

Comune di Campi Bisenzio

PROVINCIA DI FIRENZE

“REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE DI COLLEGAMENTO
FRA IL CENTRO STORICO DI CAMPI BISENZIO
(LA ROCCA-PIAZZA GRAMSCI) E GONFIENTI,
NEL COMUNE DI CAMPI BISENZIO,
PROVINCIA DI FIRENZE”

RELAZIONE TECNICA CON INDICAZIONI DI FATTIBILITA'



Committente: Amministrazione Comunale di Campi Bisenzio (FI)

Il tecnico incaricato: Dr. Geol. Maurizio Negri

Campi Bisenzio (FI), dicembre 2019

INDICE

1. PREMESSA

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

3. MODALITA' ESECUTIVE DI STUDIO ED INDAGINE

4. INQUADRAMENTO DELL'AREA

5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

6. PERICOLOSITA' IDRAULICA

7. PERICOLOSITA' SISMICA

8. GEOMORFOLOGIA

9. GEOLOGIA, LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

9.1 Geologia generale

9.2 Geognostica 2006

9.2.1 Penetrometrie 2006

9.2.2 Sondaggi, presa di campioni da inviare al laboratorio geotecnico e prove SPT 2006

9.2.3 Analisi di laboratorio sui campioni prelevati 2006

9.3 Geognostica 2018

9.3.1 Penetrometrie 2018

9.3.2 Sondaggio 2018

9.3.3 Indagine sismica 2018

9.4 Caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del sottosuolo

9.4.1 Area della passerella sul Bisenzio fra S. Maria e Le Corti

9.4.2 Area percorso pista ciclabile La Rocca- Gonfienti

10. IDROGEOLOGIA

11. FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA

12. ELABORATI CARTOGRAFICI

Tavola 1- Carta di inquadramento del percorso della pista ciclabile

Tavola 2- Carta dei sondaggi realizzati per la passerella sul Bisenzio

1. PREMESSA

Su incarico della committenza lo scrivente ha prodotto una relazione geologica, datata novembre 2018, a supporto della realizzazione di una pista ciclabile di collegamento fra il centro storico di Campi Bisenzio (la Rocca-piazza Gramsci) e Gonfienti: in particolare la relazione suddetta riguardava il tratto dell'opera che da La Rocca arriva al rilevato dell'autostrada A11, a Nord di Capalle, dove avverrà il collegamento con una pista esistente. Nel progetto sono previste una passerella ciclo-pedonale sul fiume Bisenzio fra le località S. Maria e Le Corti ed un'altra in attraversamento del torrente Marina-fosso di Crucignano, alla confluenza fra Bisenzio e Marina presso villa Montalvo (per un dettaglio degli interventi si rimanda agli elaborati di progetto). Con riferimento alla comunicazione della Regione (Direzione difesa del suolo e Protezione Civile-Genio Civile Valdarno Centrale) avente come oggetto - *Controllo ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011- Deposito n. 26/19 del 27/09/19 – Variante al RU ai sensi art.34 L.R.T. 65/2014 mediante approvazione del progetto definitivo per “Realizzazione percorso di collegamento tra la rocca Strozzi e Gonfienti tramite pista ciclabile e passerella sul fiume Bisenzio* - (protocollo in ingresso del Comune di Campi Bisenzio n. 65660 del 19 novembre 2019), nella quale si richiede: *“Occorre sia chiaramente definita la classificazione di fattibilità geologica, sismica ed idraulica della previsione e le eventuali prescrizioni e condizioni per il completamento della progettazione delle opere e per la successiva fase di esercizio”*, si è redatto il documento presente. Per gli aspetti geologico-geotecnici di dettaglio e per gli allegati relativi alle indagini effettuate, sia in laboratorio che in situ, si rimanda alla relazione geologica sopra menzionata.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La relazione è stata redatta in conformità alle disposizioni di legge in vigore ed in particolare:

D.P.G.R. 25.10.2011 n° 53/R “Regolamento di attuazione dell’articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche”.

Consiglio Superiore dei Lavori pubblici “Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.

Ord. P.C.M. 3274/2003, nuova classificazione sismica nazionale, e s.m.i. che colloca il Comune di Campi Bisenzio in zona 2.

Del. G.R.T. n. 431/2006, riclassificazione sismica del territorio regionale: “Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell’ 11.5.2006”, nella quale il Comune di Campi Bisenzio veniva inserito in zona 3s, revocata dalla Del. G.R.T. n. 878/2012, “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” (e successiva D.G.R.T. 421/2014) dove il Comune di Campi Bisenzio è classificato in zona 3.

Normative contenute nel piano dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico".

D.L. 49/2010 "recepimento della direttiva europea 2007/60" (c.d. Direttiva "Alluvioni"), che prevede i piani di gestione del rischio di alluvioni (P.G.R.A.) per ciascun distretto idrografico italiano.

L.r. 41/2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014."

Normativa (e cartografia d'interesse geologico e di rischio) del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Campi Bisenzio.

3. MODALITA' ESECUTIVE DI STUDIO ED INDAGINE

Per l'acquisizione delle informazioni di tipo geologico, geotecnico e dei rischi idraulico e sismico usate per la stesura della presente relazione si è ricorso alla consultazione della letteratura e del materiale esistente ed in particolare:

elaborati (cartografie e relazioni) realizzati per le "Indagini geologico-tecnico ed idrauliche" all'interno del P.R.G. 2000 – Piano Strutturale (Ufficio P.R.G. – Progettista Arch. Pietro Felice Pasquale) comunale, redatti dal Dr. Geol. Roberto Neroni dello Studio Associato Geoeco di Firenze e collaboratori.

Elaborati d'interesse geologico e di pericolosità/rischio della variante al RUC denominata "Regolamento Urbanistico. Variante per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato ai sensi dell'art. 224 della L.R. 65/2014", che riguarda interventi puntuali ed adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato, adottata con d.c.c. n. 205 del 19/10/2017 e relativo avviso di adozione pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 44 - Parte Seconda - del 31/10/2017.

Norme Tecniche di Attuazione contenute nel Regolamento Urbanistico Comunale attualmente vigente.

Elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno: "Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico", cartografie e normative.

Elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno: "Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)".

Carta piezometrica e del grado di protezione dell'acquifero pubblicata nella "Map of protection against pollution of the middle Valdarno plain aquifers" redatta dal Dr. A. Gargini e dal Prof. G. Pranzini del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'ambito del Progetto MURST *Groundwater resources in Tuscany: distribution, quality, exploitation*.

Guide Geologiche Regionali n. 4, Appennino Tosco-Emiliano, a cura della Società Geologica Italiana. Sezione 263140 della Carta Geologica Regionale e della Carta Tecnica Regionale alla scala 1/10.000.

Sezioni d'interesse della Carta Tecnica Regionale alla scala 1/2.000.

Foglio 106-Firenze della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100.000 e relative note illustrative.

Banca dati delle osservazioni macrosismiche italiane (D.B.M.I. 15), a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, disponibile on-line sul sito www.ingv.it.

Indagini sismiche relative alle zone d'interesse e vicinanze, disponibili nell'archivio dello scrivente, per lo studio della velocità delle onde S nei primi 30 m di terreno e la determinazione della categoria di suolo (tab. 3.2.II delle N.T.C. 2018). Precedentemente alla relazione del 2018 furono eseguite dallo scrivente due relazioni geologiche (già in possesso della committenza), una preliminare nel gennaio 2006 ed un'altra, datata dicembre 2006 comprendente anche indagini in situ e laboratorio, entrambe a supporto di fasi di progettazione della passerella d'attraversamento del fiume Bisenzio. Le indagini eseguite sono state riprese anche successivamente in quanto si presume mantengano la loro validità e rappresentatività riguardo le condizioni locali dell'area dove si prevede la realizzazione dell'opera d'attraversamento del Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti. In dettaglio le indagini del 2006 furono:

- tre prove penetrometriche statiche CPT spinte fino a – 15 m dal piano di campagna, due in riva destra ed una in riva sinistra

- quattro sondaggi a rotazione (due in riva destra e due in riva sinistra), uno spinto fino ai 30 m e tre fino ai 20 m di profondità dal piano di campagna, durante i quali furono eseguite, in totale, 45 prove penetrometriche dinamiche SPT e prelevati quattro campioni indisturbati, uno per punto sondaggio. Sui campioni furono effettuate le seguenti analisi e prove geotecniche in laboratorio:

- Limiti di Atterberg e di ritiro; Peso di volume naturale; Umidità naturale; Prova edometrica a gradini a carico costante; Prova di taglio; Prova di compressione semplice

Le attività di campagna e di laboratorio furono effettuate dalla ditta “Ichnogeo” s.a.s. di S. Miniato Basso (PI), dotata di certificazione ministeriale per l'esecuzione di quanto richiesto.

Nei perfori delle prove penetrometriche P1 e P3 furono inseriti due tubi piezometrici per rilevare la presenza di acqua di falda e la sua profondità rispetto al piano di campagna.

Nel novembre 2018 ad integrazione delle indagini sopra descritte, lungo il percorso della pista ciclopeditone sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche (CPT o DPSH a seconda delle condizioni locali) spinte fino a 10 m dal piano di campagna in due siti e a 5 m dal piano di campagna nei restanti 8 siti. Nel perforo della penetrometria P1 è stato inserito un tubo piezometrico allo scopo di misurare la profondità dell'eventuale falda. Per la determinazione della categoria di sottosuolo e della $V_{s,eq}$ presso le zone di realizzazione delle passerelle d'attraversamento dei corsi d'acqua Bisenzio e Marina è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (sinistra idraulica), non distante dalla confluenza del torrente Marina, dove si prevede la realizzazione di una passerella d'attraversamento di questo corso d'acqua. Per meglio definire la situazione stratigrafica in corrispondenza della zona di costruzione della suddetta passerella, alla confluenza Bisenzio-Marina è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna (sul tracciato della ex via di Fornello) con tre prove SPT in corso di perforazione. Le indagini 2018 sono state eseguite dalla ditta Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI).

4. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area sulla quale è previsto l'intervento si trova nel Comune di Campi Bisenzio, fra il centro storico del capoluogo e il rievato dell'autostrada A11, a monte del centro storico di Capalle. Partendo da Sud il primo tratto della pista ciclabile, da La Rocca a Santa Maria, si sviluppa in destra idraulica del fiume Bisenzio, anche in area golenale, per poi attraversare il corso d'acqua mediante una passerella ciclopeditone da realizzare fra la località Santa Maria e Le Corti. La prosecuzione, ora in sponda sinistra, avverrà su di un tratto di viabilità esistente fino alla circonvallazione Nord (viale P. Paolieri)-villa Montalvo, dove è previsto l'attraversamento del torrente Marina e del fosso di Crucignano con una nuova infrastruttura. La prosecuzione verso Capalle avverrà sempre in sponda sinistra del Bisenzio, scendendo alla base dell'argine mantenendo 4 m di distanza da questa, fino al ponte sul Bisenzio del viale Paolieri, dove il sottopasso esistente permetterà di continuare il percorso, sempre in sponda sinistra del Bisenzio, fra l'argine e la variante alla provinciale Barberinese, fino all'intersezione della stessa con il tratto Nord del fosso di Crucignano. Da qui, seguendo il Crucignano in sponda destra, si arriva all'attraversamento (esistente) del fosso che scorre a monte del cimitero di Capalle, per continuare lungo il medesimo corso d'acqua fino al torrente Marinella, dopo avere passato via San Quirico ed un'area "a verde". La prosecuzione lungo il torrente Marinella avverrà alla base dell'argine sinistro, fino al sottopasso dell'autostrada A-11 Firenze-mare da dove ci sarà il collegamento con il percorso ciclabile già presente (toponimi e riferimenti da CTR 1/2000 e CTR 1/10.000).

5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Nella "Carta della pericolosità geologica e idrogeologica", eseguita per le indagini geologico tecniche ed idrauliche per il P.R.G. 2000 – Piano Strutturale (elaborato 10-13), redatta nel 2001 dal Dr. Geol. Roberto Neroni della Geoeco di Firenze, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, l'intero percorso della pista ciclabile, da La Rocca al rilevato dell'autostrada A11 presso il torrente Marinella a Capalle, è posto in classe 3 a g-i (pericolosità medio-bassa di natura sia geologica che idrogeologica). Nel territorio campigiano, come si legge nella Relazione descrittiva delle indagini geologico-tecnico ed idrauliche, realizzata dal già citato Dr. Geol. Roberto Neroni:

"...le problematiche inerenti il territorio di Campi Bisenzio, data la sua natura, siano determinate dalla sola presenza di instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali dovuta a depositi alluvionali a granulometria eterogenea, potenzialmente suscettibili di densificazione. Per tale ragione tutto il territorio comunale è stato inserito in classe di pericolosità geologica 3a.Relativamente alla pericolosità idrogeologica, marcata sulla carta da una "i" a fianco del numero guida, questa è legata alla salvaguardia della falda, soprattutto freatica ma non solo. Con tale ottica tutta la Piana è stata inserita in classe di

pericolosità 3 a (medio-bassa) poiché tutto il territorio comunale è sede di una falda superficiale potenzialmente inquinabile.....”

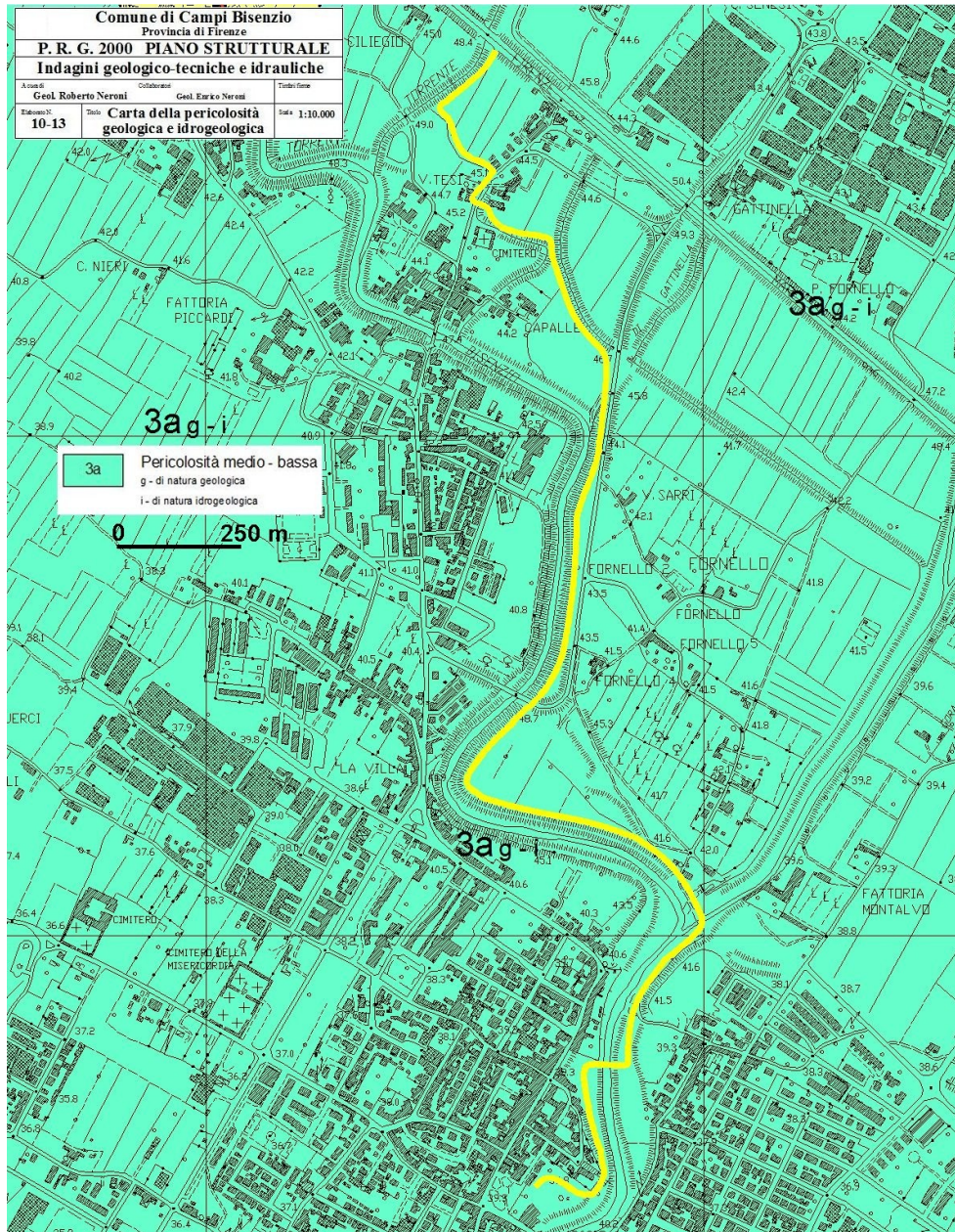


Fig. 1 – Stralcio della carta della pericolosità geologica e idrogeologica del P.S.C. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea gialla. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Le cartografie della variante al RUC entrata in vigore dal 30 maggio 2018, con le dovute approssimazioni, comprendono una parte limitata del tracciato, praticamente solo in corrispondenza del limite Nord-Est delle tavole “b” del RUC. Di seguito si riportano le indicazioni contenute negli elaborati d'interesse geologico e di pericolosità geologica della variante suddetta riguardo il tratto di pista compreso nelle carte della variante:

- **tav. 1b Carta Geologica** (data: gennaio 2018): nell'area è indicata la presenza di “*depositi antropici*” (h5), “*conoide alluvionale e da debris flow*” e “*depositi alluvionali terrazzati*” (bna1-bna2)
- **tav. 5b Carta Litotecnica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata in corrispondenza fra “*Terreno di riporto: zone urbanizzate, rilevati stradali e ferroviari*”- “*rilevati arginali*” e “*Unità F1.s3-4.t2: Depositi alluvionali. Granulometria dominante: terreni limosi e/o limoso argillosi con presenza di frazione sabbiosa da consistenti a moderatamente consistenti*”

- **tav 6b Carta Geologico-Tecnica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra “*Terreni di copertura- terreni contenenti resti di attività antropica*” e “*limi, limi argillosi con presenza di lenti sabbiose limose e/o limi sabbiosi (ML)*”, su “*conoide alluvionale*”

- **tav 9b Carta della Pericolosità Geologica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le zone a “*Pericolosità geologica bassa – G1*” in prossimità o presso zone a “*Pericolosità geologica elevata – G3*” (rilevati arginali e stradali)

