

<b>Progetto</b>		<b>Rev.</b>	<b>Pagina</b>	<b>Di</b>
<b>Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone</b>		<b>00</b>	<b>1</b>	<b>18</b>
		<b>Data</b>		
		<b>Giugno 2019</b>		
<b>Commessa</b>	<b>Identificativo</b>	<b>Committente</b>		
<b>24/19</b>	<b>2019-05-C24_R1-C6654</b>	<b>CAP HOLDING S.P.A.</b>		
<b>Titolo elaborato</b>				
<b>RELAZIONE SISMICA</b>				
				
Dott. geol. Maurizio Cice				

Relazione Sismica	
<i>Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone</i>	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	<b>SIA s.r.l.</b>
	Pagina 2 di 18

## INDICE

<b>1</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>COMPONETE GEOLOGICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINE GEOFISICA</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>ELABORAZIONE MASW</b>	<b>9</b>
5.1.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI CON IL METODO MASW	9
5.1.2	MASW – MARCALLO CON CASONE	11
<b>5.2</b>	<b>RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO</b>	<b>12</b>
5.2.1	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	12
5.2.2	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	13
<b>6</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – ANALISI DI 2° LIVELLO</b>	<b>14</b>
<b>6.1</b>	<b>SCELTA DELLA SCHEDA DI RIFERIMENTO</b>	<b>15</b>
<b>6.2</b>	<b>SCELTA DELLA CURVA T-FA</b>	<b>16</b>
<b>6.3</b>	<b>CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO</b>	<b>17</b>
<b>6.4</b>	<b>CALCOLO DEL FATTORE D'AMPLIFICAZIONE E CONFRONTO CON I VALORI SOGLIA</b>	<b>17</b>

Relazione Sismica	
<i>Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone</i>	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	<b>SIA s.r.l.</b> Pagina 3 di 18

## 1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

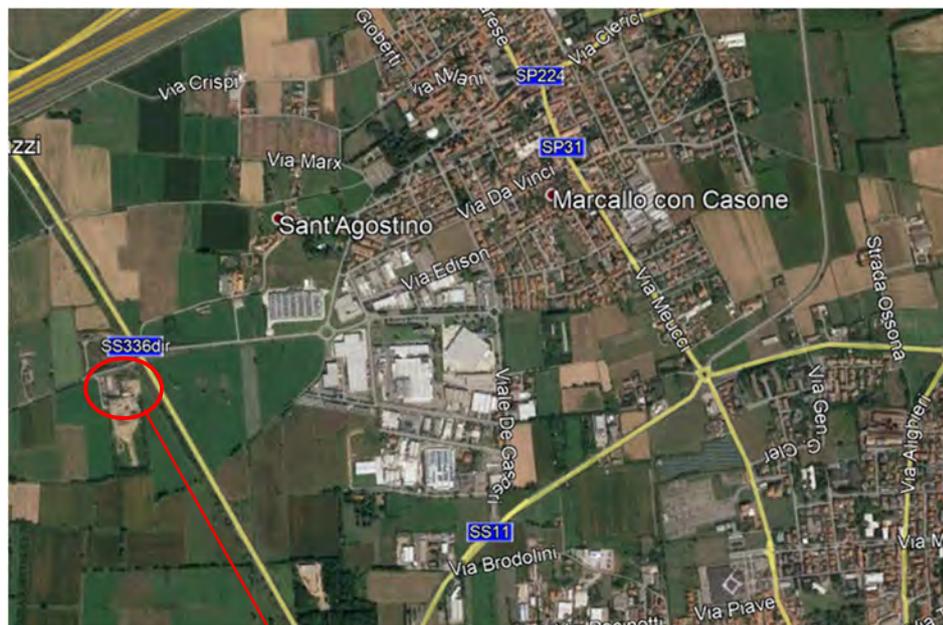
- DGR n.X2129 del 14 Luglio 2014 - aggiornamento dell'OPCM n.3274 del 20 marzo 2003 – *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*;
- DGR n. IX/2616 del 30 novembre 2011 della regione Lombardia;
- Decreto Ministeriale 18/01/2018: Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Leggi regionali in materia di pianificazione e governo del territorio;

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 4 di 18

## 2 PREMESSA

La S.I.A. S.r.l. aggiudicataria del contratto aperto per l'esecuzione di indagini geologiche, geotecniche e sismiche (rif. protocollo n.0000924 del 22/01/2019), è stata incaricata dalla CAP Holding S.p.A., con ordine n°7 del 16.04.2019, di redigere la presente nota a supporto degli "Interventi di adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone".

