



Provincia di Arezzo

Nuova viabilità di collegamento tra ponte Leonardo ed il Centro direzionale di Viale Matteotti di Monteverchi

Variante al Piano Operativo

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA

(ai sensi del D.P.G.R.T N° 5/R del 30/01/2020)

NOME FILE						SCALA	DATA	ELABORATO N.
0923	DXX	GEO	004	A	VARIE	Febbraio 2025	3.1.4	

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
A	Febbraio 2025	Prima emissione	Sedda	Ciuffardi	Marchetti	Bilia

MANDATARIA
smart
engineering
CONNECTING HORIZONS

MANDANTI

cooprogetti



Studio di Geologia
Dott. Lorenzo SEDDA

Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Paolo Bracciali

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	2
ESTRATTO DI PIANO OPERATIVO VIGENTE DEL COMUNE DI MONTEVARCHI–Tavola Territorio Urbanizzato PO.043	
ESTRATTO DI PIANO OPERATIVO VIGENTE DEL COMUNE DI MONTEVARCHI – Tavola Territorio Rurale (nord)	
PO.14.....	4
COROGRAFIA GENERALE.....	6
PLANIMETRIA CATASTALE - scala 1.10.000.....	7
DATI DI BASE ED INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE.....	8
CARTA DEI DATI DI BASE.....	9
DPSH1.....	10
DPSH2.....	11
DPSH3.....	12
SONDAGGIO S1.....	13
SONDAGGIO S2.....	17
SONDAGGIO S3.....	23
SONDAGGIO SN1.....	27
PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO.....	33
INDAGINE SISMICA DOWN HOLE.....	38
INDAGINI HVSR.....	39
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI E STRUTTURALI.....	40
CARTA GEOLOGICA – scala 1:5.000.....	41
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	42
CARTA GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000.....	43
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI.....	44
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	44
CARTA IDROGEOLOGICA - scala 1:5.000.....	46
CARTA DELLE MOPS - scala 1:5.000.....	50
ANALISI DELLE PERICOLOSITA'.....	51
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA - Piano Strutturale approvato - scala 1:5.000.....	52
PROGETTO PAI “DISSESTI GEOMORFOLOGICI” adottato nella seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 28 Marzo 2024.....	53
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA ai sensi del DPGR 5R/2020 - scala 1:5.000.....	54
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA - Piano Strutturale approvato - scala 1:5.000.....	55
PGRA – MAPPA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE.....	56
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' PER ALLUVIONI ai sensi del DPGR 5R/2020 – STATO DI PROGETTO – figura non in scala tratta dalla Relazione Idrologica-Idraulica a firma dell'Ing. Bigazzi (Cooprogetti).....	57
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' SISMICA - Piano Strutturale approvato - scala 1:5.000.....	58
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 - 0.1.-0.5 sec- scala 1:5.000.....	60
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' SISMICA ai sensi del DPGR 5R/2020 - scala 1:5.000.....	61
CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI.....	62
CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AL RISCHIO DI ALLUVIONI.....	62
CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI.....	64
CONCLUSIONI.....	65

INTRODUZIONE

Oggetto di questo studio è quello di:

- a) verificare la pericolosità del territorio interessato dalla Variante al Piano Operativo, sotto il profilo geologico, sismico ed idraulico;
- b) verificare ed indicare la fattibilità degli interventi di trasformazione previsti negli atti della pianificazione urbanistica.

La normativa di riferimento per la redazione del presente studio è il Decreto del Presidente della Giunta Regionale n° 5/R del 30 Gennaio 2020.

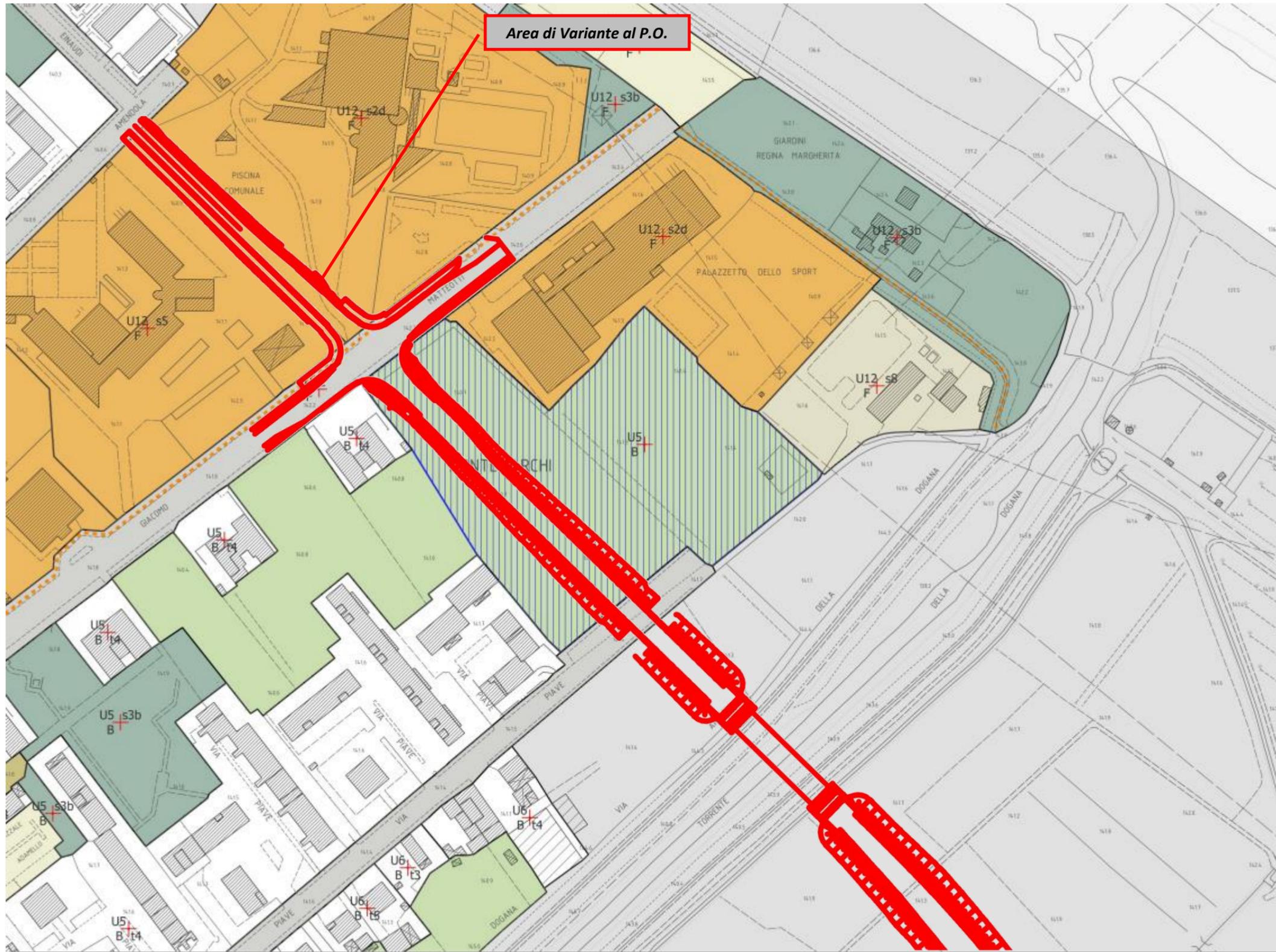
L'intervento infrastrutturale mira ad agevolare l'accesso degli utenti ad una zona nevralgica e polifunzionale di Montevarchi, scaricando al contempo la SRT 69 del Valdarno da una parte del traffico che caratterizza la conurbazione in riva sinistra dell'Arno. Tale intervento è, inoltre, parte di una futura e più ampia riorganizzazione infrastrutturale per il miglioramento della viabilità in una zona con una forte densità di abitanti, di industrie e di servizi. Pertanto, il nuovo tratto stradale risulterà strategico per il territorio e per la collettività di tutto il Valdarno.

Obiettivi della proposta di Variante

Trattandosi di previsione che impegna suolo inedificato all'esterno del perimetro del territorio urbanizzato, necessita di Variante al Piano Operativo. L'istruttoria resa dal Settore Urbanistica – Edilizia del Comune di Montevarchi determina come l'intervento possa essere considerabile ammissibile, previa variante urbanistica finalizzata alla localizzazione dell'intervento stesso.

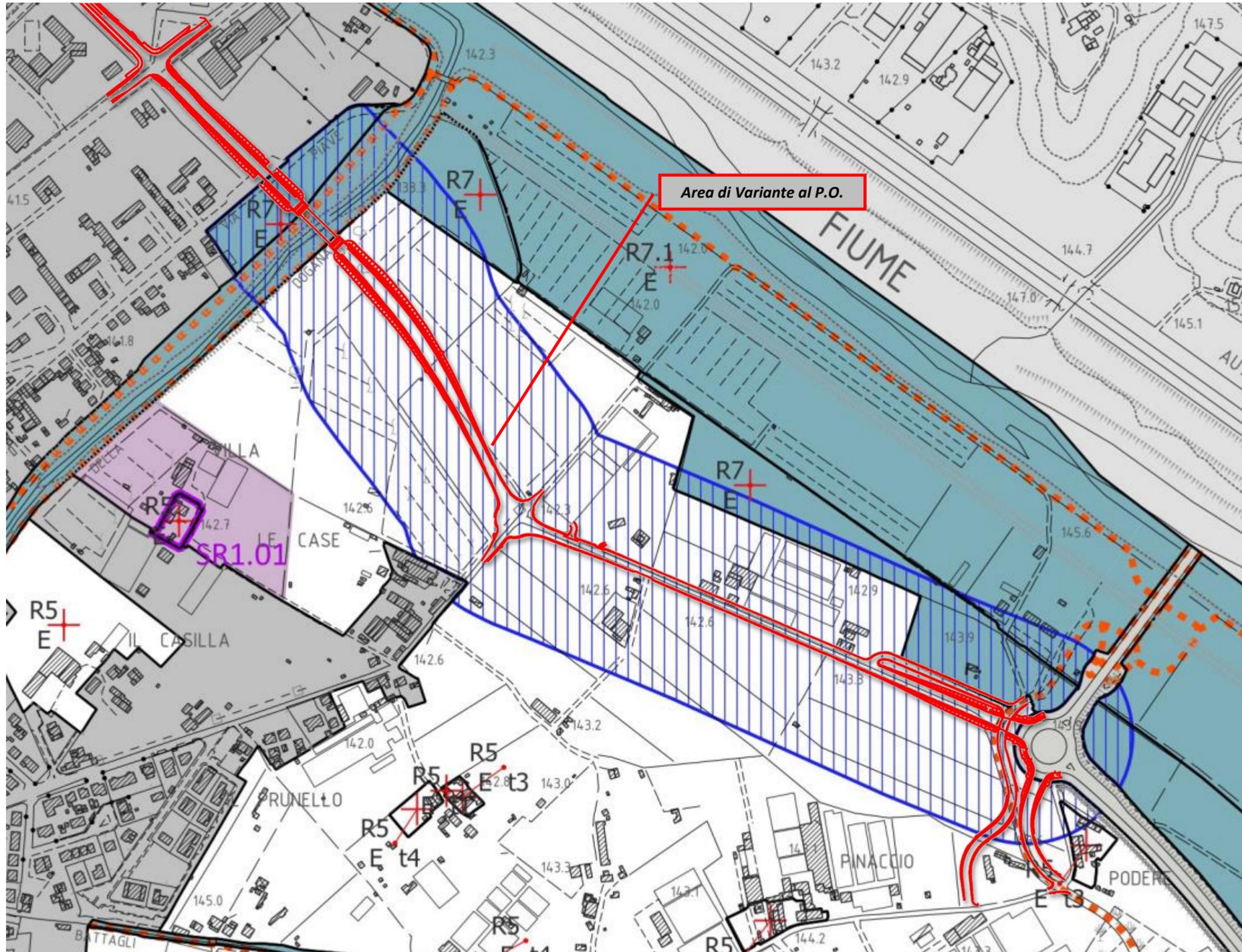
ESTRATTO DI PIANO OPERATIVO VIGENTE DEL COMUNE DI MONTEVARCHI – Tavola Territorio Urbanizzato PO.04

scala 1:2.000



ESTRATTO DI PIANO OPERATIVO VIGENTE DEL COMUNE DI MONTEVARCHI – Tavola Territorio Rurale (nord) PO.14

scala 1:5.000



Destinazioni d'uso

a	residenziale (a) (art. 8)		
b1	industriale e artigianale (b) (art. 9)		
b2	produzione industriale e laboratori artigiani		
	attività artigianali di servizio alla residenza e alla persona		
c1	commerciale al dettaglio (c) (art. 10)		
c2	esercizi di vicinato		
c3	attività di somministrazione di alimenti e bevande		
c4	medie strutture di vendita		
c5	grandi strutture di vendita		
d1	impianti per la distribuzione dei carburanti		
d2	turistico-ricettiva (d) (art. 11)		
d3	strutture alberghiere		
d4	strutture extra-alberghiere		
d5	residence		
e1	campeggi		
e2	aree sosta attrezzate per autocaravan		
e3	direzionale e di servizio (e) (art. 12)		
e4	attività a carattere direzionale e uffici in genere		
e5	servizi ricreativi e per la cura		
f1	servizi di assistenza sociale e sanitaria		
f2	servizi di ospitalità temporanea diversa dalle attività ricettive		
f3	autorimesse e parcheggi privati		
s1	commerciale all'ingrosso e depositi (f) (art. 13)		
s2	attività commerciali all'ingrosso		
s2a	attività di magazzinaggio e deposito, spedizione e logistica		
s2b	deposito e stoccaggio commerciale a cielo aperto di materiali e merci		
s2c	spazi, attrezzature e servizi pubblici o di interesse pubblico (s) (art. 15)		
s2d	servizi per l'istruzione di base	s2d	impianti sportivi al coperto
s2e	attrezzature di interesse comune	s2e	servizi sociali e ricreativi
s2f	servizi amministrativi	s2f	servizi per l'assistenza sanitaria
s3	servizi culturali		
s3a	servizi religiosi e per il culto	s3c	orti urbani
s3b	spazi pubblici attrezzati a parco e per lo sport	s3d	piazze e spazi pedonali pubblici
s3c	impianti sportivi all'aperto		
s3d	giardini pubblici o di uso pubblico	s4b	parcheggi pubblici in struttura
s4	aree per parcheggi pubblici		
s4a	parcheggi pubblici a raso		
s4b	parcheggi pubblici in struttura		
s5	servizi per l'istruzione superiore		
s6	servizi ospedalieri		
s7	servizi ospedalieri		
s8	servizi ospedalieri		
s9	servizi ospedalieri		
s10	servizi ospedalieri		
s11	servizi ospedalieri		

Discipline di intervento

tn°	disciplina di tipo n° (t1, t2, t3, t4, t5, t6) (artt. 22-27)
-----	--------------------------------------------------------------

Zone territoriali omogenee

A	zone A (art. 4)
B	zone B (art. 4)
C	zone C (art. 4)
D	zone D (art. 4)
E	zone E (art. 4)
F	zone F (art. 4)

Aree urbane

U1	la città antica di Montevarchi (art. 57)
U2	i tessuti dei villini e dei palazzi primo '900 (art. 58)
U2.1	ambito dei villini (art. 58)
U3	i borghi e gli altri tessuti storici (art. 59)
U3.1	tessuto storico di Moncioni (art. 59)
U4	gli aggregati storici interclusi (art. 60)
U5	i quartieri recenti pianificati (art. 61)
U6	i tessuti recenti residenziali (art. 62)
U7	i tessuti recenti residenziali misti (art. 63)
U8	le piastre produttive specializzate (art. 64)
U9	le aree artigianali miste (art. 65)
U10	le aree produttive miste a terziario (art. 66)
U11	le aree specializzate del commercio (art. 67)
U12	le grandi attrezzature collettive (art. 68)
U13/U13.1	gli elementi e le aree della rete ecologica nell'area urbana / contesti fluviali (art. 69)

Mobilità

M1	ferrovia (art. 70)
M2	viabilità principale (S.R. 69) (art. 71)
M3/M3.1	altri tracciati della viabilità principale/ tratti urbani (art. 71)
	corridoio di salvaguardia (nuove strade di competenza provinciale o sovra-provinciale) (art. 71)
	percorsi ciclabili e ciclopedonali (art. 72)
	percorsi escursionistici (art. 72)

Territorio rurale

R1	ambito dell'alta collina e della Dorsale Chianti (art. 74)
R2	ambito dell'olivicoltura (art. 75)
R3	ambito delle aree collinari viticole (art. 76)
R4	ambito delle prime pendici collinari (art. 77)
R5	ambito del fondovalle e della pianura (art. 78)
R6	ambito agricolo di interesse naturalistico (art. 79)
R7/R7.1	ambito dei corridoi fluviali / contesti fluviali (art. 80)
RN1	tessuti di matrice storica dei nuclei rurali (art. 83)
RN2	tessuti recenti dei nuclei rurali (art. 83)
	aree di pertinenza dei centri antichi (strutture urbane) (art. 47)
	aree di pertinenza degli aggregati di particolare valore (art. 48)
	aree di pertinenza degli altri aggregati (art. 48)
	aree di pertinenza degli edifici specialistici e delle ville (art. 49)
	visuali panoramiche di particolare rilevanza paesaggistica (art. 51)
	aree di tutela dei geotopi (art. 52)
	strade e spazi pavimentati nella città antica e nei nuclei di antico impianto (artt. 57 e 83)
	percorsi/strade pedonali
	verde complementare (artt. 55 e 83)
	spazi scoperti integrativi delle pertinenze negli insediamenti specialistici (art. 56)