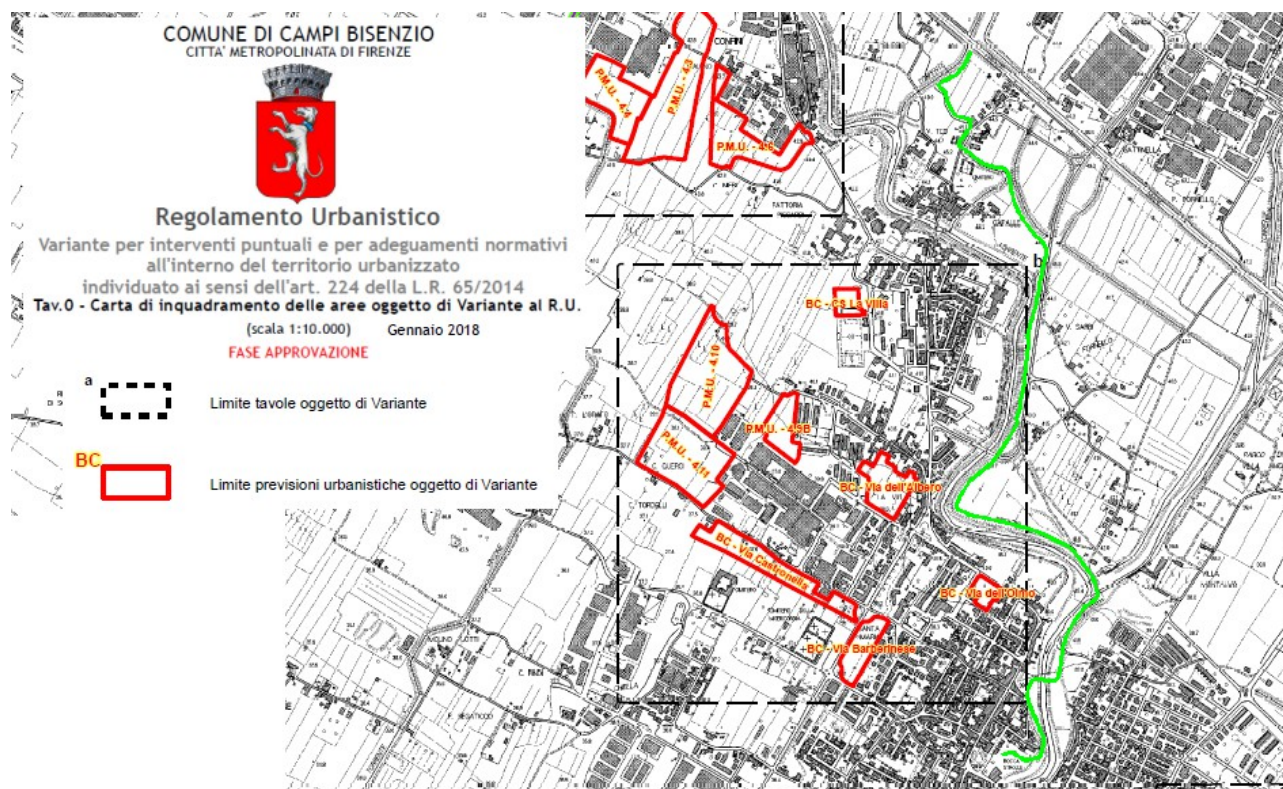


Fig. 2 – Stralcio della carta di inquadramento delle aree oggetto di variante al R.U. 2018. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

6. PERICOLOSITA' IDRAULICA

Come si evince dalla cartografia disponibile (“Carta degli ambiti fluviali”, eseguita per le indagini geologico tecniche ed idrauliche per il P.R.G. 2000 – Piano Strutturale, elaborato 10-5), rev. 12/2002, dal Dr. Geol. Roberto Neroni della Geoeco di Firenze, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, la pista e le infrastrutture a suo servizio ricadono all’interno degli ambiti fluviali (ambito A1 in particolare) del torrente Bisenzio (FI 2478), così come definiti nella ex D.C.R. 230/94 e successiva Del. C.R.T. 12/2000 e in alcuni tratti nella fascia di 10 m di rispetto per i corsi d'acqua del comprensorio di bonifica ai sensi del R.D. 368/04. In base a quanto rilevabile nell’abaco della fattibilità degli interventi in funzione della pericolosità idraulica e dei vincoli idraulici presenti, contenuto nell’elaborato “C-Indagini di compatibilità e fattibilità geologico-idraulica; C/O-Relazione tecnica e schede di fattibilità” del Regolamento Urbanistico Comunale di Campi Bisenzio, per le aree ricadenti in fasce di rispetto fluviale -ambito A1 e fascia di 10 m da acque pubbliche (R.D. 523/1904 e R.D. 368/04)-, per qualunque intervento dovrà essere preventivamente ottenuto il parere

favorevole dell'Ente competente alla tratta di corso idraulico interessato, fermo restando che per ogni intervento la messa in sicurezza non dovrà aumentare il rischio idraulico nelle aree contermini o in quella d'interesse. Nella relazione descrittiva delle "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche. P.R.G. 2000-Piano Strutturale" (elaborato 10.0) redatta dal Dr. Geol. Roberto Neroni dello Studio associato Geoeco di Firenze, al punto 10.4 che descrive la carta degli ambiti fluviali (pag. 54) si legge: *"Per quanto riguarda l'ambito "A1" (art.75 comma 2 e 3), al suo interno gli strumenti urbanistici e loro varianti non dovranno prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura e trasformazioni morfologiche, eccetto per i manufatti e le trasformazioni morfologiche di carattere idraulico. Sono fatte salve le opere idrauliche, di attraversamento del corso d'acqua, degli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché gli adeguamenti delle infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico"*.

L'articolo "3 – tutela dei corsi d'acqua", comma 2 della l.r. 41/2018 descrive gli interventi ammessi presso i corsi d'acqua:

"2. Negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012, nel rispetto della normativa statale e regionale di riferimento e delle condizioni di cui al comma 5, sono consentiti i seguenti interventi:

a) interventi di natura idraulica, quali in particolare:

1) trasformazioni morfologiche degli alvei e delle golene;

2) impermeabilizzazione del fondo degli alvei;

3) rimodellazione della sezione dell'alveo;

4) nuove inalveazioni o rettificazioni dell'alveo.

b) reti dei servizi essenziali e opere sovrappassanti o sottopassanti il corso d'acqua;

c) opere finalizzate alla tutela del corso d'acqua e dei corpi idrici sottesi;

d) opere connesse alle concessioni rilasciate ai sensi del regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 (Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici);

e) interventi volti a garantire la fruibilità pubblica;

f) itinerari ciclopeditali;

g) opere di adduzione e restituzione idrica;

h) interventi di riqualificazione ambientale."

Ai commi 5, 6 e 8 della l.r. 41/2018 si legge:

"5. Gli interventi di cui ai commi 2, 3 e 4 sono consentiti, previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verifica la compatibilità idraulica nel rispetto delle seguenti condizioni:

a) sia assicurato il miglioramento o la non alterazione del buon regime delle acque;

b) non interferiscano con esigenze di regolazione idraulica, accessibilità e manutenzione del corso d'acqua e siano compatibili con la presenza di opere idrauliche;

c) non interferiscano con la stabilità del fondo e delle sponde;

d) non vi sia aggravio del rischio in altre aree derivante dalla realizzazione dell'intervento;

e) non vi sia aggravio del rischio per le persone e per l'immobile oggetto dell'intervento;

f) il patrimonio edilizio esistente di cui al comma 3 sia inserito nel piano di protezione civile comunale al fine di prevenire i danni in caso di evento alluvionale.

6. Il rispetto delle condizioni di cui al comma 5 costituisce elemento di verifica della compatibilità idraulica ai fini del rilascio dell'autorizzazione di cui al medesimo comma 5. L'autorizzazione idraulica è rilasciata dalla struttura regionale competente con le modalità definite nel regolamento di cui all'articolo 5, comma 1, lettera e), della legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80 (Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri). L'autorizzazione è rilasciata entro quarantacinque giorni dal ricevimento della domanda.

8. Gli interventi di cui al comma 2, lettere e) ed f), sono realizzati, nel rispetto delle condizioni di cui al comma 5 e a condizione che siano adottate nei piani comunali di protezione civile misure per regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.”

Nella cartografia del vincolo idrogeologico, disponibile anche dal portale geoscopio della Regione Toscana – SITA (Sistema Informativo Territoriale Ambientale) si vede che il tracciato della pista è tangente ad aree sottoposte a vincolo (aree boscate), come alcuni tratti dei corpi arginali, ma non sembra interessare aree vincolate, fermo restando che la base cartografica di riferimento non è aggiornata e che la ciclabile è rappresentata in maniera indicativa nella carta del vincolo idrogeologico riportata di seguito.

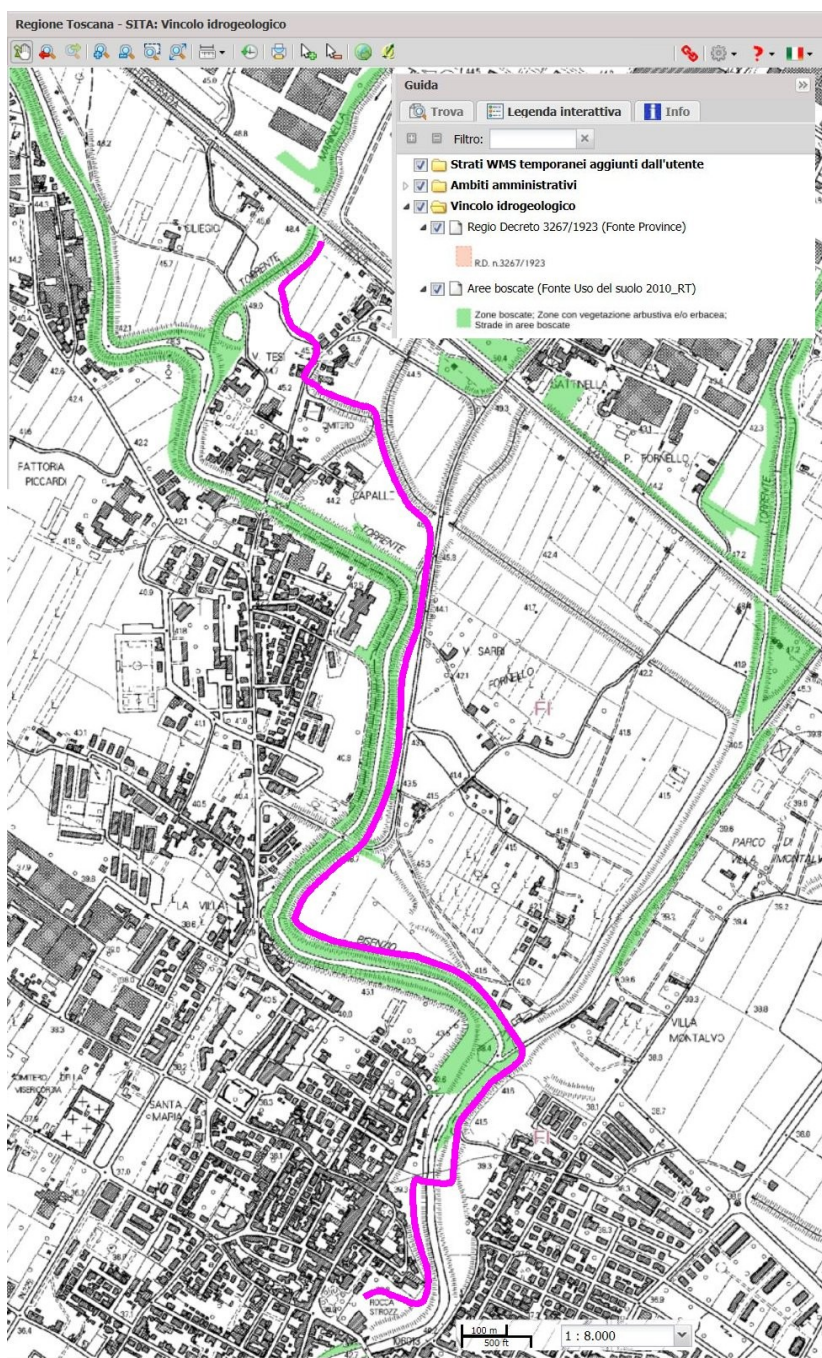


Fig. 3 – Stralcio della carta del vincolo idrogeologico tratta dal portale Geoscopio della Regione Toscana-SITA. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Nella carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale (freatico), elaborato 10-12 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche", realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, i terreni lungo il percorso in studio sono indicati essere a vulnerabilità alta (*acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da medio-fine a fine, con scarse caratteristiche idrogeologiche e di emungimento. Localmente sono presenti livelli più grossolani con estensione areale limitata. La superficie della falda è prossima al piano di campagna. La protezione è scarsa a causa del modesto spessore presente, ma la permeabilità e le velocità di propagazione di un eventuale inquinante restano basse*).

Come detto le cartografie della variante al RUC entrata in vigore dal 30 maggio 2018, con le dovute approssimazioni, comprendono una parte limitata del tracciato, praticamente solo in corrispondenza del limite Nord-Est delle tavole "b" del RUC. Di seguito si riportano le indicazioni contenute negli elaborati d'interesse idraulico-idrogeologico e di pericolosità idraulica della variante suddetta riguardo il tratto di pista compreso nelle carte della variante:

- **tav. 3b Carta Idrogeologica e delle permeabilità superficiali** (data: agosto 2017): l'area è indicata al limite fra quelle a "Permeabilità medio-alta" e quelle a "Permeabilità da bassa a molto bassa" (rilevati arginali), con un breve tratto su "Permeabilità media" in corrispondenza del rilevato del ponte sul Bisenzio della variante Nord

- **tav 10b Carta della Pericolosità Idraulica** (data: agosto 2017): l'area è indicata fra le zone a "Pericolosità idraulica elevata – I3 (eventi con tempi di ritorno compresi fra 30 e 200 anni)"

- **tav 11d Carta delle problematiche idrogeologiche** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra quelle a "Vulnerabilità medio alta", vicino ad aree a "Vulnerabilità da bassa a molto bassa" (rilevati arginali) e "Vulnerabilità media" (rilevati stradali) per la vulnerabilità degli acquiferi e fra le "Aree a disponibilità prossima alla capacità di ricarica - D2" per la disponibilità idrica sotterranea.

Nella "Carta delle aree inondate durante l'evento del 1966" (elaborato 10-6 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche", realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni), si vede che il tratto meridionale della pista, fino alla confluenza con il torrente Marina, non fu interessato da allagamenti, mentre il tratto centrale fra Fornello e villa Sarri (circa), fu colpito dall'esondazione. Proseguendo verso Capalle si attraversa un'area non colpita dall'evento fino al fosso che costeggia il cimitero locale, per poi rientrare in zona alluvionata nel '66 fino al rilevato dell'autostrada A11. La pista ciclabile è compresa fra le aree indicate come interessate da eventi nella Carta delle aree inondate e a difficoltà di drenaggio dal '91 al '99 (elaborato 10-7 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche", realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni e l'Ing. Andrea Sorbi), nel tratto di percorso che da poco a valle della confluenza Marina-Bisenzio arriva all'autostrada A11. Nel 1991 una tracimazione d'argine immediatamente a valle della confluenza del torrente Marina con il Bisenzio, in sinistra idraulica di quest'ultimo, provocò allagamenti, limitatamente però alla sponda sinistra del Bisenzio. A monte della confluenza Marina-Bisenzio l'area fu interessata da fenomeni di allagamento nel 1992 e, in misura minore, nel 1991 per rottura degli argini del torrente Marinella, in territorio di Calenzano, oltre che per insufficienza della rete di scolo.

Nella carta della pericolosità idraulica del Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) realizzata dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, la pista ciclabile si vede che attraversa zone a diverso grado di pericolosità da alluvioni fluviali. Nel tratto meridionale, dalla Rocca Strozzi-piazza Gramsci fino alla confluenza con il torrente Marina si ha una pericolosità da alluvioni fluviali "P1-bassa", nella parte successiva del tracciato si ha una pericolosità da alluvioni fluviali "P2 – media".

Nella disciplina di Piano del P.G.R.A. le aree a pericolosità idraulica P1 sono definite: *pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale*. Nella Disciplina di Piano del P.G.R.A., per la aree a pericolosità idraulica "1-bassa" non sono indicate norme specifiche ma all'articolo 11 (capo II, sezione 1) sono definiti *gli indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*:

"Art. 11 – Aree a pericolosità da alluvione bassa (P1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

- 1. Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.*
- 2. La Regione disciplina le condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1".*

Sempre nella disciplina di Piano del P.G.R.A. le aree a pericolosità idraulica P2 sono definite: *pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni*.

Nella Disciplina di Piano del P.G.R.A., per la aree a pericolosità idraulica "2-media", all'articolo 9 (capo II, sezione 1) sono definite le *norme* e all'articolo 10 (capo II, sezione 1) *gli indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*: di seguito si riportano i due articoli.

"Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P 2) – Norme

- 1. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.*
- 2. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:*
 - a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;*
 - b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;*
 - c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;*
 - d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;*
 - e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.*
- 3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.*

Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

- 1. Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:*
 - f) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica;*
 - g) le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico;*
 - h) sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili;*
 - i) le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico."*

Riguardo i battenti idraulici (modello dell'Autorità di Bacino dell'Arno – Distretto Appennino Settentrionale) nell'area d'interesse, risulta che la pista ciclabile sia all'esterno di quelle nelle quali si hanno battenti duecentennali (siano essi disponibili o non disponibili) nel tratto meridionale dalla Rocca Strozzi-piazza Gramsci fino alla confluenza Bisenzio-Marina, e poi prosegue in aree per le quali non si hanno battenti disponibili come si evince dalla cartografia tematica di cui è riportato di seguito uno stralcio relativo alla zona d'intervento ed adiacenze.

