



Regione Toscana

Lotto prioritario 2B - Costa della Maremma

Stralcio 1 - dal Comune di Follonica (Confine con Piombino) al Comune di Scarlino (fino al Canale Allacciante)

PROGETTO DEFINITIVO

Soggetto attuatore della progettazione

STAZIONE APPALTANTE

Regione Toscana - Settore
trasporto pubblico locale

IL DIRIGENTE

Ing. Riccardo Buffoni

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Riccardo Buffoni

IL DIRETTORE ESECUTIVO DEL CONTRATTO

Ing. Michela Di Matteo

Stazione appaltante esecuzione dei lavori

STAZIONE APPALTANTE

Provincia di Grosseto
- Servizio Viabilità

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro Vichi



Comune di
Follonica



Comune di
Scarlino



Comune di
Grosseto



Provincia di
Grosseto



Comune di
Magliano in Toscana



Comune di
Orbetello



Comune di
Capalbio

RTP progettisti

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Lino Pollastri



MATE Soc. Coop.



Cooprogetti Soc. Coop.



Parcianello & Partners
engineering s.r.l.



Netmobility s.r.l.



Technital S.p.a



D.R.E.A.M. Italia

Relazione geologica e sismica

Progetto	Fase	Disciplina	Elaborato	Sub	Revisione	Revisione
20066	D	1	2	0	A	Emissione
D71B17002330003		Redatto Bizzari	Controllato Galardini	Approvato Seneci	Scala -	Data Ottobre 2022



Regione Toscana

Ing. Riccardo Buffoni – Dirigente Responsabile del Contratto
Ing. Riccardo Buffoni – Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Michela Di Matteo – Direttore per l'Esecuzione del Contratto
Arch. Paolo Lucattini – Direttore Operativo
Dott. Emiliano Carnieri – Supporto al RUP
Geol. Mariano Mirannalti – Supporto al RUP

PRESTAZIONI PRINCIPALI

Responsabile delle integrazioni: Ing. Francesco Seneci
Progettista viabilità sostenibile: Ing. Francesco Seneci
Progettista architettonico: Arch. Jan De Clercq

Progettista strutturale: Ing. Davide Liturri
Progettista idraulico: ing. Chiara Chiostrini
Geologo: Geol. Andrea Bizzarri

GRUPPO DI LAVORO



Mate Soc. Coop.

Ing. Lino Pollastri, Ing. Elena Guerzoni, Ing. Franco Di Biase, Arch. Arturo Augelletta, Ing. Matteo Cella, Arch. Francesco Vazzano, Arch. Agostino Maiurano, Ing. Silvia Moretti, Ing. Elettra Lowenthal, Arch. Emanuela Barro, Dott. Urb. Valeria Polizzi, Arch. Tommaso Cesaro, Arch. Maurizio Pavani, Ing. Mauro Perini (DT), Ing. Alessandro Sanna, Arch. Livia Travaglini, Arch. Sara Greco, Arch. Eleonora Sablone, Prof. Arch. Matteo Zambon, Geom. Andrea Elbi, Arch. Michele Cavallaro, Ing. Carlo Albergo Caliman, Arch. Nicla Di Ciommo, Arch. Veronica D'Onofrio.



Cooprogetti Soc. coop.

Arch. Enrico Costa, Arch. Paolo Ghirelli, Ing. Lorena Ragnacci, Ing. Edoardo Filippetti, Ing. Moreno Panfili, Ing. Alessandro Placucci, Arch. Elisa Aurora Eleonora Crimi, Arch. Francesca Uccellani, Arch. Luigi Muraca, Arch. Antonella Strati, Ing. Danilo Pelle, Arch. Sonia Alunno, Arch. Alessio Mazzacrelli, Ing. Monia Angeloni, Cons. BB. AA. AA. Eleonora Gitto, Ing. Luigino Capponi, Per. Ind. Augusto Albini, Ing. Luigi Farina, Geol. Fausto Pelicci, Ing. Walter Tomassoli, Ing. Luca Vecchiato, Dott. Agr. Salvatore Mauro, Dott. Agr. Giampaolo Tripodi, Per. Agr. Roberto Tomassoli, Stefano Lapazio, Dott. Enrico Minelli, Geom. Fabio Ercoli, Rag. Rita Ercoli, Rag. Sonja Brunetti, Ing. Riccardo Cecchetti, Ing. Costanza Cecchetti, Ing. Sabina Mandaglio, Arch. Debora Marchi, Dott.ssa Arch. Maria Grazia Matarozzo, Dott. Archeo. Mariagrazia Lisenò, Arch. Diego Benedetto, Arch. Alice Maria De Leo, Arch. Teresa Rita Bertino.



Parcianello & Partners engineering s.r.l.

Arch. Lio Parcianello, Arch. Renato Da Re, Arch. Gianluca Parcianello, Arch. Giada Saviane, dis. Romano Sommacal, p.e. Simona Cesa, Geom. Enzo Parcianello, Arch. Giulia Della Giustina, Arch. Andrea Maugeri, Ing. Tiziana Cataldo, Arch. Antonio Schizzi, Arch. Federica Vanich.



NetMobility s.r.l.

Ing. Francesco Seneci, Geol. Mirko Demozzi, Ing. Filippo Forlati, Ing. Francesco Avesani, Pian. Licia Bernini, P.I. Luca Baroni.



Technital S.p.a.

Ing. Filippo Busola, Ing. Alessio Rosin, Ing. Simone Venturini, Geol. Emanuele Fresia, Ing. Davide Liturri, Ing. Andrea Renzo, Ing. Guido Rossi, Ing. Alessandro Rizzo, Ing. Marco Rossignoli, Geom. Gianluca Follesa



D.R.E.A.M. Italia

Ing. Simone Galardini, Ing. Chiara Chiostrini, Geol. Andrea Bizzarri, Dott. For. Lorenzo Mini, Dott. For. Katuscia Begliomini.

1.SOMMARIO

1.SOMMARIO	2
2.GENERALITÀ	3
3.LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	3
3.APPROCCIO METODOLOGICO	3
4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4.1.Cenni di geologia regionale	4
4.2.Inquadramento tettonico	6
4.3.Inquadramento sismico	7
5.CONSIDERAZIONI LITOLOGICHE DI TRACCIATO	10
6.CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE DI TRACCIATO	11
7.NUOVO PONTE CANALE ALLACCIANTE (COMUNE DI SCARLINO GR)	12
8.PARAMETRI SISMICI SITOSPECIFICI	12
8.1.Categoria di sottosuolo	12
8.2.Condizioni topografiche	13
8.3.Parametri sismici sitospecifici (NTC 2018)	14

2. GENERALITÀ

Il presente studio ha come finalità quello di illustrare il contesto geologico, idrogeologico, e sismico delle aree interessate dalla ciclovie TIRRENICA.

Il presente elaborato riporta le indicazioni relativamente ai litotipi e alle problematiche di tipo geologico e sismico riguardo il tratto della ciclovie Tirrenica da Follonica (confine provinciale tra Livorno e Grosseto) al Puntone (nuovo attraversamento Canale Allacciante).

Di seguito si riporta un estratto cartografico con l'individuazione del tracciato in oggetto.



Figura 1 – Ubicazione stralcio oggetto d'analisi

3. LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il percorso oggetto del presente documento è individuato all'interno del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Ciclovie Nazionale Tirrenica, come parte della Macrotratta TO (Regione Toscana), porzione del tronco 04 e parte del tronco 05.

In particolare lo Stralcio ha origine al confine tra la provincia di Livorno e la provincia di Grosseto nei comuni di Follonica (GR) e di Scarlino (GR).

3. APPROCCIO METODOLOGICO

Lo studio sugli aspetti geologici, idrogeologici e sismici riguardanti le aree in esame ha interessato una prima fase di acquisizione di tipo bibliografico attraverso la raccolta delle informazioni desumibili da precedenti studi realizzati nell'area in esame.

Sono stati ricercati ed elaborati i data base degli enti sovraordinati per la caratterizzazione dei siti ed in particolare per raccogliere gli elementi di rischio ed i vincoli per gli aspetti di competenza, con un particolare riguardo alle varie Autorità di Bacino: oggi confluite in aree distrettuali interregionali.

Per le cartografie geologiche, geomorfologiche, idrauliche e sismiche, di supporto all'inquadramento dell'intero tracciato della ciclovie, sono state realizzate tavole in scala 1: 25.000 raccolte in appositi atlanti.

Come concordato con il Gruppo dei Progettisti, sono state realizzate anche delle tavole di maggior dettaglio per dare risalto ai rischi e alle criticità emerse dallo studio per le nuove opere.

In particolare le basi geologiche sono estratte dal sito del Ministero dell'Ambiente scaricando il tematismo in formato WFS e, ugualmente, le informazioni circa la Pericolosità da Frana e Idraulica e zonazione sismica.

4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per Il macro tronco Toscana la caratterizzazione geologica si è basata su cartografia in scala 1:500.000 rilasciata dal Geoportale Nazionale con base CTR IGM in scala 1: 100.000.

Su cartografia WFS rilasciata dal Geoportale Nazionale che, mediante un servizio di download, “permette di scaricare copie di dati territoriali o di una parte di essi e, ove fattibile, di accedervi direttamente” (Direttiva 2007/2/CE). Il WFS (Web Feature Service), generato secondo lo standard, offre all’utente finale un XML basato sul Geography Markup Language (GML) permettendo il trasferimento delle singole entità geospaziali e quindi l’accesso diretto all’informazione territoriale con la possibilità di analizzare e processare direttamente i dati provenienti da fonti diverse.

