

All. 4: Analisi della sismicità locale (terzo livello)

ALLEGATO 4- ANALISI DELLA SISMICITA' LOCALE (TERZO LIVELLO)
RISPOSTA SISMICA LOCALE (SPETTRO DI RSL)

CENNI SUL METODO

La valutazione della risposta sismica locale (RSL) mediante analisi monodimensionale (approccio "rigoroso"), permette di definire una reale risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte, sia topografiche).

Quest'approccio è ritenuto la via ufficiale dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) e consente, in determinati contesti sismo stratigrafici e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo, elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa; inoltre l'approccio semplificato spesso sottostima di molto l'azione sismica di progetto.

Il flusso di calcolo a seguire si compone dei seguenti passaggi dettagliati nei relativi paragrafi:

DEFINIZIONE DELL'INPUT SISMICO

- Determinazione dei parametri sismici (accelerazione attesa, tempi di ritorno, magnitudo, ...) si veda Relazione Geologica;
- Estrazione degli accelerogrammi naturali: secondo la normativa regionale si devono utilizzare i 5 accelerogrammi messi a disposizione dalla Regione Lombardia relativi alla fascia in cui ricade il Comune³;
- Definizione del modello sismostratigrafico del sito (profilo Vs, densità...), si veda relazione Geognostica e modello del sottosuolo e si veda elaborazione riportata di seguito;
- Calcolo dello spettro di risposta di input (utile per il confronto con l'analogo dato finale) si veda Relazione Geologica;
- Trasformazione del moto di input dal dominio del tempo al dominio delle frequenze (spettro di Fourier).

ESECUZIONE DELL'ANALISI

- Modifica dello spettro di input nell'attraversare il profilo locale (metodo iterativo), sulla base del modello sismostratigrafico definito dall'indagine in sito, si veda elaborazione riportata di seguito;
- Definizione dello spettro di output relativo alla modifica di quello di input, si veda elaborazione riportata di seguito;
- Definizione dell'accelerogramma di output (anti trasformata di Fourier), tramite il quale il software andrà a calcolare il risultato voluto, in altre parole lo spettro di risposta di output, si veda elaborazione riportata di seguito.

NORMALIZZAZIONE

- Per poter essere utilizzato dallo strutturista lo spettro elastico di risposta verrà normalizzato e verrà confrontato con gli spettri normativi, si veda elaborazione riportata di seguito.

DEFINIZIONE DELLA SISMOSTRATIGRAFIA DI INPUT

Avendo definito l'input degli eventi sismici da sottoporre a simulazione, bisogna determinare le caratteristiche sismo stratigrafiche del volume di terreno d'indagine ed oggetto di probabile amplificazione.

Per fare questo basta riprendere tutto quanto già detto per l'indagine sismica eseguita (si veda relazione Geologica e Allegati), riprendendo la medesima stratigrafia sismica definita come profilo delle Vs e attribuendo ad ogni sismostrato, sulla base delle conoscenze litologiche e stratigrafiche dell'area e dei rilievi eseguiti, una natura litologica (alla quale poi associare determinate caratteristiche di risposta a sollecitazione) e un peso di volume.

³ Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati: 1. 475-codice provincia.zip contenente, per ogni comune, 7 diversi accelerogrammi attesi caratterizzati dal periodo di ritorno di 475 anni; 2. curve_lomb.xls contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (γ), per diverse litologie.

Nel report alla pagine successiva è riportata la stratigrafia sismica utilizzata per la simulazione, che riproduce il profilo sismico registrato con le prospezioni di campo, per i moduli di taglio e le curve di dumping, sono stati utilizzati i valori forniti dalla Regione Lombardia già citati.

ESECUZIONE DELL'ANALISI

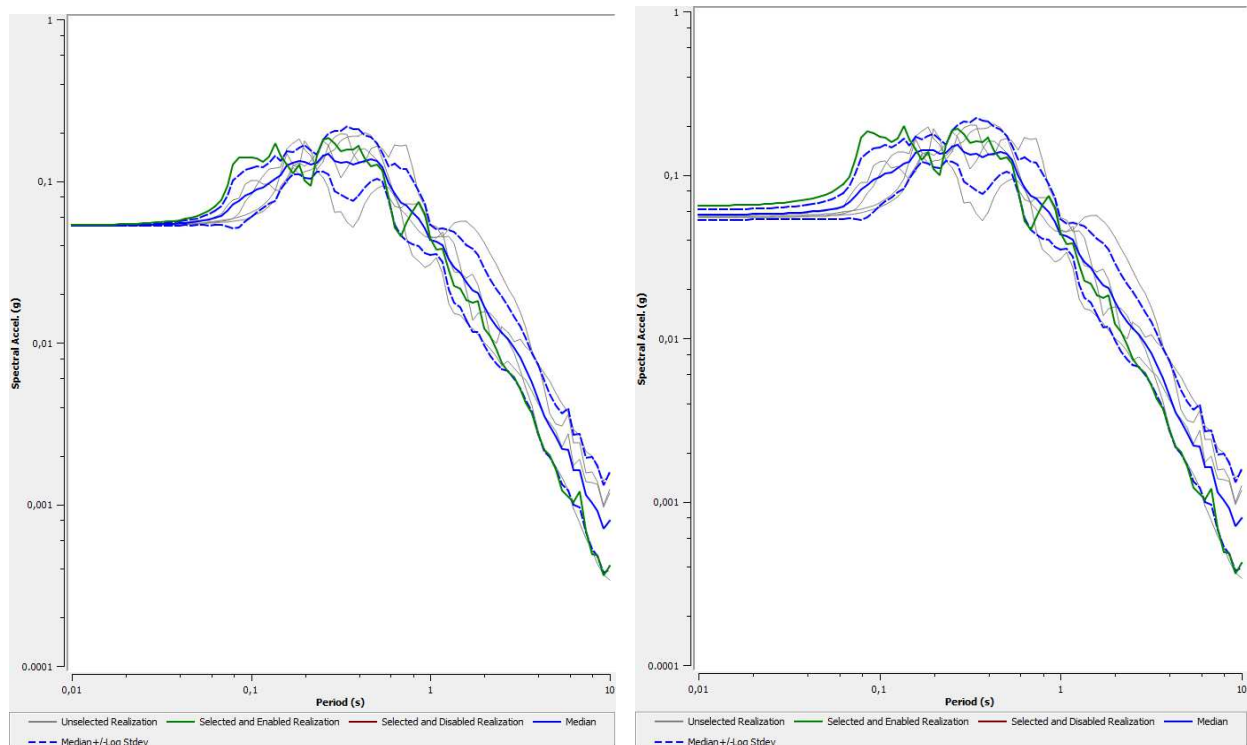
Per l'elaborazione dell'input sopra definito e per ottenere infine come risultato uno spettro di risposta al sito, è stato utilizzato il codice di calcolo STRATA⁴ che consente l'inserimento delle serie temporali dei terremoti naturali (nel nostro caso i 5 eventi di riferimento) e del profilo sismostratigrafico, restituendo lo spettro di risposta di output (il risultato finale di riferimento, ovviamente, è ottenuto operando la media dei 5 output).