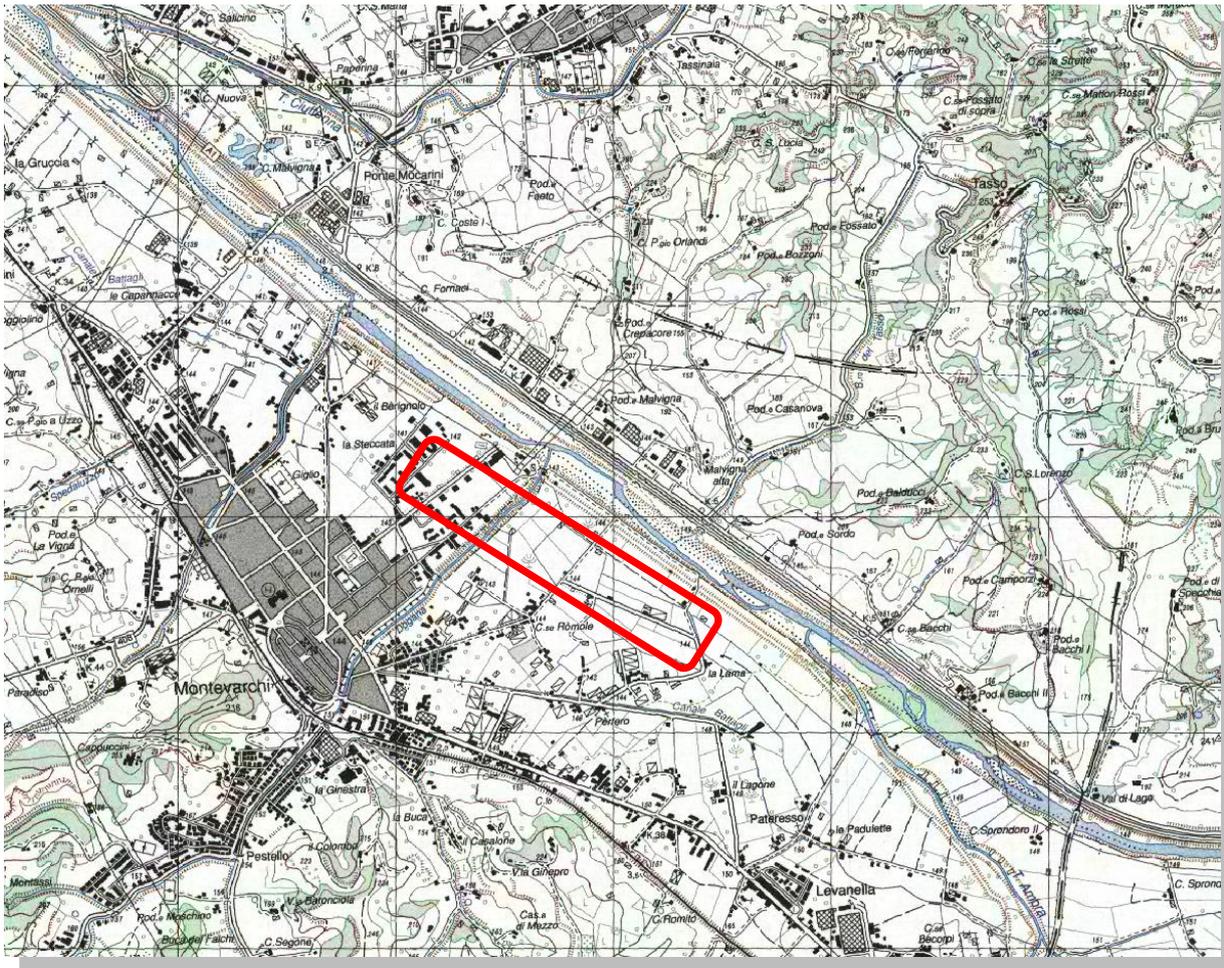
Aree con discipline specifiche

AEn°/OPn°	aree soggette a vincolo espropriativo (AE) e opere pubbliche (OP)
ATn°	interventi di trasformazione (AT)
ATCn°	aree esterne al territorio urbanizzato oggetto di copianificazione (ATC)
	verde
	piazze e spazi pedonali
	percorsi pedonali
	servizi
	parcheggi
	viabilità
PVn°	piani attuativi o interventi convenzionati vigenti, altri interventi diretti in corso di realizzazione (PV)
SRn°	altre aree con disciplina specifica nel territorio rurale

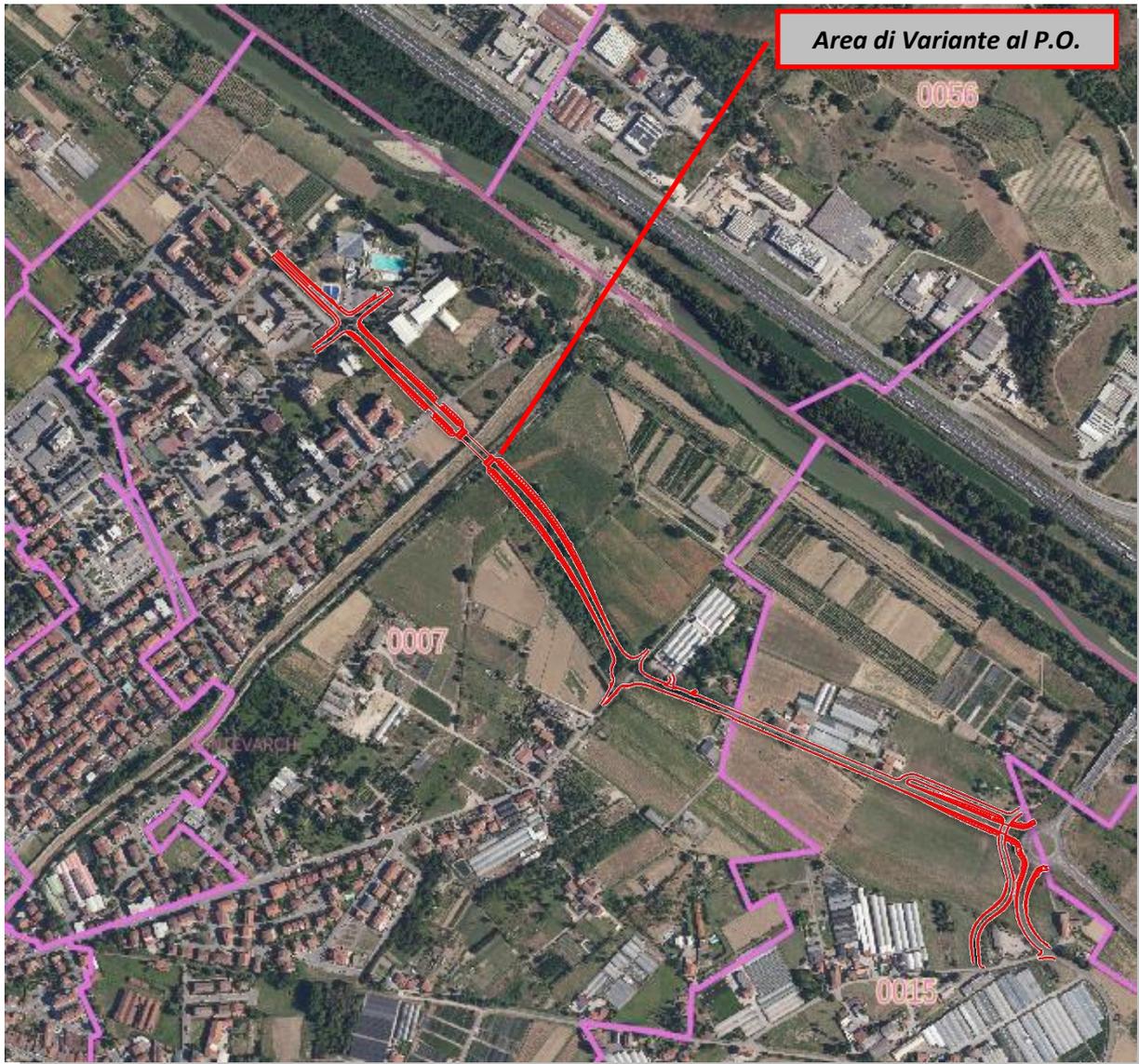
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L'area in studio è ubicata tra la rotonda del Ponte Leonardo ed il centro direzionale di Viale Matteotti, a quote comprese tra 140 e 144 m s.l.m. e censita al Catasto di Montevarchi ai Fogli 7 e 15. Nell'impianto cartografico IGM, alla scala 1:25000 l'area oggetto di indagine ricade nel foglio 287 sez. I "Montevarchi".

COROGRAFIA GENERALE



PLANIMETRIA CATASTALE - scala 1.10.000

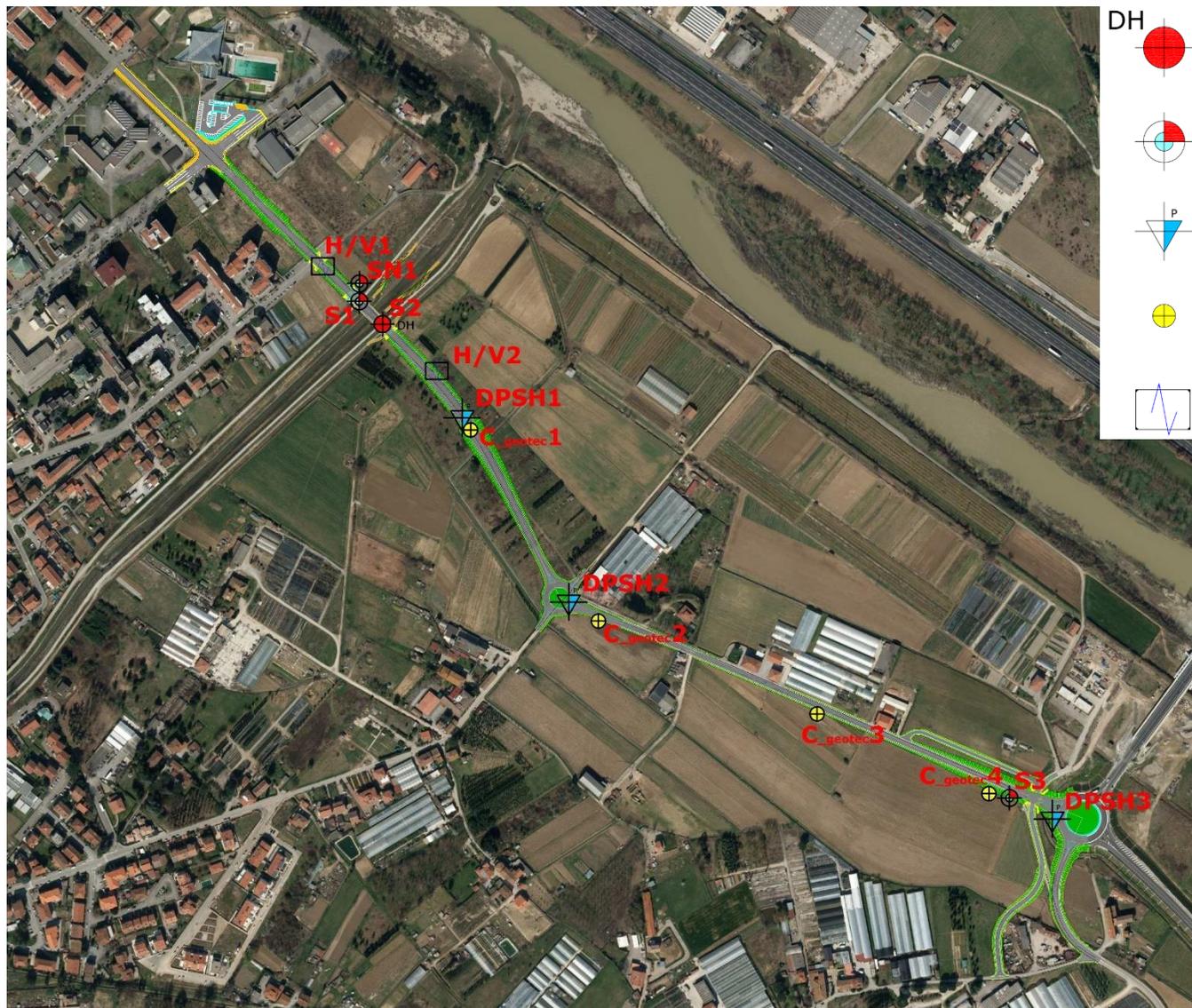


DATI DI BASE ED INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Nell'ambito della presente relazione di supporto alla pianificazione urbanistica sono state acquisite opportune indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'ambito della progettazione definitiva del nuovo corridoio infrastrutturale di cui alla presente variante.

Al fine di poter disporre di tutti gli elementi utili alla progettazione delle strutture, è stata predisposta una campagna geognostica che è consistita nell'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche, di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo che ha raggiunto la profondità di 30 m ed attrezzato per l'esecuzione di un'indagine sismica in foro di tipo Down Hole, di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo piezometrico e di un ulteriore sondaggio spinto fino alla profondità di 50 m; in avanzamento di perforazione sono stati inoltre prelevati n. 9 campioni indisturbati mediante fustella Shelby avviati a prove di laboratorio geotecnico. Al fine di caratterizzare le terre coinvolte nella realizzazione del rilevato stradale sono stati altresì prelevati n. 4 campioni di terreno avviato a prove di caratterizzazione geotecnica stradale.

CARTA DEI DATI DI BASE



-  DH Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per l'esecuzione di indagine sismica Down Hole
-  Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con tubo piezometrico
-  Prova penetrometrica dinamica DPSH
-  Saggio mediante mezzo meccanico per prelievo di campione avviato a prove di geotecnica stradale
-  Misura di microtremore a stazione singola H/V

- Indagini geologiche idrauliche e sismiche di supporto alla pianificazione urbanistica -
Variante al Piano Operativo vigente finalizzata alla realizzazione di "Nuova viabilità di collegamento tra ponte Leonardo ed il Centro Direzionale di Viale Matteotti di Monteverchi"

DPSH1

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	N_{SPT} EQUIVALENTE
Terreno rimaneggiato	0,00 – 1,00	R	9,8
Limi sabbiosi sciolti	1,00 – 4,60	LS	3,3
Ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa	4,60 – 5,60	GS	13,1
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	5,60 – 6,80	G	43,7



DPSH2

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	N_{SPT} EQUIVALENTE
Terreno rimaneggiato	0,00 – 1,20	R	12,9
Limi sabbiosi sciolti	1,20 – 3,40	LS	4,7
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	3,40 – 5,20	G	17,4
Ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa	5,20 – 6,40	GS	8,0
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	6,40 – 8,60	G	43,9



DPSH3

DESCRIZIONE	PROF.	U.L.	N_{SPT} EQUIVALENTE
Terreno rimaneggiato	0,00 – 1,00	R	12,5
Limi sabbiosi sciolti	1,00 – 2,20	LS	3,5
Ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa	5,20 – 6,20	GS	11,1
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	6,20 – 9,00	G	43,0



SONDAGGIO S1

Riferimento: Nuova viabilità di collegamento tra il ponte Leonardo ed il CD di viale Matteotti Sondaggio: S1																
Località: Montevarchi (AR)					Quota: 144,4											
Impresa esecutrice: Geognostica Medicea Snc					Data: 28/08/2023											
Coordinate: X: 11.5798167 Y: 43.529875					Redattore:											
Perforazione: a carotaggio continuo																
Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE		
				1										Sabbie limose con ghiaietto fine	U.L. R	
				2											Sabbie fini limose	
				3			1) She < 2,50 2,90									
				4							6-6-7	13				U.L. S
				5												
				6							18-20-38	58		5,8	Ghiaie cm (d= 4 cm) arrotondate con clasti sia calcarei che arenacei, in matrice sabbiosa debolmente limosa. Da 10 a 13 m aumento frazione coesiva in matrice	
				7												
				8												
				9							40-50/10cm	Rif				U.L. G
				10												
				11												
				12												
				13							39-43-47	90		13,0	Limi argillosi debolmente sabbiosi grigio azzurri mediamente consistenti con livelli prevalentemente sabbioso limosi a 13-13.1 m e a 14-14.2 m	U.L. L
				14		2) She < 14,50 15,00										
101				15									15,0			



Cassetta 1: 0 - 5 m



Cassetta 2: 5 - 10 m



Cassetta 3: 10 -15 m

Nel foro di sondaggio S1 sono state realizzate n° 4 prove SPT, le quali permettono una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni; le correlazioni di Terzaghi & Peck permettono di ricavare, dall' N_{SPT} l'angolo di attrito ed il modulo edometrico: si ricava, solo per le sabbie medie fino a sabbie ghiaiose – estendibili cautelativamente anche ai materiali lapidei, dalla formula di Shioi-Fukuni 1982:

$$\varphi = 15 + \sqrt{(N_{SPT\text{corretto}} \times 15)}$$

$$M_o = N_{SPT} \times 6$$

Per la determinazione del modulo elastico E vengono invece utilizzate le formule empiriche di Begemann (1974); per limi sabbiosi, fino a ghiaie sabbiose valgono le seguenti relazioni:

$$E = 40 + C (NSPT - 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT > 15$$

$$E = C (NSPT + 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT < 15$$

con C che varia da un valore di 3 per i limi sabbiosi ad un valore massimo di 12 per le ghiaie con sabbia.

