato stradale esistente, constatate in analoghi contesti geologici e geomorfologici nelle vicinanze del sito di intervento.

In base a quanto emerso dall'indagine geologica, si ritiene che i terreni naturali di sottofondazione che caratterizzano il tracciato stradale esistente siano costituiti dai depositi alluvionali olocenici a prevalente granulometria grossolana e, nel settore prossimo all'abitato di Maracalagonis, dalle marne mioceniche.

Queste terre alluvionali, in base alle caratteristiche granulometriche presentano buone capacità portanti quali terreni di sottofondo, possono di fatto considerarsi poco comprimibili, a medio alta permeabilità e scarsamente soggette a fenomeni di ritiro e rigonfiamento.

Le litologie marnose del miocene presentano comportamento pseudocoerente, pertanto le loro caratteristiche geomeccaniche sono fortemente influenzate dalla presenza dell'acqua, si tratta infatti di argille inorganiche, carbonatiche, sovraconsolidate che presentano plasticità da media a alta.

Deve altresì tenersi in considerazione che le alluvioni o le marne mioceniche che costituiscono il sottofondo naturale stradale, dato il fatto che la strada esiste da oltre un secolo, hanno attraversato una storia tensionale che ne ha caratterizzato un graduale e progressivo addensamento e compattamento, ovviamente collegato alle sistemazioni stradali e al transito veicolare, determinando un sostanziale miglioramento delle caratteristiche meccaniche ed in particolare della resistenza alla compressione.

In sede di analisi progettuale emerge chiaramente che le opere di progetto, adeguatamente dimensionate, per la loro modesta entità, contribuiscono di per se stesse in modo minimale alla variazione di

carico che si trasmetterebbe a livello di sottofondazione, considerando inoltre che il traffico che interverrà sarà esclusivamente di tipo leggero, in quanto la strada si classifica come Fbis) Itinerari ciclopedonali, ai sensi dell'art.2 del Decreto Legislativo 30 aprile 95 n. 285 e s.m.i. (Nuovo Codice della Strada), cioè strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada, si ritiene che i carichi trasmessi siano di lieve entità; si ritiene inoltre che i carichi legati al transito veicolare non determineranno modificazioni all'assetto meccanico e geotecnico dei terreni naturali di sottofondazione, che, come detto in precedenza, sono stati soggetti a processi di consolidazione e addensamento con la conseguenza che le loro caratteristiche geotecniche sono oggettivamente migliorate.

## **6 Tratto Sinnai – Settimo San Pietro**

### ***6.1 Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area indagata nei dintorni del tratto Sinnai – Settimo San Pietro che inquadra in un settore di dorsale collinare, compresa tra le incisioni del Riu Sa Pira e del Riu Cungiaus, si caratterizza per la presenza di litotipi appartenenti al basamento miocenico e di coperture detritiche del Quaternario.

Il basamento miocenico è rappresentato dalle litologie della Formazione delle Marne di Gesturi che nell'area investigata sono rappresentate da alternanze di marne arenacee e siltitiche ben cementate e consistenti con lenti e strati centimetrici e decimetrici di arenarie compatte e lapidee o di calcari marnosi di vario spessore.

Le rocce si presentano ben stratificate, la giacitura degli strati è inclinata di circa 6° - 7°, immergenti verso sud-ovest. Il colore in affioramento varia dal giallo pallido al grigio chiaro delle marne arenacee, all'ocra - arancio delle arenarie e dei calcari marnosi.

La roccia sana umida si presenta spesso di colore grigio chiaro, ma esposta agli agenti atmosferici, perdendo umidità assume la tipica colorazione giallastra.

Nell'area indagata le marne si presentano particolarmente addensate e caratterizzate da una certa foliazione o scagliosità determinata dal disseccamento delle litologie e da rilasci tensionali.



Le litologie del Miocene, variamente differenziate, costituiscono il substrato su cui poggiano le alluvioni e le coperture detritiche colluviali del Quaternario

Il contatto stratigrafico, in discordanza su superfici di erosione, tra le litologie marnose mioceniche e i depositi colluviali è ben osservabile lungo i versanti che degradano verso ovest rispetto al tratto stradale in progetto.