Per la caratterizzazione sismica nella stretta area d'interesse è stata eseguita una prospezione geofisica di sismica attiva (MASW) che ha permesso di classificare il terreno di fondazione definendo il modello di distribuzione della velocità delle onde S (tabelle allegate al D.M. 18/01/2018) e misurare il periodo proprio di vibrazione di sito.



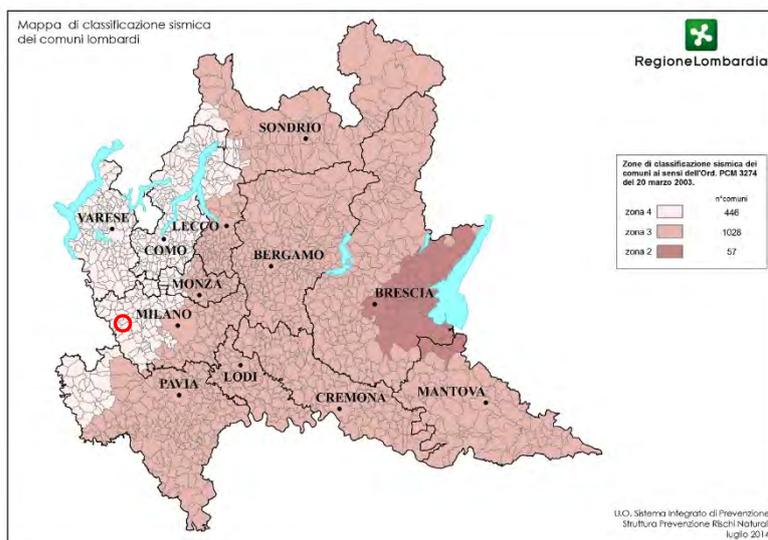
Inquadramento area in studio con ubicazione indagine sismica MASW

### 3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

Il sito oggetto di studio è ubicato in prossimità dell'incrocio SP224/SS336, presso Ecocentro, ricadente nel territorio comunale di Marcallo con Casone.

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell' 8 maggio 2003 e in base alla Delibera della Giunta Regionale Lombardia 11/07/2014 n.X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia il Comune di Marcallo con Casone viene classificato in zona 4 (Zona con pericolosità sismica molto bassa. È la zona meno pericolosa dove la possibilità di danni sismici sono basse).

Nella figura seguente viene riportata la nuova classificazione sismica della Regione Lombardia.