I valori di N_{spt} equivalente sono stati sottoposti alla correzione imposta dalla profondità della misura: detta correzione tiene infatti conto del naturale carico litostatico alla profondità alla quale si esegue la specifica misura.

$$N_{spt\text{ corretto}} = N_{spt} \times (P_{atm} / \sigma_v')^{0,5}$$

Descrizione	U.L.	Prof.	SPT	N_{SPT}	N_{SPT} corretto	φ	M_o	E
Sabbie fini limose mediamente addensate	S	SPT 1 3,50 – 3,95	6-6-7	13	13,5	29,3°	78 Kg/cmq	152 Kg/cmq adottando un valore di C = 8
		SPT 2 6,00 – 6,45	18-20-38	58	53,4	43,3°	348 Kg/cmq	560 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	G	SPT 3 9,00 – 9,25	40-50 (10 cm)	90	68,5	47,1°	540 Kg/cmq	880 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
		SPT4 12,50 – 12,95	39-43-47	90	58,5	44,6°	540 Kg/cmq	880 Kg/cmq adottando un valore di C = 10

SONDAGGIO S2

Riferimento: Nuova viabilità di collegamento tra il ponte Leonardo ed il CD di viale Matteotti Sondaggio: S2														
Località: Montevarchi (AR)					Quota: 143.6									
Impresa esecutrice: Geognostica Medicea Snc					Data: 29/08/2023									
Coordinate: X: 11.5799133 Y: 43.5294063					Redattore:									
Perforazione: a carotaggio continuo														
Ø mm	R r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE
				1								1.5		Sabbie fini limose con ghiaie eterometriche anche grosse (d> 10 cm) U.L. R
				2										Limi sabbiosi fini color avana, mediamente consistenti Verso il basso aumento della componente sabbiosa, prevalenti sabbie limose mediamente addensate U.L. S
				3						5-7-8	15			
				4										
				5						5-10-8	18			
				6								6.3		
				7										Ghiaie in matrice sabbioso limosa a clasti cm ed eterometrici (d= 3/4 cm) Da 11.5 m aumento matrice a scapito della componente ghiaiosa U.L. G
				8						28-50/12cm	Rif			
				9										
				10										
				11						34-44-45	89			
				12										
				13								13.0		Sabbie limose grigiastre e nere mediamente addensate
				14										
				15								14.5		Argille limose nerastre e grigio scure, con inclusi clasti mm spigolosi e concrezioni calcaree, molto consistenti (Qc>5 kg/cm ²) con livelli debolmente sabbiosi a: 16-16.5 m 17.2-17.3 m 19.1-19.3 m 20-20.1 m U.L. L
				16						14-21-25	46			
				17										
				18										
				19						20-28-25	53			
				20										
				21								22.6		
				22										
				23								23.3		Sabbie fini limose mediamente addensate grigio nerastre U.L. A
				24						16-24-30	54			Argille limose grigio nerastre molto consistenti (Qc>5kg/cm ²) con sporadici livelli cm debolmente sabbiosi U.L. A
				25										
				26										
				27						20-28-33	61			
				28										
				29								28.2		Sabbie fini e molto fini limose grigio nerastre molto addensate U.L. L
				30										
101										18-21-23	44		30.0	



Cassetta 1: 0-5 m



Cassetta 2: 5-10 m



Cassetta 3: 10 -15 m



Cassetta 4: 15 -20 m



Cassetta 5: 20 -25 m



Cassetta 6: 25 -30 m

Nel foro di sondaggio S2 sono state realizzate n° 9 prove SPT, le quali permettono una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni; le correlazioni di Terzaghi & Peck permettono di ricavare, dall' N_{SPT} l'angolo di attrito ed il modulo edometrico: si ricava, solo per le sabbie medie fino a sabbie ghiaiose – estendibili cautelativamente anche ai materiali lapidei, dalla formula di Shioi-Fukuni 1982:

$$\varphi = 15 + \sqrt{(N_{SPT\text{corretto}} \times 15)}$$

$$M_o = N_{SPT} \times 6$$

Per la determinazione del modulo elastico E vengono invece utilizzate le formule empiriche di Begemann (1974); per limi sabbiosi, fino a ghiaie sabbiose valgono le seguenti relazioni:

$$E = 40 + C (NSPT - 6) \quad [\text{Kg/cmq}] \text{ per } NSPT > 15$$

$$E = C (NSPT + 6) \quad [\text{Kg/cmq}] \text{ per } NSPT < 15$$

con C che varia da un valore di 3 per i limi sabbiosi ad un valore massimo di 12 per le ghiaie con sabbia.

I valori di N_{spt} equivalente sono stati sottoposti alla correzione imposta dalla profondità della misura: detta correzione tiene infatti conto del naturale carico litostatico alla profondità alla quale si esegue la specifica misura.

$$N_{spt\text{ corretto}} = N_{spt} \times (P_{atm} / \sigma_v')^{0,5}$$

Descrizione	U.L.	Prof.	SPT	N_{SPT}	N_{SPT} corretto	φ	M_o	E
Sabbie fini limose mediamente addensate	S	SPT 1 3,00 – 3,45	5-7-8	15	16,1	29,3°	90 Kg/cmq	128 Kg/cmq adottando un valore di C = 8
		SPT 2 5,00 – 5,45	5-10-8	18	15,1	30,5°	108 Kg/cmq	136 Kg/cmq adottando un valore di C = 8
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	G	SPT 3 8,00 – 8,27	28-50 (12 cm)	78	63,5	45,9°	468 Kg/cmq	760 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
		SPT 4 11,00 – 11,45	34-44-45	89	61,5	45,4°	534 Kg/cmq	870 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
Limi sabbioso-argillosi	L	SPT5 16,00 – 16,45	14-21-25	46	26,5	35,0°	276 Kg/cmq	160 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT6 16,00 – 16,45	14-21-25	46	26,5	35,0°	276 Kg/cmq	181 Kg/cmq

								adottando un valore di C = 3
		SPT9 30,00 – 30,45	18-21-23	44	18,7	31,7°	264 Kg/cmq	154 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
Argille limose molto consistenti	A	SPT7 24,00 – 24,45	16-24-30	54	25,6	34,6°	324 Kg/cmq	184 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT8 27,00 – 27,45	20-28-33	61	27,2	35,2°	366 Kg/cmq	205 Kg/cmq adottando un valore di C = 3

Nel numero 1/2017 della Rivista "Geologia Tecnica & Ambientale" (Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi) viene proposta dall'autore Dott. Francesco Amantia Scuderi una correlazione tra il valore di N_{SPT} ed il valore di coesione non drenata. La formula, nel frattempo validata a livello scientifico sullo scenario internazionale, è stata in questa sede utilizzata stante la necessità di caratterizzare – anche in condizioni non drenate – il terreno dell'Unità Litotecnica A dal comportamento meramente coesivo. Nel dettaglio, la correlazione proposta si esplica nella seguente formulazione:

$$C_u = (N_{SPT(60)} \times \alpha) / \sqrt{(\sigma_v + 1)}$$

dove $\alpha = 0,05$ per argille a media plasticità
 $\alpha = 0,07$ per argille ad alta plasticità
 σ_v è la tensione litostatica efficace alla quota di esecuzione della prova in Kg/cmq

Per la determinazione del grado di plasticità dei sedimenti coesivi campionati si faccia riferimento ai valori di W_N e W_P ricavati in laboratorio sul campione prelevato a quote prossime a quelle a cui si rinviene l'Unità Litotecnica A:

Campione	Profondità	Unità Litotecnica	W_N	W_P
C2 S2	21,00 – 21,50	L/A	16,7%	20,3%

I sedimenti coesivi campionati, sia per ciò che concerne l'Unità Litotecnica A che l'Unità Litotecnica L, possono definirsi a plasticità medio bassa, giacché nel caso analizzato il contenuto naturale di acqua è risultato di poco inferiore al limite plastico. Se ne ricava pertanto:

Descrizione	U.L.	Prof.	Grado di plasticità	$N_{SPT} (60)$	C_u
Argille limose mediamente consistenti	A	24,00 – 24,45	medio-basso	58,32	2,02 Kg/cmq

SONDAGGIO S3

Riferimento: Nuova viabilità di collegamento tra il ponte Leonardo ed il CD di viale Matteotti	Sondaggio: S3
Località: Montevarchi (AR)	Quota: 142,8
Impresa esecutrice: Geognostica Medicea Snc	Data: 04/09/2023
Coordinate: X: 11.5888924 Y: 43.5239586	Redattore:
Perforazione: a carotaggio continuo	

Profondità (m)	R v	A r	S s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
															Terreno di riporto antropico	U.L. R
					1									0,5	Limi sabbiosi color avana sciolti e mediamente sciolti	U.L. LS
					2									1,8	Ghiaie sabbiose con clasti eterometrici (d _{max} > 10 cm), sia calcarei che arenacei, in matrice prevalentemente sabbiosa e subordinatamente limosa	
					3						12-13-10	23				
					4											
					5											
					6						21-38-34	72				U.L. G
					7											
					8											
					9						22-27-30	57				
					10											
					11									10,6	Limi argillosi debolmente sabbiosi grigio azzurri mediamente consistenti con livelli e passaggi prevalentemente sabbioso limosi	
					12											
					13											U.L. L
					14											
					15						20-31-29	60		15,0		

1) She < 12,30
12,70**- Indagini geologiche idrauliche e sismiche di supporto alla pianificazione urbanistica -**

Variante al Piano Operativo vigente finalizzata alla realizzazione di "Nuova viabilità di collegamento tra ponte Leonardo ed il Centro Direzionale di Viale Matteotti di Montevarchi"



Cassetta 1: 0 -5 m



Cassetta 2: 5 -10 m



Cassetta 3: 10 -15 m

Nel foro di sondaggio S3 sono state realizzate n° 4 prove SPT, le quali permettono una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni; le correlazioni di Terzaghi & Peck permettono di ricavare, dall' N_{SPT} l'angolo di attrito ed il modulo edometrico: si ricava, solo per le sabbie medie fino a sabbie ghiaiose – estendibili cautelativamente anche ai materiali lapidei, dalla formula di Shioi-Fukuni 1982:

$$\varphi = 15 + \sqrt{(N_{SPT\text{corretto}} \times 15)}$$

$$M_o = N_{SPT} \times 6$$

Per la determinazione del modulo elastico E vengono invece utilizzate le formule empiriche di Begemann (1974); per limi sabbiosi, fino a ghiaie sabbiose valgono le seguenti relazioni:

$$E = 40 + C (NSPT - 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT > 15$$

$$E = C (NSPT + 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT < 15$$

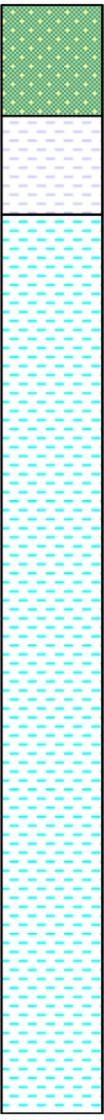
con C che varia da un valore di 3 per i limi sabbiosi ad un valore massimo di 12 per le ghiaie con sabbia.

I valori di N_{spt} equivalente sono stati sottoposti alla correzione imposta dalla profondità della misura: detta correzione tiene infatti conto del naturale carico litostatico alla profondità alla quale si esegue la specifica misura.

$$N_{spt \text{ corretto}} = N_{spt} \times (P_{atm} / \sigma_v')^{0,5}$$

Descrizione	U.L.	Prof.	SPT	N _{SPT}	N _{SPT} corretto	φ	Mo	E
Ghiaie in abbondante matrice sabbioso- limosa	GS	SPT 1 3,00 – 3,45	12-13-10	23	29,0	35,8°	138 Kg/cmq	176 Kg/cmq adottando un valore di C = 8
Ghiaie in matrice sabbioso- limosa	G	SPT 2 6,00 – 6,45	21-38-34	72	66,3	46,5°	432 Kg/cmq	700 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
		SPT 3 9,00 – 9,45	22-27-30	57	43,4	40,5°	342 Kg/cmq	550 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
Limi sabbioso- argillosi	L	SPT4 14,50 – 14,95	20-31-29	60	36,3	38,3°	360 Kg/cmq	580 Kg/cmq adottando un valore di C = 3

SONDAGGIO SN1

COLONNA STRATIGRAFICA					
Committente:	PROVINCIA DI AREZZO			MONTEVARCHI	
STRATIGRAFIA	RICOSTRUZIONE				
sondaggio SN1	SUCCESIONE STRATIGRAFICA			Nuova Viabilità P. Leonardo	
STRATIGRAFIA	CAMPIONI	SPT	FALDA	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50					
		3,0 m 4_4_3		Termini rimaneggiati	0 - 5,0 m U.L. R/S Termini riportati eterometrici frammentati a terreno vegetale, sabbie marroni alternate a sabbie e ghiaie ed elementi biancastri. Poco addensati.
		6,0 m 16_14_14 9,0 m 5_13_16		Depositi conglomeratici sabbiosi	5,0 - 9,5 m U.L. G Termini conglomeratici eterometrici con diffusi livelli sabbiosi con ciottoli centimetrici ed a luogo decimetrici diffusi eterogenei. Addensati. Circolazione idrodinamica
		12 m 12_20_26 15 m 10_16_18 19 m 11_17_20 22 m 15_26_35 25 m 17_28_35		Depositi limoso - sabbiosi	9,5 - 50,0 m U.L. L Termini sabbioso limosi passanti a limi sabbiosi debolmente argillosi. Colore grigio azzurro. Si rileva un generale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche con la profondità. Si passa a termini a minore contenuto sabbioso alternati a livelli limosi a componente sabbiosa progressivamente inferiore. Si presentano consistenti, a luogo molto consistenti.
	C.I.				
	25,0 - 25,5 m				
	C.I.	30 m			
	30,0 - 30,5 m	25_30_38			
	C.I.	34 m			
		24_32_40			
		37 m			
		29_35_41			
	C.I.	40 m			
	40,0 - 40,5 m	30_35_42			
		44 m			
		15_18_32			
		47 m			
		18_24_32			

<p>DATA: 21/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 0 A 5 M</p>	
<p>DATA: 22/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 5 A 10 M</p>	
<p>DATA: 22/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 10 A 15 M</p>	
<p>DATA: 22/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 15 A 20 M</p>	

<p>DATA: 23/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 20 A 25 M</p>	
<p>DATA: 23/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 25 A 30 M</p>	
<p>DATA: 23/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 30 A 35 M</p>	
<p>DATA: 23/11/2024 SN1 PROFONDITÀ: DA 35 A 40 M</p>	

DATA: 23/11/2024
SN1
PROFONDITÀ: DA 40 A 45 M



DATA: 23/11/2024
SN1
PROFONDITÀ: DA 45 A 50 M



Nel foro di sondaggio SN1 sono state realizzate n° 14 prove SPT, le quali permettono una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni; le correlazioni di Terzaghi & Peck permettono di ricavare, dall' N_{SPT} l'angolo di attrito ed il modulo edometrico: si ricava, solo per le sabbie medie fino a sabbie ghiaiose – estendibili cautelativamente anche ai materiali lapidei, dalla formula di Shioi-Fukuni 1982:

$$\varphi = 15 + \sqrt{(N_{SPT\text{corretto}} \times 15)}$$

$$M_o = N_{SPT} \times 6$$

Per la determinazione del modulo elastico E vengono invece utilizzate le formule empiriche di Begemann (1974); per limi sabbiosi, fino a ghiaie sabbiose valgono le seguenti relazioni:

$$E = 40 + C (NSPT - 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT > 15$$

$$E = C (NSPT + 6) \quad [Kg/cmq] \text{ per } NSPT < 15$$

con C che varia da un valore di 3 per i limi sabbiosi ad un valore massimo di 12 per le ghiaie con sabbia.

I valori di Nspt equivalente sono stati sottoposti alla correzione imposta dalla profondità della misura: detta correzione tiene infatti conto del naturale carico litostatico alla profondità alla quale si esegue la specifica misura.

$$Nspt \text{ corretto} = Nspt \times (P_{atm} / \sigma_v')^{0,5}$$

Descrizione	U.L.	Prof.	SPT	N _{SPT}	N _{SPT} corretto	φ	Mo	E
Sabbie fini limose mediamente addensate	S	SPT 1 3,00 – 3,45	4-4-3	7	8,2	26,1°	42 Kg/cmq	104 Kg/cmq adottando un valore di C = 8
Ghiaie in matrice sabbioso-limosa	G	SPT 2 6,00 – 6,45	16-14-14	28	22,0	33,2°	168 Kg/cmq	260 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
		SPT 3 9,00 – 9,45	5-13-16	29	18,8	31,8°	174 Kg/cmq	270 Kg/cmq adottando un valore di C = 10
Limi sabbioso-argillosi	L	SPT4 12,00 – 12,45	12-20-26	46	30,5	36,4°	276 Kg/cmq	160 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT5 15,00 – 15,45	10-16-18	34	19,6	32,1°	204 Kg/cmq	124 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT6 19,00 – 19,45	11-17-20	37	18,7	31,7°	222 Kg/cmq	133 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT7 22,00 – 22,45	15-26-35	61	30,1	36,3°	366 Kg/cmq	205 Kg/cmq adottando un valore di C = 3

		SPT8 25,00 – 25,45	17-28-35	63	29,2	35,9°	378 Kg/cmq	211 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT9 30,00 – 30,45	25-30-38	68	28,8	35,8°	408 Kg/cmq	226 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT10 34,00 – 34,45	24-32-40	72	28,7	35,7°	432 Kg/cmq	238 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT11 37,00 – 37,45	29-35-41	76	29,1	35,9°	456 Kg/cmq	250 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT12 40,00 – 40,45	30-35-42	77	28,3	35,6°	462 Kg/cmq	253 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT13 44,00 – 44,45	15-18-32	50	17,5	31,2°	300 Kg/cmq	172 Kg/cmq adottando un valore di C = 3
		SPT14 47,00 – 47,45	18-24-32	56	19,0	31,9°	336 Kg/cmq	190 Kg/cmq adottando un valore di C = 3

PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Come ampiamente detto, nel corso dei quattro sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati nove campioni indisturbati avviati ad opportune prove di laboratorio geotecnico.

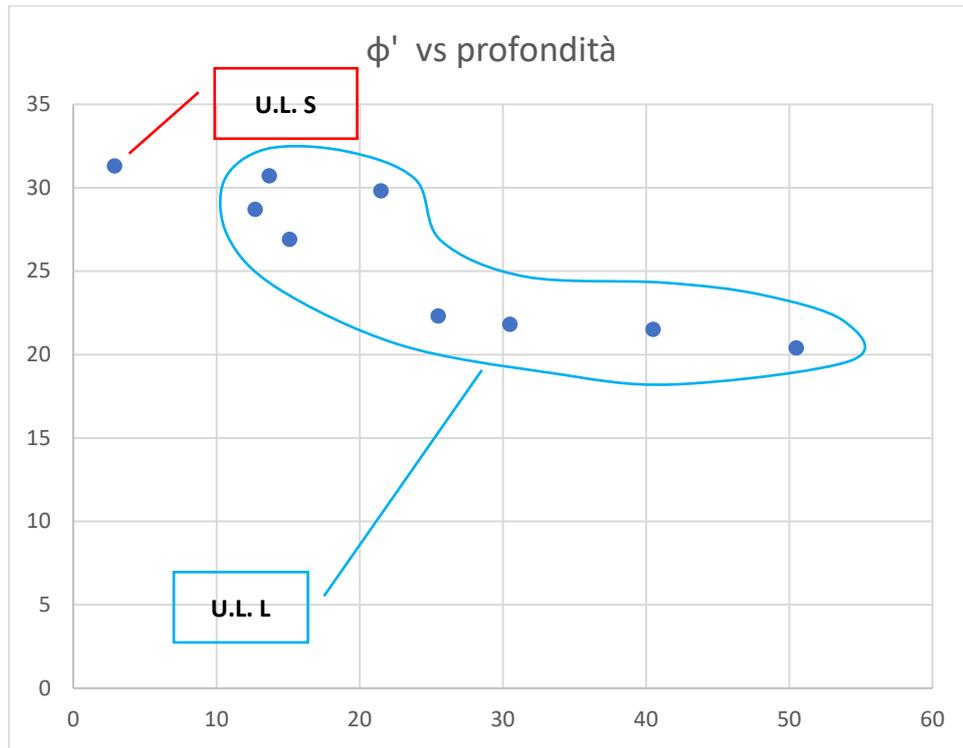
Su tutti i 9 campioni sono state eseguite prove di taglio diretto consolidato drenato (TD), e su 6 campioni è stata determinata la resistenza al taglio in condizioni non drenate mediante prova di compressione semplice (ELL).