Le alluvioni che caratterizzano gli impluvi del riu is Congiaus e del riu sa Pira si contraddistinguono tra alluvioni terrazzate e alluvioni degli alvei attuali, in ambedue i casi si tratta di sedimenti grossolani, ghiaiosi e ciottolosi, con rare lenti e orizzonti sabbiosi, deposti in condizioni climatiche differenti da quelle attuali e da fiumi e rii impostati su valli di origine pleistocenica.

La morfologia a terrazzi è la diretta conseguenza dell'evoluzione geomorfologica della pianura post pleistocenica, caratterizzata da alternanze di incisioni e colmate, durante le quali le dinamiche fluviali hanno dato vita a numerose variazioni del reticolo idrografico fino a giungere al regime geomorfologico compatibile con il livello eustatico attuale.

Lo spessore di questi depositi è variabile e non è ben conosciuto nelle vicinanze del sito di progetto dove comunque si riconoscono prevalentemente nel settore in sinistra del riu is Congiaus .

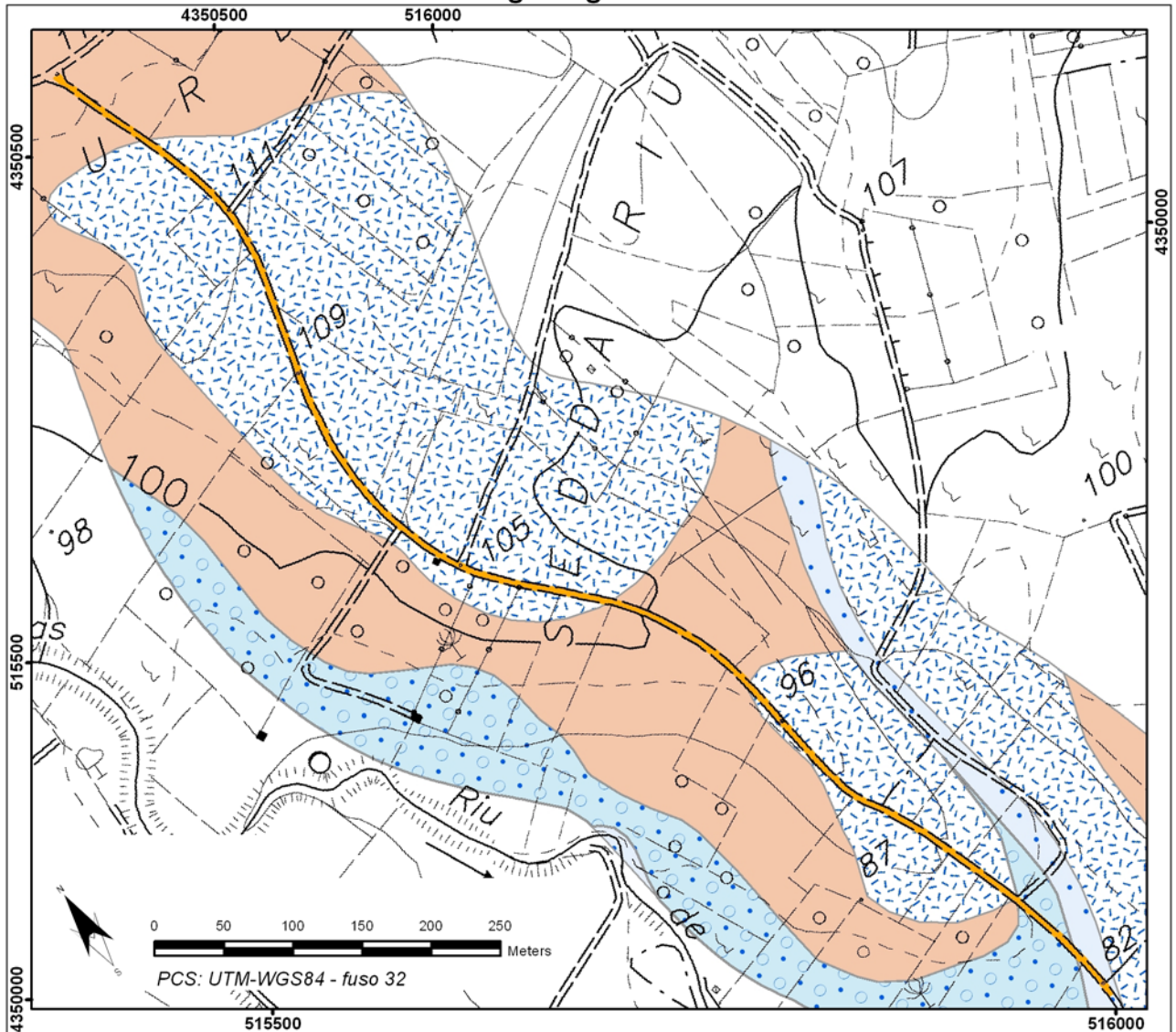
Le alluvioni degli alvei attuali, rappresentate da ghiaie con subordinate sabbie, si localizzano nei settori prossimi ai corsi d'acqua attuali e ne caratterizzano le aree interessate dalle dinamiche alluvionali durante i principali eventi idrometeorici attuali.