Legenda carta geologica	
Geologia	
formazione	
Alluvioni terrazzate (Olocene)	Calcarei organogeni e biotritici neritici e di piattaforma (Cretacico superiore)
Andesiti (lave e piroclastiti) (ciclo miocenico-paleogenico)	Calcarei organogeni, calcareniti (Miocene medio-inferiore)
Arenarie e conglomerati (Paleogene)	Calcarei, calcari marnosi e marne, selciferi, pelagici (Giurassico)
Arenarie e conglomerati, talora torbiditici (Miocene medio-inferiore)	Complessi caotici di varie età
Arenarie ed argille (subordinati calcari ed evaporiti) (Miocene superiore)	Depositi eolici (Olocene, Pleistocenici pro-parte)
Argille (Pleistocene e Pliocene)	Depositi glaciali (Pleistocene)
Argille (Pleistocene)	Depositi lacustri e fluvioacustri (Pleistocene e Pliocene)
Argille e marne (Miocene medio-inferiore)	Detriti, alluvioni terrazzate, fluvioacustri e fluvio-glaciali (Pleistocene)
Argille e marne talvolta con olistostromi (Pliocene)	Detriti, depositi alluvionali e fluvioacustri, spiagge attuali (Olocene)
Basalti alcalini (lave, ialoclastiti, piroclastiti) (ciclo miocenico-paleogenico)	Dolomie cristalline neritiche e di piattaforma (Triassico superiore)
Calcarei detritici ed organogeni tipo panchina (Pleistocene e Pliocene)	Dolomie neritiche e di piattaforma (Giurassico)
Calcarei detritici ed organogeni tipo panchina (Pleistocene)	Formazione Gessoso-solfifera (Miocene superiore)
Calcarei detritici ed organogeni tipo panchina (Pliocene)	Laghi e Ghiacciai
Calcarei e calcareniti neritici e di piattaforma (Paleogene)	Marne e marne calcaree detritiche di facies di scarpata (Paleogene)
Calcarei e calcari biotritici neritici e di piattaforma (Cretacico inferiore)	Marne e marne calcaree di facies pelagica (Paleogene)
Calcarei e calcari dolomitici neritici e di piattaforma (Triassico superiore)	Marne talora con selce, detritica, di facies di scarpata (Miocene medio-inferiore)
Calcarei e calcari marnosi detritici di scarpata (Cretacico-Giurassico superiore)	Marne talora con selce, di facies pelagica (Miocene medio-inferiore)
Calcarei e calcari marnosi detritici di scarpata (cretacico)	Riodaciti, rioliti (lave, ignimbriti) (ciclo miocenico-paleogenico)
Calcarei e calcari marnosi detritici di scarpata (Paleogene-Cretacico superiore)	Sabbie e conglomerati (Pleistocene)
Calcarei e calcari marnosi pelagici (Paleogene-Cretacico superiore)	Sabbie e conglomerati (Pliocene)
Calcarei e calcari marnosi, con selce e detritici di scarpata (Giurassico)	Trachiti e latiti (lave, piroclastiti) (ciclo miocenico-paleogenico)
Calcarei e tavola dolomie neritici e di piattaforma (Giurassico)	Travertini (Pleistocene talora Olocene)
Calcarei micritici e micriti argillose di piattaforma (Cretacico-Giurassico super)	Unità arenacee e arenaceo-marnose (Miocene medio-inferiore)
Calcarei micritici e micriti argillose pelagiche (Cretacico-Giurassico superiore)	Unità arenacee e arenaceo-marnose (torbiditiche) (Paleogene)
Calcarei neritici e di piattaforma (Paleogene-Cretacico superiore)	Unità argillose ed argilloso-calcaree (torbiditiche) (Paleogene)
	Unità calcareo-marnose (torbiditi) (Paleogene)
	Unità calcareo-marnose (torbiditiche) (Miocene medio-inferiore)

Figura 2 – Legenda delle unità geologiche complessive cartografate su base nazionale (Fonte: Ministero Dell’Ambiente).

Informazioni di carattere geomorfologico si sono estratte dal portale della Regione Toscana GEOscopio, all’indirizzo <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>. Tutti gli strati informativi (WMS, WFS ecc.) utilizzati nei portali Geoscopio sono documentati alla pagina: <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio-wms> distribuita con Licenza CC BY 4.0.

4.1.CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE

L’Appennino Settentrionale è costituito, come le altre catene del sistema alpino-himalaiano, da falde tettoniche di notevole spessore ed estensione orizzontale, che durante l’orogenesi alpina si sono spostate di centinaia di chilometri accavallandosi le une sulle altre.

L’Appennino tosco-emiliano può essere diviso in vari domini: dominio delle Liguridi interne ed esterne, Dominio Toscano, Umbro-Romagnolo e Marchigiano e Dominio Sub-Ligure, che si formavano in vari bacini posti da ovest verso est e che hanno portato alla sedimentazione prima ed alla trasposizione poi, delle formazioni che si ritrovano attualmente nell’area in studio.

Le unità torbiditiche del Domino Toscano si sono depositate circa dieci milioni di anni fa (tra l’Oligocene ed il Miocene) e rappresentano le rocce più diffuse del Dominio costituendo l’ossatura della catena montuosa e molti dei suoi rilievi più alti (M.te Cimone). Si estendono dall’Appennino parmense fino al lago Trasimeno con spessori che raggiungono i 3000 metri.

Le torbiditi presentano caratteristiche litologiche, sedimentologiche e petrografiche poco variabili: sono infatti costituite da banchi che vanno da pochi centimetri a qualche metro di arenarie grossolane che sfumano verso l’alto ad arenaria fine, silt, argilliti e marne. Gli strati arenacei mostrano diverse forme dovute a

controimpronte scavate dalle correnti altre dovute ad organismi marini. È inoltre possibile notare in ogni spessore fino a cinque intervalli caratterizzati ognuno da proprie strutture. Questa sequenza (sequenza di Bouma) inizia dal basso con arenaria per passare ad arenaria e silt fino a pelite.

Per quanto riguarda i rapporti stratigrafici tra le varie formazioni, si deve considerare per prima cosa due grandi allineamenti strutturali che si estendono, parallelamente alla catena appenninica, in corrispondenza dei quali le formazioni torbiditiche sono coinvolte in sovrascorimenti e parti rovesciate.

La parte torbiditica della Falda Toscana ha spessori variabili dai 1500 ai 3000 metri e poggia sugli Scisti Policromi o Scaglia Toscana con la formazione arenacea del Macigno e termina con la formazione arenaceo-marnosa delle Arenarie di M.te Modino e con le Marne di Pievepelago. All'interno si ritrovano lembi di terreni del Dominio Ligure, costituiti da olistostromi all'interno del macigno e delle arenarie di M.te Modino e M.te Cervarola.

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla chiusura dell'oceano Ligure Piemontese e alla successiva collisione della placca europea con quella adriatica. Durante ciò si possono distinguere una fase oceanica ed una fase intracontinentale:

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inf. e il Cretaceo sup., e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma di accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri).

Segue, nell'Eocene medio-sup. la collisione tra il margine continentale europeo e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorimento verso ovest delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro Marchigiane, poi, sotto le unità precedentemente impilate.

L'Appennino Toscano è caratterizzato dall'accavallamento della Falda Toscana (Successione Toscana non metamorfica) sull'Unità Cervarola Falterona. In alcuni casi il sovrascorimento non si realizza direttamente ma con l'interposizione dell'Unità di Canetolo.

Dopo le ultime fasi compressive responsabili degli impilamenti delle principali unità tettoniche (dall'Oligocene superiore al Pliocene superiore) inizia nel Quaternario un regime distensivo che porta al parziale smembramento dell'edificio strutturale precedentemente costituito con l'origine di una serie di depressioni tettoniche.

Nelle parti più depresse si impiantano dei bacini chiusi che diventano in seguito sede di deposizione lacustre, come il bacino di Firenze – Prato – Pistoia che inizia ad essere attivo dal Pleistocene inferiore.

L'assetto strutturale attuale dell'Appennino settentrionale è inserito all'interno di un dominio geodinamico distensivo responsabile dei rilievi morfostrutturali e delle pronunciate depressioni tettoniche (graben) della Toscana. Il sistema di bacini distensivi si propaga dalla fascia tirrenica verso la catena appenninica, essenzialmente durante il Messiniano-Pliocene Inferiore, durante il Pliocene e il Pleistocene (Bacino di Firenze-Pistoia).

Per quanto riguarda la fase compressiva dell'Appennino settentrionale, avvenuta con il sovrascorimento delle formazioni liguri verso est, una riattivazione di tale fase si è avuta con la duplicazione delle successioni sinorogeniche (Macigno e Arenarie di M.te Cervarola) sulle Unità Liguri delle zone degli alti rilievi del crinale tosco emiliano (fronte della Falda Toscana) e sulla successione Umbra (Marnoso-Arenacea) del settore Tosco-Emiliano.

4.2. INQUADRAMENTO TETTONICO

Le indicazioni riportate nel presente capitolo prendono spunto dalla pubblicazione: Sismotettonica dell'Appennino settentrionale - Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana A cura di: E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbroni - (Marzo - 2011) alla quale si rimanda per approfondimenti.

