

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
ET06	RELAZIONE GEOTECNICA CORPO DIGA	-
		Data:
		09/10/2020

Settore:  Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000	
PROGETTAZIONE : PROGETTISTA - PROJECT MANAGER : ING. GIOVANNI SIMONELLI GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI ESPROPRI: GEOM. ANDREA PATRIARCHI	COLLABORATORI : DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI
CONSULENTI TECNICI :  ING. DAVID SETTESOLDI  DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI  ING. GIOVANNI CANNATA	COMMESSA I.T. : INGT-TPLPD-PBAAC252 RESPONSABILE COMMITTENTE : ING. CRISTIANO AGOSTINI
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANI : ING. ANDREA DE CATERINI	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO : ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
02	09/10/2020	Seconda Emissione	Pianigiani	Settesoldi
01	27/12/2019	Prima Emissione	Catella	Settesoldi

INDICE

1	PREMESSA	1
2	MODELLO GEOTECNICO	3
3	PARAMETRI GEOTECNICI ADOTTATI	12
4	VERIFICHE GEOTECNICHE DEL CORPO DIGA.....	16
5	VERIFICHE DEGLI STATI ULTIMI IDRAULICI	18

ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Planimetria delle indagini geognostiche	5
Figura 2-2 – Planimetria sezioni di verifica diga (scala 1:1'500).....	6
Figura 2-3 – Profilo stratigrafico sezione CR_04.....	7
Figura 2-4 – Profilo stratigrafico sezione CR_06.....	7
Figura 2-5 – Profilo stratigrafico sezione CR_08.....	8
Figura 2-6 – Profilo stratigrafico profilo longitudinale coronamento	8
Figura 2-7 – Planimetria sezioni verifica sponda sinistra	9
Figura 2-8 – Profilo stratigrafico sezione VS_02.....	10
Figura 2-9 – Profilo stratigrafico sezione VS_03.....	10
Figura 2-10 – Profilo stratigrafico sezione VS_04.....	11

ELENCO TABELLE

Tabella 3-1 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA1 del corpo diga	13
Tabella 3-2 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità AL del corpo diga	13
Tabella 3-3 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA2 del corpo diga	13
Tabella 3-4 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità SUB del corpo diga	14
Tabella 3-5 – Parametri geotecnici caratteristici.....	15
Tabella 3-6 – Parametri geotecnici caratteristici verifiche sponda sinistra	15
Tabella 4-1 – Estratto Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (N.T.C. 2018).....	16
Tabella 4-2 – Estratto Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (N.T.C. 2018)	16
Tabella 4-3 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza delle dighe di materiali sciolti ai sensi del cap. E.5.1 del D.M. 26/06/2014	16
Tabella 5-1 – Estratto Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti degli stati limite di sollevamento	18

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica è parte integrante del progetto definitivo degli interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello nel Comune di Pistoia (PT).

La relazione geotecnica è redatta in conformità delle normative e raccomandazioni di riferimento elencate al successivo paragrafo.

Nella relazione si riportano le valutazioni ed i calcoli effettuati per la definizione del modello geotecnico di riferimento per le verifiche inerenti la stabilità del corpo diga e della sponda sinistra.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le verifiche sono condotte nel rispetto della normativa vigente:

- **Legge n. 64 del 02/02/1974**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Legge n. 1086 del 05/11/1971**
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **D.M. 16 Gennaio 1996**
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- **Circolare Ministeriale n. 11951 del 14/02/1974**
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.
- **Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**
Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)**
- **Circolare 617 del 02/02/2009**
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- **Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (D.M. 26 Giugno 2014)**
- **Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Istruzioni MIT DG Dighe Luglio 2018**

Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26 Giugno 2014 e al D.M. 17 Gennaio 2018 in merito alle verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.

- **Procedura MIT DG Dighe Marzo 2019**

Procedura per la rivalutazione sismica delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.

- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

2 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geotecnico è ricostruito a partire dalla successione geologica delle varie sub-unità, individuate e riportate nell'elaborato ET.04a, intese come parti omogenee sotto il profilo litologico, che compongono il corpo diga ed i terreni del substrato.

Le indagini geognostiche dirette e indirette hanno permesso di individuare allo stato attuale n. 4 differenti sub-unità, così come evidenziato nella "Relazione geologica, geologica-tecnica e sismica" (ET.04a):

- **sub-unità LA1:** corpo diga costituito da limi debolmente argillosi con clasti (MD1);
- **sub-unità AL:** corpo diga formato da argille debolmente limose con clasti (MD2);
- **sub-unità LA2:** corpo diga composto da limi argillosi con clasti (MD3);
- **sub-unità SUB:** substrato corpo diga caratterizzato dalla presenta di argillite con livello marnoso (SUBSTRATO).

La planimetria delle indagini geognostiche è riportata nella Figura 2-1.

Il profilo geotecnico è ricostruito componendo le successioni stratigrafiche individuate con i sondaggi geognostici, con le prospezioni sismiche a rifrazione e di tipo MASW, nonché con le indagini sismiche passive HVSR del 2019 e le indagini del 2020. Le indagini condotte hanno permesso di ricostruire n. 4 profili stratigrafici dello sbarramento attuale su altrettante sezioni, riportate in rosso nella Figura 2-2 e n. 3 profili della sponda sinistra riportate nella Figura 2-7.

In particolare ciascuna sezione del corpo diga è ricostruita a partire dal set di indagini effettuate più prossime alla sezione stessa, come esposto di seguito.

Il profilo stratigrafico della sezione **CR_04** è ricostruito a partire da:

- sondaggio S1 (2013);
- sezione sismica SR n.2 (2019);
- MASW 2 (2019);
- HVSR 2 (2019).