I depositi colluviali costituiscono la sommità della dorsale in cui ricade il tratto stradale, sono rappresentati da ghiaie ciottolose immerse in matrice sabbioso limosa.

I processi geomorfologici in atto sono legati ai deflussi delle acque incanalate pertanto a erosioni di fondo e di sponda seppur di modesta entità, ma anche da erosioni areali e a rivoli che si manifestano sui pendii che degradano dall'area stradale verso Est e verso Ovest e anche sulla sede stradale stessa.







### TRATTO SINNAI - SETTIMO SAN PIETRO

#### Carta geologica - scala 1:5000



 Tratto Sinnai-Maracalagonis

#### Geolitologia

-  b2--Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
-  ba--Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE
-  bb--Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
-  bna--Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
-  PVM2a--Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
-  GST--MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittologici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO

## **6.2 Assetto idrogeologico**

Nell'area indagata, che si caratterizza per la presenza in affioramento delle Marne di Gesturi, non si evidenzia la presenza di una falda superficiale, infatti le rocce mioceniche marnoso argillose sono ben conosciute per la loro sostanziale impermeabilità che non consente che in esse si stabiliscano acquiferi.

In settori prossimi a quello di progetto si individuano opere di emungimento che intercettano acquiferi profondi che presumibilmente sono localizzati nelle rocce arenacee e sabbiose della Formazione di Serralonga alla base della Successione sedimentaria marina miocenica.

## **6.3 Rapporti con il Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico**

Da quanto potuto osservare nella cartografia allegata al P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico), revisione luglio 2004, approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10.07.2006, pubblicato nel B.U.R.A.S. n. 25 del 29.07.2006, la zona in cui è previsto l'intervento è inquadrata all'interno del Sub Bacino 7 – Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Nella cartografia che individua le aree assoggettate a pericolosità idraulica il sito di intervento non si inquadra in alcuna tavola pertanto non risulta in aree a pericolosità idraulica, lo stesso vale per quanto concerne la cartografia che individua le aree assoggettate a pericolosità geomorfologica, infatti il sito di progetto non si inquadra in alcuna tavola e conseguentemente non risulta in aree a pericolosità geomorfologica.

## **6.4 Rapporti con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali**

Da quanto potuto osservare nella cartografia allegata al P.S.F.F. (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, la zona in cui è previsto l'intervento è inquadrata all'interno del Sub Bacino 7 – Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Nella cartografia che individua le fasce fluviali il tratto stradale oggetto dell'intervento non si inquadra in alcuna tavola pertanto non risulta in aree a pericolosità idraulica.

### **6.5 Sismicità dell'area**

Da quanto osservato sulla zonizzazione sismica d'Italia emerge che l'areale in oggetto di progettazione, come d'altronde tutto il territorio regionale sardo, ricade in Zona 4, quindi, come anche accennato in premessa, a bassissimo grado di sismicità.

In riferimento a quanto previsto nelle NTC al Cap. 3, Paragrafo 3.2 Azione sismica, punto 3.2.2 al fine di poter valutare in maniera semplificata, viste le caratteristiche sismiche della Regione Sardegna, considerato che le marne mioceniche si presentano consistenti e con caratteristiche meccaniche che migliorano con la profondità e hanno potenza superiore ai 20 m, in base alla tabella 3.2 II delle NTC, si ritiene di poter identificare la categoria di sottosuolo e nell'ipotesi maggiormente cautelativa, affermare che si sia in presenza di un sottosuolo tipo C.