L'assetto tettonico e cinematico dei blocchi nel Mediterraneo centrale compatibili con il complesso delle deformazioni post-Pleistocene medio (Mantovani et alii, 2009).

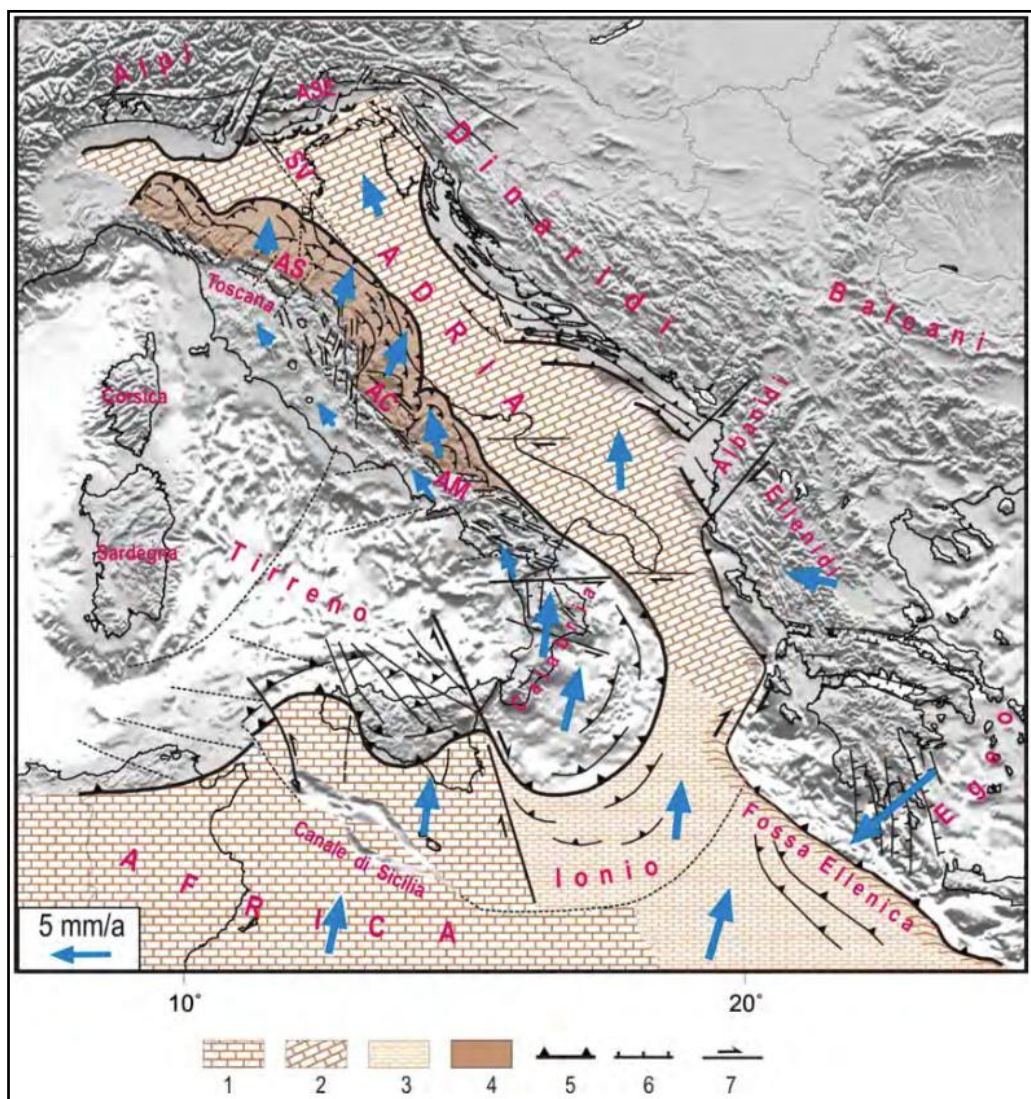


Figura 3 – domini continentali africano e adriatico 3) dominio oceanico ionico 4) settore esterno della catena appenninica trasportato dalla placca adriatica 5,6,7) principali lineamenti tettonici compressionali, estensionali e trascorrenti. Le frecce blu indicano il quadro cinematico di lungo termine (post-Pleistocene medio) rispetto all'Eurasia. AM=Appennino Meridionale, AC=Appennino Centrale, AS=Appennino Settentrionale, ASE=Alpi Sudorientali, SV=Sistema di faglie Schio-Vicenza.

La seguente figura mostra lo schema tettonico dell'Appennino settentrionale basato sulla base B/N della Carta Tettonica d'Italia, (Funicello et alii, 1981) sono evidenziati in colore i due settori principali in cui l'Appennino settentrionale è suddiviso: cuneo Romagna-Marche -Umbria (RMU, verde) e cuneo Tosco-Emiliano (TE, azzurro).

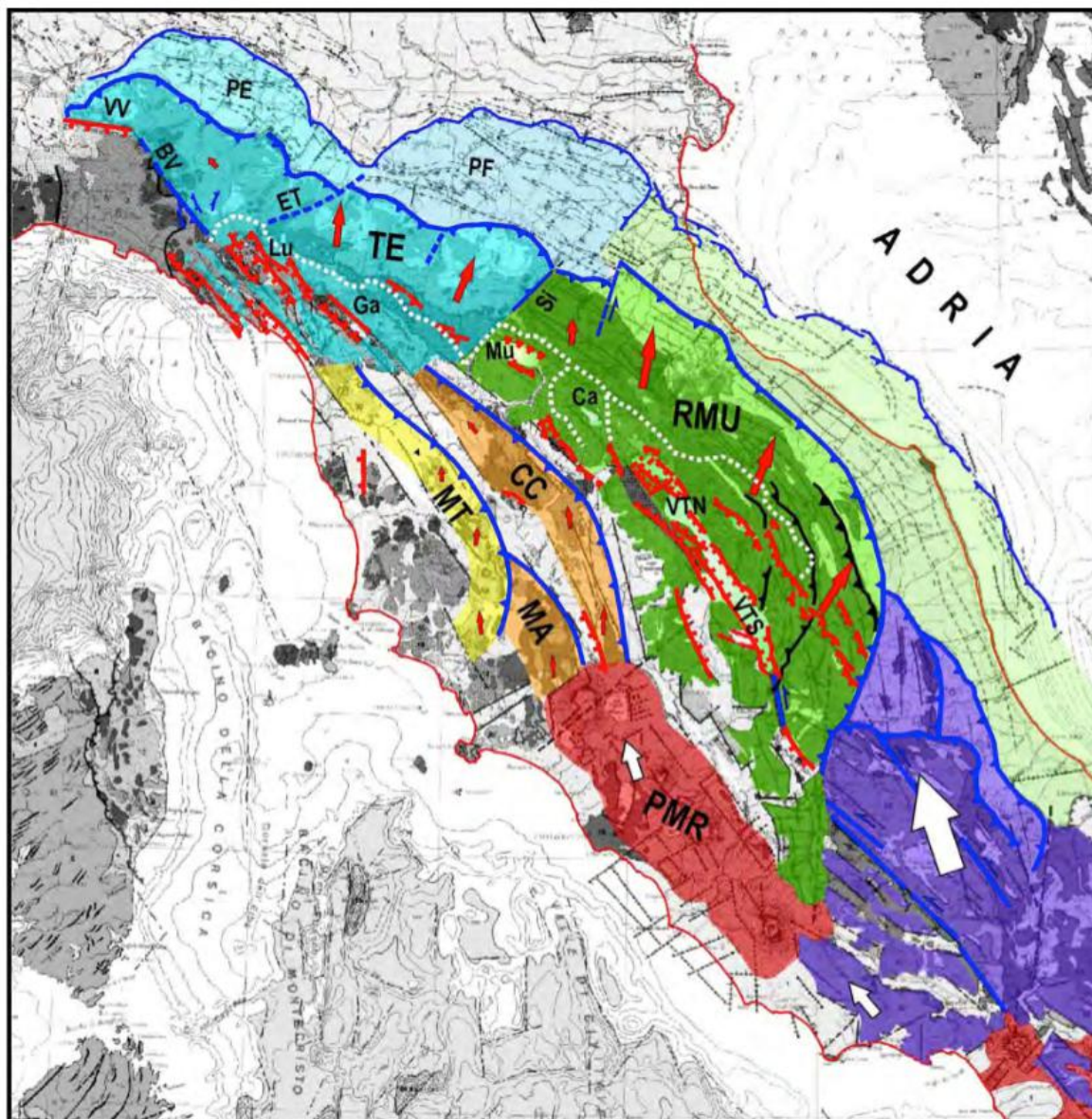


Figura 4 – Il raccorciamento longitudinale di questo sistema strutturale orogenico è causato dalla spinta longitudinale (freccia grande bianca) della parte orientale della piattaforma Laziale-Abruzzese (viola), nell'ambito geodinamico a larga scala illustrato in figura precedente. Una spinta longitudinale, ma meno intensa (freccie bianche più piccole), passa anche attraverso la parte interna della catena appenninica (Viti et alii, 2006) producendo deformazioni e attività sismica minori nella Toscana interna, principalmente in corrispondenza delle dorsali presenti in questa zona (Chianti-Cetona=CC; Montalcino-Amiata=MA, Medio Toscana=MT) e delle fosse tra esse comprese quali: BV=zona sismica Bedonia-Varzi; Ca= Casentino, ET=sistema di faglie Enza-Taro; Ga=Garfagnana; Lu= Lunigiana; Mu=Fossa del Mugello; PE, PF =Complessi sepolti delle Pieghe Emiliane e Ferraresi; PMR=Provincia Magmatica Romana; Si=Linea del Sillaro; VTN, VTS= Val Tiberina Nord e Sud; VV= Zona sismica Villalvernia-Varzi.