Il profilo stratigrafico della sezione **CR_06** è ricostruito a partire da:

- sondaggi S2 (1991) / S3 (1991) / S3 (2013);
- prove penetrometriche statiche P6 (2012) / P10 (2012);
- sezione sismica SR n.1 (2019);
- MASW 1 (2019);
- HVSR 1 (2019).

Il profilo stratigrafico della sezione **CR_08** è ricostruito a partire da:

- sondaggi S2 (1991) / S3 (1991) / S1 (2007) / S2 (2013);
- prove penetrometriche statiche P6 (2012) / P7 (2012) / P9 (2012);
- sezione sismica SR n.1 (2019);
- MASW 2 (2007) / MASW 3 (2007) / MASW 1 (2019);
- HVSR 1 (2019).

Il profilo stratigrafico della **sezione longitudinale sul coronamento** è ricostruita a partire da:

- sondaggi S2 (2013) / S4 (2014) / S17 (2019) / S18 (2019);
- sezione sismica SR n.1 (2019) / SR n.2 (2019);
- MASW 1 (2019) / MASW 2 (2019);
- HVSr 1 (2019) / HVSr 2 (2019).

Le sezioni sono riportate in Figura 2-3, Figura 2-4, Figura 2-5 e Figura 2-6.

I profili stratigrafici delle sezioni della sponda sinistra sono stati ricavati dalle indagini geognostiche eseguite nel 2019 e dalle prove condotte nel 2020. Le sezioni sono riportate nelle Figura 2-8, Figura 2-9 e Figura 2-10.