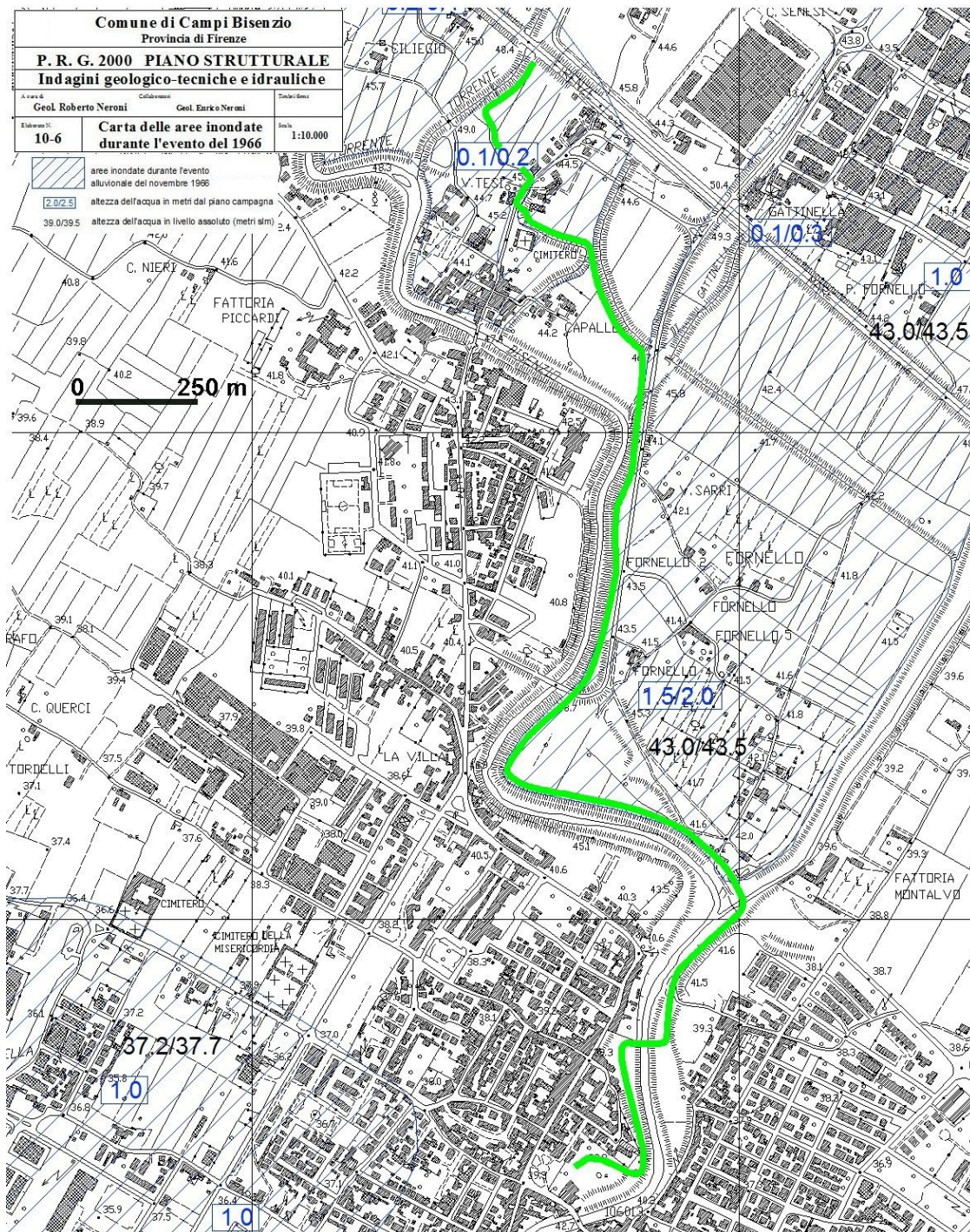


Fig. 4 – Stralcio della carta delle aree inondate durante l'evento del 1966 del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

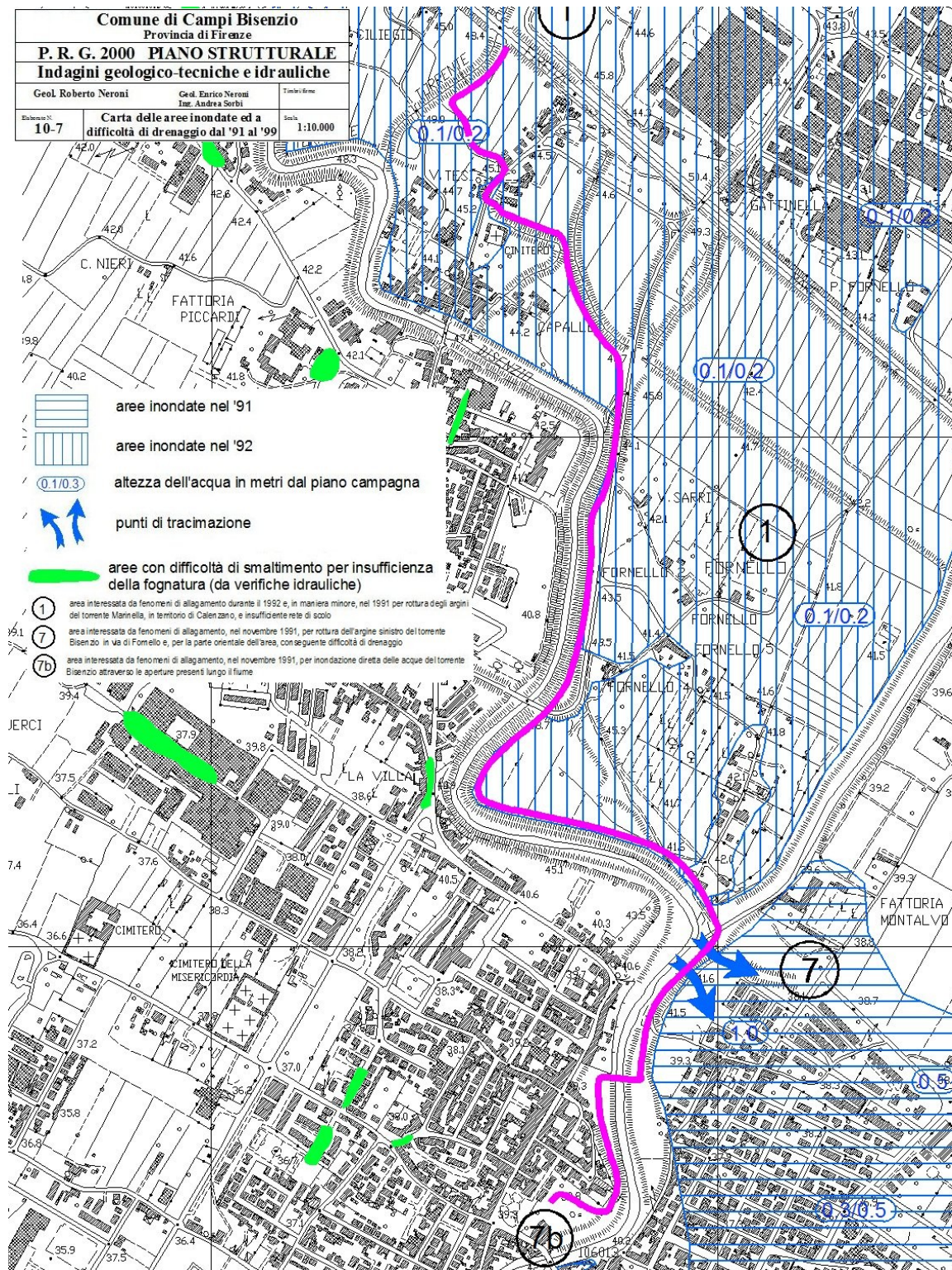


Fig. 5 – Stralcio della carta delle aree inondate ed a difficoltà di drenaggio dal '91 al '99 del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta

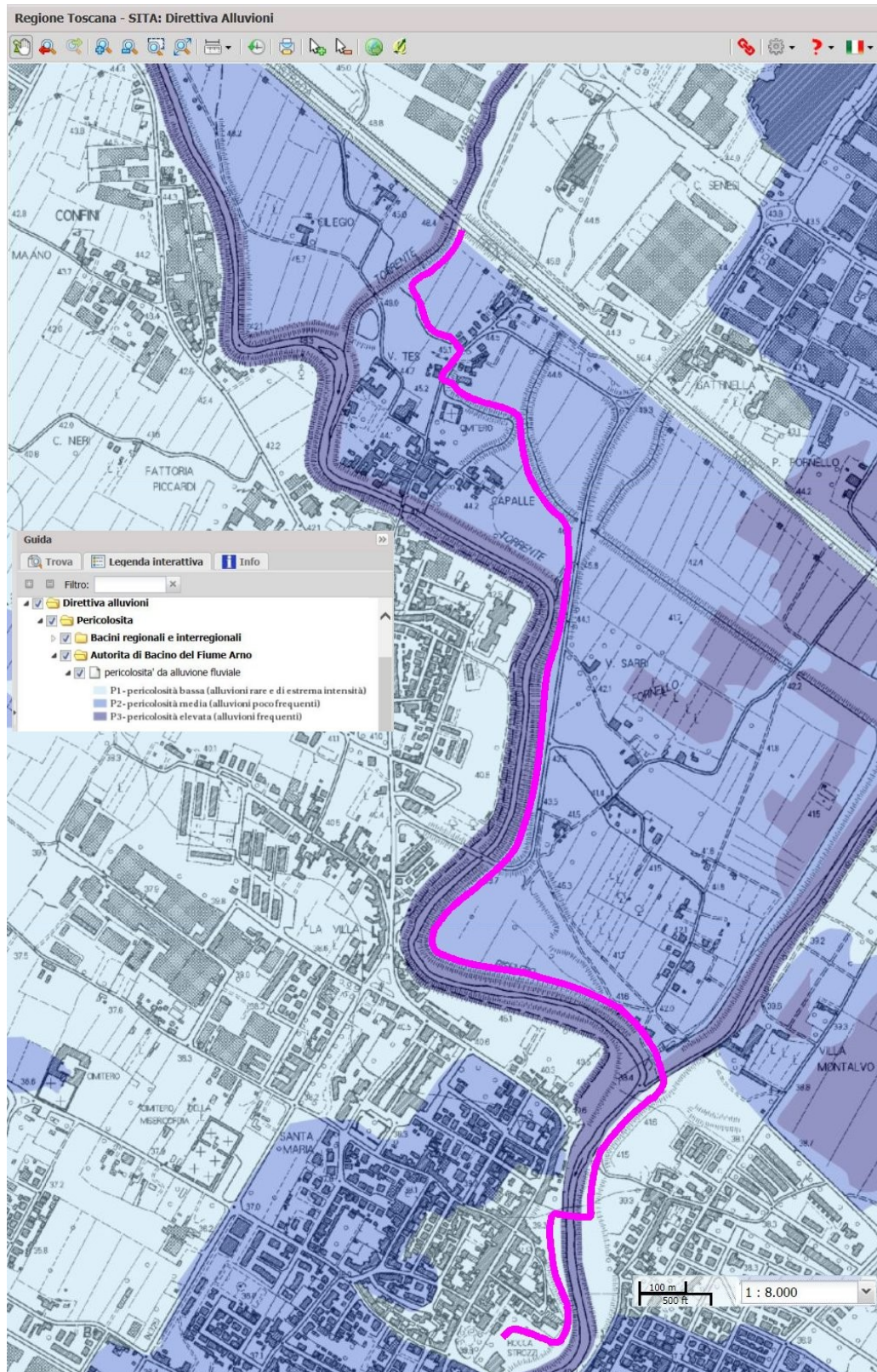


Fig. 6 – Stralcio della carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A., dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, con il tracciato della pista ciclabile, tratto da La Rocca fino al rilevato dell'A11 “Firenze-mare”, approssimativamente rappresentato dalla linea violetta

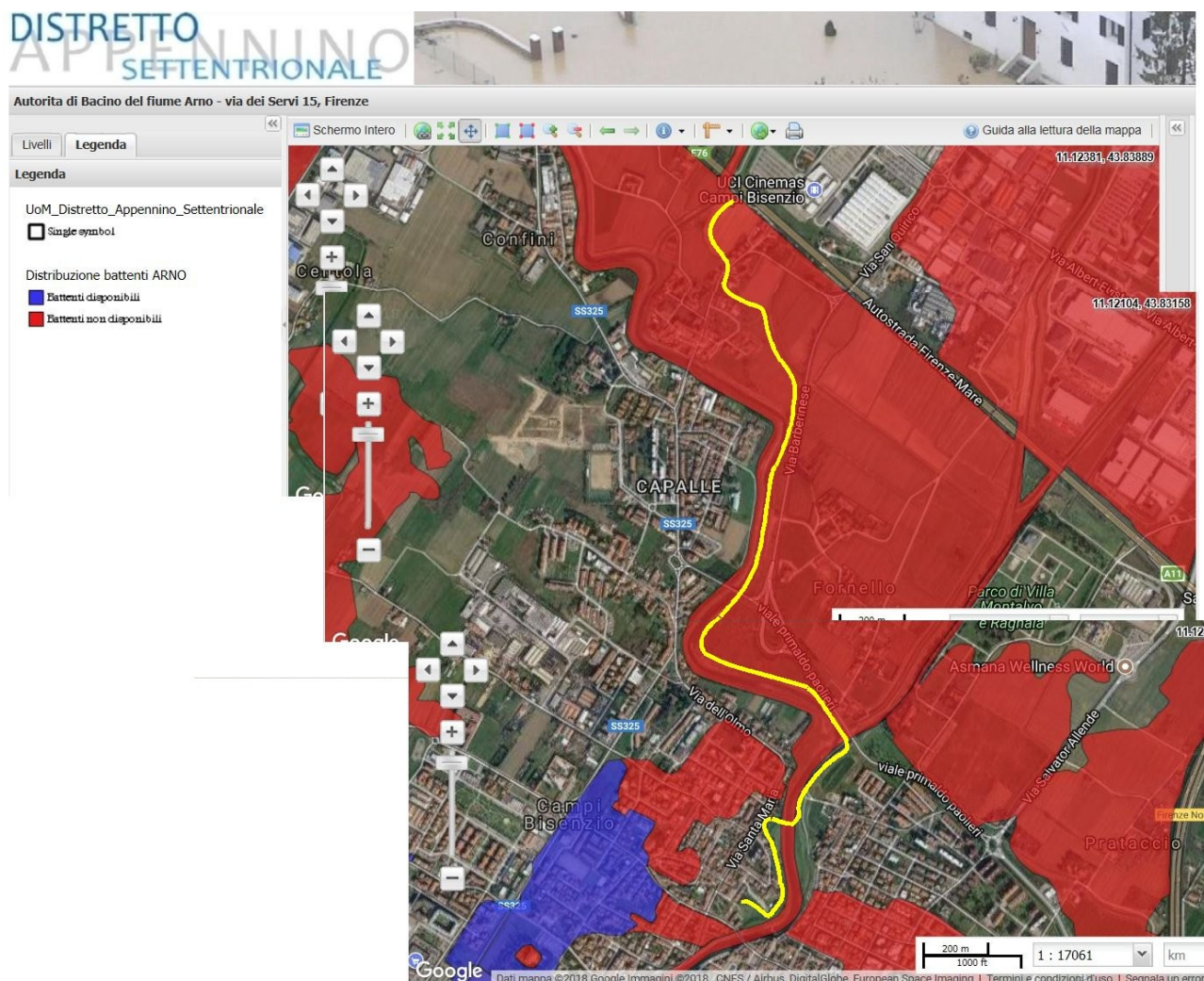


Fig. 7 – Stralcio della carta dei battenti duecentennali dell'Autorità di Bacino del fiume Arno. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea gialla

7. PERICOLOSITA' SISMICA

Le cartografie della variante al RUC entrata in vigore dal 30 maggio 2018, con le dovute approssimazioni, comprendono una parte limitata del tracciato, praticamente solo in corrispondenza del limite Nord-Est delle tavole "b" del RUC. Di seguito si riportano le indicazioni contenute negli elaborati d'interesse per gli aspetti sismici e di pericolosità sismica della variante suddetta riguardo il tratto di pista compreso nelle carte della variante:

- **tav 8b Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.)** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" (2002)
- **tav 12b Carta della Pericolosità Sismica Locale** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le zone a "Pericolosità sismica locale media – S2" in adiacenza o presso zone a "Pericolosità sismica locale elevata – S3".

L'Ord. P.C.M. 3274/2003, nuova classificazione sismica nazionale, e s.m.i., colloca il Comune di Campi Bisenzio in zona 2 (2003). Nella D.G.R.T. 421/2014 il Comune di Campi Bisenzio è classificato in zona 3.

Nella banca dati delle osservazioni macrosismiche italiane (D.B.M.I. 15) il Comune di Campi Bisenzio è citato in 17 casi:

► homepage ► consultazione per terremoto (CPTI15) ► **consultazione per località (DBMI15)**

Campi Bisenzio

PlaceID IT_44753
Coordinate (lat, lon) 43.820, 11.138
Comune (ISTAT 2015) Campi Bisenzio
Provincia Firenze
Regione Toscana
Numero di eventi riportati 17

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
6	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
NF	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1899	07	08	22	56	5	Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
5	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30
NF	1907	12	20	10	29	1	Chianti	35	6	4.44
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3	1939	02	11	11	17		Mugello	31	7	5.01
2-3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

Fig. 8 - Osservazioni sismiche per il Comune di Campi Bisenzio; Int = Intensità M.C.S. avvertita a Campi Bisenzio, Io = Intensità M.C.S. nell'area epicentrale, Mw = Magnitudo sviluppata dall'evento

Pur rilevando incongruità fra le intensità sismiche avvertite a Campi secondo le varie fonti di informazione, dovuta essenzialmente alle difficoltà di classificare fenomeni naturali come i terremoti con descrizioni estremamente soggettive (i rilevamenti strumentali sono molto recenti) e sempre più labili e frammentarie man mano che ci si allontana dalla nostra epoca, non si ha segnalazione di eventi sismici con epicentro nell'area campigiana o nella piana circostante, il che rende improbabile la presenza di blind-faults o strutture sismogenetiche sepolte sotto la coltre sedimentaria di riempimento del bacino villafranchiano. La zona oggetto di intervento ricade in un'area per la quale appare improbabile che si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica locale (morfologica o litologica) poiché, essendo in una pianura caratterizzata da uniformità di affioramenti geologici, vengono a mancare le caratteristiche geomorfologiche responsabili di tali fenomeni (creste collinari o montane accentuate e sottili, bordi di terrazzi o scarpate a strapiombo, terreni in adiacenza con caratteristiche di risposta sismica estremamente diversa, ammassi rocciosi lapidei molto fratturati etc.). La possibilità di liquefazioni dovute ad azioni sismiche appare improbabile per le condizioni litologiche essendo le granulometrie superficiali riferibili, per quanto noto, a terreni "fini" a comportamento coesivo con argille e limi (e termini intermedi) dominanti, mentre in generale la liquefazione è possibile in terreni costituiti da sabbie pulite o con modesto contenuto di argille (inferiore al 20%) o ancora da sabbie limose con contenuto di elementi fini (diametro minore di 74 micron) inferiore al 10%, fermo restando che il

fenomeno è regolato non solo dalle caratteristiche del terreno, compresa la presenza di falda ma anche da quelle dell'evento sismico (accelerazione, numero di cicli e durata delle singole scosse).