4.3. INQUADRAMENTO SISMICO

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1^a, 2^a e 3^a categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico) attraverso la seguente relazione: $C = S - 2/100$ dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).

La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica (a_g)
1	$0.25 \text{ g} < a_g < 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 \text{ g} < a_g < 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 \text{ g} < a_g < 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$< 0.05 \text{ g}$	0.05 g

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T.N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.

In base, infine, alla Delibera N 878 del 08-10-2012 di Giunta della Regione Toscana con oggetto: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006.

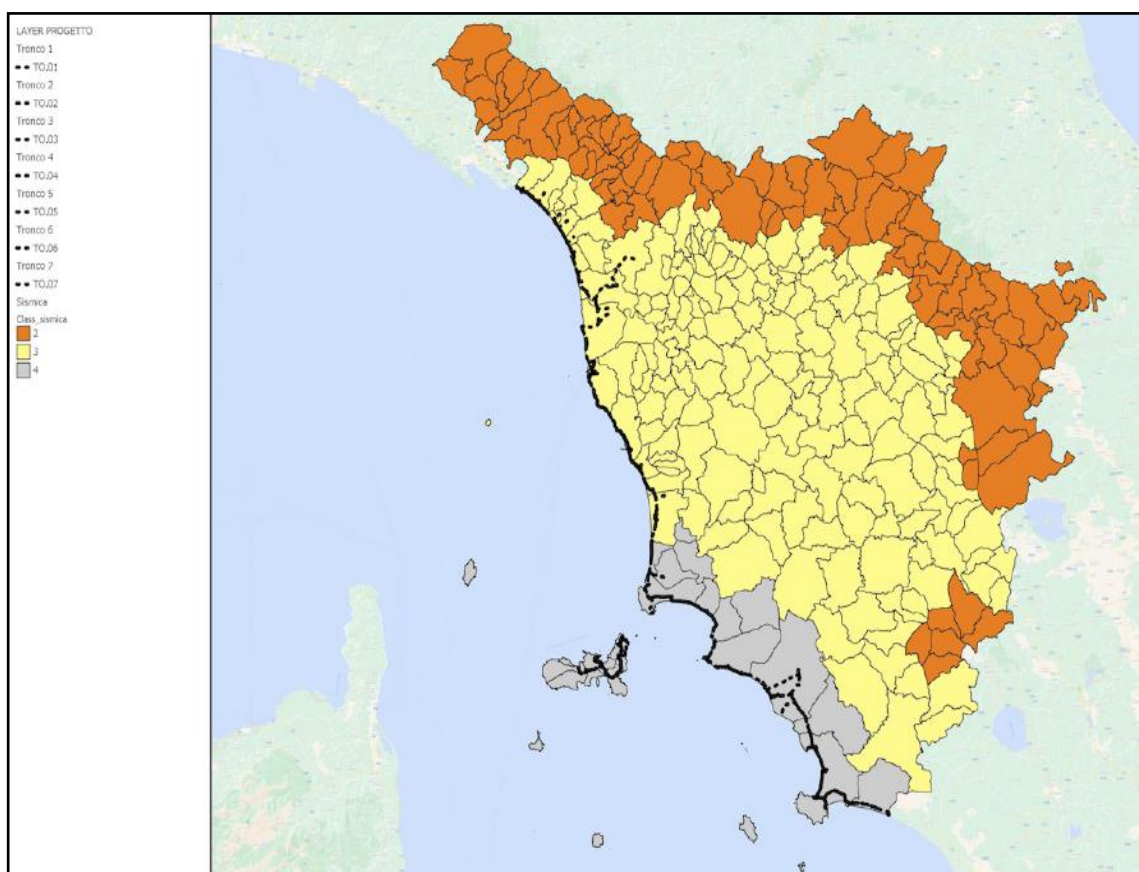


Figura 5 – Tracciato del macro tronco Toscano della ciclovía (tratto nero) e classificazione sismica

Il tracciato del Macro tronco Toscano della ciclovía si sviluppa all'interno della classe sismica 3 e 4 ed, in particolare lo stralcio in esame, all'interno della sola classe 4.

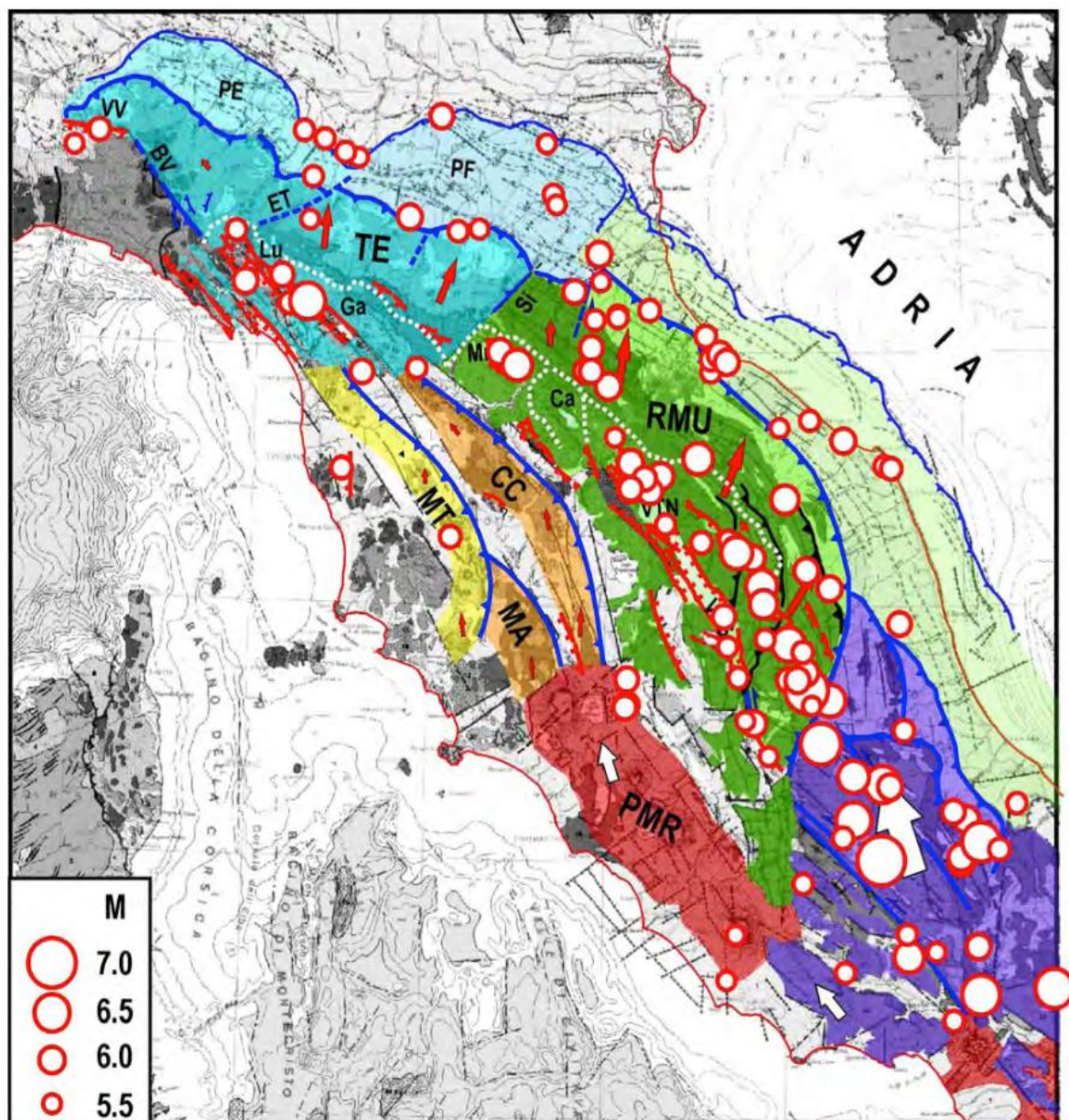


Figura 6 – Schema sismotettonico dell'Appennino settentrionale con riportati gli epicentri dei terremoti più intensi ($M > 5.5$) avvenuti dal 1600

Dallo schema di figura 6 si evinca come la linea costiera non sia interessata da fenomenologie sismiche di particolare intensità.

5. CONSIDERAZIONI LITOLOGICHE DI TRACCIATO

Lo stralcio in esame inizia al confine tra le provincie di Livorno e Grosseto in Comune di Follonica presso la località Prato Ranieri si sviluppa interamente all'interno del comprensorio provinciale di Grosseto e termina, in Comune di Scarlino in località Puntone di Scarlino in corrispondenza del nuovo attraversamento sul Canale Allacciante.



Figura 7 – Sviluppo stralcio Follonica - Puntone di Scarlino su base geologica

Il tracciato della ciclovie si sviluppa interamente su terreni di origine marina e fluvio lacustre di recente deposizione, come riportato all'interno dell'atlante geologico allegato in calce al presente documento.

Maggiori informazioni circa la genesi dei depositi si sono ottenute da Geoscopia e riportate all'interno dell'atlante geomorfologico riportato in calce al presente documento.