Gli accelerogrammi definiti e scelti secondo le modalità già commentate, sono stati importati nel codice di calcolo normalizzandoli singolarmente all'ag di progetto come definita prima (si ricorda che la pga per lo SLV al sito è pari a **0,053 g**), attraverso un opportuno fattore di scala.

Il codice consente di eseguire contemporaneamente i calcoli a differenti profondità, si è scelto di eseguire l'analisi alla quota di progetto (quota piano fondazione), e in corrispondenza del bedrock, in modo da valutare il risultato ottenuto con quelle che sono le condizioni rispettivamente di amplificazione massima e nulla (output/input)

Il software procede per interazioni restituendo una serie di output utili alla definizione dell'impianto sismico locale, per quanto riguarda il caso in esame ci limiteremo ai soli spettri di risposta.

In pratica, gli spettri di input sono "filtrati" dal profilo sismico registrato in sito; al termine dell'operazione otteniamo lo spettro di risposta elastico per ciascun accelerogramma inserito (si utilizzerà quindi lo spettro medio), nei tre casi imposti, ossia alla profondità del bedrock (spettro di input) e della quota di progetto (-5,0 m da piano campagna – quota piano di posa fondazioni), di seguito si riportano alcuni estratti dell'elaborazione.



Spettri di output a profondità del bedrock (a sinistra) e a quota piano campagna (a destra), si nota il minimo effetto dell'amplificazione stratigrafica dovuta alla presenza della copertura più lenta.

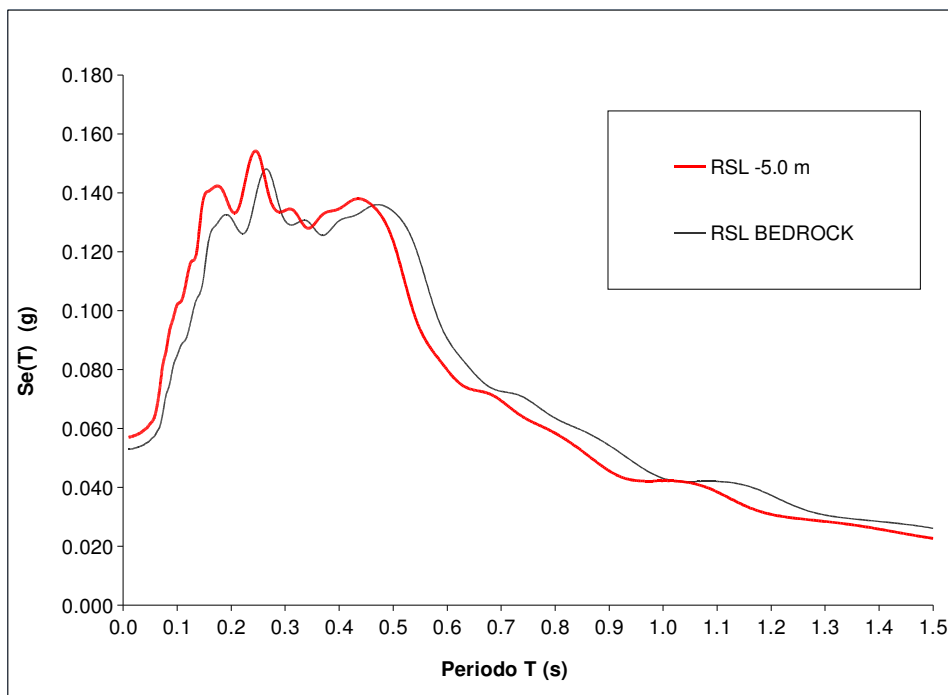
⁴ Kottke Albert R. & Rathje Ellen M. (2008) v. 0.2.0, University of Texas at Austin

RISULTATO DELL'ANALISI (SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO)

Operando, come già anticipato sopra, la media fra i 5 output ottenuti, è possibile definire lo spettro d'interesse ai fini della presente trattazione, ossia lo Spettro di Risposta Elastico, sotto riportato in forma tabellare e grafica.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO A PIANO FONDAZIONE