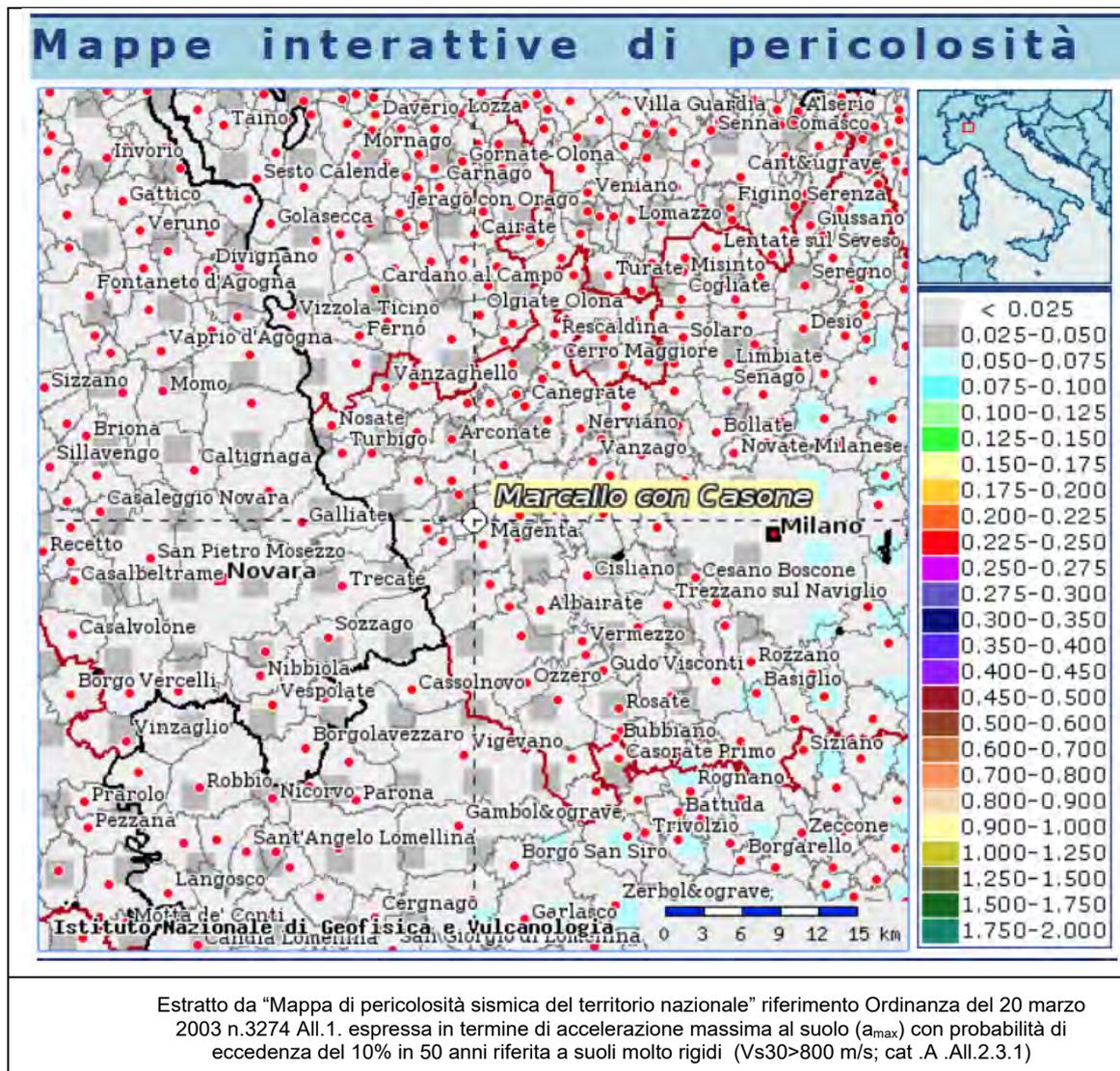
Riclassificazione sismica del territorio Lombardo in base Delibera della Giunta Regionale Lombardia 11/07/2014 n.X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia

Tale ordinanza (e s.m.i.) suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche in base al valore del parametro  $a_g/g$  definita come accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di categoria A (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi), secondo i valori di cui alla tabella seguente:

Zona	Valore di $a_g$
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il comune di Marcallo con Casone ricade in una zona con accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30}>800$  m/s; cat .A) compresa tra 0.025 e 0.050 g.

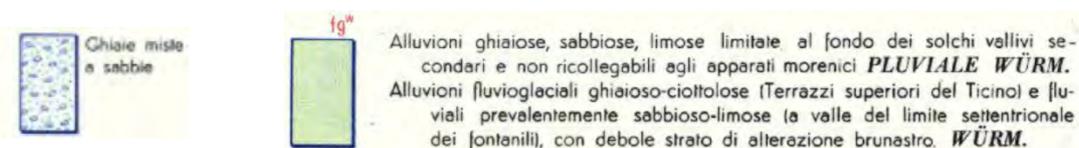


Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 7 di 18

## 4 COMPONENTE GEOLOGICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Sono di seguito riportate le caratteristiche geologico-sismiche del sito d'intervento, dedotte anche dallo Studio Geologico Idrogeologico Sismico comunale di Marcallo con Casone redatto ai sensi della L.R. 12/2005.

### 4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO



Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.44" Novara", in scala 1:100000 con ubicazione delle aree in studio (in rosso)

Il territorio comunale di Marcallo con Casone giace su depositi di natura fluvioglaciale ad alta e bassa energia, appartenenti all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio-Superiore o Riss-Würm) corrispondente al penultimo grande ciclo di avanzate glaciali.