Indipendentemente dalla natura litologica dei terreni interessanti il sedime ciclabile non si annotano, in virtù della bassa energia del rilievo, fenomeni gravitativi in atto e/o quiescenti. Non si sono nemmeno rilevati fenomeni erosivi d'importanza significativa.

Dalla cartografia geomorfologica si ha una migliore definizione circa la natura dei terreni sia dal punto di vista granulometrica, sia per quanto riguarda la genesi deposizionale.

In particolare a nord dell'abitato di Follonica fino a Prato Ranieri il tracciato si sviluppa su un deposito, d'origine prevalentemente alluvionale (continentale) inattivo in cui si ha una composizione granulometrica composta da sabbie e limi con percentuali, talora prevalenti, di argille limose.

Per tutta la porzione di ciclovie, interessante l'abitato di Follonica, si ha la presenza di un deposito alluvionale inattivo composto da terreni a granulometria più grossolana con una prevalenza di ghiaie e sabbie in matrice, talora abbondante, limosa.

In località Senzuno, nella periferia meridionale di Follonica, si ha la presenza di terreni d'origine eolica (fascia ducale) e terreni alluvionali inattivi a granulometria grossolana.

Il località Salciaina in corrispondenza del confine comunale con Scarlino il tracciato si sviluppa su terreni d'origine eolica, prevalentemente sabbiosi, con un porzione, retrodunale, composta da sabbie origine mista marino - continentale.

In località Puntone vecchio fino al canale Allacciante i litotipi di riferimento sono di natura sabbiosa di recente deposizione marino continentale.

6. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE DI TRACCIATO

Le condizioni idrogeologiche di sito sono quelle tipiche delle pianure alluvionali d'origine continentale e/o marina poste in prossimità del mare.

Sono quelle condizioni in cui la piezometrica della falda freatica risale fino a livellare con il livello del mare e, quindi, si avvicina al piano campagna.

Le interazioni tra le opere in progetto si avranno solo in quelle condizioni in cui, a causa di depressioni del terreno, si abbiano affioramenti di falda e, quindi, ristagni.

Nello specifico tracciato, qui in esame, non si hanno segnalazioni e/o notizie di impaludamenti in asse al tracciato di progetto.

Per le opere d'arte la presenza delle acque di falda è naturalmente una variabile da tenere di conto per le sue implicazioni di carattere geotecnico. La posizione della falda freatica per la realizzazione, ad esempio della nuova opera d'arte in località Puntone sul Canale Allacciante (in comune di Scarlino), può essere assunta, tranquillamente, coincidente con il piano campagna.

7. NUOVO PONTE CANALE ALLACCIANTE (COMUNE DI SCARLINO GR)

Nel punto evidenziato con un cerchio rosso, in foto, sarà necessario realizzare una passerella, di circa 35 m di lunghezza per l'attraversamento del Canale Allacciante in affiancamento al ponte esistente lato mare.



Figura 8 – Ubicazione nuova opera d'arte

Per acquisire le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione necessari alla progettazione strutturale degli appoggi della nuova opera si ritiene che debba essere dimensionata una campagna geognostica costituita dalle seguenti voci di spesa:

ANALISI PREZZO INDAGINI OPERE D'ARTE		n	Codice EP ANAS 2022	
Sondaggi	prelievo campioni indisturbati <u>Shelby</u> - da 0 a 30 m	cad.	1	IG.05.130.3.a
	approntamento attrezzature per sondaggi a rotazione	cad.	1	IG.05.002.1
	<u>installaz. di attrezz.</u> per sondaggio a carotaggio - per <u>dist.</u> < m 300	cad.	1	IG.05.002.2.b
	<u>perforaz.</u> da 0 a 30 m	ml	20	IG.05.005.1.a
Prove penetrometriche	fornitura di cassette catalogatrici	cad.	4	IG.05.015.6
	approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica	cad.	1	IG.05.160
	installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica	cad.	1	IG.05.165
	prova penetrometrica CPTU	ml	20	IG.05.175
Prove sismiche	POSIZIONAMENTO ATTREZZATURA PER SISMICA PASSIVA HVSR registrazione a bassa frequenza di rumore sismico ambientale; compresa l'elaborazione dei dati.	cad.	1	IG.05.240.I.1
	REALIZZAZIONE MISURE DI RUMORE AMBIENTALE	cad.	1	IG.05.240.I.2
Analisi di laboratorio	apertura ed estrazione di campione indisturbato	cad.	3	IG.01.111
	descrizione dei campioni rimaneggiati e indisturbati	cad.	3	IG.01.112
	determinazione dell'umidità del campione	cad.	3	IG.01.010
	determinazione della massa volumica umida	cad.	3	IG.01.005
	determinazione dei limiti di Atterberg (<u>wl</u> , <u>wp</u> , <u>ws</u>)	cad.	3	IG.01.025
	analisi granulometrica - mediante setacci	cad.	3	IG.01.001.a
	prova edometrica su campioni di terra	cad.	2	IG.01.070
	prova di taglio diretto con statola di Casagrande su 3 provini	cad.	1	IG.01.075.a
	prova di compressione triassiale - tipo CIU	cad.	2	IG.01.085.b
	prova di compressione triassiale - tipo CD	cad.	2	IG.01.085.c

8. PARAMETRI SISMICI SITOSPECIFICI

In questo paragrafo si riportano, da verificare previa valutazione qualitativa dei parametri di sito, una preliminare indicazione riguardo parametri sismici in ordine alle NTC 2018

8.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle NTC 2018:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio

semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso in esame si ritiene che il bedrock sismico (Vs > 800 m/sec) sia posto a profondità maggiori di 30 m dal piano campagna, occorre, pertanto, valutare la **Vs30**.

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Nel caso in questione di ipotizza, cautelativamente, una categoria di sottosuolo **D** (da verificare quantitativamente).

8.2.CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

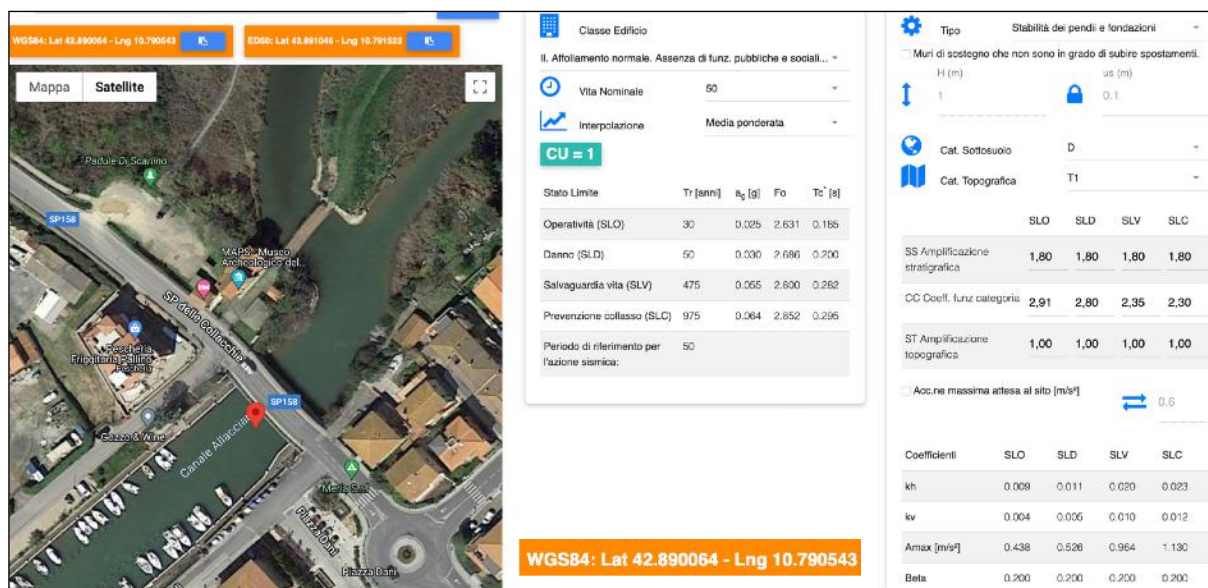
Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

L'area di intervento pianeggiante appartiene alla Categoria **T1**.

8.3.PARAMETRI SISMICI SITOSPECIFICI (NTC 2018)

NB: i valori possono variare leggermente a seconda dei software usati e in base alle coordinate scelte.