T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)	T (s)	Se (g)
0.010	0.057	0.058	0.062	0.341	0.134	1.995	0.017
0.011	0.057	0.063	0.064	0.369	0.128	2.154	0.014
0.012	0.057	0.068	0.068	0.398	0.133	2.326	0.012
0.013	0.057	0.074	0.074	0.430	0.134	2.512	0.012
0.014	0.057	0.079	0.082	0.464	0.138	2.712	0.011
0.015	0.057	0.086	0.086	0.501	0.135	2.929	0.009
0.016	0.057	0.093	0.093	0.541	0.123	3.162	0.008
0.017	0.057	0.100	0.097	0.584	0.098	3.415	0.007
0.018	0.057	0.108	0.102	0.631	0.084	3.687	0.006
0.020	0.057	0.117	0.103	0.681	0.074	3.981	0.004
0.022	0.058	0.126	0.110	0.736	0.072	4.299	0.004
0.023	0.058	0.136	0.117	0.794	0.064	4.642	0.003
0.025	0.058	0.147	0.120	0.858	0.059	5.012	0.003
0.027	0.058	0.158	0.136	0.926	0.051	5.412	0.002
0.029	0.058	0.171	0.141	1.000	0.043	5.843	0.002
0.032	0.058	0.185	0.142	1.080	0.042	6.310	0.002
0.034	0.058	0.200	0.141	1.166	0.040	6.813	0.002
0.037	0.059	0.215	0.134	1.259	0.033	7.356	0.001
0.040	0.059	0.233	0.136	1.359	0.029	7.943	0.001
0.043	0.060	0.251	0.149	1.468	0.027	8.577	0.001
0.046	0.060	0.271	0.153	1.585	0.024	9.261	0.001
0.050	0.061	0.293	0.138	1.711	0.021	10.000	0.001
0.054	0.062	0.316	0.134	1.848	0.020		

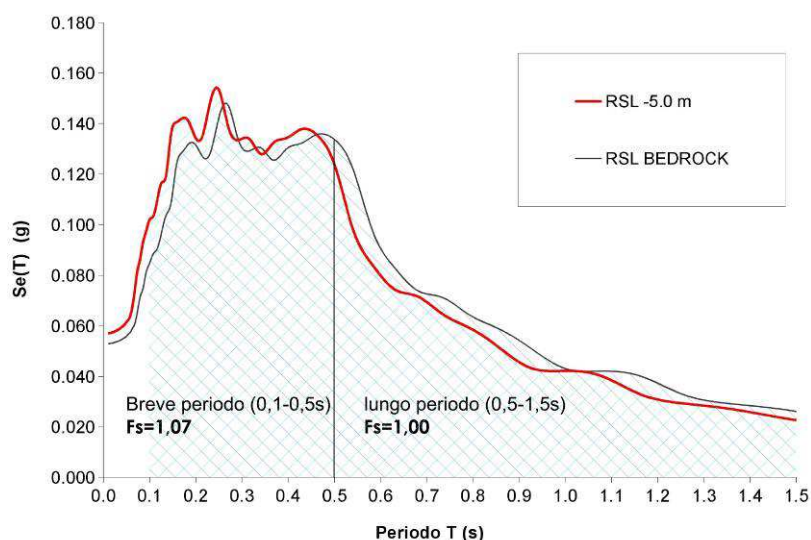


CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE - FAC

Il Fattore di Amplificazione si calcola come il rapporto fra l'integrale dello spettro elastico a piano fondazione (output) e quello al bedrock (input), definiti nell'intervallo 0,1-0,5 s (breve periodo) e 0,5-1,5 s (lungo periodo), nel caso in esame risulta:

$$Fa_{0,1-0,5} = 1,07 \text{ (breve periodo)}$$

$$Fa_{0,5-1,5} = 1,00 \text{ (lungo periodo)}$$



Come visibile dai valori soglia tabellati sopra, il valore del fattore d'amplificazione è molto basso perché il piano fondazione ricade nella parte superficiale del substrato roccioso e risulta quindi di molto inferiore alla soglia per suolo di Categoria B ($Fa_{suoloB}=1,44$) per il breve periodo e pari a 1,00 per il lungo periodo.

Per tutti i calcoli geotecnici e strutturali in condizioni sismiche, presupponendo strutture che oscillino nel breve periodo, è possibile applicare lo spettro normativo di un suolo di **Categoria B**.

Solo nel caso in cui le strutture in progetto oscillino nel lungo periodo, è possibile applicare uno spettro per la Categoria A.

In sintesi si riportano i parametri per lo spettro elastico della componente orizzontale, nei confronti dello SLV e ipotizzando uno smorzamento del 5%:

RISPOSTA SISMICA LOCALE – SPETTRO ELASTICO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

accelerazione orizzontale massima al sito (al bedrock)	ag /g	0,053*g
amplificazione spettrale massima	Fo	2,625
Amplificazione litologica	Ss	1,20
Amplificazione topografica	St	1,00
amplificazione sismica max locale	Se(T) max	0,164*g
Periodo caratteristico	$T_B =$	s 0,131
Periodo caratteristico	$T_c =$	s 0,394
Periodo caratteristico	$T_D =$	s 1,808

Secondo le formule di cui alle NTC, per SLV valgono:

Accelerazione massima attesa $a_{g\max} = 0,062 \text{ g}$

Componente orizzontale massima dello spettro elastico $S_{e\max} = 0,164 \text{ g}$

Massimo spostamento orizzontale del suolo $d_g = 1,3 \text{ cm}$

Sono possibili ulteriori elaborazioni e approfondimenti (es. elaborazione di uno spettro di progetto) conoscendo le caratteristiche sismiche delle strutture, quali periodo di oscillazione, fattore di struttura ecc..., dati al momento non noti allo scrivente.