In 4 campioni infine è stata svolta la prova edometrica finalizzata alla determinazione dei parametri di deformazione dei terreni.

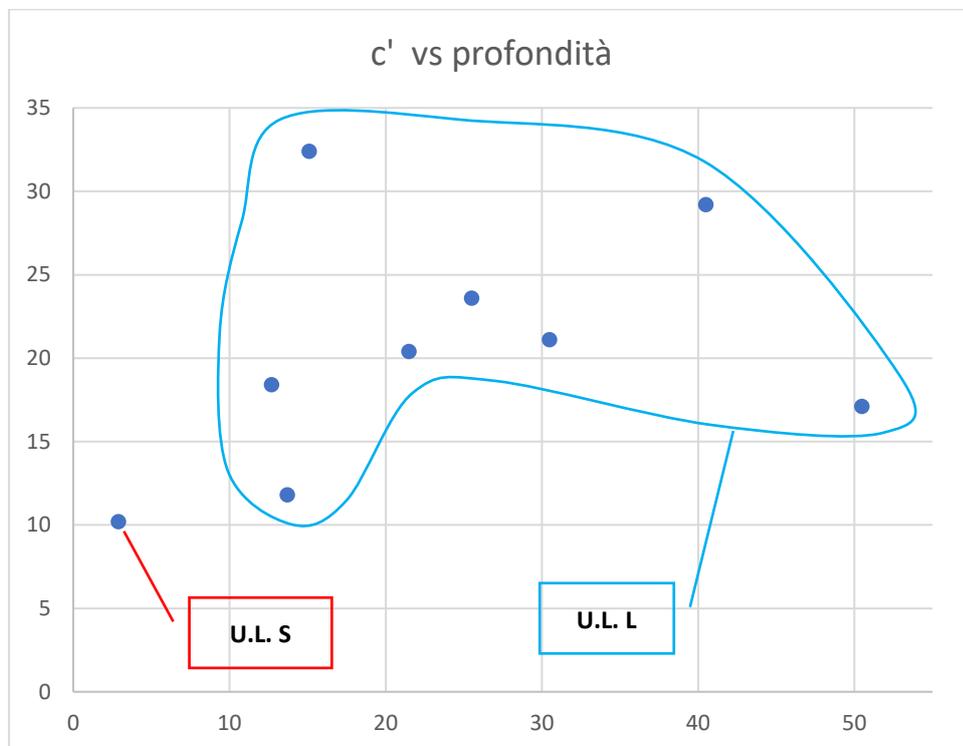
Di seguito il quadro sinottico dei principali risultati.

Campione	Profondità	Cu (KPa)	c' (KPa)	ϕ'	Mo (KPa)
S1C1 U.L. S	2,50 – 2,90	-	10,2	31,3°	-
S1C2 U.L. L	14,50 – 15,10	216	32,4	26,9°	11838
S2C1 U.L. L	13,10 – 13,70	-	11,8	30,7°	15776
S2C2 U.L. L	21,00 – 21,50	134	20,4	29,8°	21989
S3C1 U.L. L	12,30 – 12,70	-	18,4	28,7°	15845
SN1C1 U.L. L	25,00 – 25,50	118	23,6	22,3°	-
SN1C2 U.L. L	30,00 – 30,50	198	21,1	21,8°	-
SN1C3 U.L. L	40,00 – 40,50	363	29,2	21,5°	-
SN1C4 U.L. L	50,00 – 50,50	80	17,10	20,4°	-

E' stato fatto il tentativo di plottare, nei confronti della profondità, i risultati delle resistenze al taglio dei terreni indagati.



Profondità in metri dal p.c.



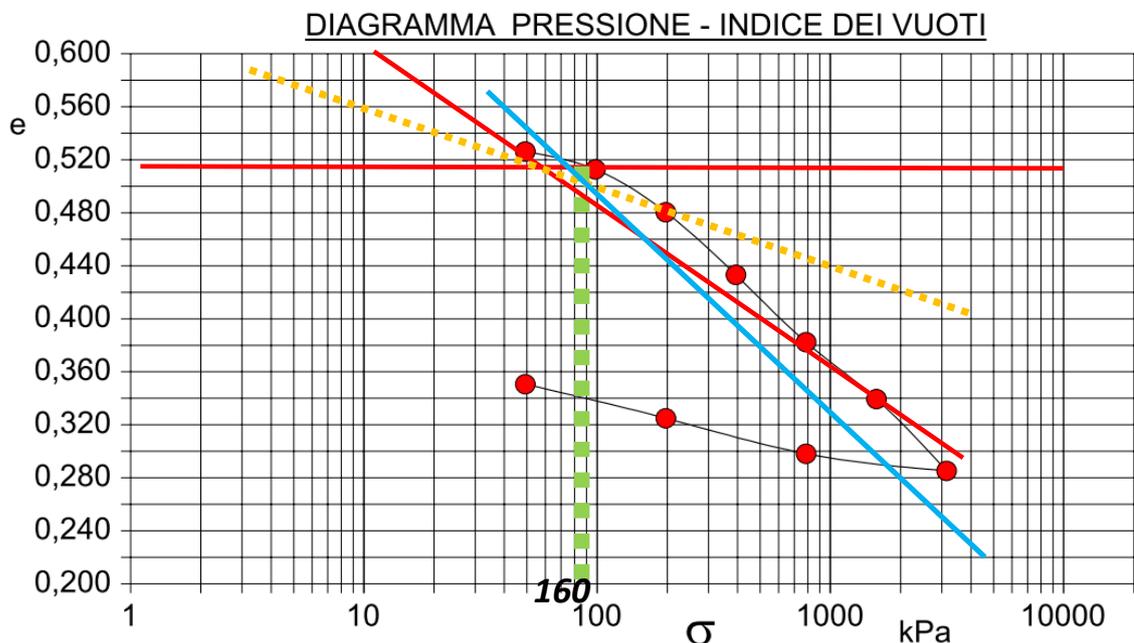
Profondità in metri dal p.c.

Per ciò che concerne la variazione dei parametri di resistenza al taglio, in termini di tensioni efficaci, con la profondità si nota come all'aumentare della profondità diminuisca leggermente il valore di angolo di attrito. Si nota viceversa come un trend opposto valga per il valore di coesione efficace, che aumenta tendenzialmente con l'aumentare della profondità. E' possibile pertanto ipotizzare come l'unità litotecnica L sia caratterizzata da termini tendenzialmente incoerenti (più alti valori di angolo di attrito a scapito di quelli di coesione efficace) fino a 20/25 m dal p.c. e da termini invece maggiormente coerenti (più alti valori di coesione a scapito di parametri attritivi più modesti) più in profondità.

Stima della pressione di preconsolidazione dell'Unità Litotecnica L

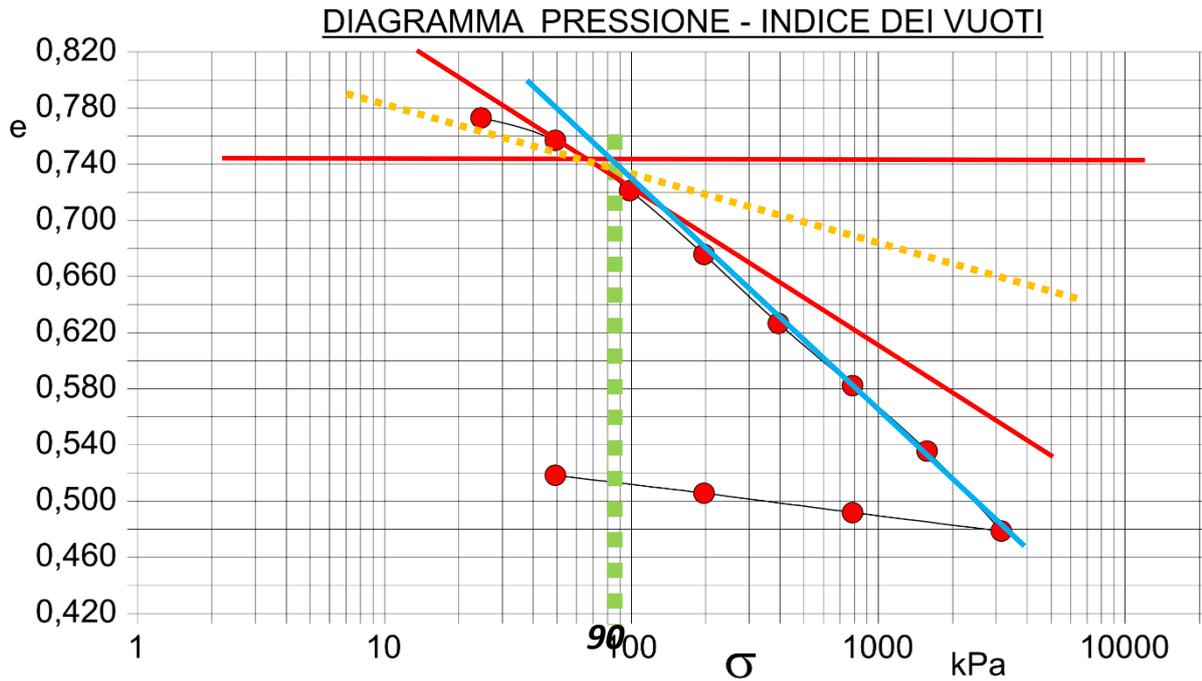
Importanti considerazioni sul comportamento deformativo di un terreno si possono ricavare dalla conoscenza della pressione di preconsolidazione. Si ricava graficamente mediante il metodo di Casagrande dalla curva σ - e della prova di compressione edometrica. Si individua il punto di massima curvatura e si traccia la bisettrice (linea gialla tratteggiata) tra l'orizzontale e la tangente a detto punto (rette rosse); il punto di intersezione della bisettrice con il prolungamento verso l'alto della parte retta della curva e - $\log \sigma$ (retta azzurra) indica la pressione di preconsolidazione σ'_p . In particolare viene svolta la verifica per l'Unità Litotecnica L, quella su cui insisteranno verosimilmente le strutture fondali profonde dell'attraversamento del Torrente Dogana.

Campione S1C2 – 14,50-15,10



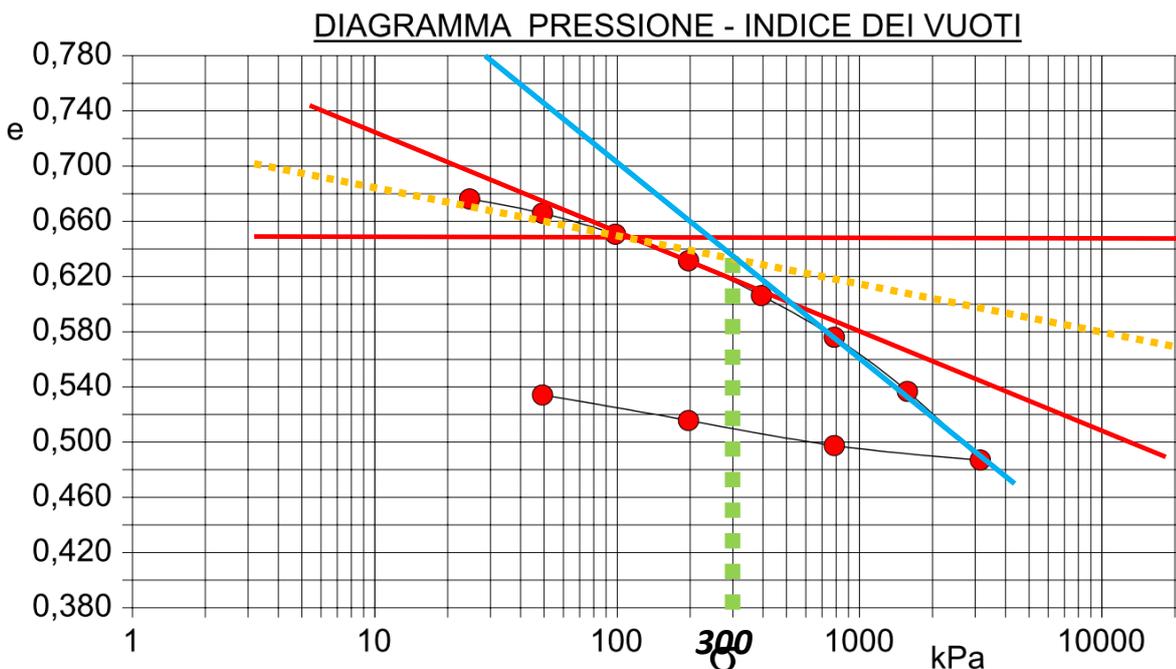
Se ne ricava pertanto una pressione di preconsolidazione pari a circa 160 kPa. Detto valore risulta inferiore alla tensione litostatica agente alla profondità corrispondente al campione prelevato a carico dell'Unità litotecnica L (14,50-15,10 m dal p.c.).

Campione S2C1 – 13,10-13,70



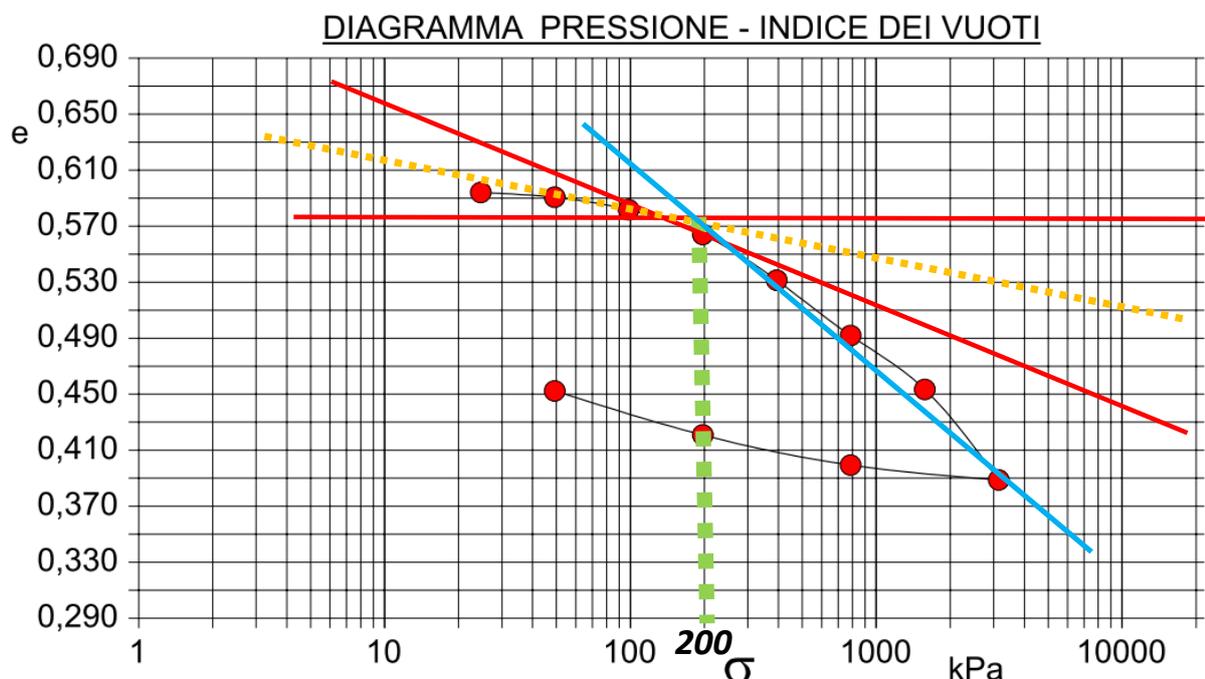
Se ne ricava pertanto una pressione di preconsolidazione pari a circa 80 KPa. Detto valore risulta inferiore alla tensione litostatica agente alla profondità corrispondente al campione prelevato a carico dell'Unità litotecnica L (13,10-13,70 m dal p.c.).

Campione S2C2 – 21,00-21,50



Se ne ricava pertanto una pressione di preconsolidazione pari a circa 300 KPa. Detto valore risulta inferiore alla tensione litostatica agente alla profondità corrispondente al campione prelevato a carico dell'Unità litotecnica L (21,00-21,50 m dal p.c.).