8. GEOMORFOLOGIA

L'area d'intervento è pianeggiante, come tutto il resto del territorio campigiano, ed interessa sia la riva destra che la sinistra del Bisenzio. Si tratta di una zona fortemente antropizzata in tutti i suoi aspetti. In origine la morfologia dell'area è dovuta essenzialmente a fenomeni riconducibili all'ambiente fluviale: la zona di intervento e la pianura adiacente, infatti, sono caratterizzate da terreni costituiti principalmente da deposizioni recenti di materiali alluvionali (argille, limi, sabbie e ghiaie con termini intermedi). Gli elementi geomorfologici più evidenti lungo il tracciato della ciclabile sono rilevati arginali e terrapieni, oltre infrastrutture viarie, canalizzazioni e sistemazioni idrauliche in difesa della "Piana". Nella zona fra Fornello ed il rilevato dell'autostrada Firenze-mare si segnala la presenza di paleoalvei fluviali.

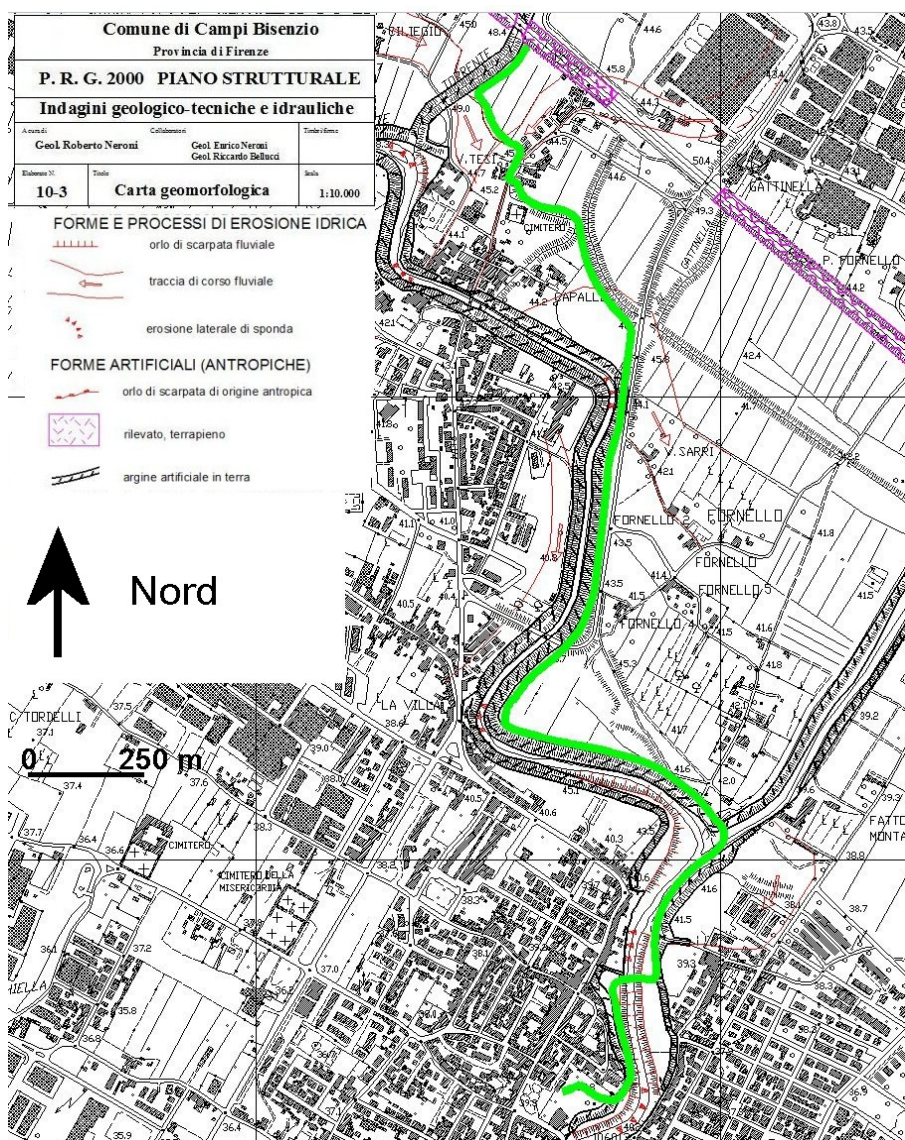


Fig. 9 – Stralcio della carta geomorfologica del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

Nelle carta geomorfologica della variante al RUC entrata in vigore dal 30 maggio 2018, per il tratto di pista compreso nella variante si ha la seguente descrizione:

- **tav. 2b Carta Geomorfologica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra quelle presso: “*Accumulo antropico (argine fluviale antropico); principali strutture antropiche che impediscono l'osservazione degli elementi geologici e geomorfologici, specchi d'acqua*”, “*scarpata antropica*”, su affioramenti di “*depositi alluvionali*” e “*conoide alluvionale e da debris flow*”

9. GEOLOGIA, LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

9.1 Geologia generale

L'area in esame si trova quasi al centro della pianura di Firenze-Prato-Pistoia, spostata verso il margine occidentale. La piana attuale prende origine da un bacino di sedimentazione con storia evolutiva complessa, nella quale la tettonica ha avuto un ruolo importante. L'impostazione del bacino di Firenze-Prato-Pistoia sembra sia avvenuta in corrispondenza di una sinclinale, come si può dedurre dall'esame dei rilievi che lo bordano a Nord-Est ed a Sud-Ovest, dove sono individuabili strutture anticlinaliche. L'assetto tettonico generale segue quanto si rileva anche in altri bacini intermontani appenninici, come quello del Mugello, con asse maggiore in direzione Nord-Ovest/Sud-Est, faglia principale (master fault) sul bordo orientale e flessura di raccordo su quello occidentale. Nel caso del bacino Firenze-Prato-Pistoia la master fault è denominata faglia di Fiesole, si estende lungo il margine Nord-orientale dell'attuale pianura, da Fiesole a Pistoia toccando Sesto e Prato, con un rigetto complessivo stimato in oltre 1000 metri. L'attività delle strutture tettoniche che hanno dato origine al bacino sedimentario è suddivisibile in tre periodi: uno prima del Pliocene inferiore, con forte attività delle faglie e la realizzazione della maggior parte dei rigetti, un secondo nella parte finale del Pliocene inferiore, con la ripresa dei movimenti e la formazione del bacino lacustre, ed un'ultima serie di eventi nel Villafranchiano, che hanno portato al sollevamento differenziale della parte del fondo di bacino su cui si trova Firenze, con movimenti della faglia Castello-Scandicci e della faglia Maiano-Bagno a Ripoli, entrambe trasversali alla master fault, determinando l'assetto tettonico attuale. Il riempimento del bacino Villafranchiano si è prodotto ad opera di immissari che, giungendo in prevalenza da Nord, riversavano in esso il loro carico solido. Terminata la fase di colmamento, i corsi d'acqua hanno continuato il processo deposizionale divagando attraverso la pianura e coprendo estesamente i sedimenti fluvio-lacustri con materiali alluvionali; sedimenti più grossolani (ciottoli e ghiaie) si depositarono in corrispondenza dei fiumi principali (Arno, Bisenzio, Ombrone, Marina, Mugnone e Greve) e in particolare nei punti di sbocco all'interno del bacino dando origine anche a vaste conoidi, mentre nelle altre zone e nelle fasi terminali della deposizione fluviale i sedimenti risultano più fini.

Nella zona in studio sono affioranti litologie classificate nella carta geologica, litotecnica, dei sondaggi e dei dati di base (elaborato 10-1 delle “Indagini geologico tecniche ed idrauliche”, alla scala 1/10.000) realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni in collaborazione con i Dr. Geol. Enrico Neroni, Tosca Simonti e Gabriele

Cortini come “Depositi alluvionali recenti ed attuali: depositi fluviali costituiti da sedimenti a granulometria variabile da argille e limi a sabbie e ghiaie; in superficie prevalgono sedimenti fini da argille limose a limi sabbiosi (Olocene)” sigla “a”. Di seguito si riporta uno stralcio della carta suddetta con la posizione approssimativa del tracciato della pista ciclabile e stralci di sezioni geologiche (B-B'; C-C'; D-D', da PS) rappresentativi di punti in cui le sezioni intersecano il tracciato.

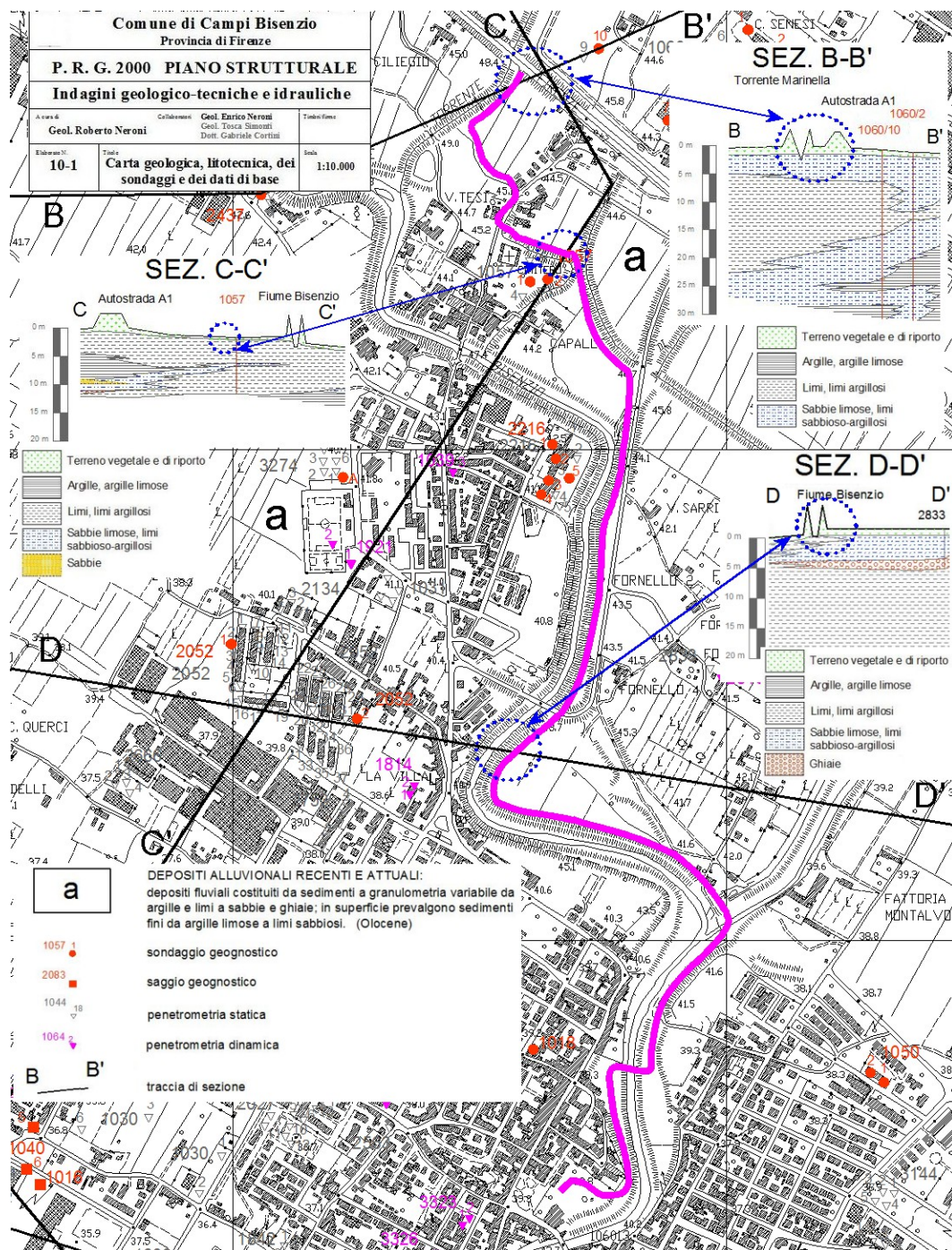


Fig. 10 – Stralcio della carta geologica, litotecnica, dei sondaggi e dei dati di base del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine. Sono stati riportati stralci delle sezioni geologiche riprese dalle tavole di PS, con evidenziati da cerchi in puntinato blu le zone d'intersezione fra il tracciato e le sezioni

Nella zona d'interesse e nel circondario sono affioranti litologie classificate nella Cartografia Geologica Regionale, disponibile anche sul database geologico regionale accessibile via web dal portale geoscopio (sezione 263140, alla scala 1/10.000) come “depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati” (sigla

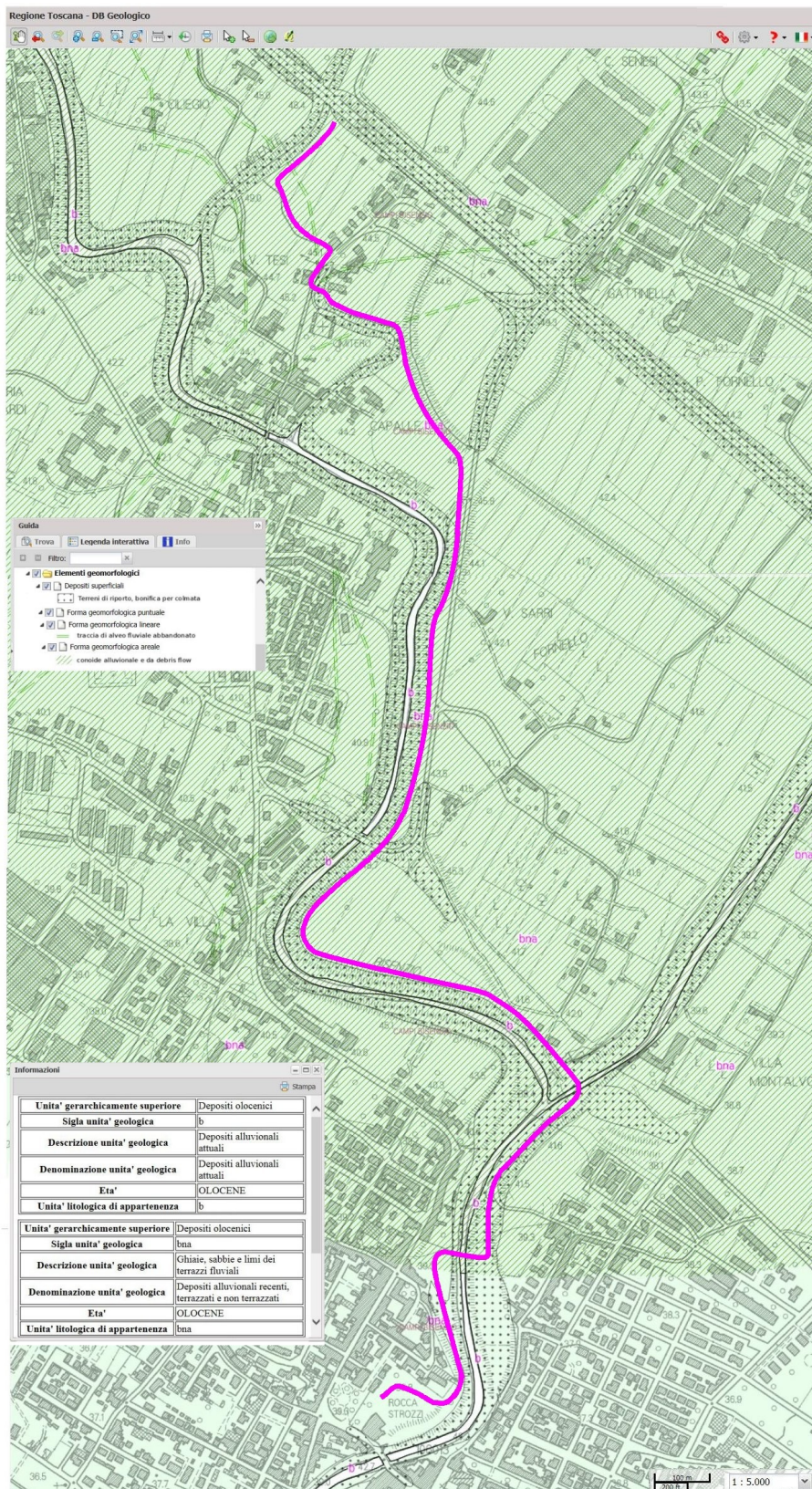


Fig. 11 – Stralcio della cartografia geologica regionale. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

“bna”), dell'Olocene. Tali depositi sono descritti nella legenda della carta geologica regionale come: “ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali”. Nella cartografia suddetta sono riportate anche indicazioni geomorfologiche e si nota che nella parte settentrionale del percorso ciclabile, all'incirca a partire dalla passerella d'attraversamento del Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, viene indicata la presenza di una conoide fluviale. Nella carta della Regione sono segnalate tracce di paleoalvei, sostanzialmente in accordo con quella geomorfologica di Piano Strutturale. Secondo quanto rilevabile nel foglio 106-Firenze della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1/100.000, in affioramento nella zona di interesse si trovano “depositi fluviali di ciottoli e argille sabbiose, talora terrazzati” del Quaternario recente, con simbolo “q”. Da quanto osservabile nei dintorni della zona di intervento, ed in base alle informazioni disponibili, le definizioni date nella carta geologica regionale sono adatte a rappresentare quanto in affioramento nell'area di lavoro e nelle sue adiacenze, concordando sostanzialmente con la cartografia geologica di Piano Strutturale e con la Carta Geologica d'Italia.

Dalle specifiche indagini eseguite la stratigrafia nell'area di realizzazione della passerella sul Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, è senz'altro definibile come costituita da alluvioni recenti ed attuali, rappresentate da litotipi con granulometrie che vanno dalle classi più “fini” come argille e limi, a quelle più “grossolane” come sabbie e ghiaie, con i rispettivi termini intermedi (si vedano i fascicoli prodotti dalla Ichnogeo s.a.s. allegati al presente documento).

9.2 Geognostica 2006

Per la parametrizzazione geotecnica dei terreni nella zona di realizzazione della passerella sul Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, nel 2006 dalla Ichnogeo s.a.s. di San Miniato (PI) furono eseguite 3 penetrometrie statiche CPT, due in riva destra (P1 in base d'argine alla quota di 40.3 m s.l.m. circa e P2 alla quota di 41.5 m s.l.m. circa all'esterno dell'argine sul terrapieno soprastante via S. Maria) ed una in riva sinistra (P3 in base d'argine alla quota di 40.9 m s.l.m. circa), e quattro sondaggi a rotazione con carotaggio continuo, due in sponda destra (S1 in sommità d'argine alla quota di 43.9 m s.l.m. circa, S2 in base d'argine alla quota di 40.3 m s.l.m. circa) spinti rispettivamente fino a 30 e 20 m dal piano di campagna e due in sponda sinistra (S3 in base d'argine-area golenale alla quota di 40.70 m s.l.m. circa, S4 in sommità d'argine alla quota di 44.0 m s.l.m. circa) spinti entrambi fino a 20 m dal piano di campagna. Nel corso dei sondaggi furono effettuate in totale 45 prove penetrometriche dinamiche SPT e prelevati 4 campioni indisturbati (S1C1, S2C1, S3C1 e S4C1), uno per sondaggio, sui quali furono effettuate analisi e prove geotecniche in laboratorio. Nei perfori delle penetrometrie P1 e P3 si installarono tubi piezometrici per il rilevamento della profondità della falda.