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, secondo quanto descritto all'allegato A delle NTC, per la valutazione delle accelerazioni  $a_g$  e delle relative forme spettrali, da cui si ricavano le azioni sismiche di progetto, sempre nell'ottica delle semplificazioni applicabili al territorio regionale sardo, si fa riferimento a quanto riportato nella tabella 2 delle NTC.

### **6.6 Analisi e considerazioni geotecniche**

Al fine di caratterizzare i terreni da un punto di vista fisico tecnico e al fine di ricostruire una stratigrafia litotecnica si fa riferimento ad esperienze e conoscenze dirette dei terreni che caratterizzano il tracciato stradale esistente, constatate in analoghi contesti geologici e geomorfologici nelle vicinanze del sito di intervento.

In base a quanto emerso dall'indagine geologica, si ritiene che i terreni naturali di sottofondazione che caratterizzano il tracciato stradale esistente siano costituiti, nella parte più alta del tratto stradale, dai depositi eluvio-colluviali olocenici a prevalente granulometria grossolana, mentre siano costituiti sequenzialmente prima dalle marne e poi dalle alluvioni oloceniche proseguendo in direzione dell'abitato di Settimo San Pietro.

I sedimenti eluvio-colluviali e le terre alluvionali, in base alle caratteristiche granulometriche presentano buone capacità portanti quali terreni di sottofondo, possono di fatto considerarsi poco comprimibili, a medio alta permeabilità e scarsamente soggetti a fenomeni di ritiro e rigonfiamento.

Le litologie marnose del miocene presentano comportamento pseudocoerente, pertanto le loro caratteristiche geomeccaniche sono fortemente influenzate dalla presenza dell'acqua, si tratta infatti di argille inorganiche, carbonatiche, sovraconsolidate che presentano plasticità da media a alta.

Deve altresì tenersi in considerazione che i colluvi, le alluvioni o le marne mioceniche che costituiscono il sottofondo naturale stradale, dato il fatto che la strada esiste da oltre un secolo, hanno attraversato una storia tensionale che ne ha caratterizzato un graduale e progressivo addensamento e compattamento, ovviamente collegato alle sistemazioni stradali e al transito veicolare, determinando un sostanziale miglioramento delle caratteristiche meccaniche ed in particolare della resistenza alla compressione.

In sede di analisi progettuale emerge chiaramente che le opere di progetto, adeguatamente dimensionate, per la loro modesta entità, contribuiscono di per se stesse in modo minimale alla variazione di carico che si trasmetterebbe a livello di sottofondazione, considerando inoltre che il traffico che interverrà sarà esclusivamente di tipo leggero, in quanto la strada si classifica come Fbis) Itinerari ciclopedonali, ai sensi dell'art.2 del Decreto Legislativo 30 aprile 95 n. 285 e s.m.i. (Nuovo Codice della Strada), cioè strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada, si ritiene che i carichi trasmessi siano di lieve entità; si ritiene inoltre che i carichi legati al transito veicolare non determineranno modificazioni all'assetto meccanico e geotecnico dei terreni naturali di sottofondazione, che, come detto in precedenza, sono stati soggetti a processi di consolidazione e addensamento con la conseguenza che le loro caratteristiche geotecniche sono oggettivamente migliorate.

## **7 Conclusioni**

Dall'indagine geologica condotta si ricostruisce abbastanza fedelmente il modello geologico dei luoghi a contorno e lungo i tratti stradali, tale modello è utile e indispensabile per la definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità geologica del territorio in generale; il modello geologico risulta inoltre determinante per la scelta delle indagini e procedure per la parametrizzazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni in termini di carico ultimo e cedimenti ammissibili nello studio e nella progettazione delle opere di fondazione e pavimentazione stradale.

In generale per quanto detto, emerge che non esistono condizionamenti che rendano incompatibile la realizzazione delle opere in progetto con le caratteristiche geologiche dei siti analizzati.