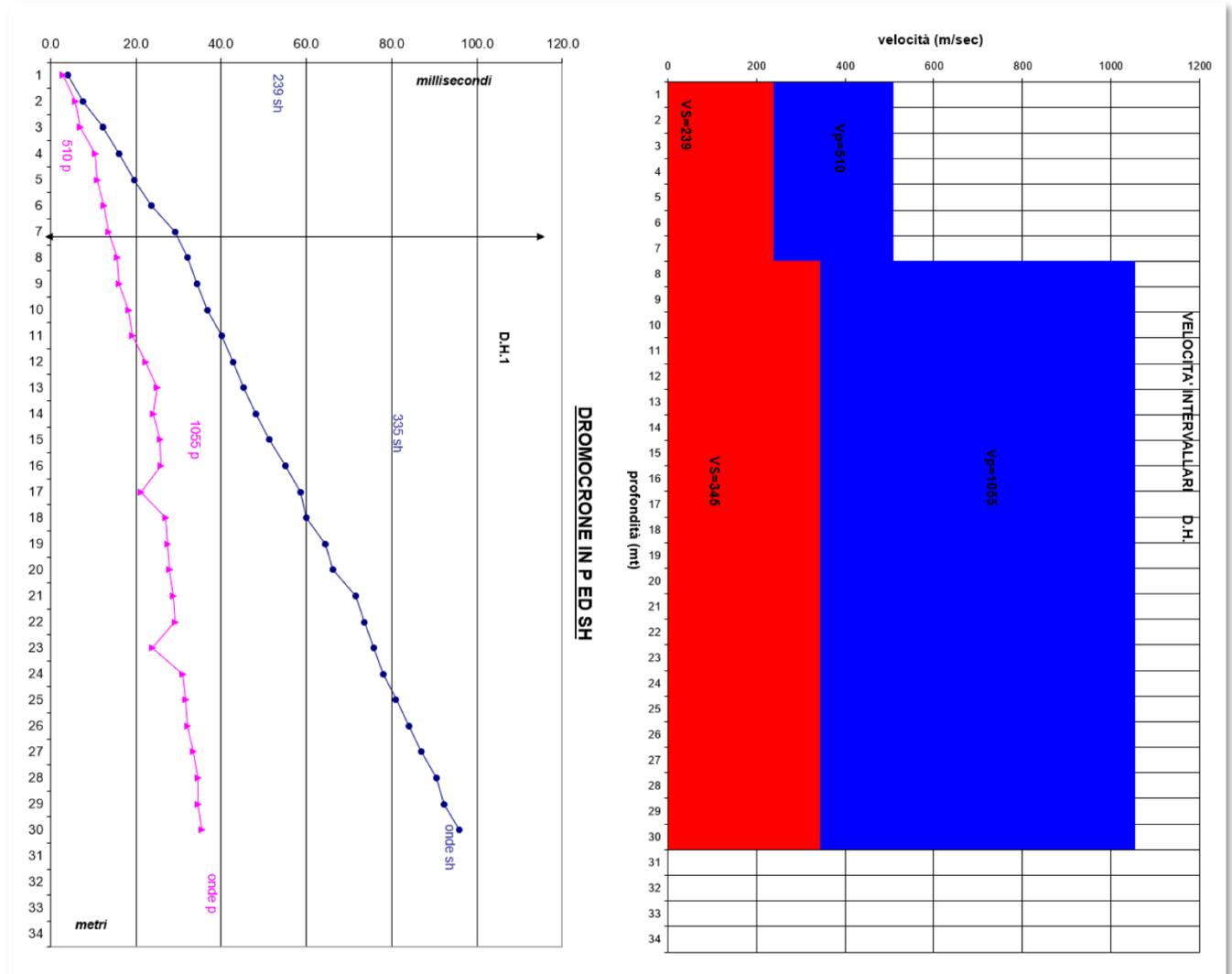
Campione S3C1 – 12,30-12,70



Se ne ricava pertanto una pressione di preconsolidazione pari a circa 200 KPa. Detto valore risulta leggermente inferiore alla tensione litostatica agente alla profondità corrispondente al campione prelevato a carico dell'Unità litotecnica L (12,30-12,70 m dal p.c.).

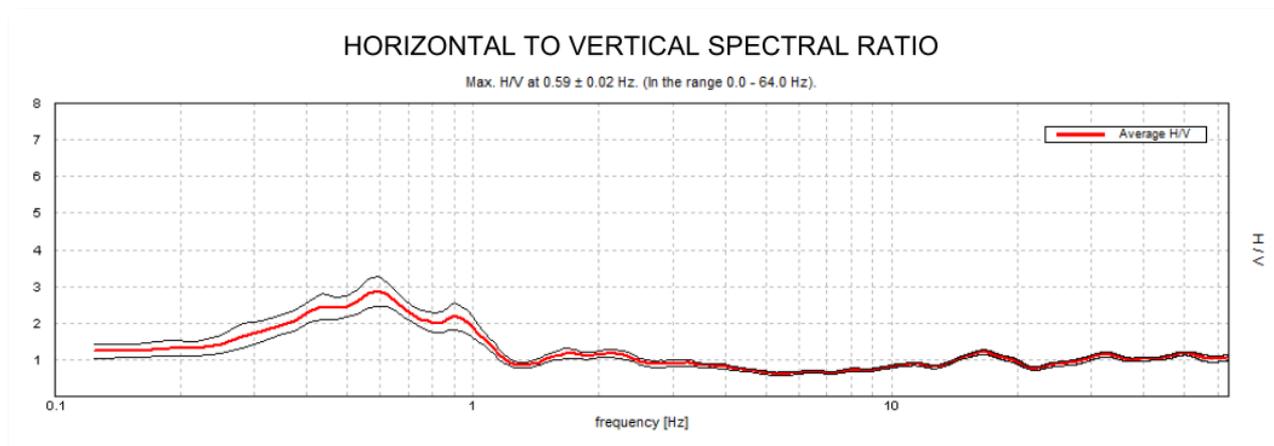
Dalle verifiche svolte sopra può pertanto essere asserito come i terreni limoso-argillosi che caratterizzano l'unità litotecnica L debbano considerarsi normalconsolidati.

INDAGINE SISMICA DOWN HOLE

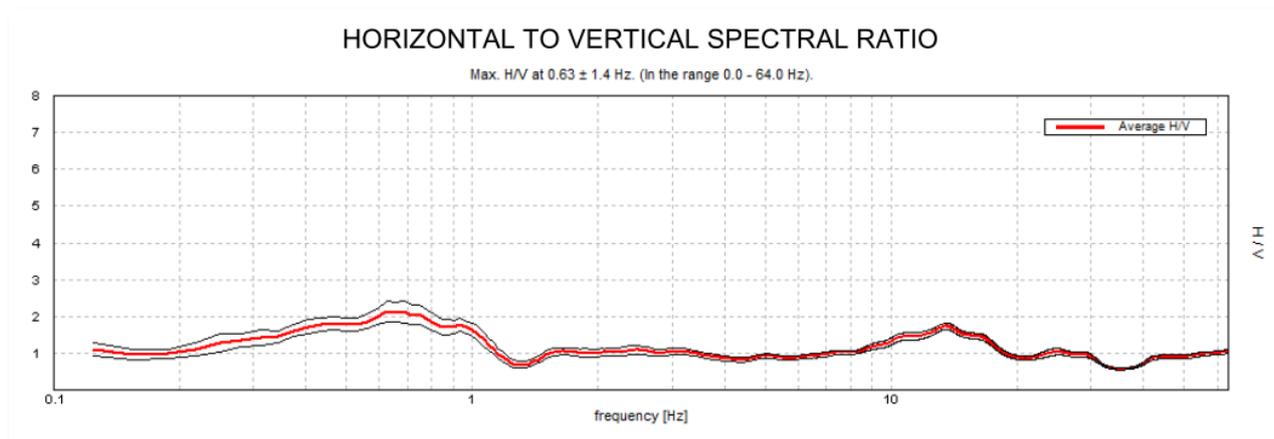


INDAGINI HVSR

HVSR 1



HVSR 2



L'indagine HVSR acquisita ha permesso di evidenziare la presenza di modesti fenomeni di amplificazione su frequenze prossime a 0,6 Hz. Detto contatto richiama direttamente la presenza di un substrato geologico, localmente coincidente con un substrato sismico, a profondità superiori a 120 metri dal p.c..

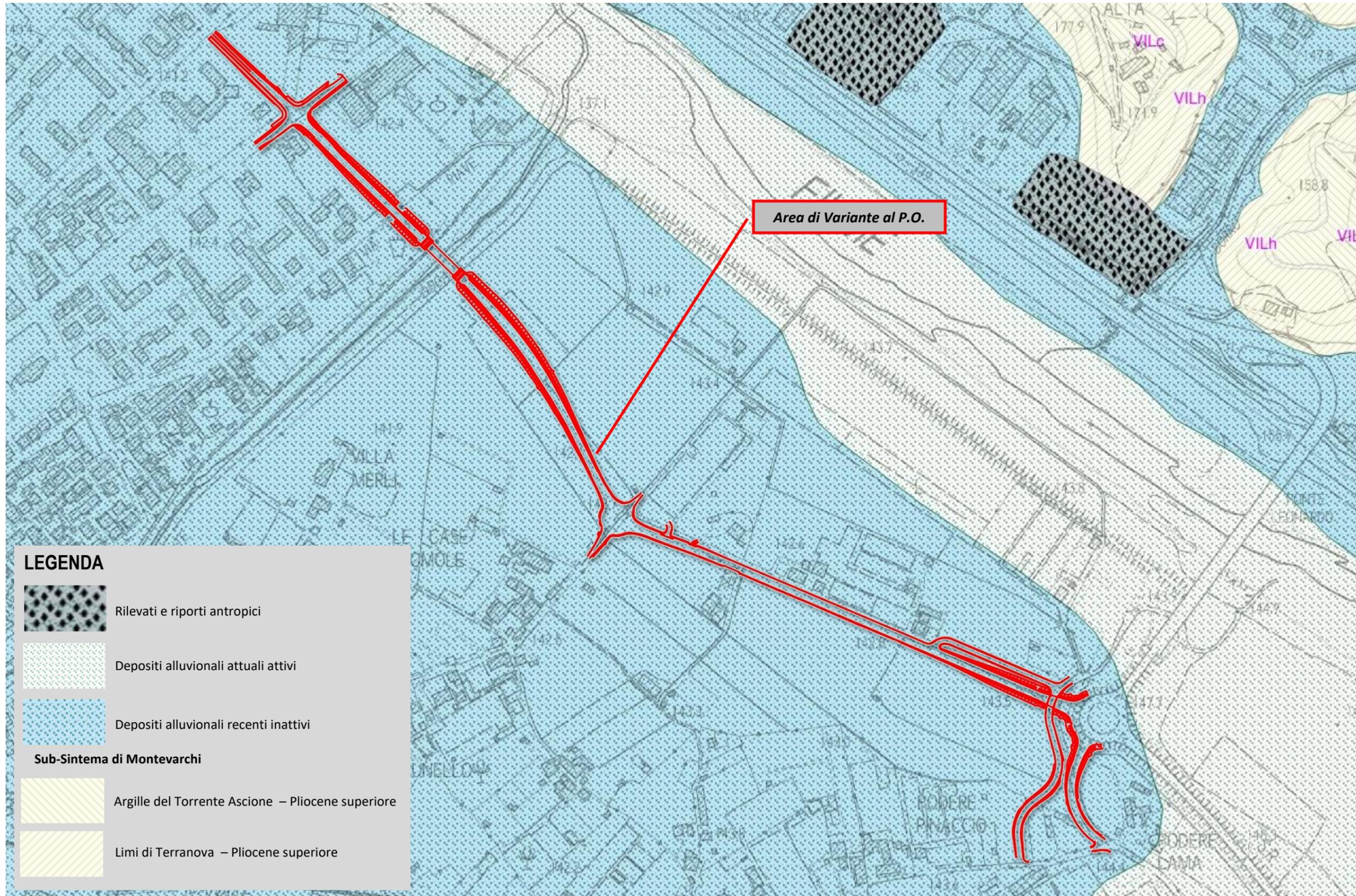
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

L'area in esame ricade nella porzione centrale del bacino fluvio-lacustre del Valdarno Superiore, formatosi a partire dal Pliocene medio in risposta alla tettonica distensiva che ha interessato la catena appenninica dal Miocene Superiore. Il bacino è allungato parallelamente alla catena (NO-SE) e ha una struttura asimmetrica a *semi-graben*, essendo bordato da un sistema di faglie normali principali in prossimità del margine nord-orientale (Faglia della Penna). La successione di riempimento del bacino va a costituire, secondo i criteri delle Unità Stratigrafiche a Limiti Inconformi, il Sintema del Valdarno Superiore, a sua volta suddiviso in tre sub-sintemi. Dal più antico al più recente essi sono: il Sub-Sintema di Castelnuovo, il Sub-Sintema di Montevarchi, il Sub-Sintema di Monticello-Ciuffenna. Più in dettaglio la zona interessata dall'intervento in progetto vede affiorare sedimenti di origine sostanzialmente fluvio-lacustri recenti al di sopra della successione riferibile al Sub-Sintema di Montevarchi. Quest'ultima, che affiora estesamente nei rilievi collinari immediatamente a tergo del sito oggetto di interesse, è caratterizzata da sedimenti prevalentemente sabbioso-ghiaiosi per quanto riguarda le Sabbie del Tasso, deposte in ambiente di conoide alluvionale distale, limoso-sabbiosi in riferimento ai Limi di Terranuova e i Limi e Sabbie del T. Oreno, di ambiente fluviale a canali sinuosi isolati, e limoso-argillosi per ciò che concerne le Argille del T. Ascione, che rappresentano i sedimenti di una piana alluvionale mal drenata. Questi depositi sono a loro volta ricoperti, nelle aree di fondovalle come quella oggetto di specifico interesse, dai sedimenti alluvionali recenti associati ai principali corsi d'acqua, cioè l'Arno e i suoi maggiori tributari. Tali depositi sono costituiti in prevalenza da limi e limi sabbiosi nella porzione più superficiale, passanti a termini più francamente sabbiosi procedendo in profondità (questo contatto si posiziona localmente a circa 10 metri dal p.c.). Nell'area oggetto di studio questi sedimenti sono il prodotto delle piene recenti del Fiume Arno che scorre a poco meno di 250 m a nord-est del tracciato stradale.

Dal punto di vista morfologico il sito si presenta in piano.

Nell'area in esame non sono state rilevate discontinuità tettoniche che possano costituire pregiudizio per l'edificabilità.

CARTA GEOLOGICA – scala 1:5.000



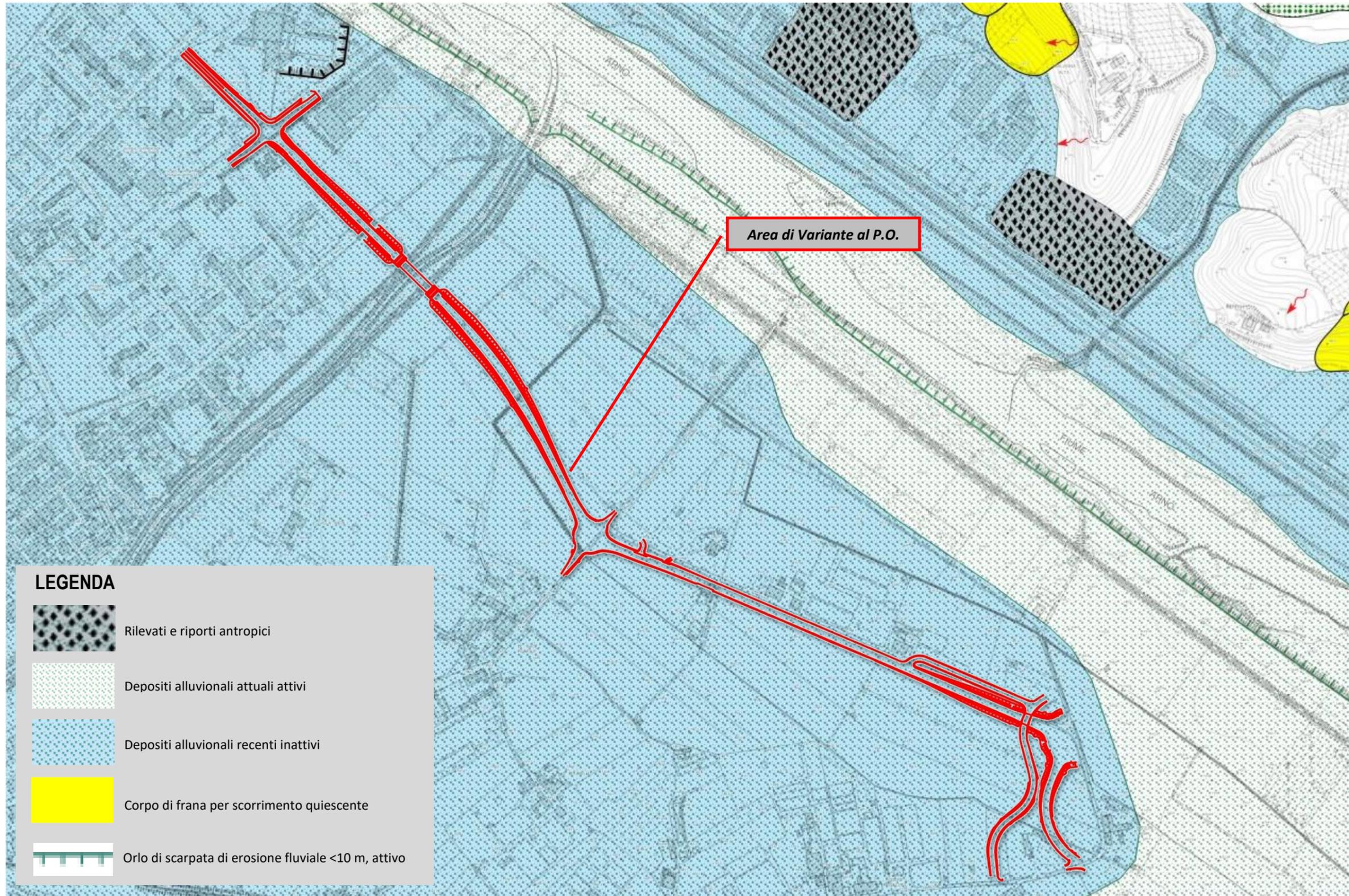
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOMORFOLOGICI

La zona di interesse è situata in area pianeggiante al centro del bacino alluvionale del Fiume Arno e le sue caratteristiche morfologiche sono strettamente legate alla natura dei terreni che affiorano nel territorio circostante. Poco ad est dell'area di studio è presente una modestissima rottura di pendio, rilevabile soprattutto mediante lo studio della morfologia delle curve di livello. Detta rottura di pendio è sicuramente da mettere in relazione con l'affioramento dei terreni alluvionali attuali in rapporti di *onlap* su quelli fluvio-lacustri pleistocenici ed olocenici. Va tuttavia segnalato come l'intensa attività agricola abbia obliterato tutti i morfotipi originari. Le uniche forme del rilievo degne di un qualche significato sono quelle di origine antropica, quali le sistemazioni morfologiche delle viabilità esistenti e soprattutto le arginature a presidio del tracciato del T. Dogana.