Per la posizione delle prove penetrometriche e dei sondaggi si veda la “carta dei sondaggi realizzati” per la passerella sul Bisenzio e la tabella riportata di seguito, dove sono contenute le coordinate dei punti d'indagine rilevate con un GPS a 12 canali paralleli, con la precisione dichiarata dallo strumento.

Coordinate rilevate con GPS Garmin Geko 301 (WAAS /EGNOS attivato), 12 canali paralleli						
Prova (Tipo)	Quota (m s.l.m. circa)	Lat UTM	Lon UTM	Lat Ga Bo	Lon Ga Bo	Note (precisione dichiarata)
P1 (CPT)	40.3	4854922	0671843	4854739	1671790	Riva dx piede argine-piezometro (3 m)
P2 (CPT)	41.5	4854941	0671782	4854758	1671729	Riva dx sopra muro v. S. Maria (3 m)
P3 (CPT)	40.9	4854918	0671903	4854735	1671850	Riva sx piede argine -piezometro (5 m)
S1 (sondaggio)	43.9	4854924	0671829	4854741	1671776	Riva dx sommità argine (3 m)
S2 (sondaggio)	40.3	4854929	0671846	4854746	1671793	Riva dx piede argine (3 m)
S3 (sondaggio)	40.7	4854922	0671893	4854739	1671840	Riva sx golena-piede argine (3 m)
S4 (sondaggio)	44.0	4854926	0671911	4854743	1671858	Riva sx sommità argine (3 m)

Per la determinazione della categoria di sottosuolo lungo il percorso ciclabile, a sensi delle NTC 2018, si fa riferimento anche ad indagini sismiche disponibili nell'archivio dello scrivente, realizzate per lavori precedenti e posizionate rispetto alla pista ciclabile come rappresentato nella successiva figura 7.

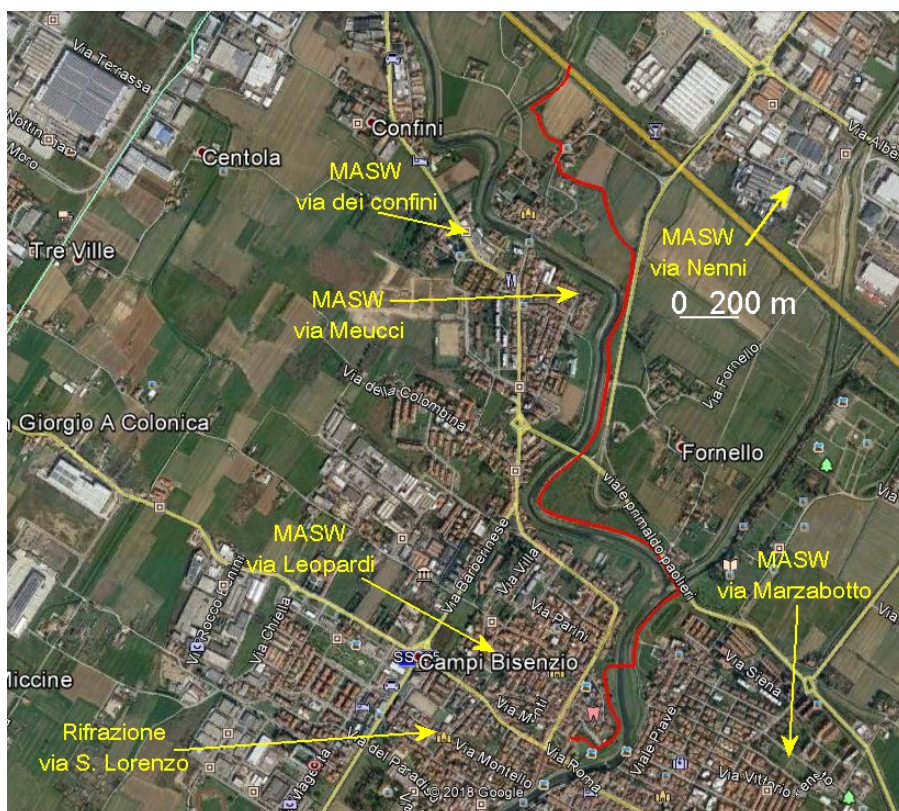


Fig. 12 – Immagine satellitare della zona d'interesse. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea rossa. La posizione delle indagini sismiche è indicata dalle frecce gialle, che riportano anche il tipo d'indagine e la via dove sono state realizzate. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Nelle 6 indagini sismiche citate si sono registrate velocità Vs30 fra i 214 ed i 321 m/s. In base alle conoscenze disponibili nella zona d'interesse il substrato del bacino si trova a profondità fra i 400 ed i 500 m dal piano di campagna attuale, ovvero a profondità superiori ai 30 m dal p.c. e quindi si può ipotizzare la

corrispondenza fra i parametri $V_{s,eq}$ e V_{s30} . Le velocità V_s sono compatibili con la categoria “C” dei suoli di fondazione (NTC 2018, tab. 3.2.II) definita come segue: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, 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.”*

Nel novembre 2018 è stata realizzata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh lungo l'argine del Bisenzio lato via delle Corti poco a valle della confluenza con il torrente Marina. Scopo dell'indagine era quello di determinare la categoria di sottosuolo, ai sensi delle NTC 2018, presso l'area di costruzione del manufatto di attraversamento del Bisenzio ed in prossimità di quello del Marina. La velocità media $V_{s,eq}$ nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria “C” dei suoli di fondazione. In allegato al presente lavoro si inserisce la relazione tecnica sull'indagine sismica a rifrazione eseguita sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (rapporto di prova 374/18/s) dall'Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI).

9.2.1. Penetrometrie 2006

Le prove penetrometriche, indicate con la codifica P1, P2 e P3 nel presente documento e CPT1, CPT2 e CPT3 nel fascicolo allegato “prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT” prodotto dalla ditta Ichnogeo, esecutrice delle indagini di campagna e delle analisi geotecniche, furono effettuate nelle posizioni riportate nella “carta dei sondaggi realizzati” ed eseguite con il metodo statico (CPT). Lo spessore di terreno indagato fu di 15.0 m dal piano di campagna in tutti e tre i siti. La P1 e la P2 si trovano in riva destra del Bisenzio, la P3 si trova in riva sinistra. Le tre penetrometrie furono effettuate prima della realizzazione dei sondaggi e servirono anche come “guida”, per stabilire le profondità d'esecuzione delle prove SPT, 45 in totale nei quattro sondaggi, e per il prelievo dei quattro campioni indisturbati da inviare in laboratorio per le determinazioni richieste. Le prove penetrometriche statiche permettono di caratterizzare geotecnicamente i vari orizzonti litotecnici potenzialmente presenti con indicazioni, in particolare, sulla resistenza al taglio e compressibilità. La prova penetrometrica statica consiste nella misura, mediante cella di carico elettronica o mediante manometri, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), la quale dispone di un manicotto per la misura della resistenza per attrito laterale, infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta medesima.

Le caratteristiche delle attrezzature impiegate furono:

- penetrometro statico RMU 200 kN, autoancorante
- punta conica tipo Begemann, diametro 3,75 cm, area 10 cm², angolo apertura al vertice 60°
- manicotto laterale superficie 150 cm²

agendo separatamente sulla punta, su punta e manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare, ogni 20 cm di approfondimento, i seguenti parametri:

- resistenza all'avanzamento della sola punta (Q_c)

-resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto (Fs)

Le tabelle dati delle penetrometrie e le elaborazioni relative sono riportate nell'allegato fascicolo "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT" (Ichnogeo).

Dalle penetrometrie si nota che nella P1 dalla superficie topografica fino a 3.8 m di profondità sono presenti terreni classificabili come sabbioso-argilloso-limosi, salvo il primo metro, circa, di profondità rappresentato da terreni eterogenei, principalmente ghiaiosi, riportati probabilmente durante la sistemazione dell'argine. Dai 3.8 ai 10,4 m dal piano campagna si trovano terreni classificati nella proposta d'interpretazione della prova CPT come "sabbia addensata" o "sabbia cementata", riferibili probabilmente a ghiaie e ghiaie sabbiose come specificato anche nel fascicolo allegato dalla ditta esecutrice delle indagini, con un intervallo fra i 6.6 e i 7.6 di terreni classificati come sabbie, limi, argille e termini intermedi. Si nota, alla profondità di 7.0 m, un livello che sempre secondo la proposta d'interpretazione fornita dalla ditta Ichnogeo (Schmertmann) è rappresentato da argilla inorganica mediamente consistente, con un basso valore di Q_c (10 kg/cmq) rispetto ai livelli superiori ed inferiori. Al di sotto dei 10.4 m dal piano di campagna si rilevano due livelli, a 11,2 e 11,4 m di profondità, per i quali l'interpretazione fornita indica il litotipo "sabbia addensata" ma che in realtà è probabilmente rappresentato anch'esso da ghiaie. Dagli 11.6 ai 15.0 m, profondità finale della prova, si trovano litologie ascrivibili a sabbie, limi ed argille, con i relativi termini intermedi.

Nella penetrometria P2 si sono incontrate situazioni più uniformi, dal punto di vista delle litologie e delle caratteristiche geotecniche, secondo la proposta d'interpretazione della ditta esecutrice. Non sono presenti livelli di ghiaie ma solo termini a granulometria fine e medio-fine. Il sito d'indagine si trova sul terrapieno formato dal muro soprastante via S. Maria, dove verrà realizzata una rampa d'accesso alla passerella ciclo-pedonale in progetto. A partire dalla superficie topografica si trova un primo spessore di terreno probabilmente di riporto, fino ad 1.2-1.4 m di profondità, classificato come "argilla sabbiosa o limosa" e "sabbia e limo". Da 1.4 si trovano argille, limi e sabbie con i relativi termini intermedi fino a 9.6 m, per continuare fino ai 15 m, profondità di termine della prova, con "argilla inorganica molto consistente". Il valore di Q_c , a partire da 1.4 m di profondità, varia da un minimo di 6 kg/cmq, a 6.6 m dal piano di campagna, ad un massimo di 65 kg/cmq a 15 m dalla superficie, termine della penetrometria.

La terza prova CPT, la P3, è stata condotta in riva sinistra del Bisenzio e mostra un andamento che richiama quello della P1. La penetrometria incontra, inizialmente, terreni rappresentati da litotipi sabbioso-argilloso-limosi individuabili fino a 5.2 m dal piano campagna, per entrare successivamente in una zona a prevalenza di livelli classificati come "sabbia addensata" e "sabbia cementata", con alcune alternanze di livelli sabbioso-argilloso-limosi fino a 11.2 m dal piano campagna. Da 11.2 a 15 m, profondità finale della prova, si hanno alternanze più o meno potenti fra argilla inorganica molto consistente e argilla sabbiosa o limosa, con un livello di sabbia e limo a 12.2 m. Le litologie sopra descritte si ricorda che sono una proposta d'interpretazione, ad esempio la zona a livelli prevalenti di "sabbia addensata" e "sabbia cementata" è più probabilmente costituita da livelli di ghiaia. La stratigrafia dell'area d'interesse sarà descritta nei paragrafi

successivi, basandosi anche sui quattro sondaggi eseguiti sulle due rive opposte del Bisenzio, le cui colonne stratigrafiche sono riportate nell'allegato fascicolo "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT". **Nei perfori delle prove P1 e P3 furono inseriti tubi piezometrici** per il rilevamento delle variazioni della falda: i risultati di tali rilevamenti sono riportati nel paragrafo "8. Idrogeologia" della presente relazione.

9.2.2 Sondaggi, presa di campioni da inviare al laboratorio geotecnico e prove SPT 2006

La campagna d'indagini geognostiche per la passerella sul Bisenzio vide anche l'esecuzione di quattro sondaggi a carotaggio continuo, due in riva destra (S1 e S2) e due in riva sinistra (S3 e S4). Tutti i perfori dei sondaggi furono riempiti secondo le prescrizioni contenute nell'autorizzazione all'esecuzione dei sondaggi rilasciata dalla Provincia di Firenze (Rif. in arrivo 115163 del 29 maggio 2005, pratica n. 115163/06) al Comune di Campi Bisenzio. Per la posizione dei sondaggi si rimanda alla "carta dei sondaggi eseguiti" ed alla tabella contenuta nel precedente paragrafo "7.2 geognostica".

- Il sondaggio S1 fu spinto fino a 30 m di profondità dal piano di campagna rappresentato dalla sommità d'argine di destra, situato a 43,9 m s.l.m. circa. Durante tale sondaggio furono effettuate 15 prove penetrometriche dinamiche SPT a varie profondità a partire da 1.5 m dal piano di campagna, e fu prelevato un campione indisturbato con campionatore Shelby fra i 15 ed i 15.5 m dal piano campagna. **Il campione, indicato come S1C1 nei fascicoli allegati, risultò costituito da "argilla limosa o con limo, giallo-grigia, con occasionali concrezioni millimetriche"**.

- Il sondaggio S2 fu fatto alla base dell'argine destro sulla cui sommità è situata la postazione di sondaggio S1. Questa seconda indagine raggiunse la profondità di 20 m dal piano di campagna, posto a 40.3 m s.l.m. circa e vide l'esecuzione di 11 prove penetrometriche dinamiche SPT a varie profondità partendo da 1.5 m fino a 19.5 m. Su questa verticale fu preso un campione indisturbato per le determinazioni di laboratorio, mediante campionatore Shelby, fra i 2.5 ed i 3.0 m di profondità. **Il campione, indicato come S2C1 nei fascicoli allegati, fu descritto come "sabbia gialla limo-argillosa con occasionali clasti pluricentimetrici"**.

- Il terzo sondaggio, denominato S3, fu eseguito in riva sinistra del Bisenzio, fra la base dell'argine e la sommità di una piccola scarpata in area golenale, dove il piano di campagna è situato alla quota di 40.7 m s.l.m. circa. Il sondaggio fu spinto fino a 20 m di profondità, con l'esecuzione di 10 prove penetrometriche dinamiche SPT a partire da 1,5 m dal piano di campagna. Il prelievo del campione indisturbato per le determinazioni di laboratorio avvenne mediante campionatore Shelby fra 11.5 e 12.0 m di profondità e fu denominato S3C1. La descrizione del provino, come visibile nei fascicoli allegati, fu "argilla gialla limosa o con limo, con occasionali concrezioni da millimetriche a plurimillimetriche".

- Il quarto sondaggio, in sponda sinistra alla sommità dell'argine, posta a 44.0 m s.l.m. circa venne spinto fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna. Le prove penetrometriche dinamiche SPT furono 9 a partire da 1,5 m di profondità. **Il campione indisturbato prelevato mediante campionatore Shelby fra i 3.0 ed i 3.5 m di profondità, in pratica alla base del corpo dell'argine, venne definito come “sabbia fine giallo-bruna”.**

Dall'esame dei carotaggi prodotti nei vari sondaggi si nota una sostanziale conferma di quanto rilevato con le penetrometrie se il tutto viene riportato in termini di quote assolute.

Nel sondaggio S1, che parte dalla sommità d'argine a 43,9 m s.l.m. circa, si trovano limi, sabbie e termini intermedi fino alla profondità di 7.5 m, dove inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a clasti prevalentemente arrotondati che passa, fra i 12 ed i 12.45 m, a ghiaia limosa con sabbia fino a circa 13.9 m. Da questa profondità fino a 16.95 m si trova argilla limosa o con limo, gialla, nella quale si riconoscono occasionali concrezioni carbonatiche millimetriche. Il campione indisturbato (S1C1) è stato prelevato in questo litotipo, fra 15.0 e 15.5 m. Un livello di sabbia gialla limosa, o con limo, va da 16.95 a 18.0 m di profondità, dopo di che si torna ad argilla limosa o con limo, gialla, fino a 22.95 m di profondità. Un livello di ghiaia con limo si estende fino a 25.0 m per poi passare a sabbia limosa con limo, debolmente ghiaiosa, fino a 25.5 m, dove si incontra un metro di argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici che termina a 26.5 m su di uno strato di ghiaia grossolana spesso 0.2 m. Da 26.7 m a 27.3 m si entra in un livello di argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici, per proseguire da 27.3 a 29 m con sabbia ghiaiosa limosa e terminare il sondaggio, da 29 a 30 m, con argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici. Il sondaggio S2 è stato eseguito alla base dell'argine sulla cui sommità è posto il sondaggio S1 ed in prossimità della prova penetrometrica statica P1. La quota del piano di campagna in S2 è di circa 40.3 m s.l.m.. L'indagine incontra per il primo metro sabbia limosa bruna e poi circa 0.5 m di sabbia ghiaiosa (la presenza di ghiaia è probabilmente dovuta a recenti lavori di sistemazione dell'area). Da 1.95 m a 3 m circa si trova sabbia gialla limo-argillosa, da dove, fra i 2.5 ed i 3 m è stato prelevato il campione S2C1. Da 3 m circa a 3.6 è presente un livello di ghiaia grossolana a clasti prevalentemente angolari in abbondante matrice limo-argillosa seguito da uno strato di limo con abbondanti resti vegetali che termina a 4.0 m dal piano di campagna. Da questa quota inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a ciottoli arrotondati eterometrici che arriva a 7.95 m, dove si trova un livello di sabbia con ghiaia continuo fino a 9.0 m, profondità alla quale si ritrova ghiaia sabbiosa a ciottoli arrotondati eterometrici fino a 11.8 m. Da questa quota fino a 18.45 m la stratigrafia è dominata da argilla limosa gialla con sporadiche concrezioni, ad eccezione di un livello fra 13.95 e 14.5 m di sabbia gialla debolmente limosa. Uno strato di ghiaia in abbondante matrice limosa gialla è stato individuato fra i 18.45 e i 19.1 m, per poi passare a limo grigio con clasti millimetrici nella parte inferiore che rappresenta il litotipo di chiusura del sondaggio, spinto a 20 m dalla superficie. Il sondaggio S3 è stato fatto in sponda sinistra del Bisenzio, come detto la sua posizione è fra la base dell'argine e la sommità di una piccola scarpata in area golenale, dove il piano di campagna è situato alla quota di 40.7 m s.l.m. circa. La perforazione incontra prima sabbia gialla da limosa a debolmente limosa, da 0 a 4.5 m circa dalla superficie, dove inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a

ciottoli arrotondati eterometrici che si estende fino a 10.4 m di profondità. Da questa quota si trova argilla limosa o con limo, gialla, con sporadiche concrezioni. Da questo litotipo, che si trova fino a 20 m, profondità finale del sondaggio, proviene il campione indisturbato S3C1 prelevato fra 11.5 e 12 m. Il quarto sondaggio, denominato S4, è stato fatto in sponda sinistra alla sommità dell'argine a 44.0 m s.l.m. circa e spinto anch'esso fino alla profondità di 20 m. Il primo litotipo incontrato, dalla superficie a 6 m circa di profondità, è sabbia gialla da debolmente limosa a limosa, con un livello di sabbia ghiaiosa in corrispondenza della prima prova SPT fra 1.5 e 1.95 m. Nel primo litotipo del sondaggio S4 è stato prelevato il campione indisturbato S4C1, precisamente fra i 3.0 e i 3.5 m. Da 6.0 a 9.0 m circa si trova limo debolmente sabbioso che passa da giallo a grigio intorno a 7.95 m di profondità. A 9.0 m circa inizia uno strato di ghiaia in matrice limo-sabbiosa grigia che arriva a 11,7, dove si trova un livello di sabbia debolmente limosa o limosa, da grigia a gialla esteso fino a 12.0 m circa e che passa ad argilla limosa gialla con sporadiche concrezioni, litotipo questo che arriva a 14.0 m circa. Da 14.0 a 14.9 m si trovano sabbie che sono sabbie gialle fino a 14.4 m e passano a sabbie con limo-argilla, sempre di colore giallo, da 14.4 a 14.9 m. Da questa profondità fino alla fine del sondaggio, a 20 m dal piano di campagna, il solo litotipo presente è argilla limosa gialla con frequenti concrezioni. Per la rappresentazione grafica dei profili di sondaggio si rimanda al fascicolo allegato "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT".