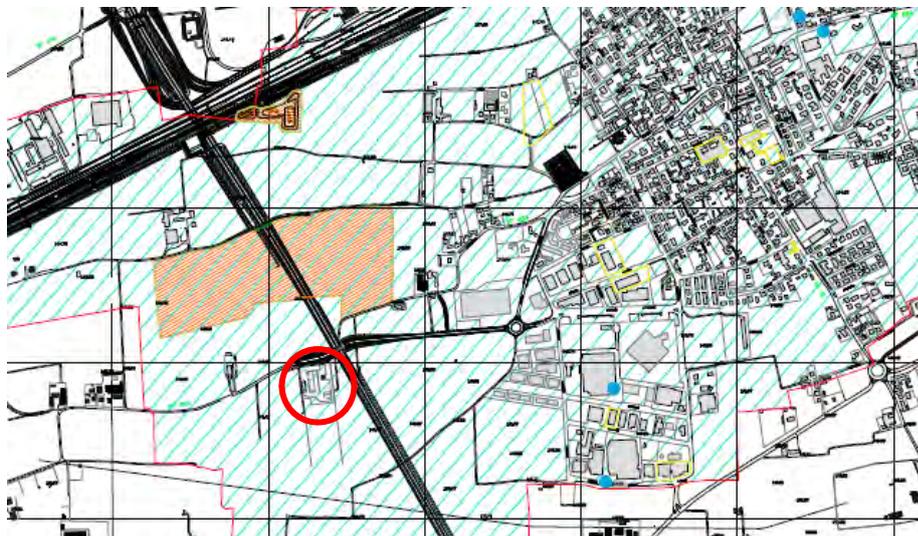
L'unità è costituita, in termini generali, da depositi fluvioglaciali di natura ghiaioso-sabbiosa dati principalmente da ghiaie a supporto clastico, da massive a grossolanamente stratificate, a matrice variabile tra sabbiosa e sabbioso limosa. A tetto delle ghiaie possono essere presenti in modo discontinuo sedimenti totalmente pedogenizzati di spessore in genere 0,5 m oppure sedimenti limosi con contenuto variabile di sabbia e argilla e talora sparsi clasti, caratteristici per il marcato arrossamento.

La potenza dell'Unità dei depositi fluvioglaciali e (sede della falda superficiale) è compresa tra i 20 e i 25 m.

L'Unità stratigrafica sottostante, compresa tra 20-25 m e 40-85 m, si distingue per una diminuzione della granulometria d'assieme almeno fino a 35-40 m, dove prevalgono le sabbie. Dopo i 40 m e fino a 85 m la litologia è costituita da Ghiaia e Sabbia con lenti (discontinue in senso laterale) di Limo e Argilla.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio si inserisce in un contesto geomorfologico di media-bassa pianura; il territorio risulta essere infatti pianeggiante con debole pendenza, da NNE a SSW, di circa 0,15-0,2%, gli unici elementi di discontinuità sono rappresentati dagli avvallamenti formati per il passaggio di fontanili, che da oltre venticinque anni non sono più attivi e sono stati rimpiazzati da canali irrigui, o fossi e canali utilizzati per l'irrigazione dei campi.

## 4.2 SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE



<b>Z4a</b> 	<b>Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e fluvio-glaciali granulari</b>	<b>Amplificazioni litologiche e geometriche</b>
---	---	---

Stralcio della Carta della Pericolosità sismica locale (Tav.5 – PGT comune di Marcallo con Casone)

Dalla consultazione del P.g.T comunale si evince che per il primo livello di analisi, di carattere qualitativo, l'area di studio ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4 a. Quest'ultima è identificata come "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, caratterizzata da effetti di amplificazioni litologiche e geometriche.

AREE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE			
Class. Sismica O.P.C.M. 3519/06 D.G.R. X/2126/14	Scenario Pericolosità Sismica Locale (PSL) D.G.R. 9/2616/11 All.5	EFFETTI	Livello di approfondimento della procedura di valutazione degli effetti sismici di sito (Previsto dai criteri Regionali)
Zona 4	Z4 a	Amplificazioni litologiche e geometriche	Livello di Approfondimento 2°
	Zona di fondovalle		Nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o.n.19904 del 21.11.2003

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 9 di 18

## 5 INDAGINE GEOFISICA

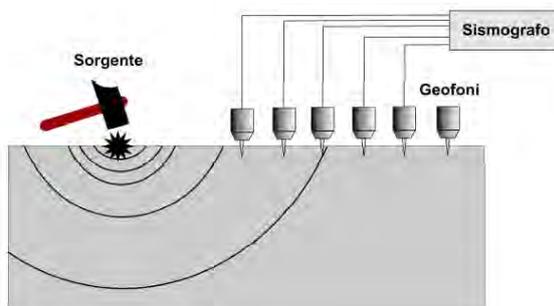
Per la caratterizzazione sismica nella stretta area d'interesse è stata eseguita una prospezione geofisica di sismica attiva (MASW) che ha permesso di classificare il terreno di fondazione definendo il modello di distribuzione della velocità delle onde S (tabelle allegate al D.M. 18/01/2018) e misurare il periodo proprio di vibrazione di sito (D.G.R. 9/2616/11 All.5 paragrafo 2.2.2)