L'analisi delle morfologie delle aree contermini all'attuale tracciato del T. Dogana porta ad evidenziare forme probabilmente riconducibili alla presenza di antiche linee di deflusso superficiale: è ipotizzabile che il Torrente Dogana – evidentemente oggetto di rettifica del tracciato in epoca storica - anticamente scorresse più ad est della posizione attuale per poi confluire nel F. Arno leggermente a monte rispetto a dove vi confluisce attualmente.

Gli argini del Torrente Dogana, i cui caratteri geotecnici e realizzativi sono stati acclarati dalle indagini geognostiche appositamente realizzate, non manifestano alcun fenomeno di particolare degradazione del sistema fisico o morfologico.

CARTA GEOMORFOLOGICA – scala 1:5.000



ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI

Per quanto attiene agli aspetti idraulici si rimanda allo specifico elaborato redatto dall'Ing. Bigazzi di Cooproggetti.

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI

Gli elementi idrologico-idraulici che caratterizzano l'area su cui insisterà il tracciato della viabilità di progetto sono rappresentati dal Fiume Arno – che scorre a circa 250 metri dall'asse di progetto con andamento parallelo a quest'ultimo – ed il Torrente Dogana che viene invece attraversato perpendicolarmente. I corsi d'acqua scorrono su incisioni, talvolta mediamente profonde, a carico dei sedimenti fluvio-lacustri plio-pleistocenici. Il deflusso delle acque meteoriche nell'area in esame è regolato dalle canalette relative ai perimetri delle aree coltivate e delle viabilità esistenti e viene convogliato nel reticolo idraulico. La permeabilità deve essere considerata la caratteristica principale di una roccia o di un terreno quando si voglia caratterizzare una formazione geologica dal punto di vista idrogeologico. Si parla di porosità e permeabilità di tipo primario o interstiziale se gli spazi vuoti (i pori) hanno avuto origine con il formarsi della roccia stessa ed è questo il caso dei cosiddetti *terreni sciolti* quali i limi, le sabbie o le ghiaie. Se gli spazi si formano invece a causa della fratturazione della roccia si parla di porosità in grande e di permeabilità secondaria.

Un acquifero è una roccia (o un terreno) che contiene acqua estraibile in quantità significativa in relazione al grado di permeabilità che lo caratterizza in considerazione dei più vari elementi geologici e litologici che condizionano le diverse modalità di circolazione idrica nel sottosuolo.

Nei terreni - permeabili per porosità - l'acqua si diffonde più o meno in modo uniforme nella massa di terreno, impregnandolo in maniera completa; nelle rocce - permeabili per fratturazione - l'acqua segue il reticolo più o meno ramificato e continuo delle fratture e delle faglie, vere e proprie condotte idriche all'interno dell'ammasso roccioso praticamente integro, meno tettonizzato e scompaginato, praticamente impermeabile. In un certo senso si può dire che più spinta risulta la fratturazione, più il comportamento di una roccia si avvicina a quello di un terreno permeabile per porosità.

Dunque la granulometria o il grado di fratturazione condizionano l'attitudine a contenere ed a lasciarsi penetrare da un fluido. La permeabilità varia per questo, in relazione al grado di classazione o al livello di tettonizzazione.

Di seguito si riporta una tabella che mostra il grado di variazione del coefficiente di permeabilità K in funzione delle dimensioni dei granuli (da Castany, 1985). La permeabilità è rappresentata dal coefficiente K (cm/sec) ed è stata definita come la quantità d'acqua che, sotto l'azione di un gradiente unitario ed alla temperatura di 20°, attraversa una sezione unitaria del terreno nell'unità di tempo.

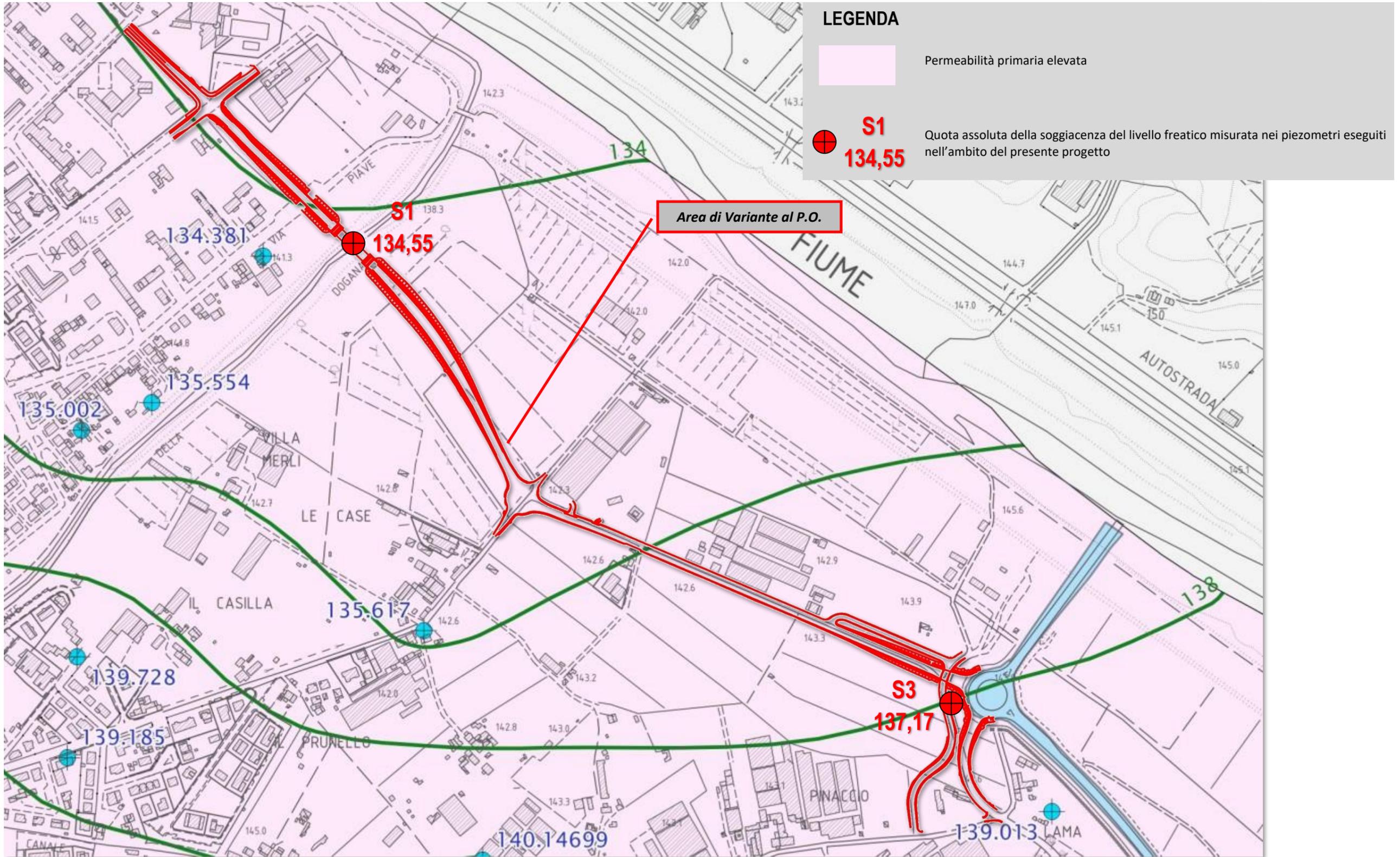
K (m/s)		10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Granulometria	omogenea	Ghiaia			Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla						
	varia	Ghiaia medio grossa	Ghiaia e sabbia		Sabbia, limo e argilla									
Gradi di permeabilità		Elevata					Bassa					Nulla		
Tipi di formazioni		Permeabili					Semipermeabili					Imper.		

La permeabilità di un acquifero di solito è superiore a 10⁻⁵ m/s. Una formazione geologica con una permeabilità inferiore a 10⁻⁹ m/s viene considerata impermeabile (acquicludo) perché anche quando è satura d'acqua non ne consente comunque il movimento. I terreni sopra descritti ed in particolare quelli su cui insisterà il tracciato viario di progetto, sono caratterizzati da una sostanziale variabilità in termini di permeabilità, bassa o nulla per i terreni limoso argillosi e più elevata per le sabbie e per le ghiaie. Nell'area in esame si deve quindi considerare la presenza di una falda superficiale di tipo continuo che permea i depositi alluvionali della piana e che ha come limite inferiore il contatto tra i sedimenti alluvionali olocenici grossolani ed il quasi impermeabile substrato limoso-argilloso plio-pleistocenico.

Le curve isopiezometriche si dispongono circa parallelamente al corso del Fiume Arno ed il drenaggio ipogeo è ovviamente diretto verso quest'ultimo. La Carta Idrogeologica del Piano Strutturale del Comune di Montevarchi indica la presenza di un livello freatico posto ad una profondità compresa tra 5 e 10 metri dal p.c., in perfetta coerenza con quanto ricavato dal monitoraggio dei piezometri installati allo scopo; sui fori dei sondaggi S1 ed S3, sono stati infatti installati tubi piezometrici che hanno permesso il riconoscimento della quota del locale livello piezometrico, perlomeno nei settori interessati dalla realizzazione delle principali opere infrastrutturali.

FORO MONITORATO	QUOTA DEL SONDAGGIO O DELLA PROVA	DATA DELLA MISURA PIEZOMETRICA	LIVELLO PIEZOMETRICO MISURATO	QUOTA PIEZOMETRICA
S1	144,61 m slm	07/09/2023	-10,40 m	134,21 m slm
		15/11/2023	-10,38 m	134,23 m slm
		05/02/2024	-10,06 m	134,55 m slm
		16/05/2024	-10,49 m	134,12 m slm
S3	143,07 m slm	07/09/2023	-6,10 m	136,97 m slm
		15/11/2023	-5,98 m	137,09 m slm
		05/02/2024	-5,90 m	137,17 m slm
		16/05/2024	-6,08 m	136,99 m slm

CARTA IDROGEOLOGICA - scala 1:5.000

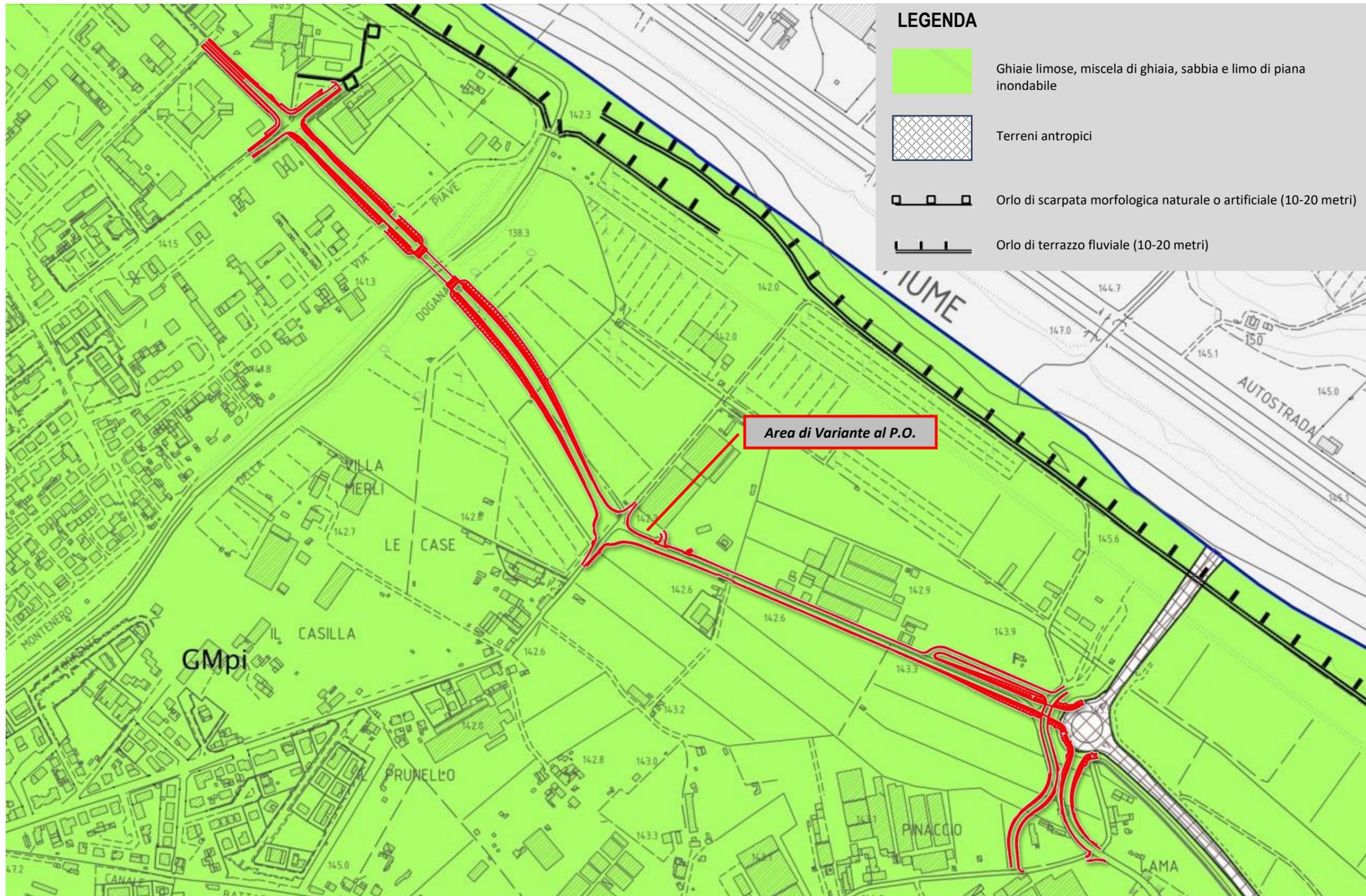


ELEMENTI LITOLOGICO-TECNICI

Secondo quanto dettagliato nella Figura 1.1.2-1 – Legenda della Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica, i terreni che caratterizzano l'area in oggetto rientrano nell'unità "GM" Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di piana inondabile. L'ambiente deposizionale è di piana inondabile: "pi".

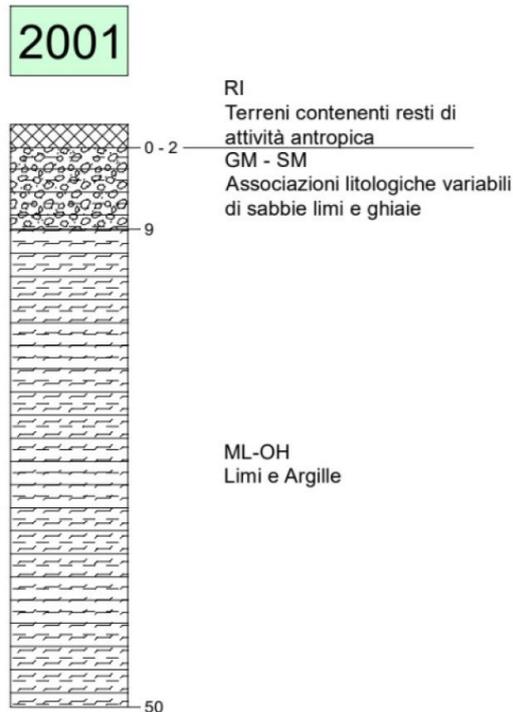
Il rilevamento effettuato nell'area in oggetto e l'osservazione della stratigrafia dei sondaggi disponibili nelle aree limitrofe porta ad individuare terreni eminentemente sabbioso-limosi con ghiaie, di copertura ad una sottostante successione lacustre limoso-argillosa.

CARTA GEOLOGICO-TECNICA - scala 1:5.000

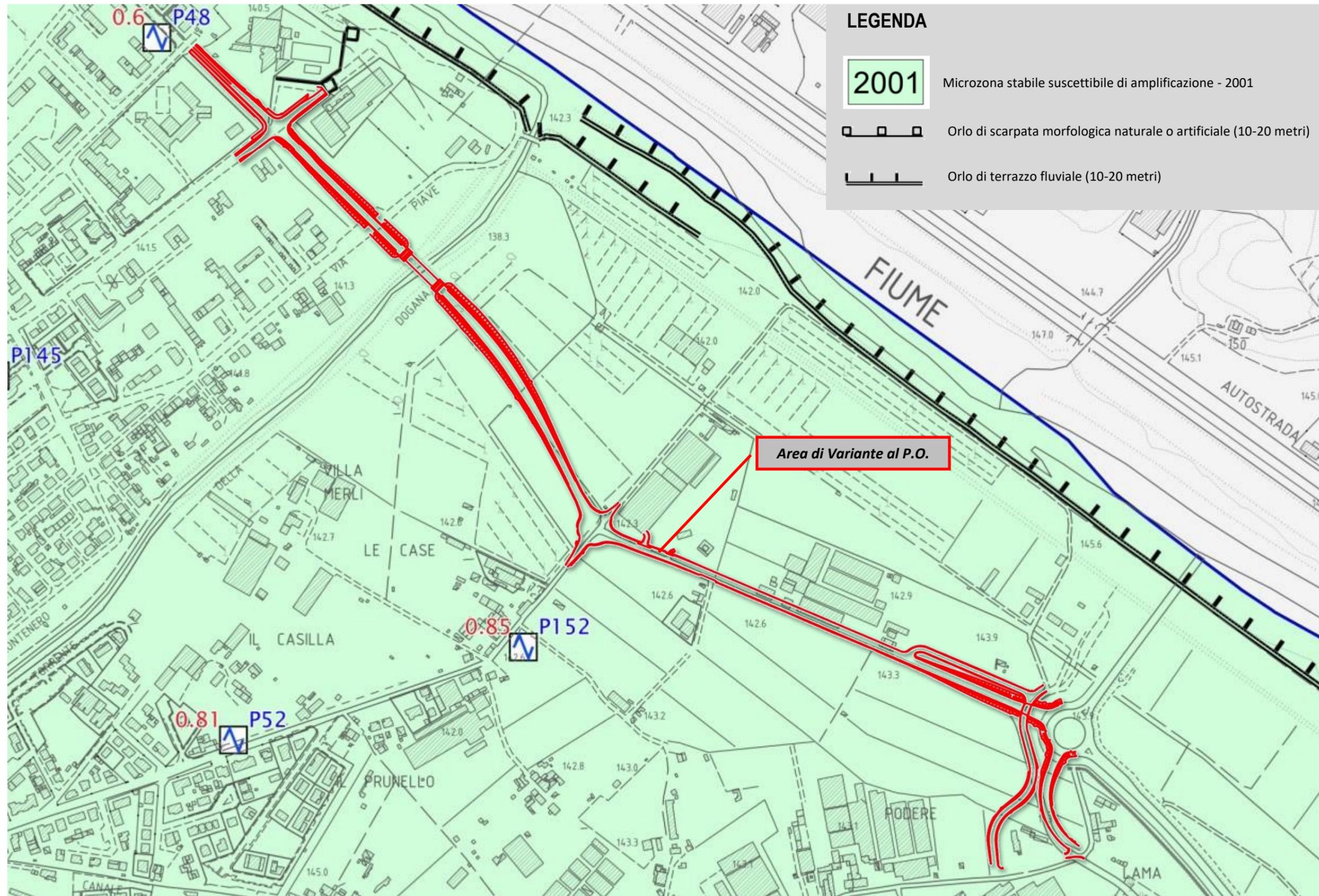


ASPETTI SISMICI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE

L'area interessata dal perimetro della Variante al P.O. di cui alla presente insiste su uno spessore di circa 10 metri di depositi alluvionali recenti sabbioso-ghiaiosi al di sopra di una successione schiettamente in facies lacustre caratterizzata da limi argillosi ed argille. La Microzonazione Sismica di Livello 2 del Comune di Montevarchi attribuisce l'area di indagine alla Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica 2001, corrispondente ad una **Zona stabile suscettibile di amplificazione**. Di seguito la colonna stratigrafica rappresentativa della microzona descritta.