### **7.1 Tratto Sinnai - Maracalagonis**

Nel particolare del tratto Sinnai – Maracalagonis si evidenzia che non sussistono condizioni di dissesto in atto o pregresse e quiescenti che determinino situazioni di pericolosità geomorfologica, si evidenzia comunque che il sito di progetto è incluso dal P.S.F.F. nella fascia C con pericolosità idraulica di classe Hi1, mentre non è incluso in zone pericolose da un punto di vista geomorfologico e inoltre che l'area risulta a bassa pericolosità sismica.

La modellazione geotecnica, indispensabile alla progettazione e alle verifiche geotecniche, nel presente caso si riduce alle considerazioni fatte sull'esigua entità degli incrementi di pressione che le opere in progetto ed il traffico a cui sono destinate apporteranno sul sistema terreno fondazione e alle considerazioni fatte sulle elevate caratteristiche geomeccaniche e geotecniche dei terreni di fondazione, conseguentemente alle quali si ritenere che non sussistano complicazioni di carattere geotecnico per la realizzazione delle opere di pavimentazione stradale.

Attualmente il drenaggio della strada non è garantito a causa della morfologia pianeggiante del tracciato e a causa dalle condizioni morfologiche della sede stradale che si presenta in condizioni dissestate da numerose buche, queste di fatto sono causa ed effetto dello scarso drenaggio; in relazione al deflusso delle acque superficiali e alle condizioni morfologiche attuali della sede stradale è necessario prevedere un sistema costruttivo capace di allontanare le acque dalla sede stradale e completamento del sistema di drenaggio con cunette laterali per convogliare i deflussi della sede stradale una volta che questa verrà ultimata.

Si raccomanda inoltre la regolarizzazione e l'omogeneizzazione del piano di realizzazione della fondazione stradale, attraverso il costipamento dei terreni naturali, ma soprattutto la regolarizzazione e l'omogeneizzazione del piano di posa dello strato di macadam finale al fine di evitare che la morfologia accidentata non si manifesti in cedimenti differenziali della pavimentazione di finitura.

## 7.2 Tratto Sinnai – Settimo San Pietro

Nel particolare del tratto Sinnai – Settimo San Pietro si evidenzia che non sussistono condizioni di dissesto in atto o pregresse e quiescenti che determinino situazioni di pericolosità geomorfologica, si evidenzia comunque che nel settore settentrionale e meridionale del tratto stradale sono evidenti le forme di erosione incanalata che interessano la sede stradale e legate al deflusso delle acque superficiali; il sito di progetto non è incluso in zone pericolose da un punto di vista idraulico e/o geomorfologico e inoltre che l'area risulta a bassa pericolosità sismica.

La modellazione geotecnica, indispensabile alla progettazione e alle verifiche geotecniche, nel presente caso si riduce alle considerazioni fatte sull'esigua entità degli incrementi di pressione che le opere in progetto ed il traffico a cui sono destinate apporteranno sul sistema terreno fondazione e alle considerazioni fatte sulle elevate caratteristiche geomeccaniche e geotecniche dei terreni di fondazione, conseguentemente alle quali si ritenere che non sussistano complicazioni di carattere geotecnico per la realizzazione delle opere di pavimentazione stradale.

Attualmente il drenaggio della strada non è sicuro a causa della morfologia inclinata del tracciato stradale che, seppur ubicato in un settore di spartiacque, non allontana le acque meteoriche, anzi al contrario le convoglia in deflussi concentrati che evolvono in erosioni lineari e forme di dissesto. Questa condizione è il risultato dell'insufficienza e dell'inefficienza delle opere di drenaggio della sede stradale e delle cunette laterali; in relazione al deflusso delle acque superficiali e alle condizioni morfologiche attuali della sede stradale è necessario prevedere il sistema di drenaggio con cunette laterali per convogliare i deflussi della sede stradale una volta che questa verrà pavimentata e quindi impermeabilizzata.

Si raccomanda inoltre la regolarizzazione e l'omogeneizzazione del piano di realizzazione della fondazione stradale, attraverso il costipamento dei terreni naturali, ma soprattutto la regolarizzazione e l'omogeneizzazione del piano di posa dello strato di macadam finale al fine di evitare che la morfologia accidentata non si manifesti in cedimenti differenziali della pavimentazione di finitura.

*Dott. Geol. Andrea Serrelli*