All. 5: Documentazione fotografica



Foto 1: Area in oggetto vista da SE



Foto 2: Area in oggetto vista da SE



Foto 3: Area in oggetto vista da SE



Foto 4: Area in oggetto vista da SW



Foto 5: Vista verso l'incrocio tra Via Sant'Agostino e Via Provinciale dove è visibile un modesto fosso che è indicato come reticolo minore (limite SW del terreno in oggetto)



Foto 6: Vista dal punto precedente verso monte dove non è più visibile un il fosso che è indicato come reticolo minore (limite SW del terreno in oggetto)



Foto 7: Altra vista dal fosso è indicato come reticolo minore in prossimità dell'incrocio (limite SW del terreno in oggetto)



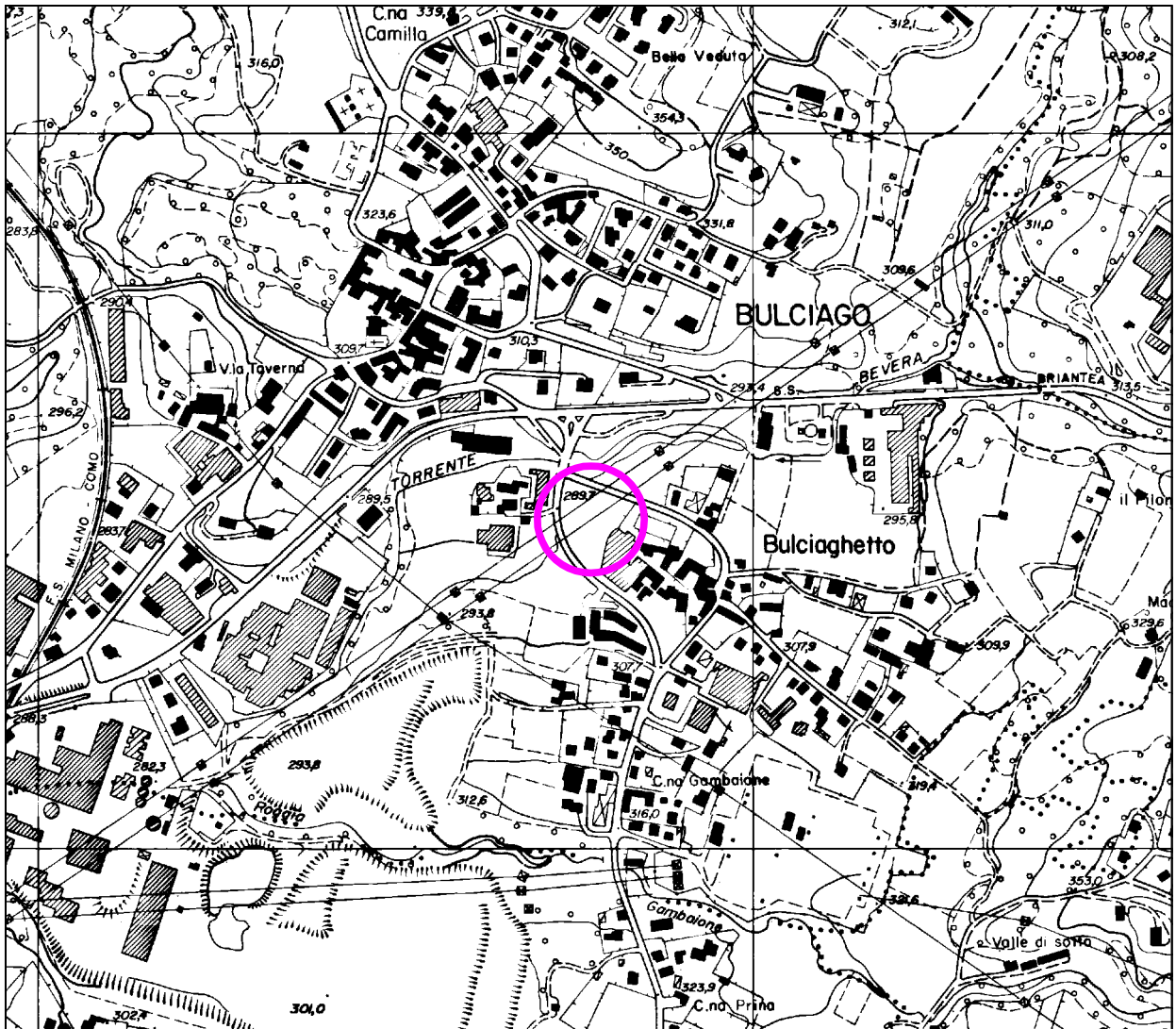
Foto 8: Vista dall'incrocio verso monte (limite NE del terreno in oggetto), dove si notano medeste tracce di scorrimento idrico



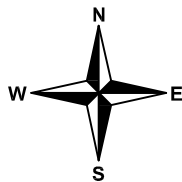
Foto 9: Imbocco dello scarico autorizzato dalla Provincia




Foto 10: Esecuzione MASW



Estratto Carta Tecnica Regione Lombardia (Scala 1: 10.000 - supporto CD-room)