CARTA DELLE MOPS - scala 1:5.000

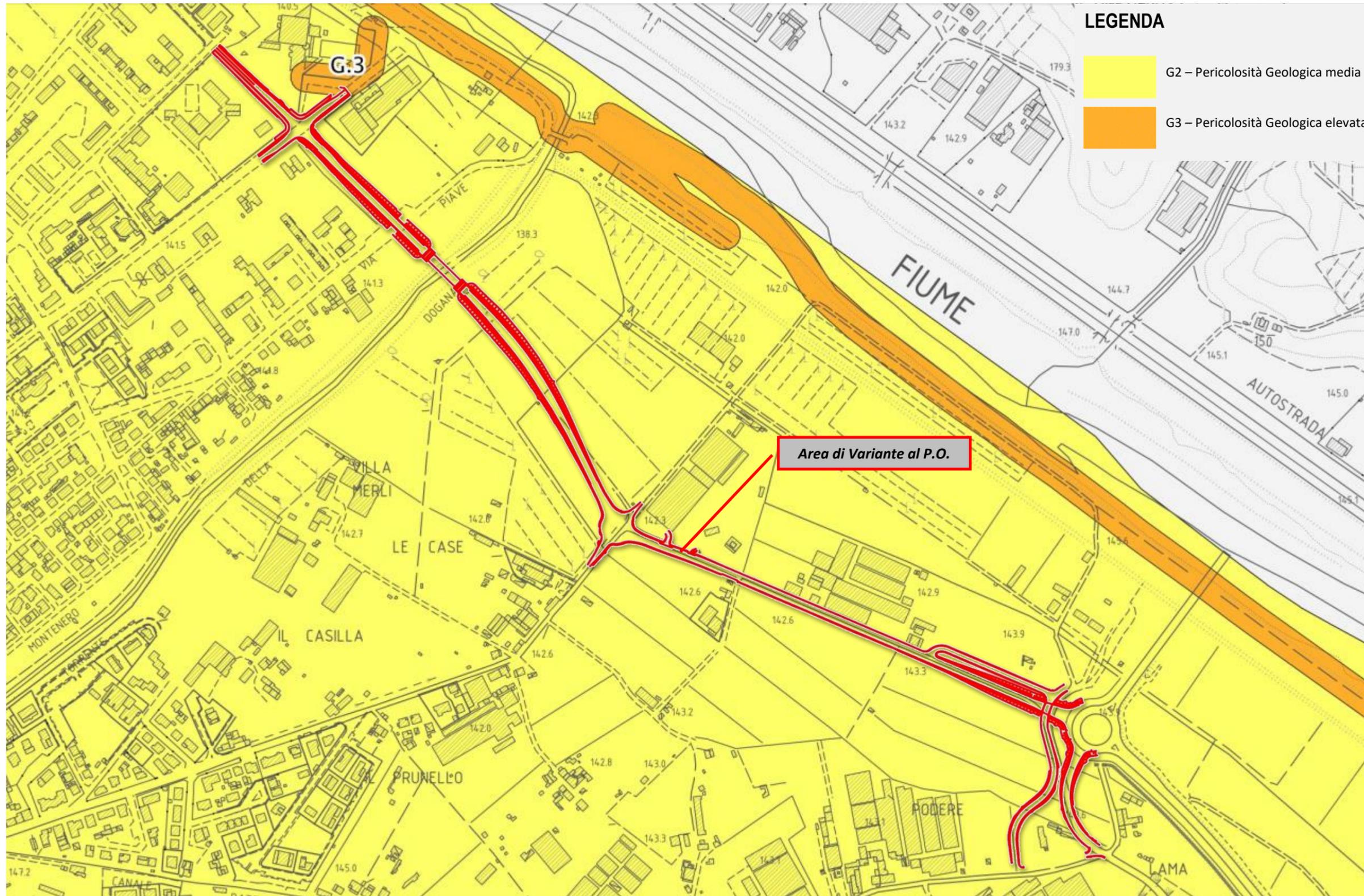


ANALISI DELLE PERICOLOSITA'

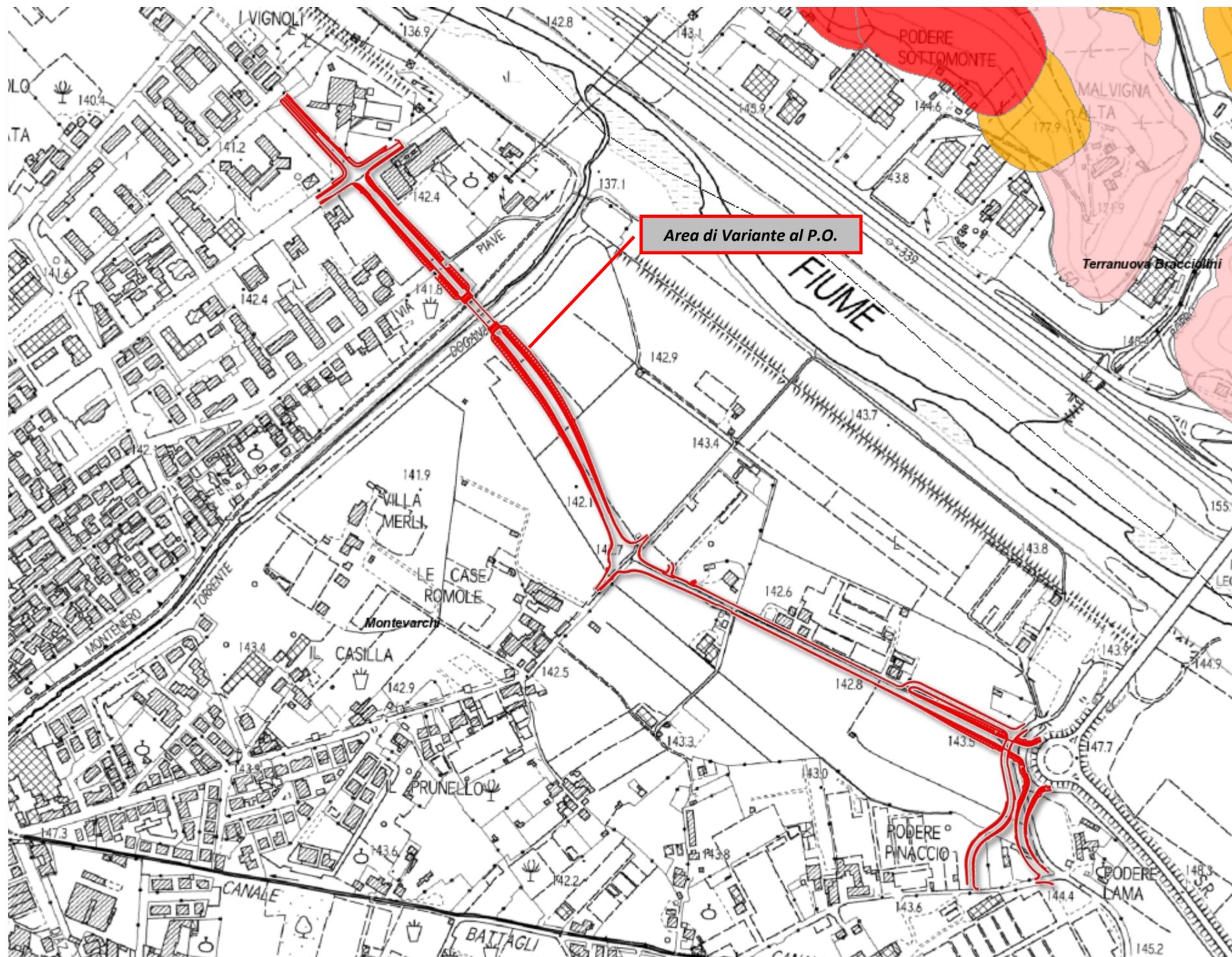
Il Comune di Montevarchi ha approvato il nuovo Piano Strutturale con Delibera di C.C. n. 72 del 10 Dicembre 2024.

Vengono pertanto di seguito proposte le Carte di Pericolosità del Piano Strutturale appena approvate e quelle, anch'esse adeguate al DPGR 5R/2020 e quindi sostanzialmente confermate, relative all'area di Variante al P.O. di cui alla presente. I criteri generali di fattibilità scaturiscono ovviamente da queste ultime cartografie.

CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA - Piano Strutturale approvato - scala 1:5.000

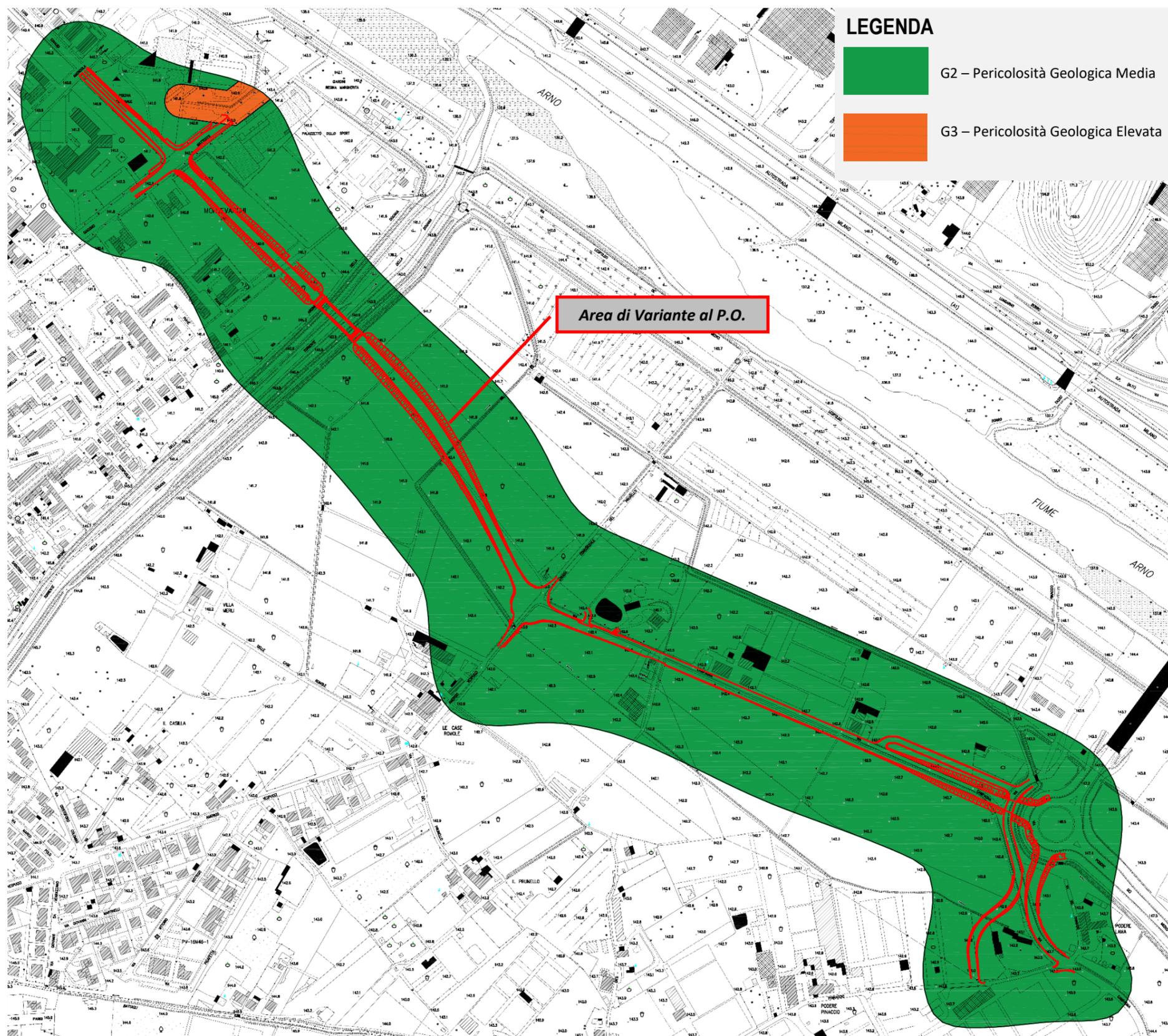


PROGETTO PAI "DISSESTI GEOMORFOLOGICI" adottato nella seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 28 Marzo 2024

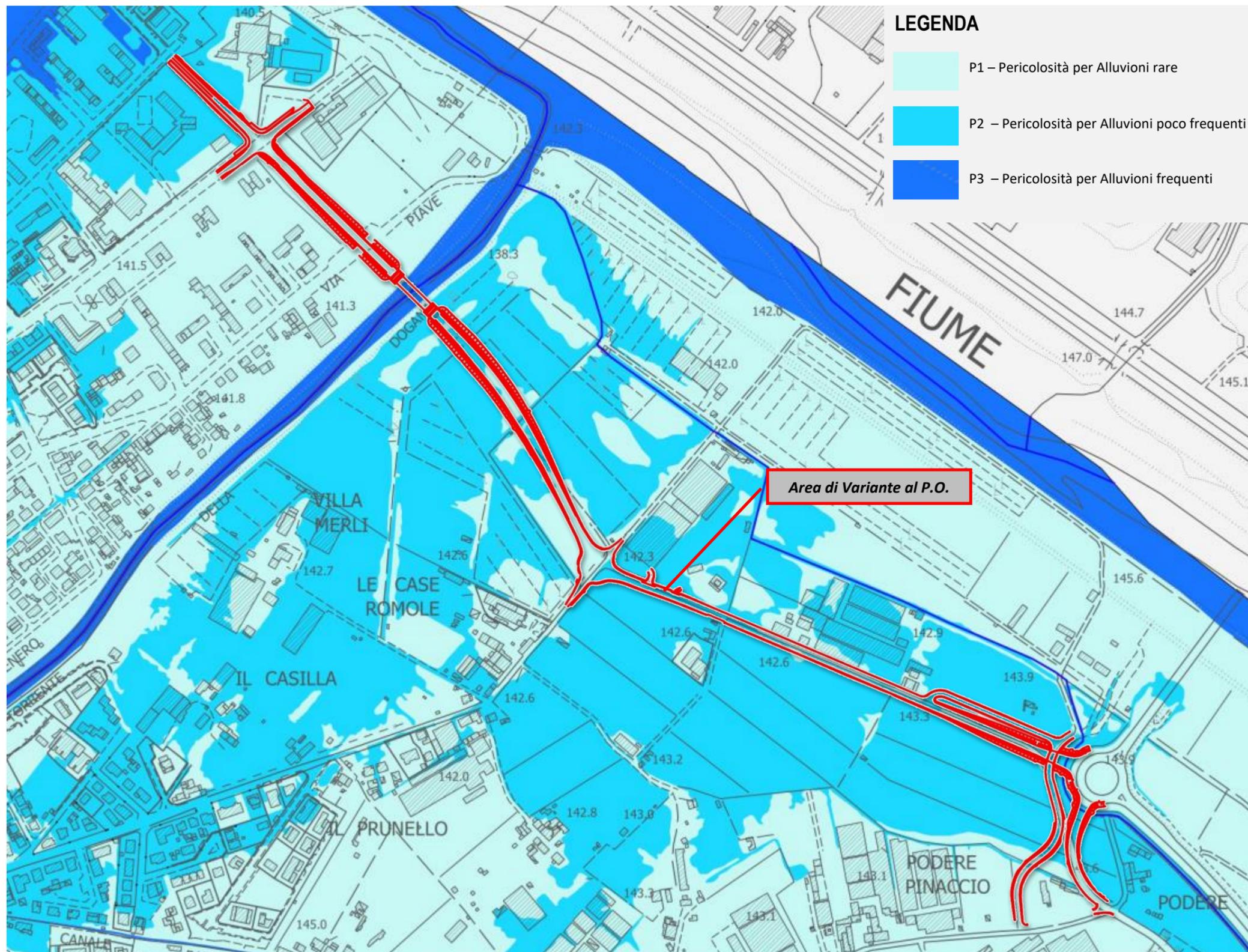


- Pericolosità Arno
- P2 - pericolosità media
 - P3a - pericolosità elevata (forme)
 - P3b - pericolosità elevata (propensione)
 - P4 - pericolosità molto elevata