9.2.3 Analisi di laboratorio sui campioni prelevati 2006

Sui quattro campioni S1C1, S2C1, S3C1 e S4C1 furono eseguite le seguenti prove:

- Limiti di Atterberg e di ritiro
- Peso di volume naturale
- Umidità naturale
- Prova edometrica a gradini a carico costante
- Prova di taglio
- Prova di compressione semplice

Per il campione S4C1, costituito da "sabbia fine giallo-bruna", non fu possibile eseguire la prova di compressione semplice e neppure la prova scissometrica speditiva con lo scissometro tascabile. Per la descrizione delle prove e delle analisi effettuate si rimanda al fascicolo allegato "analisi di laboratorio geotecnico" prodotto dalla ditta Ichnogeo s.a.s., incaricata delle indagini. Di seguito si riporta il prospetto sinottico dei parametri geotecnici relativi ai 4 campioni.

sondaggio		1	2	3	4
campione		1 (S1C1)	1 (S2C1)	1 (S3C1)	1 (S4C1)
profondità		15.0-15.5	2.5-3.0	11.5-12.0	3.0-3.5
PP (kPa)	p. sup.	200	200	200	F. S.
	p. interm.	200	125	175	F. S.
	p. inf.	300	170	175	F. S.
VT (kPa)	p. sup.	180	80	140	Non eseguibile
	p. interm.	175	60	120	Non eseguibile
	p. inf.	170	60	120	Non eseguibile
γ (kN/mc)	provino 1	19.85	18.02	19.59	18.29
	provino 2	19.75	18.92	20.39	17.36
	provino 3	19.95	18.53	20.24	17.01
	media	19.85	18.49	20.07	17.55
W (%)	provino 1	24.58	24.78	23.73	14.52
	provino 2	27.14	21.04	22.97	11.53
	provino 3	26.05	16.36	22.14	10.21
	media	25.93	20.72	22.95	12.08
LL		56	30	51	NL
LP		27	20	26	NP
e_0		0.644	0.847	0.702	0.688
e_{min}		0.359	0.379	0.374	0.429
e_{fin}		0.521	0.488	0.514	0.527
q_c (kPa)	provino 1	225.0	68.9	159.9	Non eseguibile
	provino 2	236.2	camp. insuf.	186.7	Non eseguibile
c' (kPa)		31.8	6.3	35.5	8.6
ϕ' (°)		19	31	19	37

9.3 Geognostica 2018

Nel novembre 2018 sono state eseguite 10 prove penetrometriche lungo il tracciato della pista ciclabile: 2 spinte fino a 10 m dal piano di campagna (essendo in corrispondenza di manufatti significativi tipo la rampe d'accesso alla sommità arginale presso la Rocca o l'attraversamenti di un fosso a Capalle) e 8 fino a 5 m dal piano di campagna per documentare comunque i tipi di terreno con i quali si andrà ad interagire con lungo il percorso. Stante la possibilità d'ancoraggio del penetrometro sono state effettuate prove in modalità statica (CPT), altrimenti in modalità dinamica (DPSH). Nel perforo della penetrometria P1 è stato inserito un tubo piezometrico allo scopo di misurare la profondità dell'eventuale falda. Per la determinazione della categoria di sottosuolo e della $V_{s,eq}$ presso le zone di realizzazione delle passerelle d'attraversamento dei corsi d'acqua Bisenzio e Marina è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (sinistra idraulica), non distante dalla confluenza del torrente Marina, dove si prevede la realizzazione di una passerella d'attraversamento di questo corso d'acqua. Per meglio definire la situazione stratigrafica in corrispondenza della zona di costruzione della suddetta passerella, alla confluenza Bisenzio-Marina è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna (sul tracciato della ex via di Fornello) con tre prove SPT in avanzamento.

9.3.1 Penetrometrie 2018

Come detto in precedenza sono state effettuate 10 penetrometrie, statiche o dinamiche a seconda della possibilità o meno d'ancoraggio del penetrometro. La penetrometria 1 e la penetrometria 8 sono state spinte a 10 m dal piano di campagna, le altre fino a 5 m. Nella tabella seguente, tratta dal rapporto di prova 374/2018 dell'Igetecma s.n.c. allegato alla presente relazione, sono indicate le tipologie di prova penetrometrica e le profondità raggiunte. La prova 4 è stata iniziata in modalità statica (CPT) e proseguita in modalità dinamica (DPSH) dopo il rifiuto all'infissione statica, avvenuto alla profondità di 1.8 m dal piano di campagna.

Prova penetrometrica	Profondità (m)
DPSH 1	10.00
DPSH 2	5.00
CPT 3	5.00
CPT/DPSH 4	5.00
CPT 5	5.00
DPSH 6	5.00
CPT 7	5.00
DPSH 8	10.00
CPT 9	5.00
CPT 10	5.00

Le prove dinamiche e statiche sono state effettuate per l'indagine VA-194-18 della ditta IGETECMA s.n.c., rapporto 211/18, nelle date 2 e 5 novembre 2018.

Nelle penetrometrie dinamiche, eseguite in questo caso con penetrometro superpesante (DPSH-S. Heavy), si adotta un maglio per ottenere la penetrazione della punta nel terreno. Contando il numero di colpi del maglio necessari all'infissione di 20 cm delle aste, si ottiene la resistenza dinamica alla punta (Rpd) mediante una formula definita come formula dell'energia dinamica o degli olandesi. Dall'Rpd si può ricavare, **indicativamente**, il carico ammissibile del terreno dividendo il valore dell'Rpd per un coefficiente di sicurezza pari a 20. Le caratteristiche delle attrezzature impiegate sono:

- penetrometro statico/dinamico PAGANI 63/100 da 10 t (tipo DPSH super pesante-S. Heavy)
- massa battente 63.50 kg
- altezza caduta 0.75 m
- area punta base conica 20.43 cm²
- diametro punta 5.1 cm
- angolo apertura punta 60°

La prova penetrometrica statica, invece, permette di caratterizzare geotecnicamente i vari orizzonti litotecnici potenzialmente presenti con indicazioni, in particolare, sulla resistenza al taglio e compressibilità. La prova penetrometrica statica consiste nella misura, mediante cella di carico elettronica o mediante manometri, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), la quale dispone

di un manicotto per la misura della resistenza per attrito laterale, infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta medesima.

Le caratteristiche delle attrezzature impiegate sono:

-penetrometro statico PAGANI TG 63/100 da 10 t

-punta conica (vel. avanzamento 2 cm/s) tipo Begemann, diametro 3.57 cm, area 10 cm², angolo apertura al vertice 60°

-manicotto laterale superficie 150 cm²

agendo separatamente sulla punta, su punta e manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare, ogni 20 cm di approfondimento, i seguenti parametri:

-resistenza all'avanzamento della sola punta (Qc)

-resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto (Fs)

Le tabelle dati delle penetrometrie e le elaborazioni relative prodotte dalla IGETECMA s.n.c. sono riportate negli allegati di questa relazione.

9.3.2 Sondaggio 2018

Il sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, è stato eseguito il 7 novembre 2018 presso la confluenza del Marina nel Bisenzio, sulla sede stradale della ex via di Fornello. La quota del piano di campagna, da CTR 1/2.000 sezione 19j23, è di circa 42.7 m s.l.m. e siamo in sinistra idraulica del Bisenzio. La perforazione è stata spinta fino a 20 m di profondità con esecuzione di tre prove SPT in corso di sondaggio fra 1.50 e 1.95, fra 8.00 e 8.45 e fra 15.00 e 15.45 m dal piano di campagna. Il numero di colpi è riportato nella tabella seguente, tratta dal report sulle indagini dell'Igetecma s.n.c. allegato alla presente relazione ed al quale si rimanda per ulteriori informazioni.

Sondaggio	Profondità (m)	Numero di colpi
S1	1.50-1.95	5/8/17
S1	8.00-8.45	15/23/23
S1	15.00-15.45	21/27/34

I valori di Nspt (avanzamento 30 cm) ricavati sono quindi:

25 fra 1.50 e 1.95 m da p.c.

46 fra 8.00 e 8.45 m da p.c.

61 fra 15.00 e 15.45 m da p.c.

La stratigrafia di sondaggio (m dal p.c.) è la seguente:

0-0.2 m asfalto di copertura stradale

0.2-4.2 m materiale di riporto costituito da ghiaia, sabbia e frammenti lateritici in matrice argilloso sabbiosa

4.2-6.0 m limo sabbioso con abbondante presenza di ghiaia con elementi di dimensioni fino a decimetriche

6.0-14.0 m argilla limosa marrone con presenza di concrezioni carbonatiche chiare e più rari noduli di Fe/Mn

14.0-15.0 m argilla limosa grigia con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

15.0-18.0 m limo argilloso marrone con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

18.0-19.5 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie

19.5-20.0 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie, con presenza di elementi litici

9.3.3 Indagine sismica 2018

Il 5 novembre 2018 è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh lungo l'argine del Bisenzio lato via delle Corti poco a valle della confluenza con il torrente Marina. Scopo dell'indagine era quello di caratterizzare i terreni dal punto di vista sismostratigrafico e di determinare la categoria di sottosuolo, ai sensi delle NTC 2018, presso l'area di costruzione del manufatto di attraversamento del Bisenzio ed in prossimità di quello del Marina. In dettaglio sulla sommità arginale è stato eseguito un profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 3 m, per un totale di 69 m di rilievo.

La velocità media $V_{s,eq}$ nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria “C” dei suoli di fondazione. In allegato al presente lavoro si inserisce la relazione tecnica sull'indagine sismica a rifrazione eseguita, come detto, sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (rapporto di prova 374/18/s datato 8 novembre 2018) dall'Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI).

9.4 Caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del sottosuolo

9.4.1 Area della passerella sul Bisenzio fra S. Maria e Le Corti

In generale è possibile individuare nell'area di realizzazione della passerella sul Bisenzio, di una parte superficiale di terreni a granulometria fine (limi-argille-sabbie) che poggiano su di un livello di ghiaia al cui interno si trovano alternanze di materiali più fini, dopo il quale si passa ancora a termini fini tipo argille. Dall'esame dei rapporti di sondaggio possono essere individuati quattro livelli caratteristici localizzati approssimativamente:

- dal piano campagna a 37 m s.l.m. in sponda destra e dal piano campagna a 35.7 e 34.5 circa m s.l.m. in sponda sinistra il primo (**terreni “tipo 1”**)
- fra i 37 ed i 30 in sponda destra e fra i 30 e 32 in sponda sinistra (quota di base del livello) il secondo (**terreni “tipo 2”**)
- fra i 30 ed i 26 m s.l.m. in sponda destra e a 28 m s.l.m. circa in sponda sinistra (quota di base del livello) il terzo livello (**terreni “tipo 3”**)
- fra i 26 ed i 21 m s.l.m. in sponda destra e fra 28 e 24 m s.l.m. in quota sinistra il quarto livello (**terreni “tipo 4”**), che potrebbe essere esteso con approssimazione accettabile in sponda destra, fino a 14 m s.l.m., quota raggiunta dal sondaggio S1, il solo spinto fino a 30 m di profondità..

Le quote sopra riportate sono approssimative e variano sia fra le due sponde del Bisenzio sia sulla medesima riva, con cambiamenti di spessore anche notevoli su distanze modeste: si rimanda alla sezione geotecnica

riportata di seguito per una rappresentazione della situazione del sottosuolo nella zona d'intervento. Mettendo in grafico i valori di N_{spt} delle prove SPT di tutti e quattro i sondaggi, riferite alle quote assolute sul livello del mare, i valori di N_{spt} mostrano accorpamenti e dispersioni che possono essere considerati caratterizzanti ed utilizzabili per la ricostruzione delle condizioni del sottosuolo dal punto di vista geotecnico e confermano la presenza di quattro livelli caratteristici. Al primo livello (terreni "tipo 1") appartengono anche terreni messi in posto artificialmente a costituire i corpi arginali e le sistemazioni in area golenale, oltre presumibilmente a terreni originariamente "in posto". Non è possibile stabilire un limite preciso fra terreni messi in posto e terreni "naturali", ma la limitata dispersione dei valori N_{spt} lascia pensare ad una presenza significativa di litotipi opportunamente selezionati in questi primi metri di terreno indagato. Ai terreni "tipo 1", può essere attribuito un valore caratteristico di $N_{spt} = 8$ e sono descrivibili come "sabbie e limi, con termini intermedi".

Fra i 37 ed i 31 m s.l.m. circa il secondo livello, terreni di "tipo 2," mostra un significativo aumento dei valori N_{spt} ($N_{spt} = 42$ può essere indicato come valore caratterizzante). Da notare anche l'elevata dispersione (caratteristica di questo tipo di terreni) dei valori rispetto al livello precedente, indicazione di una minore uniformità litologica. Il livello può essere rappresentato da litologie definibili come "ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia". Una delle prove SPT condotta in questo livello nel sondaggio S1 ha prodotto rifiuto. Fra i 31 ed i 26 m s.l.m. circa, un terzo livello di terreni ("tipo 3") mostra una diminuzione di N_{spt} e 16 può essere indicato come valore rappresentativo. La dispersione diminuisce rispetto al secondo livello, non raggiungendo però la condizione riscontrata nel primo livello. La descrizione litologica dei terreni "tipo 3" è "argilla limosa con livelli sabbiosi".

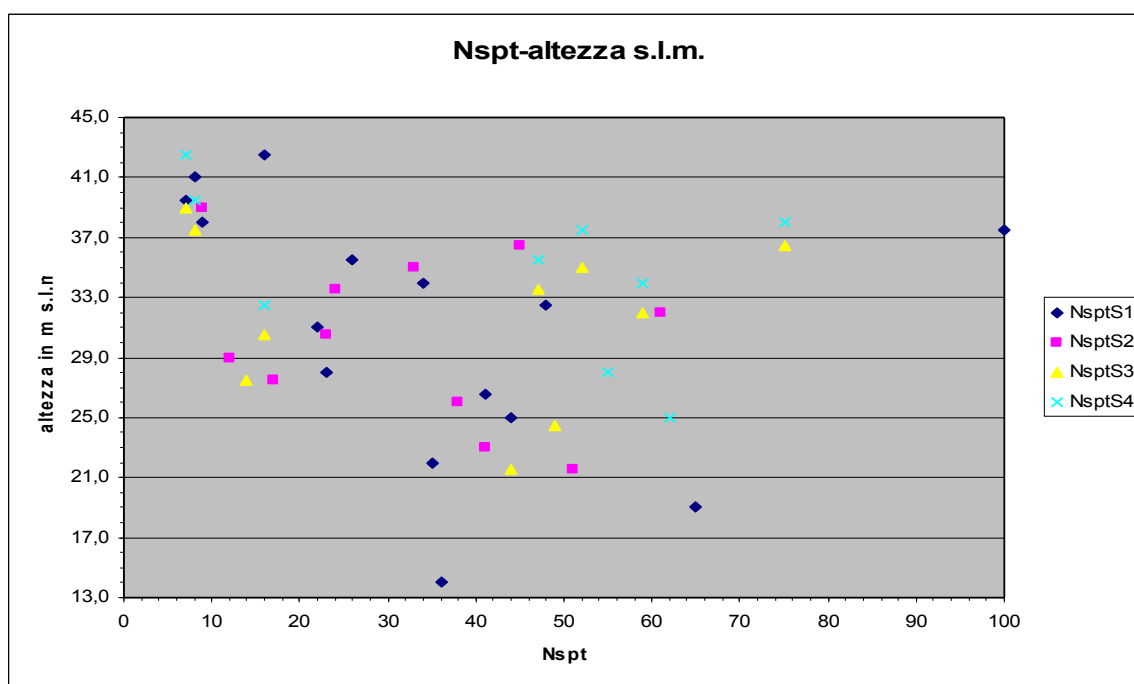


Fig. 13 - Andamento dei valori di N_{spt} nei quattro sondaggi S1, S2, S3 e S4, con le quote indicate rispetto al livello del mare

Ai terreni posti da 26 a 21 m s.l.m., raggruppabili nel quarto livello che può essere esteso con buona approssimazione fino a 14 m s.l.m.-quota terminale del sondaggio più profondo- può essere attribuito il valore $N_{spt} = 40$. In questo livello si nota una dispersione di valori N_{spt} paragonabile a quella del livello superiore. Come litologia rappresentativa si indica “argilla limosa”. Nel terreno “tipo 4”, ma solo in riva destra e nella parte terminale dei sondaggi, si comprendono anche livelli di ghiaie limose, alternanze di sabbie e argille con ghiaia e limi (si veda la descrizione dei sondaggi in questa relazione ed il fascicolo prodotto dalla ditta esecutrice delle indagini “prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT”). La vicinanza fra il valore N_{spt} indicato per terreni “tipo 2” e “tipo 4”, nonostante la differenza litologica evidente, può essere spiegata con la presenza di litologie “sporche” (ghiaia sabbiosa etc.) e in alternanza nel livello 2, e nell’esecuzione nel medesimo intervallo delle SPT a “punta chiusa”, essendo caratterizzato da ghiaie, quindi con una sottostima dei valori di resistenza rispetto al livello 4, dove le SPT sono state eseguite a “punta aperta”, dovendo agire su argille.