LEGENDA

 Area in oggetto

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

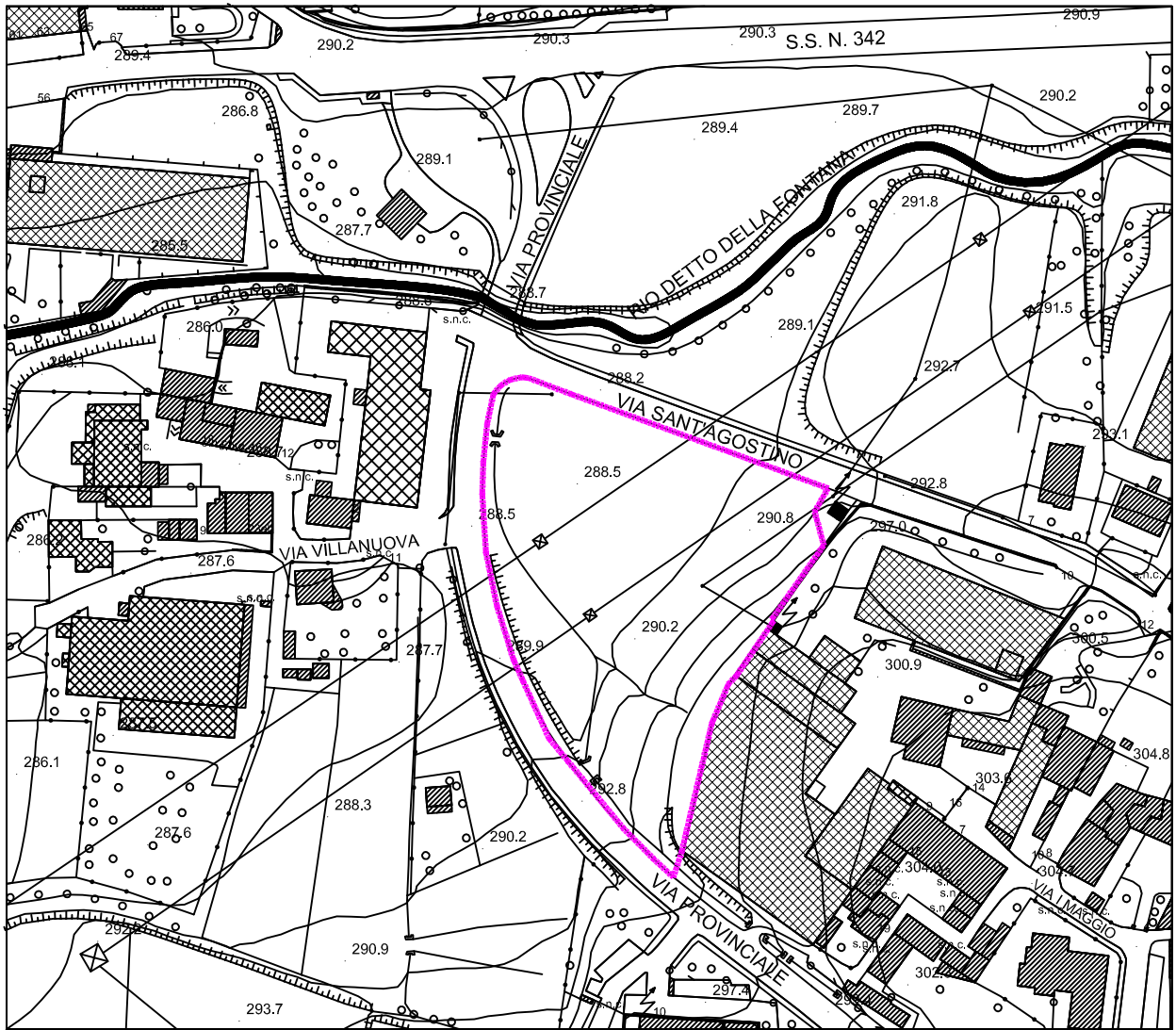
Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

Oggetto: Ubicazione area - CTR

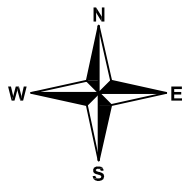
Scala: 1: 10.000

Tav. 1

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MR	MR



Estratto DBT Provincia di Lecco (Scala 1: 2.000)