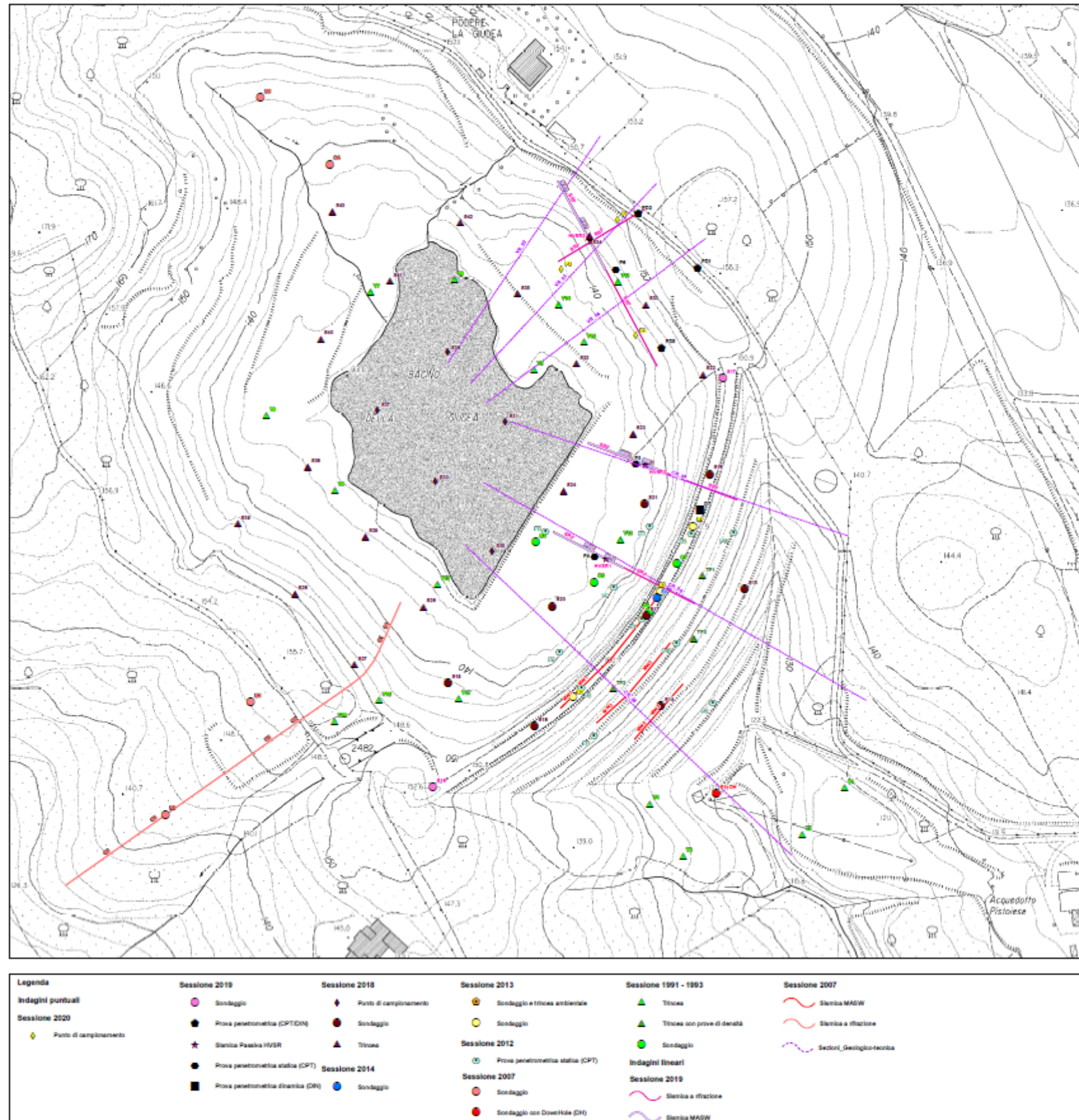


Figura 2-1 – Planimetria delle indagini geognostiche

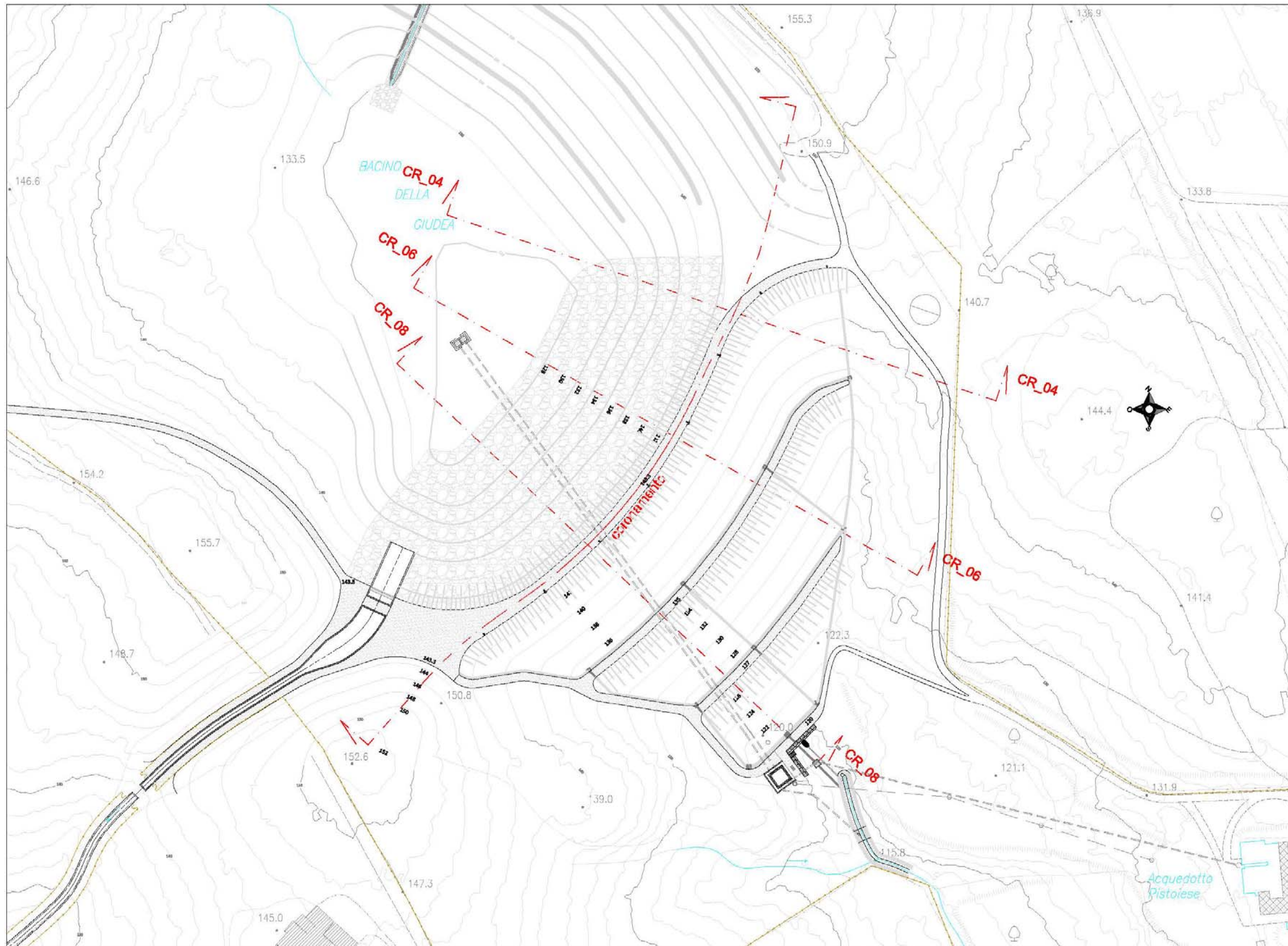


Figura 2-2 – Planimetria sezioni di verifica diga (scala 1:1'500)