Figura 9 – Parametri sismici sitospecifici

Pistoia ottobre 2022

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Iscr. Albo Geologi Toscana n. 644

Segue:

Atlante: INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Atlante: INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

Geologia

Geo_Min_Amb

- 125
Detriti, alluvioni terrazzate
fluviolacustri e fluvioglaciali
(Pleistocene)
- 128
Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)
- 80
Unità argilloso-calcaree talora
ofiolitiformi (torbiditi) (Cretacico)

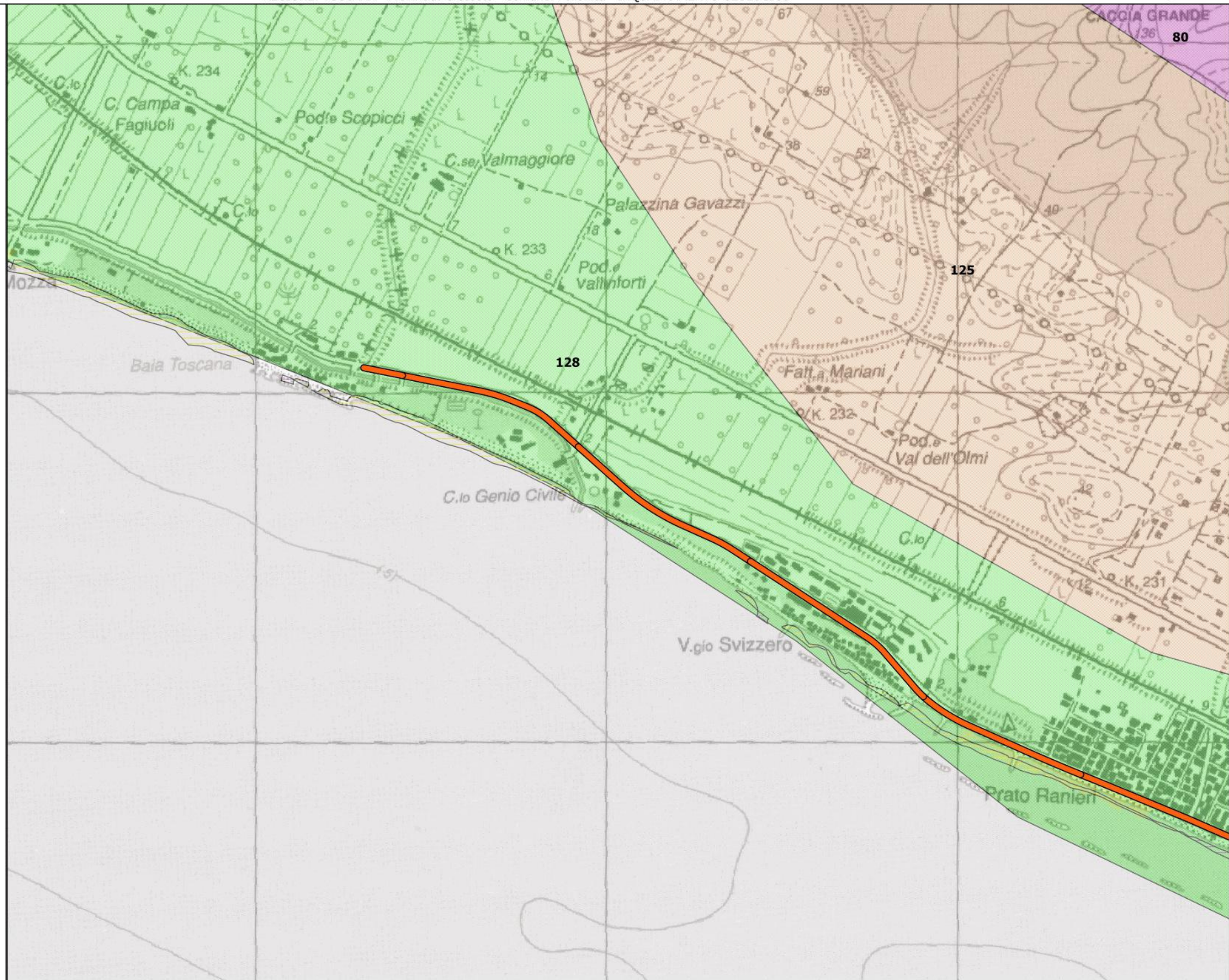
Variazione coste 1960-2012

ARRETRAMENTO

AVANZAMENTO

Rischio erosione coste

STRADA COMUNALE



Scala cartografia

0 250 500 m



Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

Geologia

Geo_Min_Amb

- 125
Detriti, alluvioni terrazzate
fluviolacustri e fluvioglaciali
(Pleistocene)
- 128
Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)
- 80
Unità argilloso-calcaree talora
ofiolitiformi (torbiditi) (Cretacico)

Variazione coste 1960-2012

ARRETRAMENTO

AVANZAMENTO

Rischio erosione coste

STRADA COMUNALE



Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

Geologia

Geo_Min_Amb

125
Detriti, alluvioni terrazzate
fluviolacustri e fluvio-glaciali
(Pleistocene)

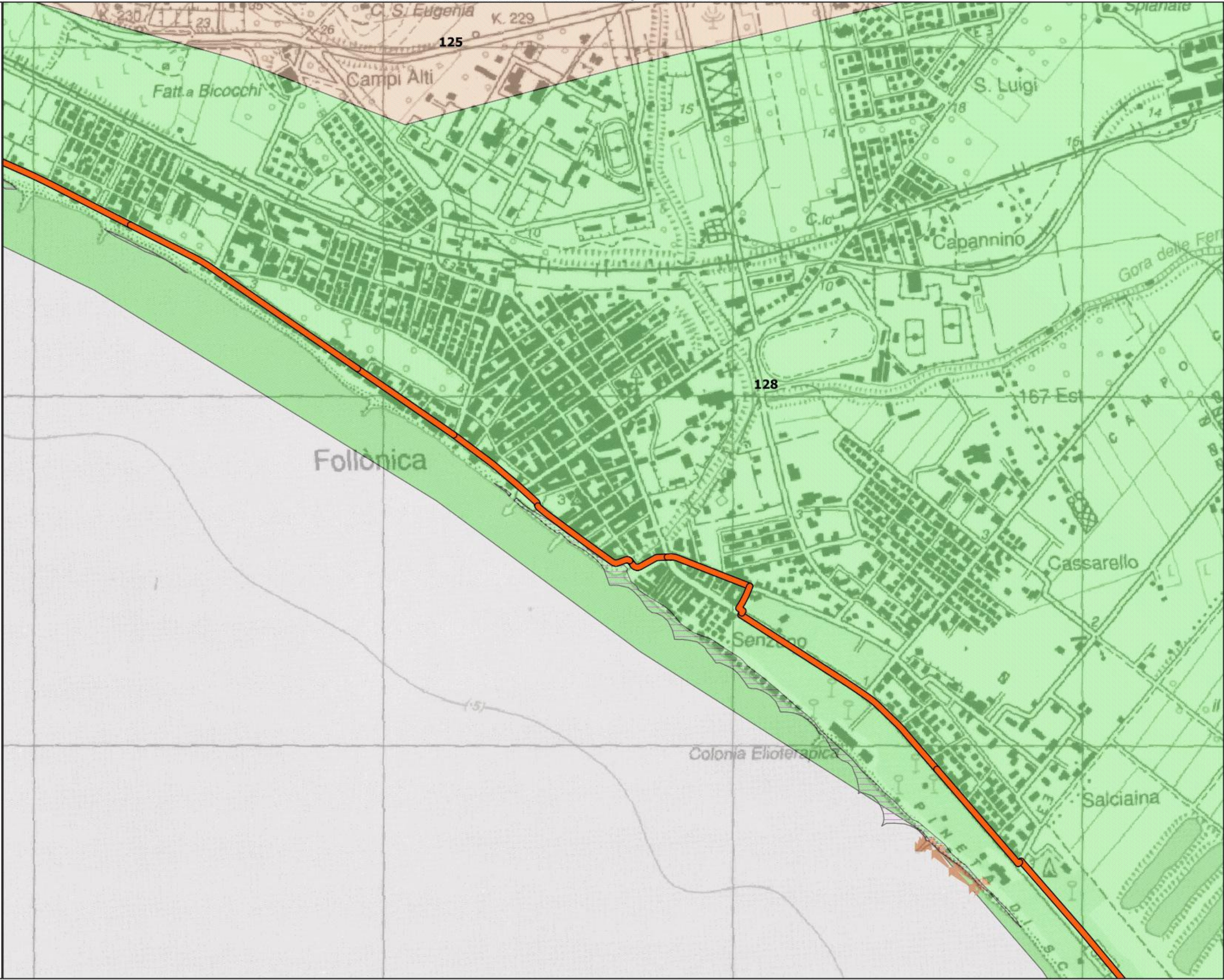
128
Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)

Variazione coste 1960-2012

AVANZAMENTO

Rischio erosione coste

CENTRO ABITATO



Scala cartografia

0 250 500 m



Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

Geologia

Geo_Min_Amb

128
Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)

Variazione coste 1960-2012

ARRETRAMENTO

AVANZAMENTO

Rischio erosione coste

CENTRO ABITATO

STRADA COMUNALE



Ciclabile TIRRENICA

| | tracciato Follonica-Scarlino |

Geologia

Geo_Min_Amb

128 Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)


95
Unità arenacee e arenaceo
marnose (torbiditiche)
(Paleogene)


Variazione coste 1960-2012

ARRETRAMENTO

AVANZAMENTO

☐ Rischio erosione coste

 CENTRO ABITATO

 STRADA COMUNALE

Scala cartografia

0 250 500 m



Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

Geologia

Geo_Min_Amb

128
Detriti coltri alluvionali e
fluviolacustri, spiagge attuali
(Olocene)95
Unità arenacee e arenaceo
marnose (torbiditiche)
(Paleogene)