Il campione S1C1 è stato preso nel sondaggio 1, S1, fra i 15.0 ed i 15.5 m dal piano di campagna (fra i 29 ed i 28.5 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 3” in sponda destra del Bisenzio. Il campione S2C1 è stato preso nel sondaggio 2, S2, fra 2.5 e 3.0 m di profondità (da 37.8 a 37.3 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 1” in sponda destra del Bisenzio. Il campione S3C1 è stato preso nel sondaggio 3, S3, fra 11.5 e 12.0 m di profondità (da 29.2 a 28.7 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 3” in sponda sinistra del Bisenzio. Il campione S4C1 è stato preso nel sondaggio 4, S4, fra 3.0 e 3.5 m di profondità (da 41 a 40.5 m s.l.m.), nei terreni “tipo 1” in sponda sinistra del Bisenzio.

Suddivisione Terreni	Quota della base in m s.l.m. (dx-sponda destra; sx-sponda sinistra)	Campioni (Profondità in m da p.c./ m s.l.m.)	Qc medi (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Nspt	γ medio campioni (kN/mc)
Terreno “tipo 1” “sabbie e limi, con termini intermedi”	37 (dx)-35.7/34.6 (sx)	S2C1 (2.5- 3.0/37.8- 37.3); S4C1 (3.0- 3.5/41-40.5)	S2C1: 68.9 S4C1: non eseguibile compress. semplice	S2C1: 6.3 S4C1: 8.6 Media: 7.4	S2C1: 31 S4C1: 37 Media: 34	8	S2C1: 18.49 S4C1: 17.55 Media : 18.02
Terreno “tipo 2” “ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia”	30 (dx)- 30/32 (sx)					42	
Terreno “tipo 3” “argilla limosa con livelli sabbiosi”	26 (dx)-28 (sx)	S1C1 (15- 15.5/29-28.5); S3C1 (11.5- 12/29.2-28.7)	S1C1: 230.6 S3C1:173.3 Media: 201.9	S1C1: 31.8 S3C1: 35.5 Media: 33.6	S1C1: 19 S3C1: 19 Media: 19	16	S1C1: 19.85 S3C1: 20.07 Media: 19.96
Terreno “tipo 4” “argilla limosa”	Fine sond. (dx e sx)					40	

Stratigrafia e parametri geotecnici dei terreni indagati con le indagini geognostiche 2006. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda ai fascicoli allegati

Per l’area relativa alla penetrometria statica P2 possono essere di riferimento i terreni “tipo 1”.

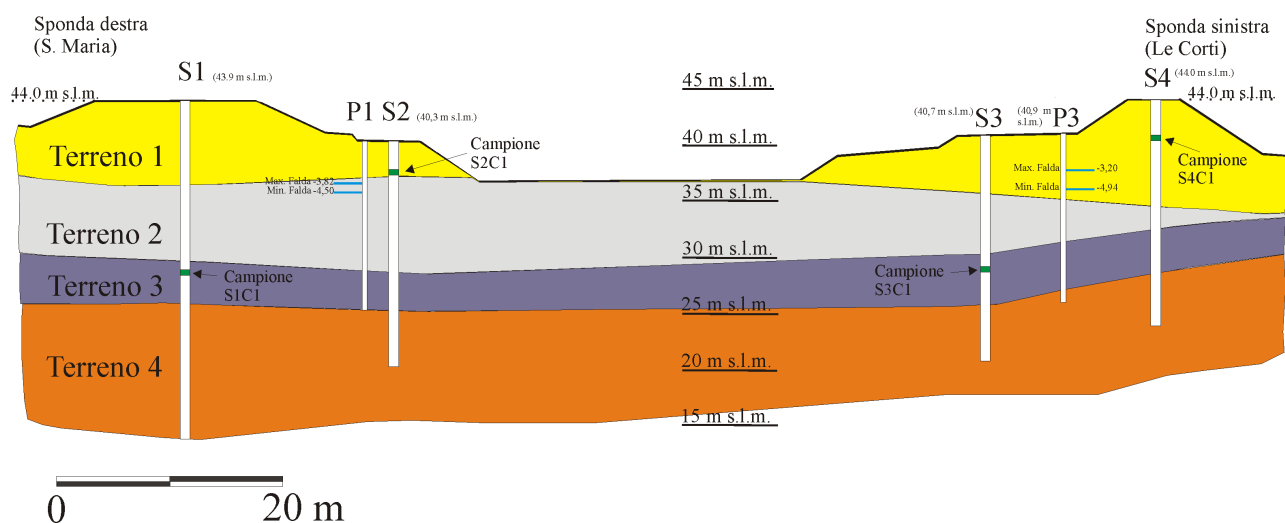


Fig. 14 - Sezione geotecnica fra S. Maria e Le Corti
Terreno 1: sabbie e limi, con termini intermedi
Terreno 2: ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia
Terreno 3: argilla limosa con livelli sabbiosi
Terreno 4: argilla limosa

9.4.2 Percorso pista ciclabile La Rocca- Gnfienti

L'interpretazione stratigrafica delle prove CPT è stata effettuata dalla ditta Igetecma s.n.c., incaricata dell'esecuzione delle indagini geognostiche 2018, mediante l'utilizzo del diagramma di Searle (1979), basato sul rapporto Q_c/F_s (Resistenza alla punta/Resistenza unitaria attrito laterale) come raccomandato dalle norme A.G.I. del 1977. Occorre sottolineare il fatto che tale interpretazione fornisce solo una stima di massima della stratigrafia, che può tuttavia considerarsi adeguata allo scopo presente. La massima profondità di terreno investigata con le prove 6 CPT è stata di 5 m dal piano di campagna, ad esclusione della prova 4 che ha dato rifiuto a 180 cm dal piano di campagna ed è stata proseguita in modalità dinamica fino alla profondità prevista di 5 m.

I risultati delle penetrometrie CPT eseguite mostrano che il sottosuolo, nell'area d'interesse, ovvero il percorso della pista ciclabile, è costituito da terreni a granulometria prevalente corrispondente ad argilla limosa (51 campioni su 122 totali dei terreni indagati), con in subordine limo argilloso (41 campioni su 122), argilla (16 campioni su 122), limo sabbioso (10 campioni su 122), argilla molle (2 campioni su 122) e fango o torba e sabbia limosa (1 campione ciascuno su 122), come si vede dal grafico riportato di seguito e dalle tabelle dei dati penetrometrici in allegato.

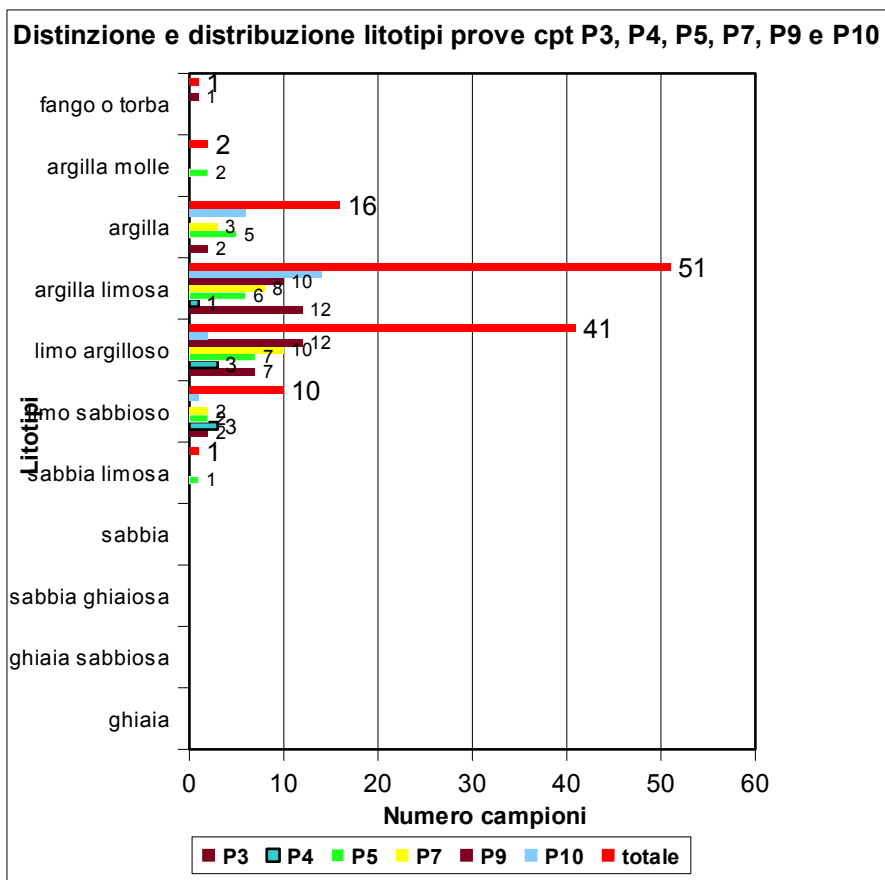


Grafico 1 – Distribuzione e distinzione dei litotipi nelle 6 prove CPT

Si noti che nelle stratigrafia ottenuta sono dominanti i materiali fini (i terreni a granulometria maggiore sono quelli classificati “sabbia limosa”, segno che l'area, nei periodi più recenti, è probabilmente stata sede di fenomeni d'esclusivo alluvionamento e non interessata da dinamiche di canale, non mostrando la presenza di sedimenti a granulometria maggiore tipici e rappresentativi delle deposizioni in alveo fluviale.

In base ai parametri fisici e meccanici ricavati dai dati ottenuti sia direttamente dalle prove CPT sia attraverso le correlazioni empiriche usualmente utilizzate per stimare le proprietà geotecniche dei terreni dai risultati delle prove in sito di questo tipo, i terreni indagati con le pentrometrie statiche sono stati suddivisi in vari livelli, secondo gli schemi riportati nelle tabelle seguenti.

Per i terreni indagati si può indicare un peso di volume di 1.7/1.9 t/m³.

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P3	Cu nella cpt P3 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P3 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P3 min/max/ medio
Livello 1	0.4-1.4	1.18/4.12/ 2.45	29.3 unico livello	0.00190/0.01042/ 0.00605
Livello 2	1.4-2.20	0.73/1.54/ 1.04	24.9 unico livello	0.01010/0.01515/ 0.01341
Livello 3	2.20-5.00	0.5/0.91/ 0.73	nessun livello	0.02778/0.04545/ 0.02778

Tabella 1 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P3. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

www.tages.tuscany.it

e-mail info@tages.tuscany.it

tel. e fax 055 8960097

cellulare 329 0092150

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P4	Cu nella cpt P4 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P4 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P4 min/max/ medio
Livello 1	0.4-1.6	1.77/3.04/ 2.35	27.5/28.4/ 27.9	0.00340/0.00926/ 0.00516
Livello 2	1.6-1.8	Livello di rifiuto (prosecuzione in modalità dinamica)		

Tabella 2 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P4. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P5	Cu nella cpt P5 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P5 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P5 min/max/ medio
Livello 1	0.4-1.40	1.18/5.98/ 3.60	nessun livello	0.00337/0.03125/ 0.00837
Livello 2	1.40-3.40	1.22/2.45/ 1.75	26.4 unico livello	0.00585/0.02778/ 0.01156
Livello 3	3.40-4.20	0.77/1.31/ 1.09	nessun livello	0.01515/0.03125/ 0.02476
Livello 4	4.20-5.00	6.75/7.07/ 6.91	28.1/32.4/ 30.2	0.00134/0.00156/ 0.00148

Tabella 3 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P5. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P7	Cu nella cpt P7 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P7 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P7 min/max/ medio
Livello 1	0.4-1.40	1.27/1.68/ 1.41	25.5 unico livello	0.00709/0.02632/ 0.01260
Livello 2	1.40-5.00	0.36/1.00/ 0.70	24.6 unico livello	0.01449/0.05000/ 0.03231

Tabella 4 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P7. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P9	Cu nella cpt P9 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P9 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P9 min/max/ medio
Livello 1	0.4-1.40	0.68/2.40/ 1.43	nessun livello	0.00654/0.01587/ 0.01008
Livello 2	1.40-3.40	0.32/0.68/ 0.49	nessun livello	0.02941/0.06250/ 0.04796
Livello 3	3.40-4.60	0.14/0.32/ 0.22	nessun livello	0.08333/0.33333/ 0.15278
Livello 4	4.60-5.00	0.54	nessun livello	0.03571

Tabella 5 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P9. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P10	Cu nella cpt P10 min/max/ medio (livelli coesivi)	Fi nella cpt P10 min/max/ medio (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P10 min/max/ medio
Livello 1	0.4-2.00	1.09/1.86/ 1.50	25.7 unico livello	0.00585/0.01515/ 0.01086
Livello 2	2.00-3.00	0.73/1.04/ 0.83	nessun livello	0.02778/0.04167/ 0.03316
Livello 3	3.00-4.20	1.04/1.22/ 1.15	nessun livello	0.01389/0.01587/ 0.01504
Livello 4	4.20-5.00	1.50/1.86/ 1.68	nessun livello	0.00926/0.01149/ 0.01050

Tabella 6 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P10. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm²; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm³/Kg)

Le prove penetrometriche sono eseguite con il metodo dinamico (DPSH) dove è stato impossibile l'ancoraggio del penetrometro e, nella prova 4, la prosecuzione dell'infissione in modalità statica. Dalle tabelle e dai diagrammi delle prove dinamiche, riportati fra gli allegati della presente relazione, in base al numero di colpi N è possibile fare una distinzione di comportamento dei terreni incontrati. Moltiplicando il numero di colpi N per il coefficiente teorico d'energia Bt ($Bt=1.489$ per le attrezzature usate, si veda il report d'indagini dell'Igetecma s.n.c.), si ottiene che teoricamente il valore di Nspt è: Bt (ovvero 1.489) x N. Questa relazione, quindi, è stata usata per ottenere il valore minimo/massimo/medio di Nspt per ogni livello di terreno partendo dal numero di colpi N. Nelle successive tabelle si riportano le elaborazioni stratigrafiche ed i valori di Nspt relative ai terreni delle 5 verticali indagate in modalità dinamica.

Suddivisione terreni DPSH P1	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ med /max	Nspt min/ med /max
Livello 1	0.20-1.40	3- 12 -23	4- 18 -34
Livello 2	1.40-2.60	2- 4 -5	3- 5 -7
Livello 3	2.60-4.00	1	1
Livello 4	4.00-6.00	1- 2 -3	1- 3 -4
Livello 5	6.00-8.40	12- 15 -22	18- 22 -33
Livello 6	8.40-9.20	6- 7 -8	9- 10 -12
Livello 7	9.20-10.00	10- 11 -12	15- 16 -18

Tabella 7 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P1 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P2	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ med /max	Nspt min/ med /max
Livello 1	0.20-1.80	6- 9 -12	9- 13 -18
Livello 2	1.80-2.40	2- 3 -5	3- 5 -7
Livello 3	2.40-4.20	1- 1 -2	1- 2 -3
Livello 4	4.20-5.00	2	3

Tabella 8 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P2 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P4a	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ med /max	Nspt min/ med /max
Livello 1	1.80-3.00	11- 21 -26	16- 31 -39
Livello 2	3.00-5.00	3- 9 -5	4- 7 -13

Tabella 9 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P4a (prosecuzione in modalità dinamica della CPT P4) in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P6	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ med /max	Nspt min/ med /max
Livello 1	0.20-1.00	5- 11 -16	7- 17 -24
Livello 2	1.00-2.40	2- 3 -5	3- 4 -7
Livello 3	2.40-4.40	1	1
Livello 4	4.40-5.00	2- 2 -3	3- 3 -4

Tabella 10 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P6 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P8	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ med /max	Nspt min/ med /max
Livello 1	0.20-1.00	5-7-8	7- 11 -12
Livello 2	1.00-4.00	2- 4 -12	3- 6 -18
Livello 3	4.00-4.60	1	1
Livello 4	4.60-7.60	2- 5 -7	3-7-10
Livello 5	7.60-8.40	12- 16 -27	18- 25 -40
Livello 6	8.40-10.00	8- 10 -11	12- 15 -16

Tabella 11 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P8 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

A titolo indicativo, come tendenza sull'area studiata, si noti che nelle verticali indagate con la modalità dinamica, ad esclusione della 4a, i livelli più superficiali di terreno mostrano valori di Nspt più elevati rispetto ad un livello “intermedio” con il minimo valore di Nspt al di sotto del quale l'Nspt torna ad aumentare.

Nel sondaggio S1 (2018) i valori di Nspt (avanzamento 30 cm) ricavati sono:

25 fra 1.50 e 1.95 m da p.c.

46 fra 8.00 e 8.45 m da p.c.

61 fra 15.00 e 15.45 m da p.c.

La stratigrafia di sondaggio (m dal p.c.) è la seguente:

0-0.2 m asfalto di copertura stradale

0.2-4.2 m materiale di riporto costituito da ghiaia, sabbia e frammenti lateritici in matrice argilloso sabbiosa

4.2-6.0 m limo sabbioso con abbondante presenza di ghiaia con elementi di dimensioni fino a decimetriche

6.0-14.0 m argilla limosa marrone con presenza di concrezioni carbonatiche chiare e più rari noduli di Fe/Mn

14.0-15.0 m argilla limosa grigia con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

15.0-18.0 m limo argilloso marrone con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

18.0-19.5 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie

19.5-20.0 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie, con presenza di elementi litici

Per maggiori informazioni sul sondaggio si rimanda al fascicolo prodotto dall'Igetecma s.n.c. allegato alla relazione geologica.

Nella relazione sull'indagine sismica allegata alla relazione geologica prodotta dallo scrivente ed alla quale si rimanda per ulteriori informazioni), al paragrafo “4-Risultati dell'indagine” si legge:

“L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:

V1 = 168 - 228 m/s

V2 = 239 - 276 m/s

V2 = 336 m/s

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 0.8 m e 3,7 m e può essere riferito ai materiali che compongono l'argine su cui è posizionato lo stendimento. Il secondo orizzonte sismico, con spessori compresi fra 16.1 m e 27.3 m, raggiunge profondità da 17.9 m a 28.4 m ed è riferibile a depositi poco addensati. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili ad un aumento di consistenza all'interno dei depositi sedimentari.”