LEGENDA



Area in oggetto

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

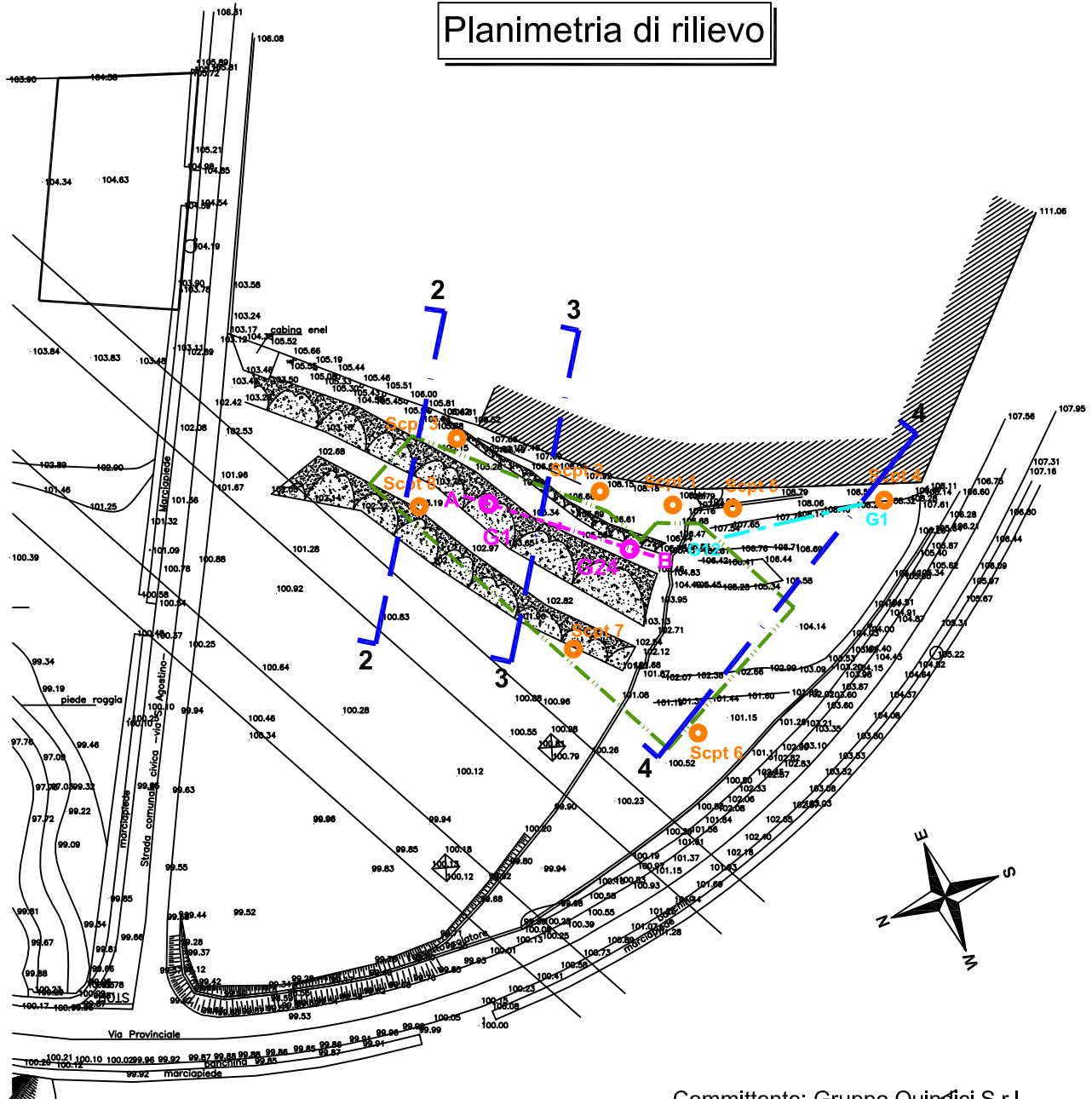
Oggetto: Ubicazione area - DBT

Scala: 1: 2.000

Tav. 2

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MR	MR

Planimetria di rilievo



LEGENDA	
Fabbricato in progetto	
Indagine MASW	
Indagini precedenti	
Rifrazione	
Prova scpt	

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

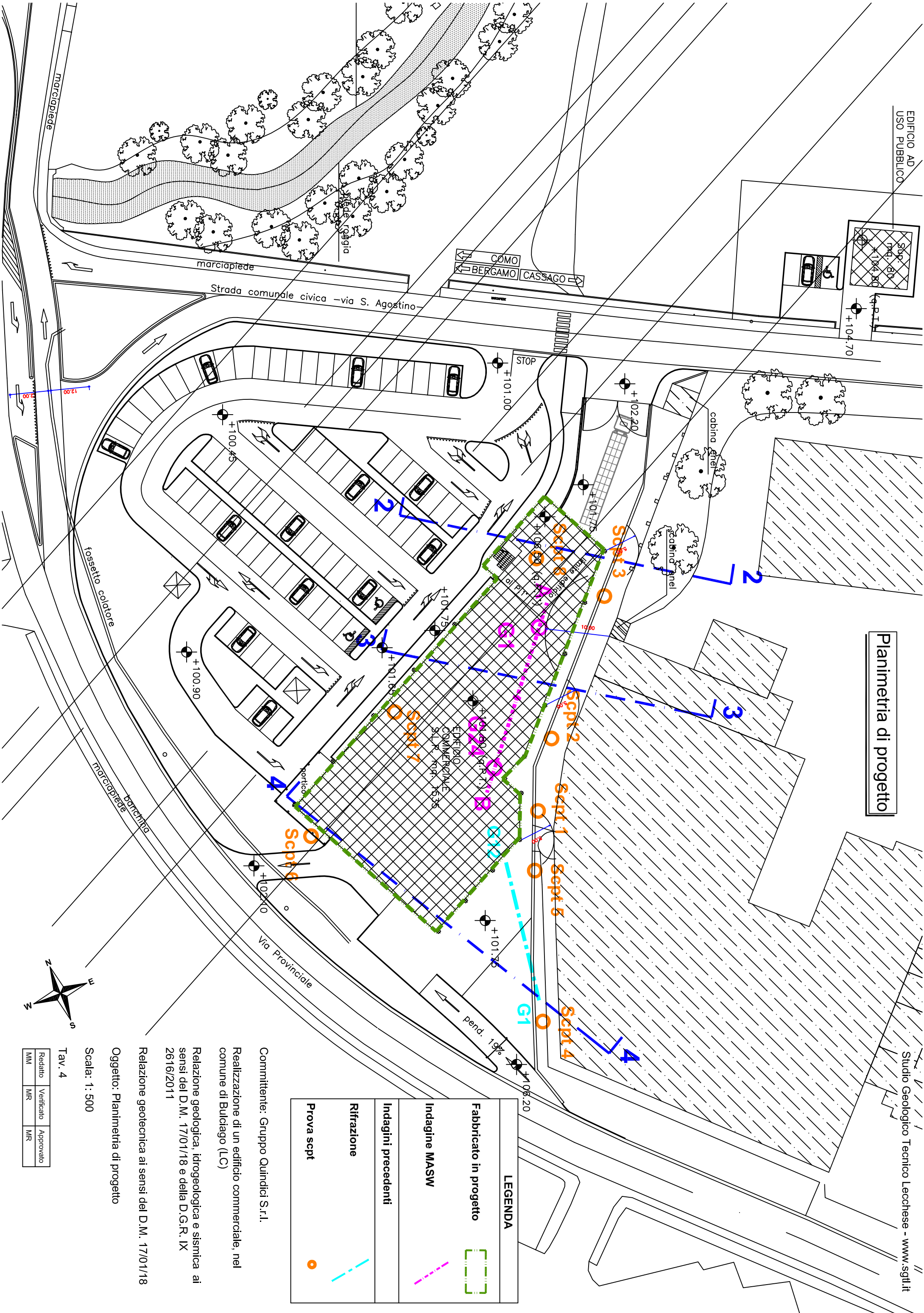
Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

Oggetto: Ubicazione indagini

Scala: 1: 2.000

Tav. 3

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MR	MR



LEGENDA	
Fabbricato in progetto	
Indagine MASW	
Indagini precedenti	
Ritrazione	
Prova scpt	