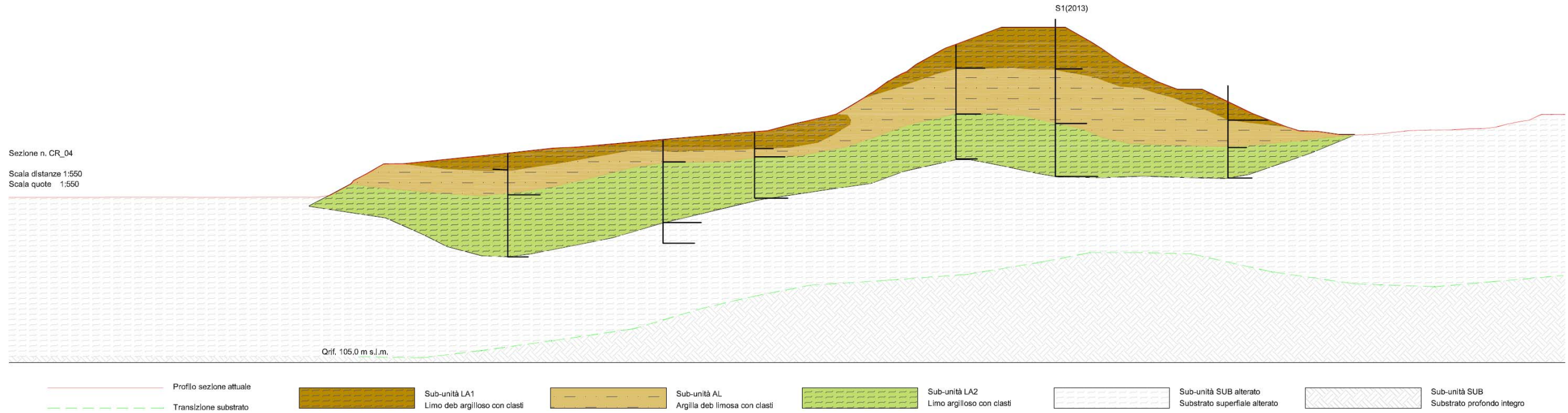


Figura 2-3 – Profilo stratigrafico sezione CR_04

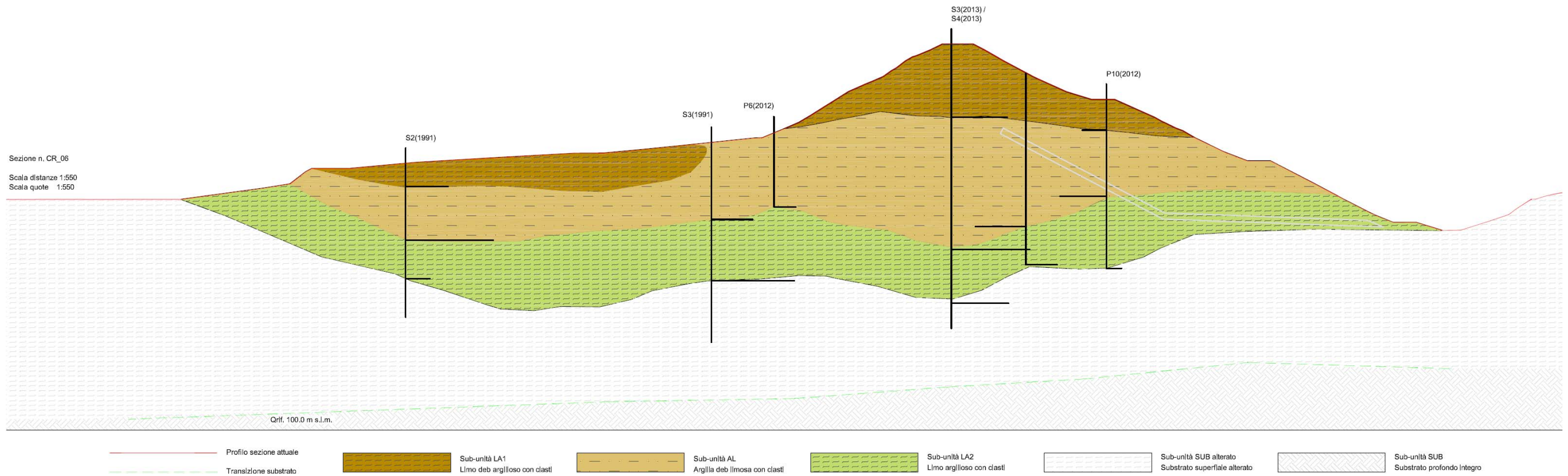


Figura 2-4 – Profilo stratigrafico sezione CR_06

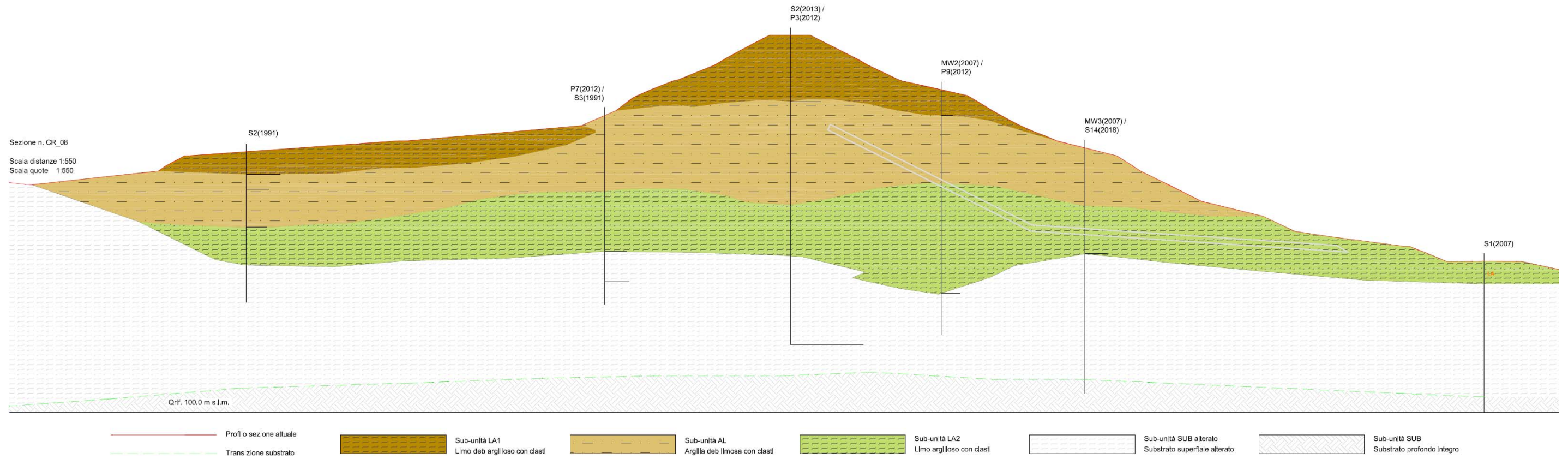


Figura 2-5 – Profilo stratigrafico sezione CR_08

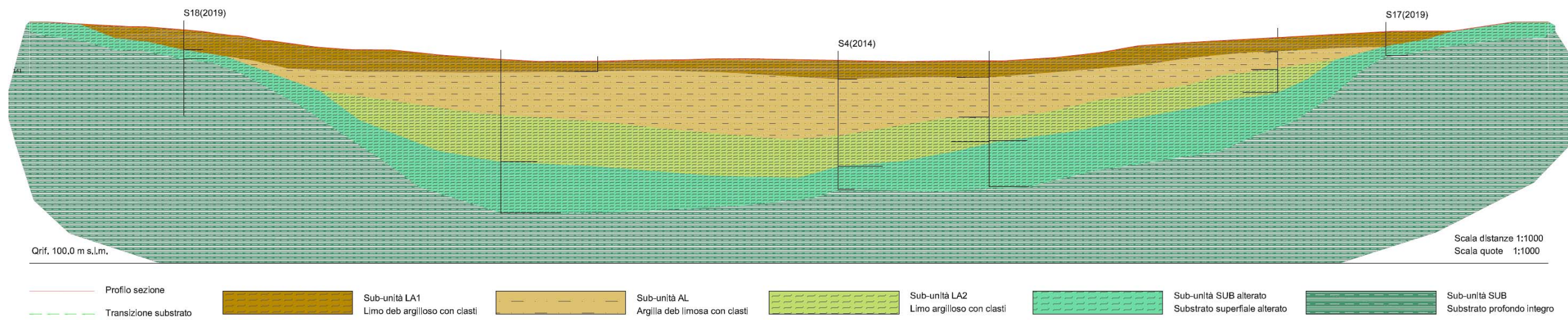


Figura 2-6 – Profilo stratigrafico profilo longitudinale coronamento



Figura 2-7 – Planimetria sezioni verifica sponda sinistra

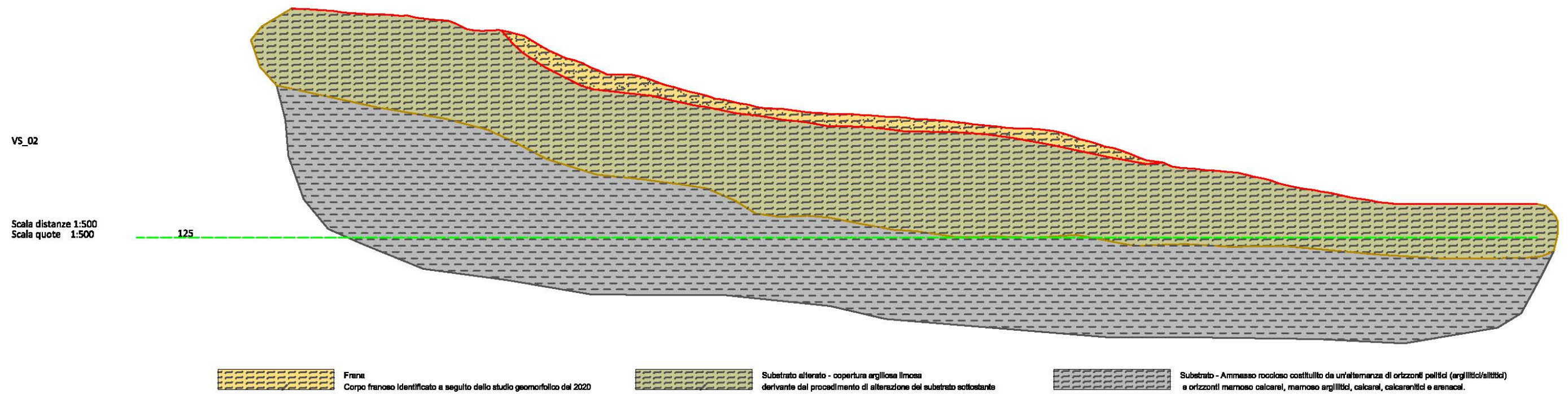


Figura 2-8 – Profilo stratigrafico sezione VS_02

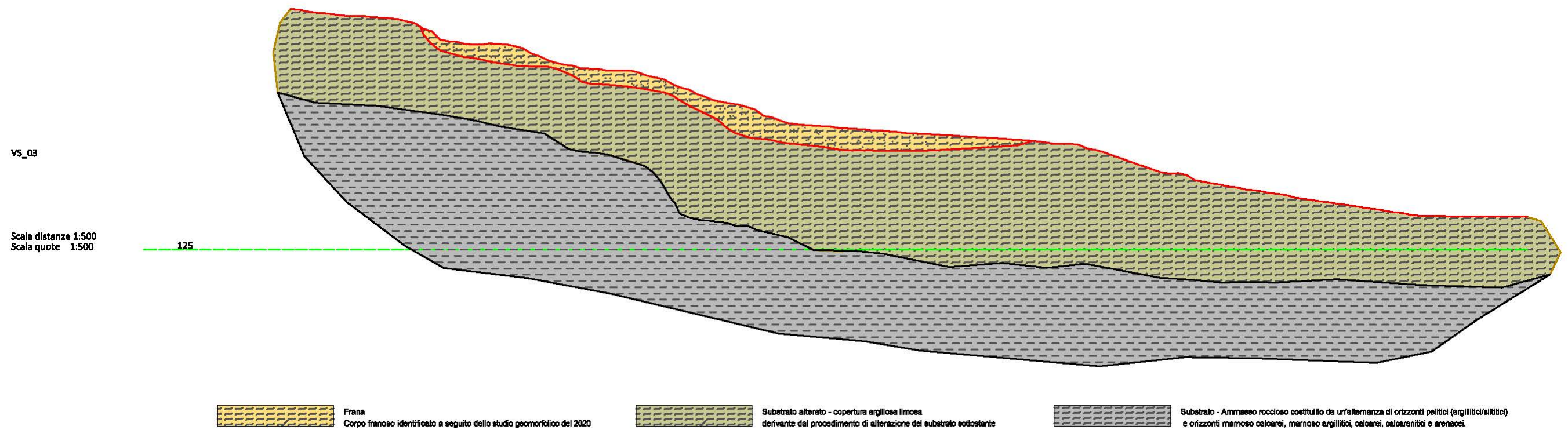


Figura 2-9 – Profilo stratigrafico sezione VS_03

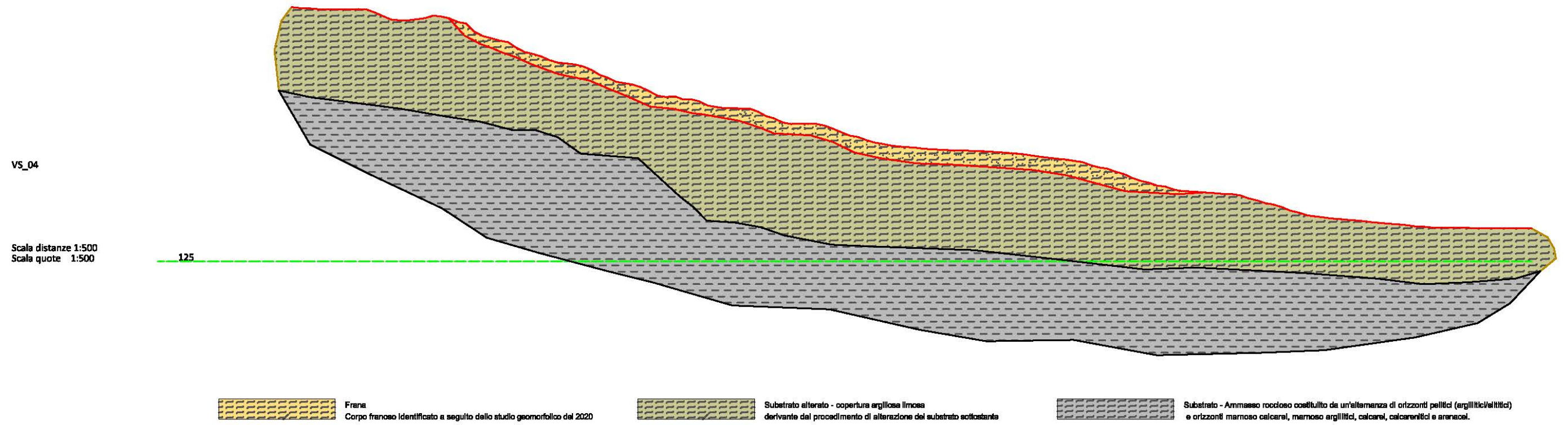


Figura 2-10 – Profilo stratigrafico sezione VS_04

3 PARAMETRI GEOTECNICI ADOTTATI

La caratterizzazione parametrica dei materiali delle singole sub-unità è basata sulle risultanze delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio appositamente eseguite per l'intervento in oggetto.

Dal punto di vista geotecnico la diga ed il terreno di fondazione sono costituiti dalle seguenti sub-unità:

- **sub-unità LA1:** corpo diga costituito da limi debolmente argillosi con clasti;
- **sub-unità AL:** corpo diga formato da argille debolmente limose con clasti;