Variazione coste 1960-2012





ARRETRAMENTO

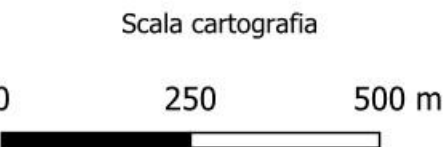
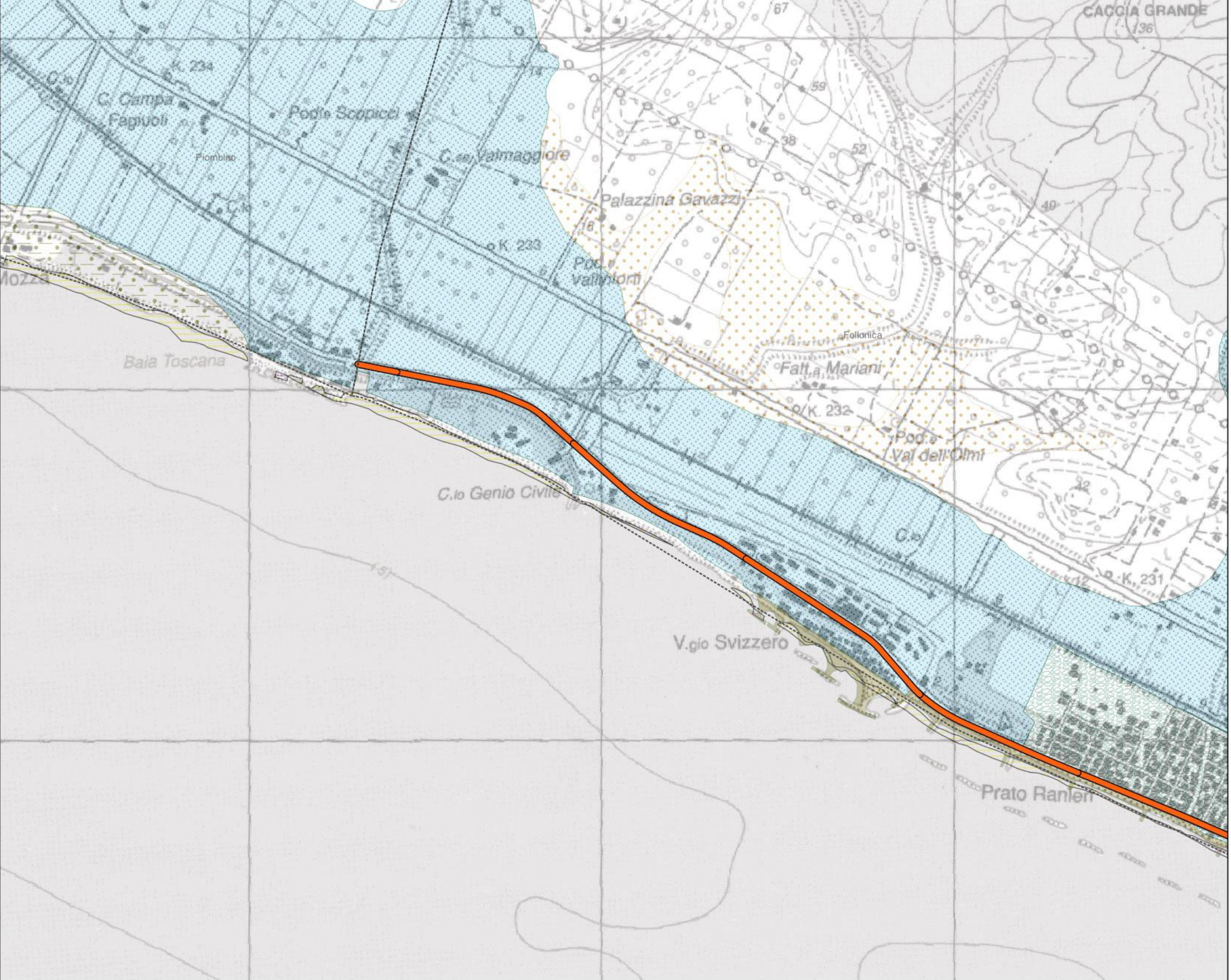
AVANZAMENTO

Rischio erosione coste

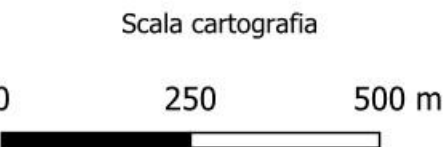
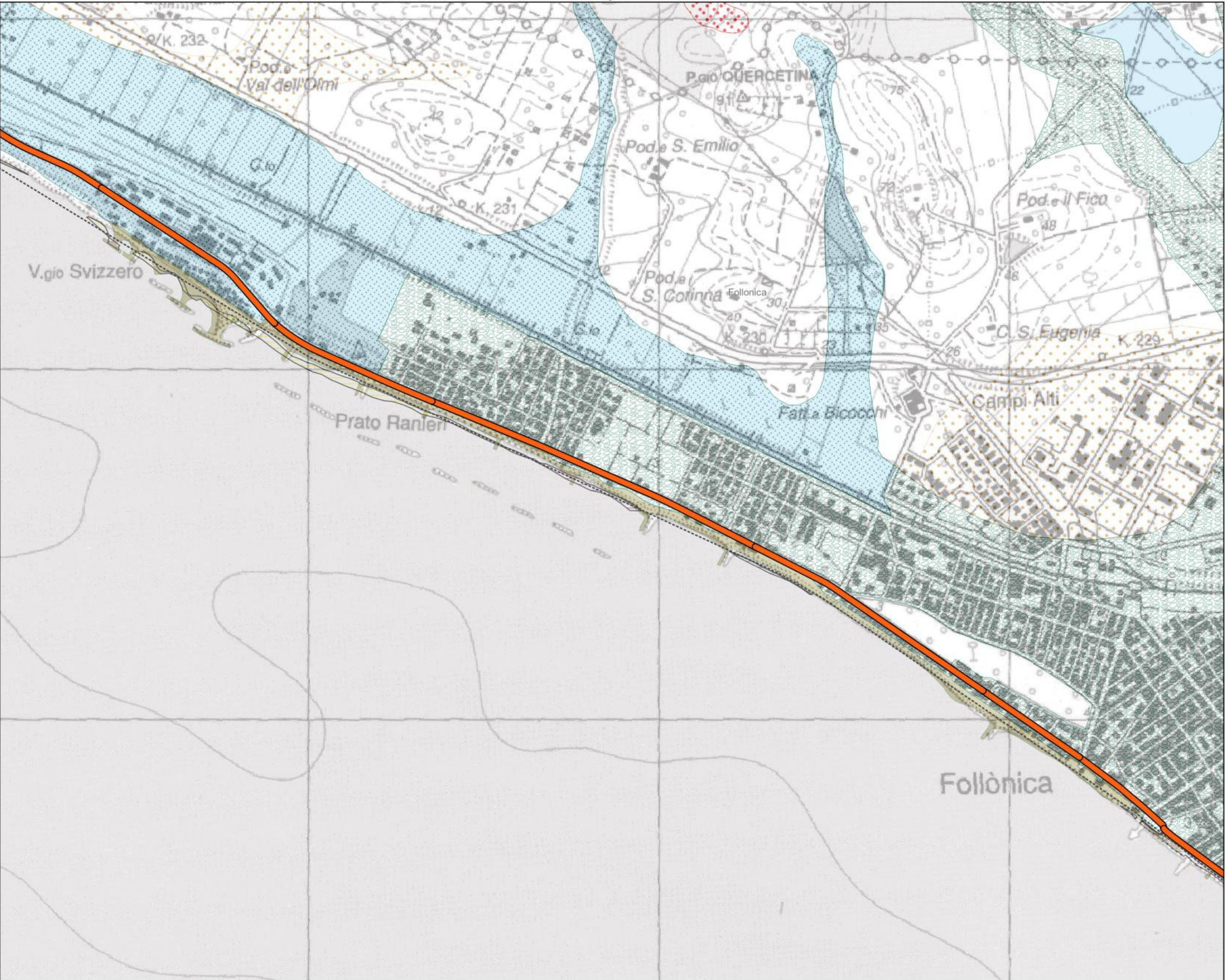
STRADA COMUNALE