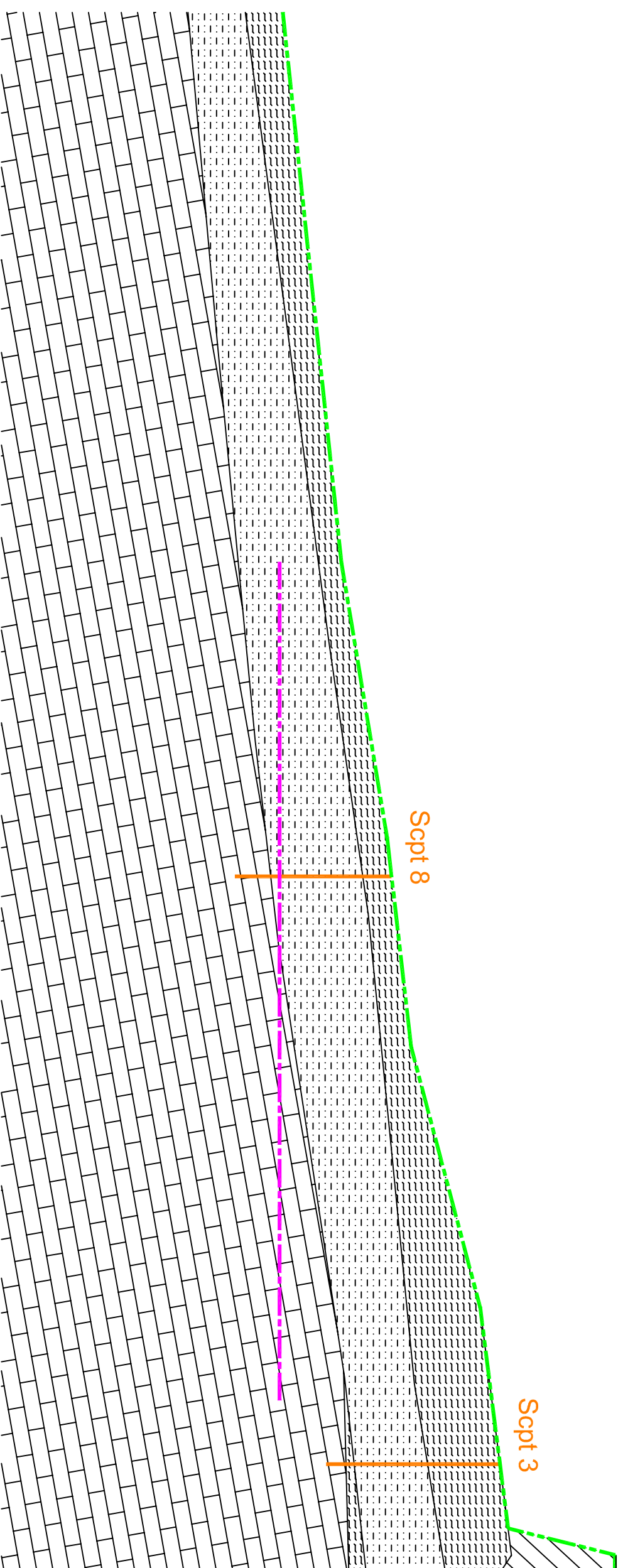
Committente: Gruppo Quindici S.r.l.
Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)
Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011
Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

Oggetto: Planimetria di progetto
Scala: 1: 500







Tav. 4

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MR	MR

Sezione 2-2



LEGENDA

-  Molto sciolto (nspt 2-3)
-  Terreno da sciolto a moderatamnetne addensato (nspt 10-15)
-  Terreno moderatamente addensato (nspt 20-30)
-  Substrato roccioso
-  Piano campagna
-  Piano fondazione