- **sub-unità LA2:** corpo diga composto da limi argillosi con clasti;
- **sub-unità SUB:** substrato corpo diga caratterizzato dalla presenta di argillite con livello marnoso.

I dati disponibili sono stati ordinati criticamente in funzione delle successioni litologiche presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto, in particolare:

- nella **Tabella 3-1** sono riportati i risultati ottenuti dalle analisi dei campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA1 del corpo diga.
- nella **Tabella 3-2** sono riportati i risultati ottenuti dalle analisi dei campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità AL del corpo diga.
- nella **Tabella 3-3** sono riportati i risultati ottenuti dalle analisi dei campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA2 del corpo diga.
- nella **Tabella 3-4** sono riportati i risultati ottenuti dalle analisi dei campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità SUB costituente la fondazione del corpo diga.

I parametri dei materiali adottati nel corso della presente progettazione definitiva sono rappresentati dai valori medi (V_m), avendo assunto che i parametri caratteristici (V_k) siano prossimi ai parametri nominali medi ($V_m \approx V_k$) per ciascuna sub-unità geotecnica individuata nel capitolo 2.

Tale assunzione, come meglio chiarito nella relazione ET04A – Relazione Geologica, geologico tecnica e sismica, è giustificata dal fatto che nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno pertanto i valori locali non sarebbero significativi del reale comportamento del sistema geotecnico.

Nome campione (anno indagine)	Profondità [m]	Permeabilità [m/s]	γ_{sec} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	n [%]	Phi' [°]	c' [kPa]	Cu [kPa]	Poisson [%]	Modulo di Young [Mpa]	Modulo di Taglio [Mpa]	Modulo di Bulk [Mpa]	Contenuto d'acqua (wN)	Limite di liquidità (WL)	Limite di plasticità (WL)	Indice di plasticità (WL)	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]
S1C1(1991)	-2,8/-3,10	1,00E-07												24	30	21	9				
S4C1R(1991)	-1,5/-1,7													17	42	20	22				
S4C1(1991)	-3,3/-3,6			19,8	27,1		1 provino	30						23	49	22	27				
S4C2R(1991)	-4,2/-4,4	1,00E-07												22	44	22	22				
S3C1(2013)	-9			21,09			21,6	24	74					18,4	36	23	13	16,71	24,18	33,29	25,82

Tabella 3-1 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA1 del corpo diga