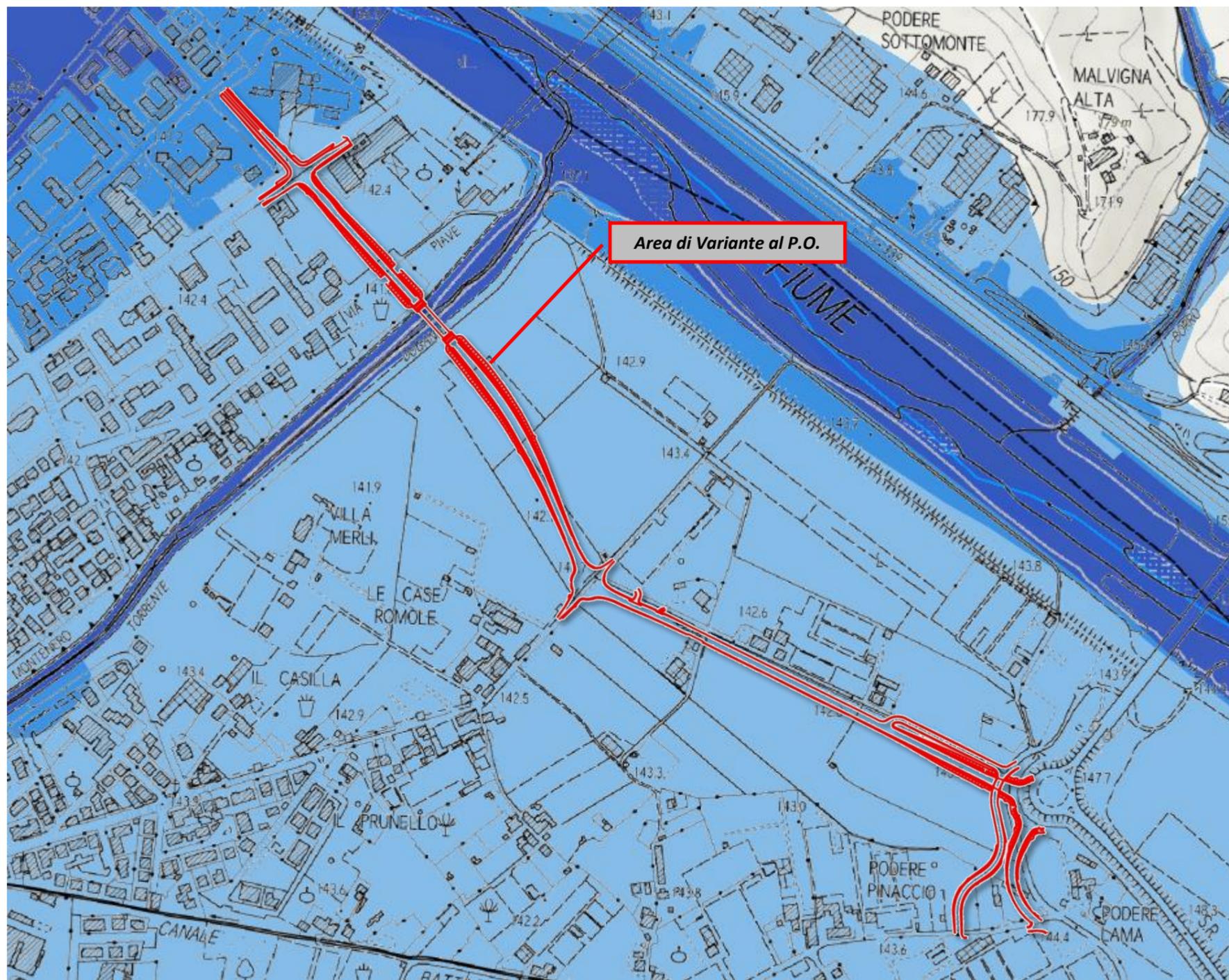
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA ai sensi del DPGR 5R/2020 - scala 1:5.000



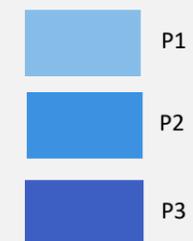
CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA - Piano Strutturale approvato - scala 1:5.000



PGRA – MAPPA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE

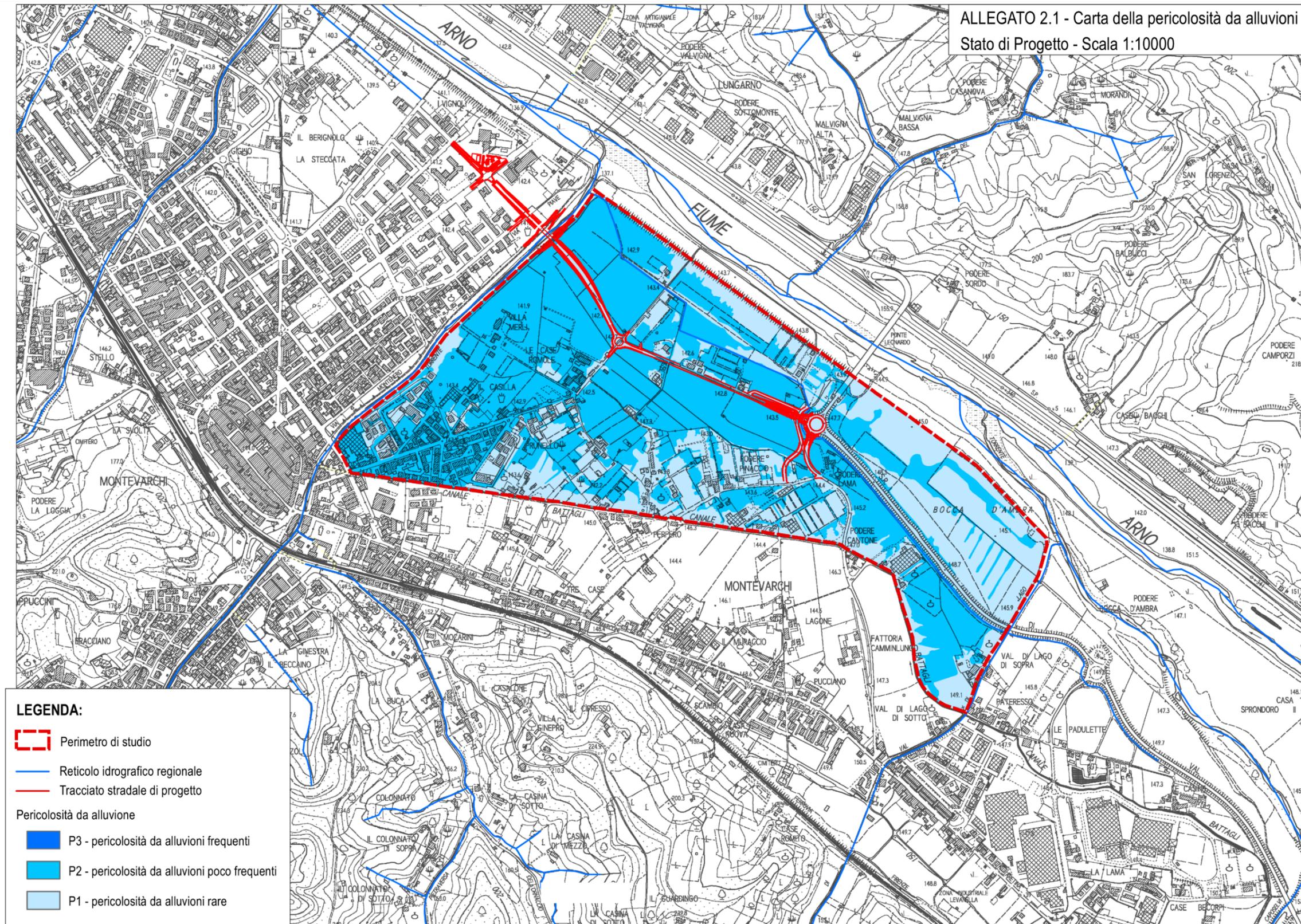


LEGENDA



CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' PER ALLUVIONI ai sensi del DPGR 5R/2020 – STATO DI PROGETTO – figura non in scala tratta dalla Relazione Idrologica-Idraulica a firma dell'Ing. Bigazzi (Cooprogetti)

ALLEGATO 2.1 - Carta della pericolosità da alluvioni
Stato di Progetto - Scala 1:10000



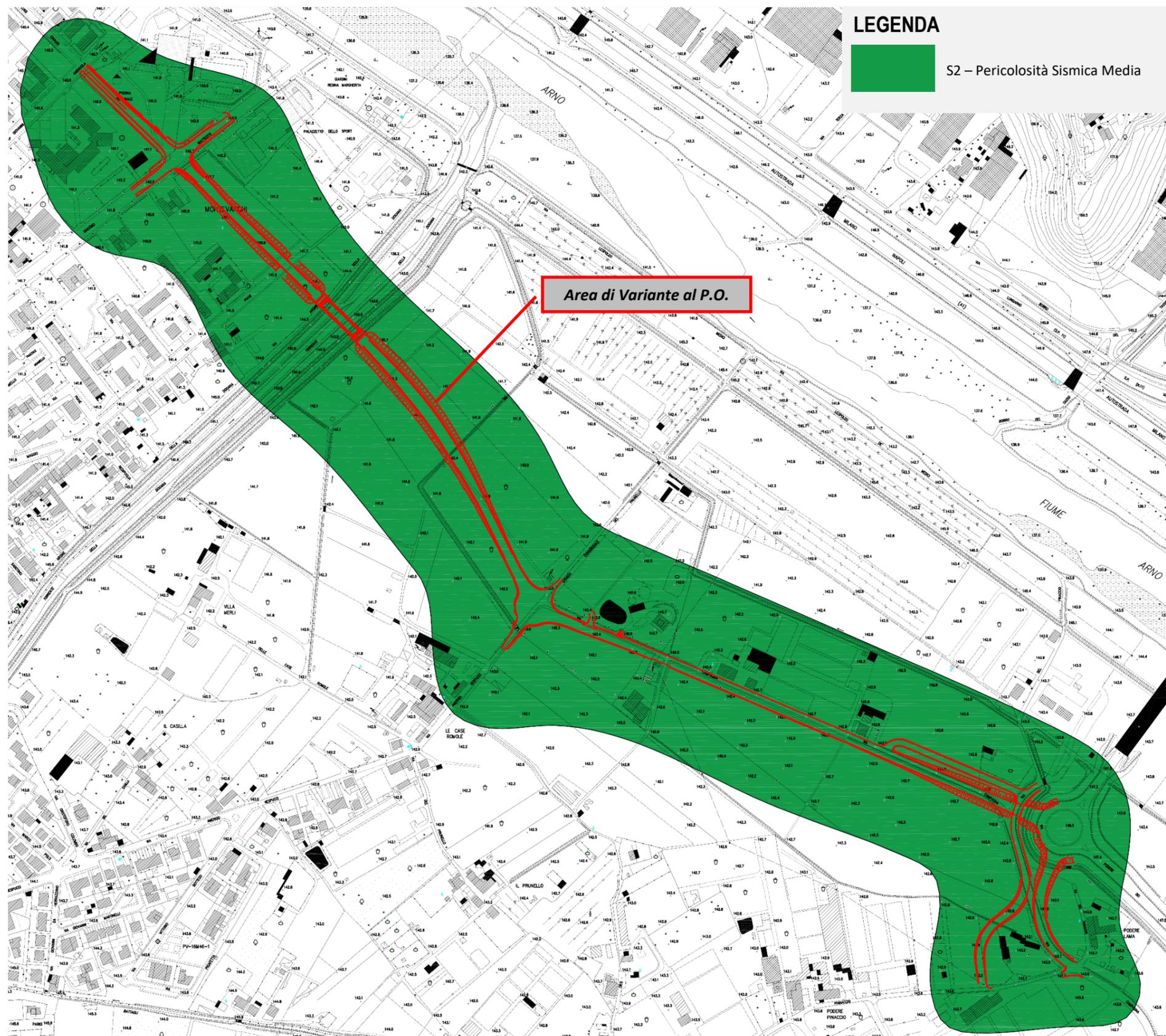
Il Piano Strutturale approvato assegna all'area di indagine una Pericolosità Sismica Locale media (S2).

Del resto lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 svolto sul territorio comunale restituisce localmente Fattori di Amplificazione – nell'intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 secondi – pari al massimo a 1,4.

Ai sensi del DPGR 5R/2020 ricadono infatti in Pericolosità Sismica Elevata (S2) le seguenti zone:

- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione $(F_x) < 1.4$;**
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' SISMICA ai sensi del DPGR 5R/2020 - scala 1:5.000



Le misure di microtremore a stazione singola HVSR eseguite nell'ambito della progettazione definitiva dell'opera infrastrutturale oggetto di variante al P.O. evidenziano un contrasto di impedenza sismica collocato a profondità ben superiori a 100 metri dal piano campagna. La frequenza fondamentale del terreno è certamente inferiore ad 1 Hz. Si ritiene pertanto di poter confermare l'attribuzione di una Pericolosità Sismica Media (S2).

CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI

L'intera area interessata dalla Variante al P.O. di cui all'oggetto ricade quasi esclusivamente in Pericolosità Geologica Media (G2), ed in misura assai subordinata in Pericolosità Geologica Elevata (G3).

Nelle aree caratterizzate da Pericolosità Geologica Media (G2) è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati:

le condizioni di attuazione dei singoli progetti edilizi sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio mirate alla ricostruzione litostratigrafica e geotecnica di sito, anche nel rispetto delle normative Nazionali e Regionali in materia di costruzioni in zone sismiche. Nel caso in cui venissero rinvenuti terreni di fondazione particolarmente scadenti, dovranno essere effettuate adeguate indagini geognostiche finalizzate alle verifiche dei cedimenti.

Nelle aree caratterizzate da Pericolosità Geologica Elevata (G3) è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati:

le condizioni di fattibilità di nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata (G3) è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate anche in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi emerga la necessità di effettuare interventi di messa in sicurezza, la durata del monitoraggio è definita in relazione alla tipologia del dissesto. Gli interventi dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, e consentire la manutenzione degli stessi.

CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AL RISCHIO DI ALLUVIONI

L'opera infrastrutturale oggetto di variante al P.O. ricade in area a Pericolosità per Alluvioni poco frequenti (P2). Si riporta di seguito una sintesi delle considerazioni svolte dall'Ing. Bigazzi (Cooprogetti) nell'ambito della Relazione Idrologica-Idraulica a cui comunque si rimanda.

3.5 ADEMPIMENTI RISPETTO LA L.R. 41 DEL 24.07.2018. 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).

Di seguito si riportano i commi 1, 2, 5 e 6 dell'art.13 della L.R. n. 41/2018 che rappresentano le condizioni di fattibilità della viabilità di progetto:

1. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

2. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

3. L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

(...omissis...)

5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).

6. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi, solo se non diversamente localizzabili, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Nei paragrafi [...] vengono dettagliatamente descritte le analisi idrologiche-idrauliche svolte per la dimostrazione del non incremento del rischio in altre aree e il non superamento del rischio medio R2.

9 RACCOMANDAZIONI E AVVERTENZE FINALI

Quali misure preventive atte a regolare l'utilizzo dell'infrastruttura stradale di progetto in caso di eventi alluvionali nei tratti in cui essa risulta allagabile per piene duecentennali, ai sensi di quanto disposto dalla L.R. 41/2018 si prescrive l'apposizione di cartelli monitori indicanti il rischio di allagamento.

I risultati ottenuti in termini di verifiche idrologiche ed idrauliche sono naturalmente basati sulle conoscenze attuali del sistema idrografico e dei dati idrologici disponibili, nonché sull'ipotesi fondamentale che le sezioni idrauliche dei fossi di guardia e le

condotte della fognatura meteorica oggetto di verifica siano mantenute in futuro in perfette condizioni di efficienza ed officiosità idraulica, così come gli scoli recettori in modo tale da non determinare significativi rigurgiti verso monte.

CRITERI GENERALI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI

L'intera area interessata dalla Variante di cui all'oggetto ricade in Pericolosità Sismica Locale Media (S2).

Nelle aree caratterizzate da Pericolosità Sismica Media (S2) è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati:

la fattibilità degli interventi di nuova edificazione ed infrastrutturali deve tener conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie e strutturali, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

CONCLUSIONI

- * L'area interessata dalla Variante al P.O. di cui all'oggetto è ubicata sui terreni alluvionali di chiusura nella sedimentazione del bacino del Valdarno superiore; consistono in un livello sabbioso-ghiaioso potente non più di 10 metri posto in discordanza su una successione francamente lacustre limoso-argillosa.
- * Non sono presenti nelle dirette vicinanze dell'area in oggetto fenomeni di dissesto gravitativo di versante.
- * I terreni su cui saranno realizzate le opere di progetto presentano una permeabilità media, funzione essenzialmente della frazione limoso-argillosa. Le indagini geognostiche eseguite hanno evidenziato la presenza di una falda con soggiacenza compresa tra 6 e 10 metri dal p.c.; di detto livello piezometrico dovrà essere tenuto conto nella progettazione delle opere di fondazione dell'attraversamento del T. Dogana e negli scatolari previsti dal progetto nella zona del Ponte Leonardo.
- * Secondo i criteri stabiliti dall'estensore dello studio, l'area esaminata risulta classificata a Pericolosità Geomorfologica Media (G2) e solo marginalmente a Pericolosità Geologica Elevata (G3). Si rimanda allo specifico paragrafo la descrizione dei criteri di fattibilità.
- * Secondo i contenuti dello studio idraulico di cui alla Relazione Idrologico-Idraulica redatta dall'Ing. Bigazzi (Cooprogetti) a cui si rimanda, l'area risulta classificata a Pericolosità da Alluvioni poco frequenti (P2). Si rimanda allo specifico paragrafo la descrizione dei criteri di fattibilità.
- * Secondo i criteri stabiliti dall'Estensore dello studio, l'area esaminata risulta classificata a Pericolosità Sismica Locale Media (S2). Si rimanda allo specifico paragrafo la descrizione dei criteri di fattibilità.

Arezzo, 20 Febbraio 2025

**DOTT. GEOLOGO
LORENZO SEDDA**