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

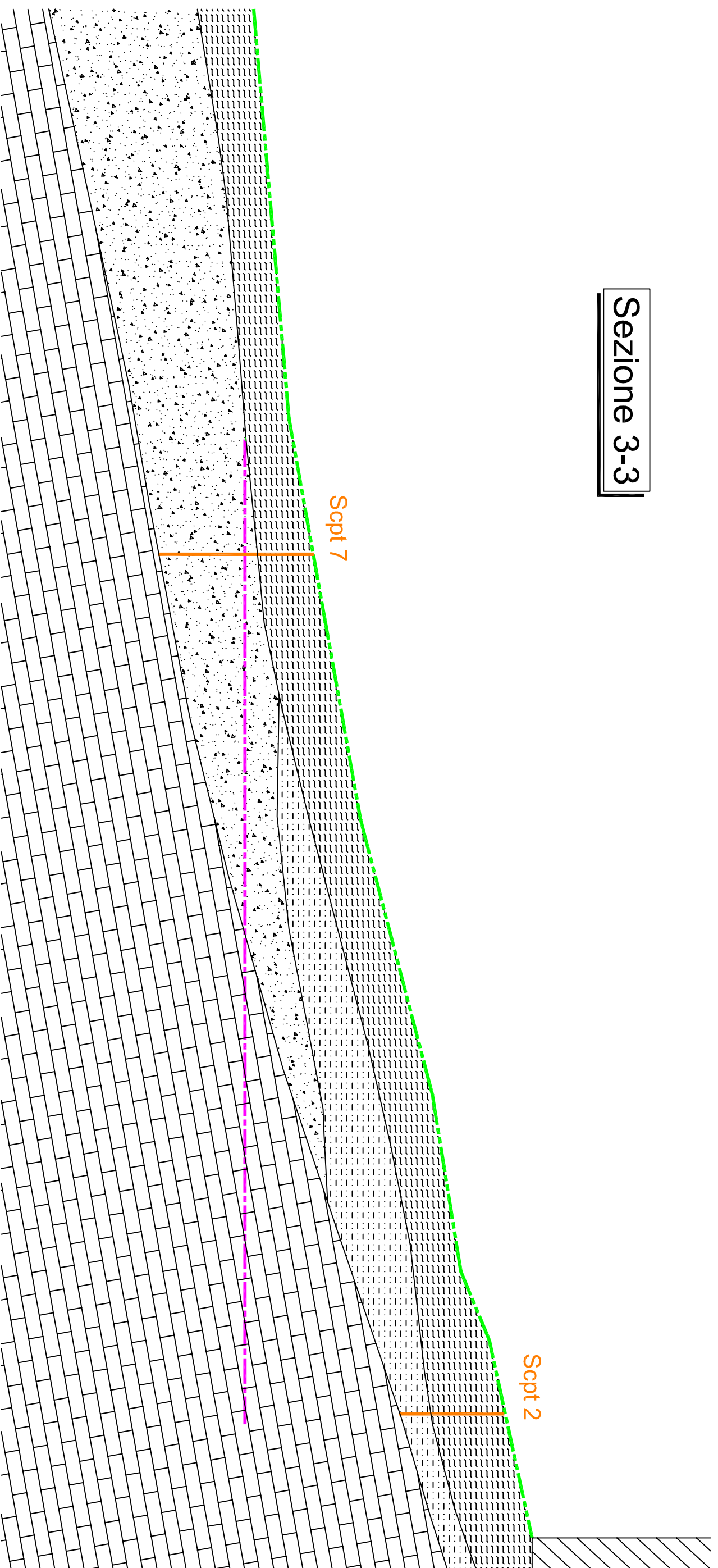
Oggetto: Sezione stratigrafica

Scala: 1 : 100







Tav. 5a

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MIR	MIR

Sezione 3-3



LEGENDA

-  Molto sciolto (nspt 2-3)
-  Terreno da sciolto a moderatamnetne addensato (nspt 10-15)
-  Terreno moderatamente addensato (nspt 20-30)
-  Substrato roccioso
-  Piano campagna
-  Piano fondazione

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

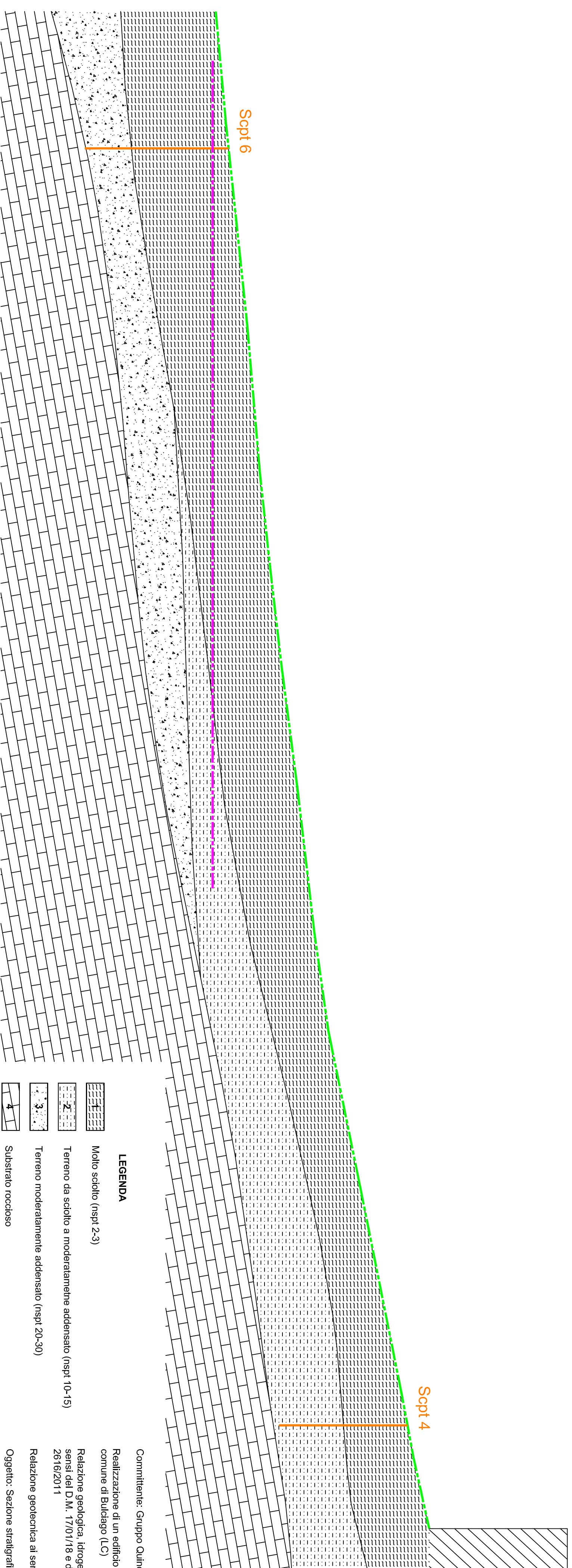
Oggetto: Sezione stratigrafica

Scala: 1 : 100







Tav. 5b

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MIR	MIR

Sezione 4-4



LEGENDA

-  Molto sciolto (nspt 2-3)
-  Terreno da sciolto a moderatamente addensato (nspt 10-15)
-  Terreno moderatamente addensato (nspt 20-30)
-  Substrato roccioso
-  Piano campagna
-  Piano fondazione

Committente: Gruppo Quindici S.r.l.

Realizzazione di un edificio commerciale, nel comune di Bulciago (LC)

Relazione geologica, idrogeologica e sismica ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX 2616/2011

Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/18

Oggetto: Sezione stratigrafica

Scala: 1:100

TAV. 5c

Redatto	Verificato	Approvato
MM	MR	MR