Nome campione (anno indagine)	Profondità [m]	Permeabilità [m/s]	γ_{sec} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	n [%]	Phi' [°]	c' [kPa]	Cu [kPa]	Poisson [%]	Modulo di Young [Mpa]	Modulo di Taglio [Mpa]	Modulo di Bulk [Mpa]	Contenuto d'acqua (wN)	Limite di liquidità (WL)	Limite di plasticità (WL)	Indice di plasticità (WL)	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]
S1C2(1991)	-7,3/-7,6	1,00E-07			20,7		1 provino	40						19	42	20	22				
S1C3(1991)	-12,6/-12,9	1,00E-07												18	41	19	22	36	9		55
S1C4(1991)	-16,1/-16,5			16,8	20,3		19	30						21	55	21	34	16	7		77
S2C1(1991)	-6,4/-6,7	1,00E-07		16,6	20,1		25	30						18	42	21	21	30	6		64
S3C2(1991)	-8,6/-8,9	1,00E-07		16,7	20,2		19	25						21	45	22	23				
S3C3(1991)	-12,4/-12,7			16,4	20,3		31	0						20	52	21	31	31	12		57
S4C2(1991)	-7/-7,3				20		1 provino	40						23	50	21	29				
S4C3R(1991)	6,4/6,6	1,00E-06												19	41	21	20				
S4C3(1991)	13,5/-13,85	1,00E-07		21			15	50						17	42	19	23				
S1C1(2013)	-9			21,38			23	7	55					19,79	40	24	16	5,45	9,05	52,46	33,04
S2C1(2013)	-9			21,48			27,7	18	77					12,07	33	21	12	10,56	13,88	51,68	23,88
S2C2(2013)	-15			20,79			30	0	92					18,82	37	22	15	17,1	26,49	32,5	23,91
S2C3(2013)	-22			20,69			29,4	0	78					20,81	35	21	14	14,14	6,87	55,26	23,73
S3C2(2013)	-15			19,42			20,9	20	34					17,92	36	23	13	9,69	22,49	50,27	17,55
S3C3(2013)	-22,5			20,5			26,2	29	37					19,67	41	22	19	16,59	21,99	37	24,42
S3C4(2013)	-25,5			20,5			23,6	7						20,81	46	25	21	9,29	16,37	44,08	30,26

Tabella 3-2 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità AL del corpo diga

Nome campione (anno indagine)	Profondità [m]	Permeabilità [m/s]	γ_{sec} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	n [%]	Phi' [°]	c' [kPa]	Cu [kPa]	Poisson [%]	Modulo di Young [Mpa]	Modulo di Taglio [Mpa]	Modulo di Bulk [Mpa]	Contenuto d'acqua (wN)	Limite di liquidità (WL)	Limite di plasticità (WL)	Indice di plasticità (WL)	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]
S4C4(1991)	17,8/-18,3						15							22	44	21	23	39	11		50
S4C5(1991)	-21/-21,35	1,00E-08		16,4	21		31	0						16	43	20	23				
DH(2007)	p.c/-6									0,44	437	147	1274								
S1C1(2007)	-4/4,4		18,66	21,2	26,87	30,4	25,75	32	52					13,5	35	18	17	8	26	32	34
S1C2(2013)	-15			20,79			20,4	22	73					17,8	35	22	13	8,09	15,94	55,85	20,12
S2C4(2013)	-25,5			21,28			24,9	7						16,08	31	18	13	15,76	28,03	38,27	17,94

Tabella 3-3 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità LA2 del corpo diga

Nome campione (anno indagine)	Profondità [m]	Permeabilità [m/s]	γ_{sec} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	n [%]	Phi' [°]	c' [kPa]	Cu [kPa]	Poisson [%]	Modulo di Young [Mpa]	Modulo di Taglio [Mpa]	Modulo di Bulk [Mpa]	Contenuto d'acqua (wN)	Limite di liquidità (WL)	Limite di plasticità (WL)	Indice di plasticità (WL)	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]
DH(2007)	-6/-18									0,48	1774	599	12122								
DH(2007)	-18/-30									0,45	4294	1477	15708								
S1C2(2007)	-14		1992	22,29	26,87	25,9								11,9							
S1C3(2007)	-19,5		18,92	21,37	26,87	29,57	27	25,49						13	35	18	17	5	45	33	17
S1C4(2007)	-22,7		18,6	21,25	26,87	35,16	22,5	59,2						14							
S1C5(2007)	-28,4																				
S2C1(2007)	-3,2/-3,6		15,68	20,09	26,87	41,63	29,5	3,6						28,16	37	19	18	17	28	37	18
S3C1(2007)	-3,6/4														37	19	18	4	18	42	36
S3C2(2007)	-11,3/-11,7		19	21	28,67	29,1								10							
S1C3(2013)	-22,5			20,3			22	8	33					13,05	37	21	16	16,62	12,88	49,13	21,37
S1C4(2013)	-25,5			23,63			23,9	0						8,04	33	20	13	25,74	23,13	29,73	21,4
S4C7(2014)	-34						24,4	22							33	20	13	20,48	20,85	48,67	10
S4C8(2014)	-35			22,36			29,9	7	69					10,29	30	18	12	38,69	14,07	30,76	16,48
S4C9(2014)	-40,5			22,95			20	38	85					10,94	33	20	13	4,83	29,97	43,35	21,85
S17C1(2019)	-2,8			20,4	17,6				188,3					15,63	39	21	18				
S17C2(2019)	-6,2			21,1	19,1		23,3	24,4						10,52	45	21	24	18	26,4	27,3	28,3
S17C3(2019)	-8,2			19,5	18									8,89	34	19	15				
S17C4(2019)	-13			20,2	18,1		24,5	23,4	220,1					10,98	34	17	17	18,3	33,2	29,7	18,8
S17C5(2019)	-18			22,3	20,6				311,1					8,92	37	18	19				
S17C6(2019)	-15			21,4	20,2									6,09	33	18	15	44,3	28,3	16,7	10,7
S18C1(2019)	-3,2			20,5	18,1				84,6					13,28	33	21	12				
S18C2(2019)	-3,4			19,3	16,7		19,2	18,5						12,01	39	19	20	38,7	21,3	24,7	15,2
S18C3(2019)	-8,7			21	18,7									12,45	37	21	16				
S18C4(2019)	-11,6			21,4	19,1		18,8	21,4						12,32	36	20	16	12	42,5	30,6	14,9
S18C5(2019)	-16,3			21,1	19,4				175,1					7,52	36	18	18				

Tabella 3-4 – Sintesi dei risultati delle indagini sui campioni dei vari sondaggi prelevati nella sub-unità SUB del corpo diga

I parametri geotecnici caratteristici dei materiali così individuati ed utilizzati nella progettazione sono riassunti nella Tabella 3-5.