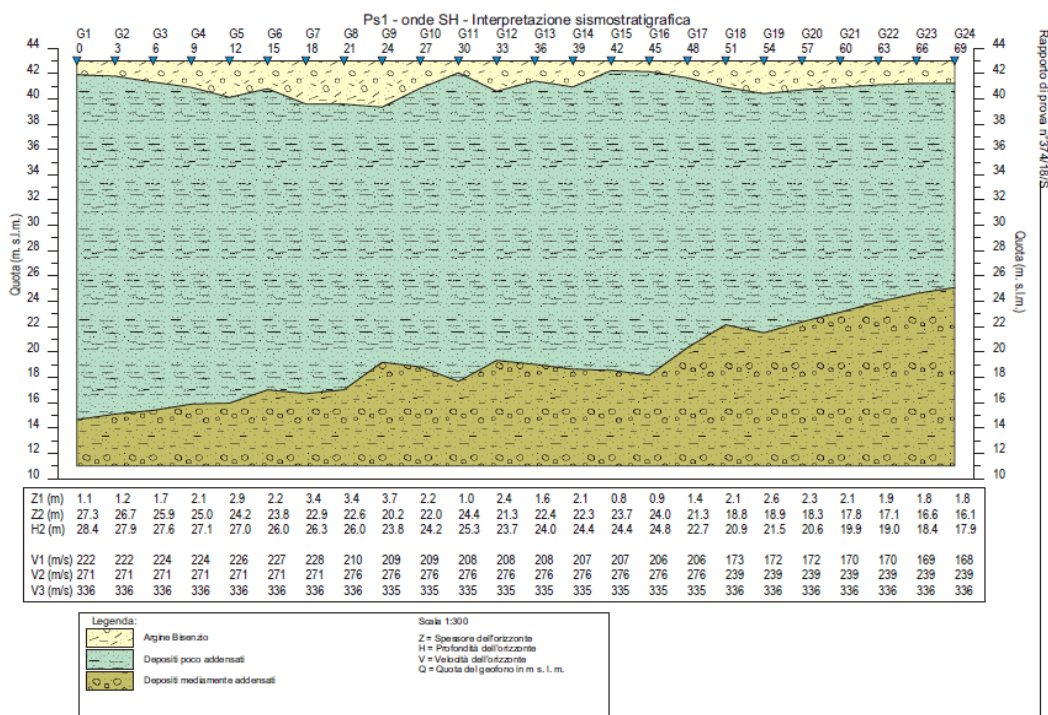


Fig. 15 - Sezione sismostratigrafica in onde Sh ricavata con stendimento a 24 canali posto sulla sommità arginale del Bisenzio, sponda “Le Corti”

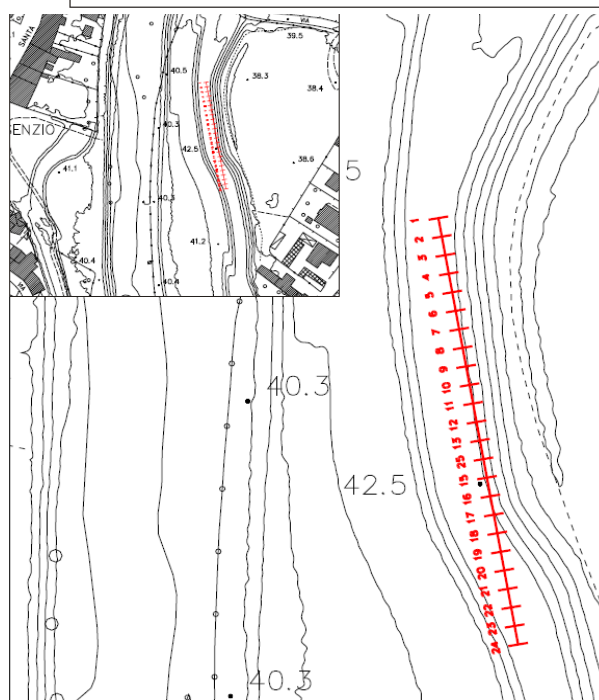


Fig. 16 – Posizione dello stendimento sismico a 24 canali posto sulla sommità arginale del Bisenzio, sponda “Le Corti”

Si ricorda che la velocità media $V_{s,eq}$ nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria “C” dei suoli di fondazione. Per la posizione delle indagini 2018 si rimanda alle “Tavole di dettaglio, in origine alla scala 1/2.000, con indicazione dei punti di indagine (n. 6 schede, base cartografica da elaborati progettuali)” riportate fra gli elaborati cartografici della citata relazione geologica.

10. IDROGEOLOGIA

L'area oggetto d'intervento si trova nel bacino del fiume Bisenzio ed è attraversata dal suo corso, estendendosi sia sulla destra che sulla sinistra idrografica. Siamo in parte all'interno dell'ambito “A1”, così come definito nella D.C.R. 230/94 e successive modifiche, del Bisenzio (FI 2478). Oltre al Bisenzio il torrente Marina è il corso d'acqua più significativo per l'opera; in entrambi i casi si ha a che fare con corsi d'acqua fortemente antropizzati e a carattere torrentizio. Nel 2006 nella zona prevista per l'attraversamento del Bisenzio fra S. Maria e Le Corti furono eseguite misure di falda nei due tubi piezometrici posizionati nei perfori delle penetrometrie CPT P1 (40.3 m s.l.m. circa) e P3 (40.9 m s.l.m. circa), il primo in riva destra ed il secondo in riva sinistra del Bisenzio, entrambi in area golenale (si veda la carta dei sondaggi realizzati all'interno del presente documento). Una misura di falda, al termine della prova, fu eseguita anche nel perforo della CPT P2 (41.5 m s.l.m. circa), e permise di rilevare la presenza di acqua alla profondità di – 4.2 m dal piano di campagna. Si tratta di una misura estemporanea riportata a titolo puramente informativo. La prima misura (13 e 16 ottobre) fu presa al termine, rispettivamente, della penetrometria P1 e della penetrometria P3. Le tabelle seguenti contengono i dati completi della campagna di misure eseguite.

data	Prof. falda in P1 (m da p.c.)	Prof. falda in P3 (m da p.c.)
13/16-10-06	(giorno 13) -4.40	(giorno 16) - 4.88
09-11-06	- 4.50	- 4.94
15-11-06	- 4.41	- 4.58
25-11-06	- 4.18	- 4.65
06-12-06	- 4.23	- 4.70
09-12-06	- 4.04	- 3.20
10-12-06	- 3.98	- 3.82
11-12-06	- 3.82	- 4.25
15-12-06	- 3.99	- 4.58

Misure del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al piano di campagna

data	Prof. falda in P1 (m s.l.m.)	Prof. falda in P3 (m s.l.m.)
13/16-10-06	(giorno 13) 35,9	(giorno 16) 36,02
09-11-06	35,8	35,96
15-11-06	35,89	36,32
25-11-06	36,12	36,25
06-12-06	36,07	36,2
09-12-06	36,26	37,7
10-12-06	36,32	37,08
11-12-06	36,48	36,65
15-12-06	36,31	36,32

Misure del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al livello del mare

Il 09 dicembre le misure furono prese alle ore 15 durante una piena moderata dovuta a precipitazioni ancora in corso, iniziate circa 20 ore prima e a tratti anche di forte intensità, diffuse su tutto il bacino del Bisenzio.

All'asta idrometrica presso il ponte sul Bisenzio fra via Roma e via S. Stefano alle 15.15 il livello del fiume era 1.40 m sopra lo 0.

Il 10 dicembre le misure furono prese alle 12, nella parte di abbassamento della piena di cui sopra, al termine del periodo di precipitazioni iniziato circa 41 ore prima. All'asta idrometrica presso il ponte sul Bisenzio fra via Roma e via S. Stefano alle 12.30 il livello del fiume era 0.70 m circa sopra lo 0.

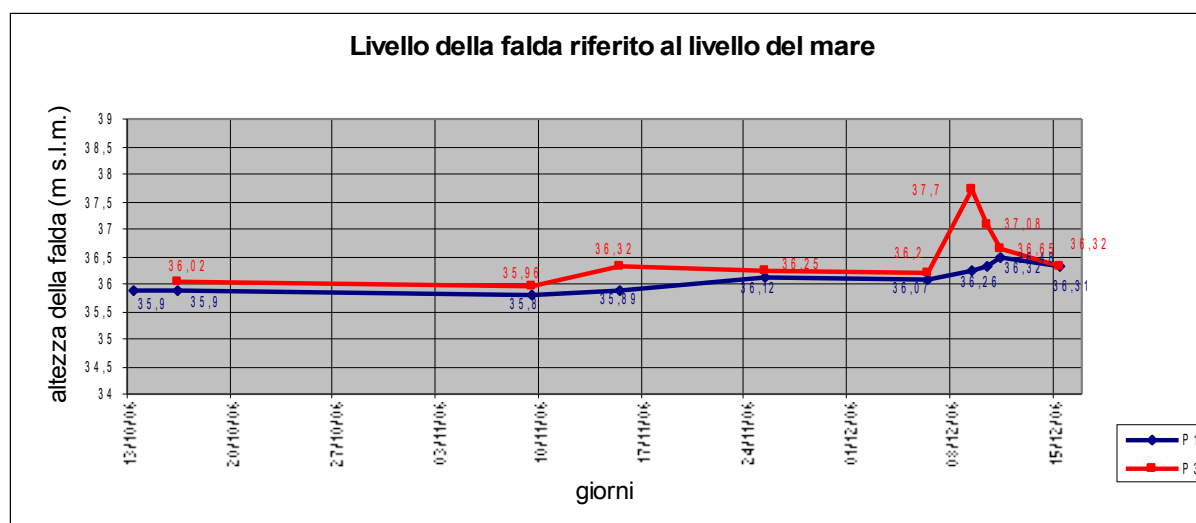


Grafico del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al livello del mare

Esaminando il precedente grafico delle piezometrie si nota che nel P3, in riva sinistra del Bisenzio, si ha una “risposta” all’innalzamento della falda in funzione delle precipitazioni più rapida e a volte con valori più accentuati rispetto a quanto rilevato nel P1, in riva destra. Tale comportamento è probabilmente dovuto alla presenza di un paleoalveo poco a monte del piezometro P3, come si vede nella carta geomorfologica di figura 3, che contribuisce in maniera significativa agli apporti sotterranei verso l’area d’intervento in riva sinistra del Bisenzio in fase di crescita delle piena, mentre in fase di decrescita svolge un’azione drenante che “scarica” la falda più velocemente rispetto a quanto accade in sponda destra. Il periodo delle osservazioni, iniziate il 13 ottobre 2006, è sicuramente breve ma in ogni caso sufficiente a mostrare che possono esserci escursioni della superficie di falda significative, fino ad 1.74 m in sponda sinistra e fino a 0.68 m in sponda destra fra massimo e minimo, e che sul lungo periodo i minimi ed i massimi potrebbero essere ancora più accentuati in occasione, rispettivamente, di siccità o precipitazioni prolungate, anche in funzione del livello idrometrico del Bisenzio. Nella carta della vulnerabilità dell’acquifero superficiale (freatico), elaborato 10-12 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale “Indagini geologico-tecnico ed idrauliche”, realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, i terreni lungo il percorso in studio sono indicati essere a vulnerabilità alta.

Nel novembre 2018 è stato inserito, nel perforo penetrometrico P1, è stato inserito un tubo piezometrico per il rilievo della profondità dell'eventuale falda. La misura, eseguita il 3 novembre a 24 ore dal termine della penetrometria, ha mostrato acqua a -2.95 m dal piano di campagna. Il 4 novembre, a 48 ore dal termine della penetrometria, la misura è stata – 2.98 m dal piano di campagna.

11. FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA

Le opere previste sono essenzialmente percorsi ciclopeditoni ed opere d'attraversamento di corsi d'acqua. Per definirne le fattibilità (geologica, idraulica e sismica) si sono elaborate delle tabelle che mettono in relazione il tipo di opera con la pericolosità (geologica, idraulica e sismica).

Fattibilità geologica		
Tipologia di intervento	Pericolosità geologica	
	G2	G3
Percorsi e aree di sosta pedonali – ciclopeditoni.	FG1	FG1
Nuovi manufatti, sopraelevazioni ed altri interventi che comportino sovraccarichi sul terreno e/o sulle fondazioni.	FG2	FG3

Fattibilità idraulica			
Tipologia di intervento	Pericolosità idraulica		
Da regolamento 53R/2011	I2 media	I3 elevata	I4 molto elevata
Da PGRA	P1 bassa	P2 media	P3 elevata
Da L. 41/2018		Alluvioni poco frequenti	Alluvioni frequenti
Tempo di ritorno	$200 \leq TR < 500$ anni	$30 \leq TR < 200$ anni	$TR < 30$ anni
Itinerari ciclopeditoni.	FI2	FI2	FI3
Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze all'interno del territorio urbanizzato.	FI2	FI2	FI3
Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze all'interno del territorio rurale.	FI2	FI3	FI4

Fattibilità sismica		
Tipologia di intervento	Pericolosità sismica	
	S2	S3
Percorsi e aree di sosta pedonali – ciclopeditoni.	FS1	FS1
Nuovi manufatti, sopraelevazioni ed altri interventi che comportino sovraccarichi sul terreno e/o sulle fondazioni.	FS2	FS3

Da d.p.g.r.53r/2011 si riportano le descrizioni delle varie classi di fattibilità:

Fattibilità senza particolari limitazioni (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Per le fattibilità geologica e sismica:

Fattibilità 1 (Fig.1; Fs.1) – *Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.*

Fattibilità 2 (Fig.2; Fs.2) - *Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Dovranno essere realizzate, a supporto dei singoli progetti esecutivi, specifiche indagini geotecniche e geofisiche e redatta specifica relazione geologica e geotecnica, secondo la normativa sismica e tecnica per le costruzioni vigente (NTC 2018 e D.P.G.R. 36r/2009).*

Fattibilità 3 (Fig.3; Fs.3) - *Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi. Si dovranno realizzare adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti. Sono inoltre da prevedersi a supporto dei singoli progetti esecutivi, indagini geofisiche nel rispetto del D.P.G.R. 36r/2009 e della normativa nazionale di settore vigente (NTC 2018). Le risultanze di tali indagini saranno contenute nella specifica relazione geologica e geotecnica redatta sempre in conformità alle NTC 2018 e D.P.G.R. 36r/2009.*

Per la fattibilità idraulica:

Fattibilità 1 (FI.1) - *E' attribuita alle previsioni di intervento di qualsiasi consistenza ricadenti in aree con pericolosità idraulica bassa (I.1) che viene assegnata alle aree non ricomprese nelle altre classi. Per tali previsioni non sono previste specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.*

Fattibilità 2 (FI.2) - *E' attribuita a previsioni di intervento ricadenti in aree con pericolosità idraulica media I.2 di cui al d.p.g.r. n. 53r/2011) e con pericolosità idraulica bassa (P1 di P.G.R.A.); individuabili pertanto come zone con possibilità di verificarsi di eventi esondativi per tempo di ritorno $Tr=500$ anni). Per interventi che implicino nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.*

Fattibilità 3 (FI.3) - *E' attribuita a previsioni di intervento ricadenti anche parzialmente in aree con pericolosità idraulica elevata (I.3 di cui al d.p.g.r. n. 53r/2011), con pericolosità idraulica media (P2 di P.G.R.A.) e o soggette a possibilità di esondazione per eventi poco frequenti (L.R. n. 41/2018); individuabili pertanto come zone con possibilità di verificarsi di eventi esondativi per tempo di ritorno $Tr=200$ anni. Per tali previsioni l'individuazione delle opere finalizzate al raggiungimento di un sostenibile livello di rischio (rischio medio R2), delle quote di messa in sicurezza (Tr 200 anni) e degli ulteriori eventuali "franchi rispetto al battente T 200 anni" è effettuata secondo le indicazioni contenute negli studi idraulici di corredo agli S.U. comunali ed eventualmente sulla base di studi idraulici quantitativi da redigersi, a cura del proponente/richiedente, secondo le indicazioni, i dati di portate e le condizioni a contorno stabilite dai competenti Enti sovracomunali (Regione Toscana e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale). Si dovrà ottemperare ai disposti di cui al paragrafo 3.2.2.2 dell'allegato A del Reg. Reg. n. 53r/2011.*

Fattibilità 4 (FI.4) - *E' attribuita a previsioni di intervento ricadenti anche parzialmente in aree con pericolosità idraulica molto elevata (I.4 di cui al d.p.g.r. n. 53r/2011), con pericolosità idraulica elevata (P3 del P.G.R.A.) e o soggette a possibilità di esondazione per eventi frequenti (L.R. n. 41/2018); individuabili pertanto come zone con possibilità di verificarsi di eventi esondativi per tempo di ritorno $Tr < 30$ anni.*

Per le previsioni che ricadano in tali perimetrazione, se ammesse e dichiarate autorizzabili dai disposti, salvaguardie e regolamentazioni di cui alla L.R. n. 41/2018 e dalla Disciplina di Piano del PGRA della ex Autorità di Bacino dell'Arno (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale), si dovrà ottemperare ai disposti di cui al paragrafo 3.2.2.1 dell'allegato A del Reg. Reg. n. 53r/2011.

Per tali previsioni l'individuazione delle opere finalizzate al raggiungimento di un sostenibile livello di rischio (rischio medio R2), delle quote di messa in sicurezza (Tr 200 anni) e degli ulteriori eventuali "franchi rispetto al battente T 200 anni" è effettuata secondo le indicazioni contenute negli studi idraulici di corredo agli S.U. comunali ed eventualmente sulla base di studi idraulici quantitativi da redigersi, a cura del proponente/richiedente, secondo le indicazioni, i dati di portate e le condizioni a contorno stabilite dai competenti Enti sovracomunali (Regione Toscana e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale).

La realizzazione e successiva gestione di quanto in progetto dovrà tenere conto anche delle condizioni meteorologiche ed idrauliche. Le lavorazioni dovranno essere eseguite in sicurezza e con modalità e tempi

che non determinino condizioni di pericolosità, in particolare sotto gli aspetti idraulici e di staticità dei rilevati, nelle aree di lavoro e dintorni. La gestione dei percorsi e relative infrastrutture dovrà essere sempre effettuata, anch'essa, in condizioni di sicurezza, se necessario impedendo l'accesso alle opere (a titolo d'esempio, non esaustivo, in previsione o durante le piene dei fiumi che si trovano presso il percorso e/o se dovessero essere previste condizioni di allerta idrometeorologica, avversità dovute a fenomeni atmosferici etc.).

Campi Bisenzio (FI), 07 dicembre 2019

Dr. Geol. Maurizio Negri

12. ELABORATI CARTOGRAFICI

Tavola 1- Carta di inquadramento del percorso della pista ciclabile

Tavola 2- Carta dei sondaggi realizzati per la passerella sul Bisenzio