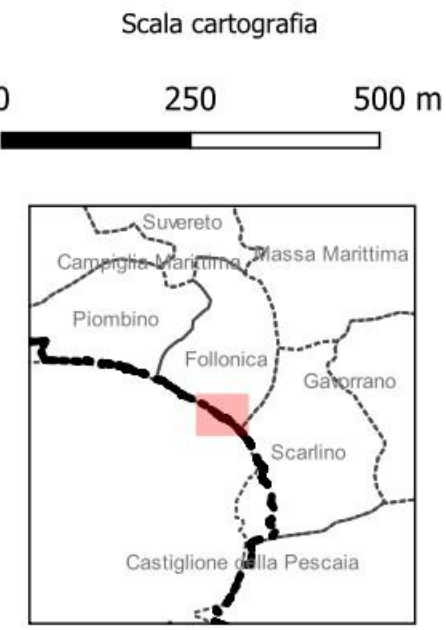
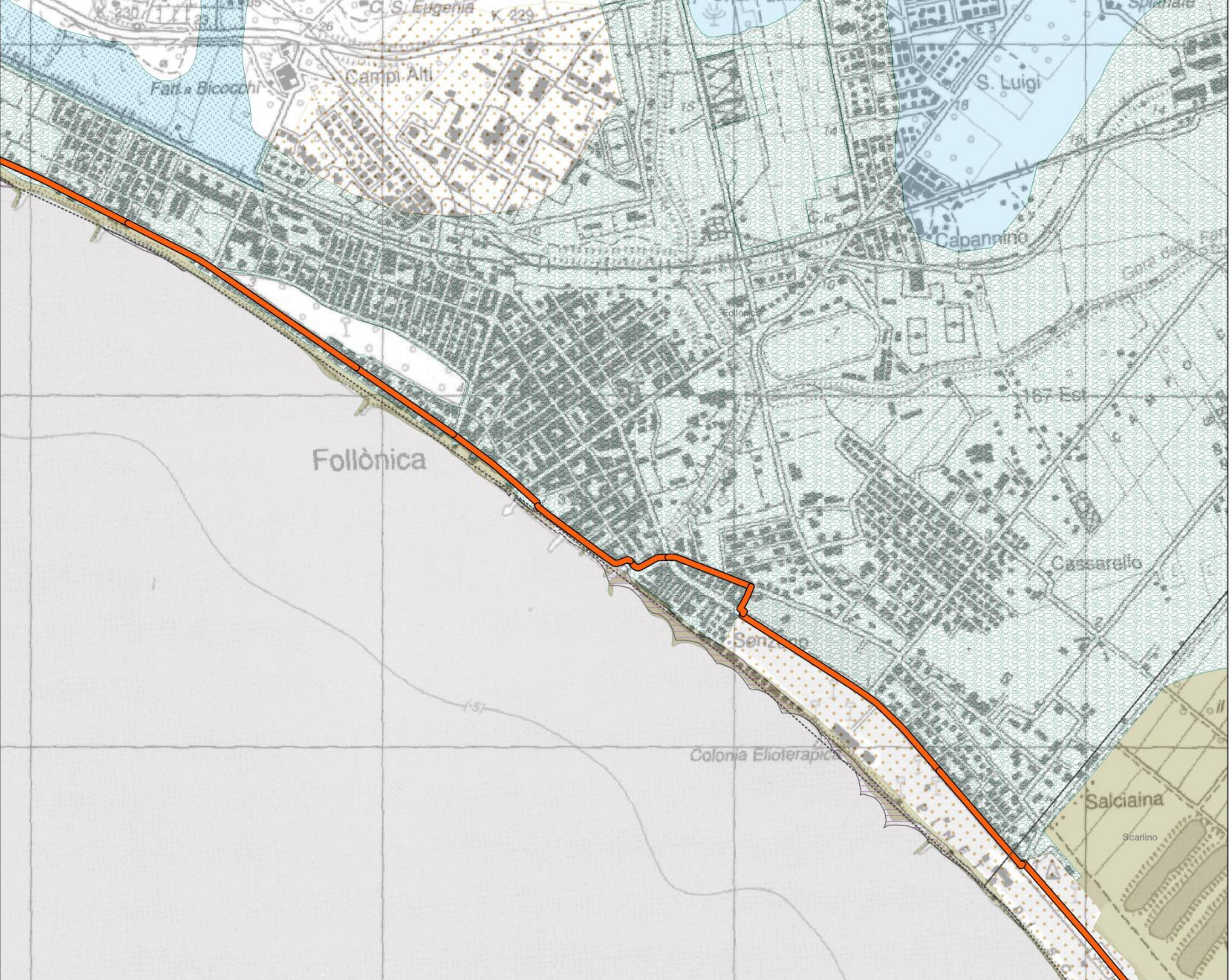
- Ciclabile TIRRENICA**
-  tracciato Follonica-Scarlino
-  limiti_toscana
- Depositi
- Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
 -  Deposito alluvionale Attivo Ghiaie limose miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
 -  Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
 - Forme e depositi di origine eolica
 -  Deposito eolico
 - Forme e depositi di origine marina
 -  Spiaggia Indeterminata
 - Depositi lacustri, palustri, lagunari e di colmata
 -  Deposito lacustre, palustre, lagunare o di colmata



- Ciclabile TIRRENICA**
- tracciato Follonica-Scarlino
- limiti_toscana
- Depositi
- Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'
- Deposito di versante
- Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
- Deposito alluvionale Attivo Ghiaie
- Deposito alluvionale Attivo Ghiaie limose miscela di ghiaia,sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
- Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata
- Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
- Forme e depositi di origine eolica
- Deposito eolico
- Forme e depositi di origine marina
- Spiaggia Indeterminata



- Ciclabile TIRRENICA**
-  tracciato Follonica-Scarlino
-  limiti_toscana
- Depositi
- Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
 -  Deposito alluvionale Attivo Ghiaie
 -  Deposito alluvionale Attivo Ghiaie limose miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
 -  Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata
 -  Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
 - Forme e depositi di origine eolica
 -  Deposito eolico
 - Forme e depositi di origine marina
 -  Spiaggia Indeterminata



Ciclabile TIRRENICA

tracciato Follonica-Scarlino

limiti_toscana

Depositi

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie limose miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)

Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata

Forme e depositi di origine eolica

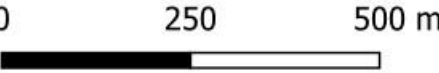
Deposito eolico

Forme e depositi di origine marina

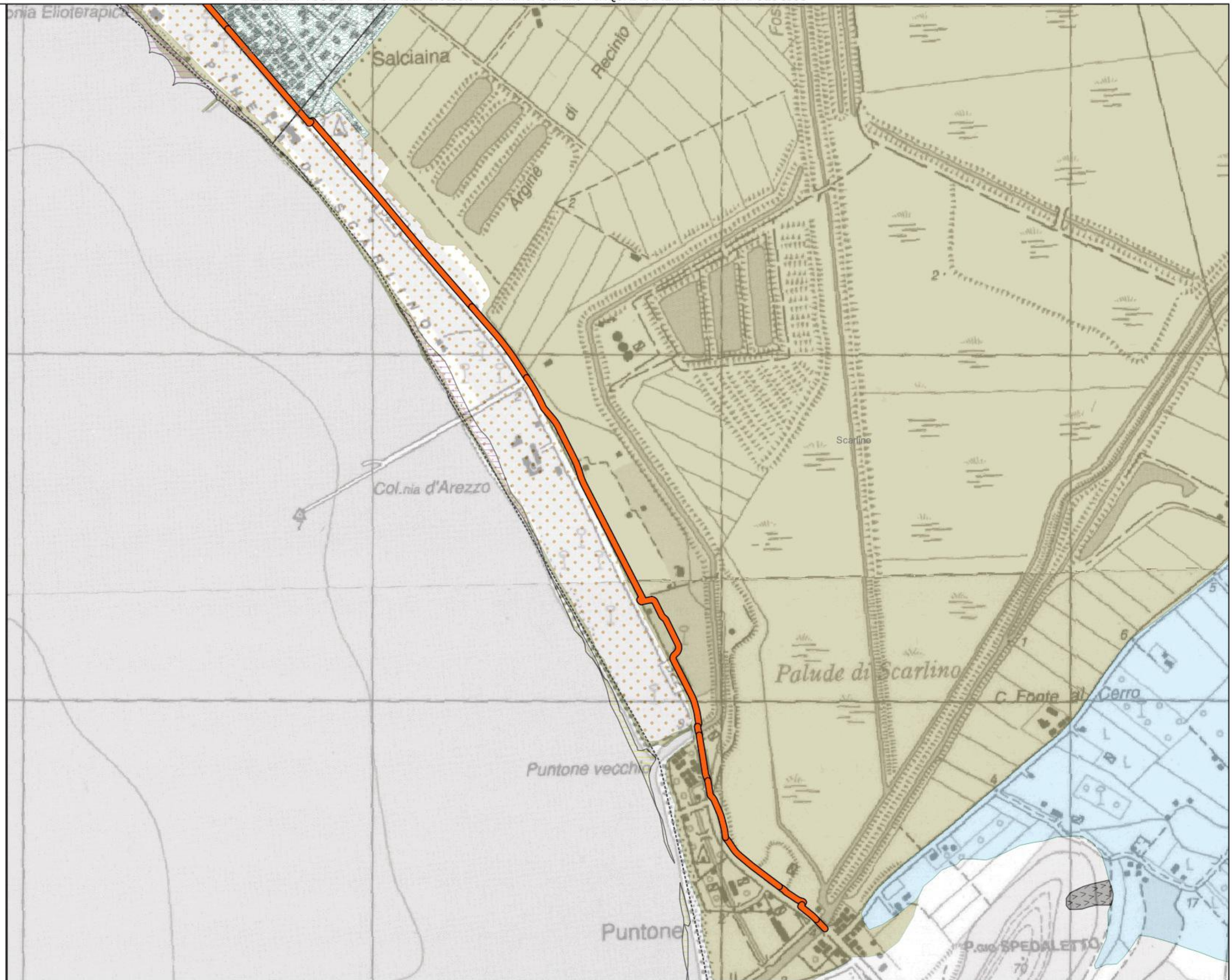
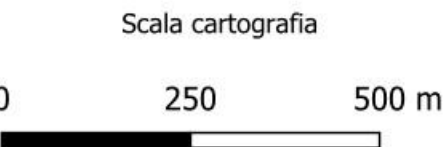
Spiaggia Indeterminata



Scala cartografia



- Ciclabile TIRRENICA**
- tracciato Follonica-Scarlino
 - limiti_toscana
 - Depositi
 - Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
 - Deposito alluvionale Attivo Ghiaie limose miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
 - Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata
 - Forme e depositi di origine eolica
 - Deposito eolico
 - Forme e depositi di origine marina
 - Spiaggia Indeterminata



- Ciclabile TIRRENICA**
- tracciato Follonica-Scarlino
 - limiti_toscana
 - Depositi
 - Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
 - Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata
 - Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie
 - Forme e depositi di origine eolica
 - Deposito eolico
 - Forme e depositi di origine marina
 - Spiaggia Indeterminata