Parametri geotecnici	Unità di misura	Sub-unità LA1	Sub-unità AL	Sub-unità LA2	Sub-unità SUB
K_0 modulo di compressibilità	MPa	401.2	759.3	1274	12122
E_0 modulo elastico	MPa	231.5	400.5	735.4	1810.8
G_0 modulo di taglio	MPa	82.44	141,80	147	599
ν_0 coefficiente di Poisson		0.40	0.41	0.44	0.46
ρ densità	kg/m ³	2044.5	1935.5	2109.0	2169.3
γ peso di volume	kg/m ³	2045	1936	2109	2169
γ_{sat} peso di volume saturo	kg/m ³	2045	1936	2109	2169
ϕ' angolo di attrito interno	°	21.6	24.2	23.4	23.6
c' coesione efficace	kPa	24.0	23.0	22.0	24.0
c_u coesione non drenata	kPa	74.0	76.0	73.0	146.0
k permeabilità	m/s	1.0E-07	1.0E-08	1.00E-07	1.0E-08
n porosità		0.32	0.35	0.30	0.32

Tabella 3-5 – Parametri geotecnici caratteristici

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità, per i parametri geotecnici del terreno di rinfiaccio sono adottati parametri conservativi pari a quelli della sub-unità AL. Il materiale per la realizzazione del rinfiaccio infatti proviene dall'abbassamento della diga. Il riporto verrà opportunitamente costipato e ammorso. È quindi presumibile che il terreno, previa esecuzione di opportuna costipazione, possa raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL.

Per quanto riguarda le verifiche della sponda sinistra sono stati adottati i seguenti parametri desunti dalla campagna di indagini del 2020.

Denominazione	Peso naturale	Peso saturo	f'	c'	c_u
	[KN/m3]	[KN/m3]	[grad]	[kPa]	[kPa]
Frana	18.30	18.30	14.3	0	40
Substrato alterato	20.68	20.68	23.4	22	100
Substrato	21.27	21.27	23.6	24	146
Riporto per riprofilatura	18.99	18.99	24.2	23	76

Tabella 3-6 – Parametri geotecnici caratteristici verifiche sponda sinistra

Per la parte in frana sono stati assunti i parametri residui.

4 VERIFICHE GEOTECNICHE DEL CORPO DIGA

Le verifiche per la sicurezza e le prestazioni sono svolte conformemente ai principi contenuti nel cap. 2 delle NTC 2018.

In accordo con il cap. E.5.1 del D.M. 26 Giugno 2014, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sono svolte con il solo **Approccio 1**, con riferimento alla **Combinazione 2 (A2+M2+R2)**, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 4-1, nella Tabella 4-2 e nella Tabella 4-3.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(1) Per carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

Tabella 4-1 – Estratto Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (N.T.C. 2018)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.00

Tabella 4-2 – Estratto Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (N.T.C. 2018)

Verifica	Coefficiente parziale (R2)
Fasi costruttive	$\gamma_R = 1.1$
Rapido svaso	$\gamma_R = 1.1$
Serbatoio pieno	$\gamma_R = 1.2$

Tabella 4-3 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza delle dighe di materiali sciolti ai sensi del cap. E.5.1 del D.M. 26/06/2014

La verifica dello sbarramento in condizioni simiche è condotta applicando i coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici definiti dalle N.T.C. 2008, in quanto maggiormente cautelativi.

Infatti, come indicato al punto 7.11.1 delle N.T.C. 2008, le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri

geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6 - Tabella 6.2.II (Tabella 4-2).

Viceversa, le N.T.C. 2018 al punto 7.11.1 indicano che le verifiche agli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

5 VERIFICHE DEGLI STATI ULTIMI IDRAULICI

Le opere geotecniche sono verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento secondo quanto indicato al punto 6.2.4.2 delle N.T.C. 2018.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti e delle resistenze.

I coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tabella 5-1 e devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

In particolare, incrementando la pressione interstiziale di un coefficiente di 1.5, essendo un carico variabile sfavorevole, e riducendo la tensione totale di un coefficiente di 0.9, essendo un carico permanente favorevole, si perviene per le verifiche al sollevamento ad un coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_R = 1.67$.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento UPL
<i>Permanenti G_1</i>	Favorevole	γ_{G1}	0.9
	Sfavorevole		1.1
<i>Permanenti G_2</i>	Favorevole	γ_{G2}	0.0
	Sfavorevole		1.5
<i>Variabili Q</i>	Favorevole	γ_{Qi}	0.0
	Sfavorevole		1.5

Tabella 5-1 – Estratto Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti degli stati limite di sollevamento

La verifica idraulica al sifonamento è compiuta controllando che il gradiente idraulico risulti non superiore al gradiente critico diviso per un coefficiente parziale uguale a 2, avendo considerato il gradiente idraulico di efflusso. In questo caso il coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_R = 2$.