### 5.1 ELABORAZIONE MASW

#### 5.1.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI CON IL METODO MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , sulla base del quale valutare, così come stabilito dall'NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio verticale -  $V_{seq}$ , sino alla profondità  $H$  del substrato sismico (in m) e la corrispondente categoria sismica del sottosuolo. Per substrato sismico si intende quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La metodologia MASW si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (24 geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi indagano la porzione di suolo più profonda.

Nel metodo MASW si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, ciò perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 10 di 18

Mediante l'utilizzo di un opportuno software è possibile ricavare il profilo verticale della  $V_s$  tramite inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità, sul quale verrà identificata la curva di dispersione;
2. inversione della curva di dispersione ed individuazione del profilo verticale della  $V_s$ , attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici;
3. calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuazione della categoria di suolo sismico secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica OPCM e dall'Eurocodice 8.

Per l'acquisizione dei dati in sito è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Acquisitore multicanale "ECHO 24/2002 seismic Unit" a 24 canali di registrazione;
- 24 ricevitori geofoni verticali da 4.5 Hz;
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 8 Kg con piastra metallica 15 cm x 15 cm.



Attrezzatura Utilizzata per l'acquisizione dei dati

È stato eseguito uno stendimento della lunghezza di 56.00 m con distanza intergeofonica di 2.00 m. La sorgente è stata posta alle estremità dello stendimento e per ogni lato sono state effettuate quattro misure con offset rispettivamente di 2, 5, 7 e 10 m dal primo geofono. Ai fini dell'elaborazione dei dati tra le misure effettuate è stata scelta quella che fornisce la curva di dispersione più facile da individuare.

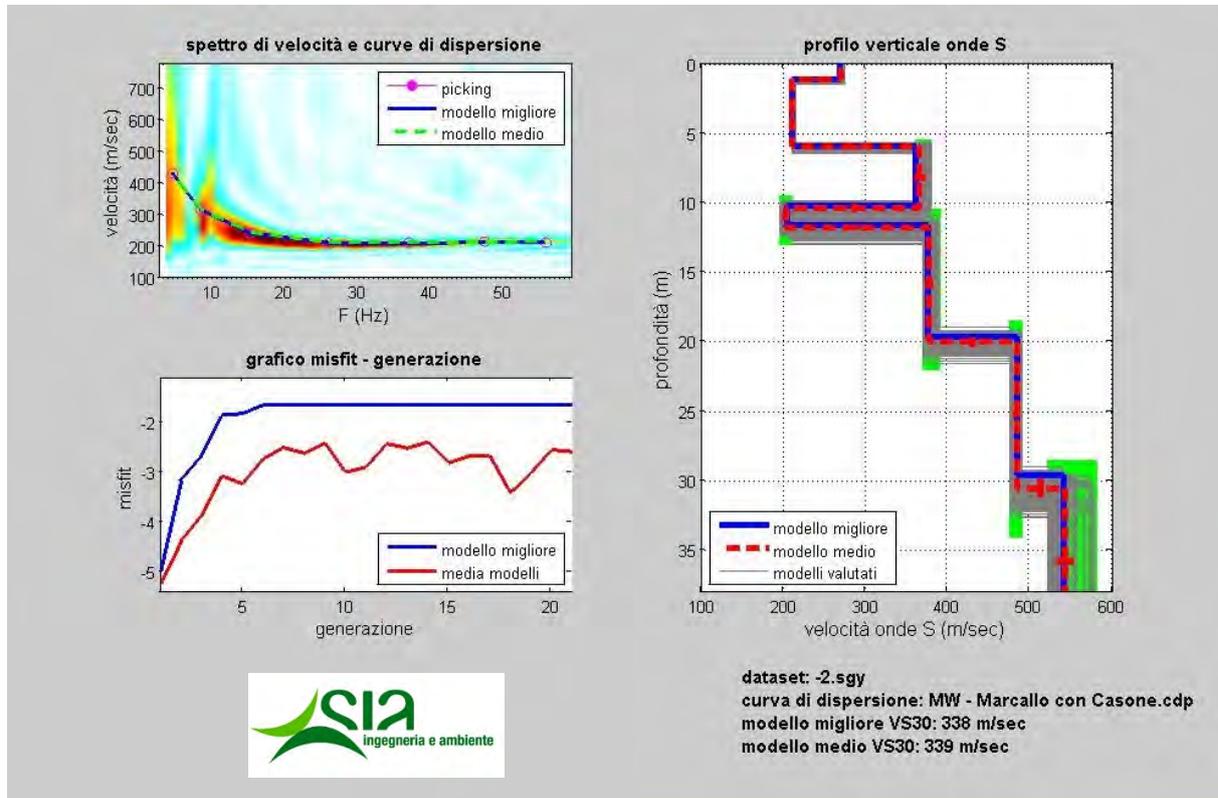
Di seguito si riportano le risultanze scaturite dalle indagini eseguite:

### 5.1.2 MASW – Marcallo Con Casone

Committente: CAP HOLDING S.p.A.

Località: Marcallo con Casone

Data esecuzione indagine : 13 maggio 2019



<b>Modello Medio MW</b>	
Vs (m/sec)	Spessori (m)
269	1.20
211	4.80
366	4.40
203	1.30
377	8.20
483	10.10

<b>Valore calcolato Vseq = Vs30 339 m/sec</b>	
<b>Tipo di suolo</b>	<b>C</b>

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 12 di 18

## 5.2 RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche è il seguente:

$$S = SS \times ST$$

dove SS è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V).

### 5.2.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Mediante le indagini geofisiche svolte è stato possibile caratterizzare dal punto di vista sismico, in base alla normativa vigente, la stretta area d'esame.

Nell'area in studio il valore di Vs30 scaturito dalla indagine sismica MASW risulta essere pari a 339 m/sec, definendo una categoria sismica del sottosuolo pari a "C", quindi per la definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, per tale categoria, si dovranno considerare i coefficienti evidenziati con la mascherina rossa nella tabella di seguito riportata:

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.IV dell'aggiornamento dell'N.T.C. 2018 – Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub>

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 13 di 18

## 5.2.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ .

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Per ciascuna classificazione il parametro  $S_T$ : assume i seguenti valori:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Il parametro  $S_T$  deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie con inclinazione media  $< 15^\circ$ , il coefficiente  $S_T$  assume valore 1.0.

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 14 di 18

## 6 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – ANALISI DI 2° LIVELLO

La procedura, D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616, consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione ( $F_a$ ).

Come indicato nella “Carta della pericolosità sismica locale del territorio comunale” lo scenario di riferimento è PSL Z4a “zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”. Sulla base di quanto indicato nel paragrafo 1.4.3 del D.G.R. IX/2616, per gli scenari PSL Z4 ricadenti in zone sismiche 4 la verifica di secondo livello è obbligatoria nel caso di costruzioni di nuovi edifici o di opere strategiche e rilevanti. Tale procedura, nel modo indicato al punto 2.2.2 dell’All.5, permette, in relazione alle caratteristiche litologiche, geotecniche e sismiche una valutazione del fattore di amplificazione  $F_a$  del sito e quindi una stima semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi.

In particolare attraverso la definizione del fattore di amplificazione viene valutato il grado di protezione raggiunto dalla normativa vigente nel tenere in considerazione gli effetti sismici. Essendo il sito in esame ubicato in pianura si è proceduto a definire il fattore di amplificazione relativo ai soli effetti litologici mediante le Schede-Litologia, opportunamente predisposte dal Politecnico di Milano per conto della Regione Lombardia. La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato definito come “Valore di Soglia” calcolato per ciascun comune della Lombardia dal Politecnico di Milano.

Tale valore soglia è stato calcolato per le diverse categorie di suolo relativamente ai due intervalli del periodo proprio di oscillazione delle tipologie edilizie presenti con maggior frequenza in Lombardia, ossia per  $0.1s < T < 0.5s$  (intervallo riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e per  $0.5s < T < 1.5s$  (intervallo riferito a strutture più alte e più flessibili). Tali parametri sono contenuti nel file “soglie\_lomb.xls” della banca dati regionale e rappresentano i valori di soglia oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia. Si possono presentare quindi due situazioni:

1. il valore di  $F_a$  determinato tramite scheda è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
2. il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Nella tabella che segue sono riportati i valori soglia relativi ai due intervalli sopra menzionati per il comune di Marcallo con Casone.

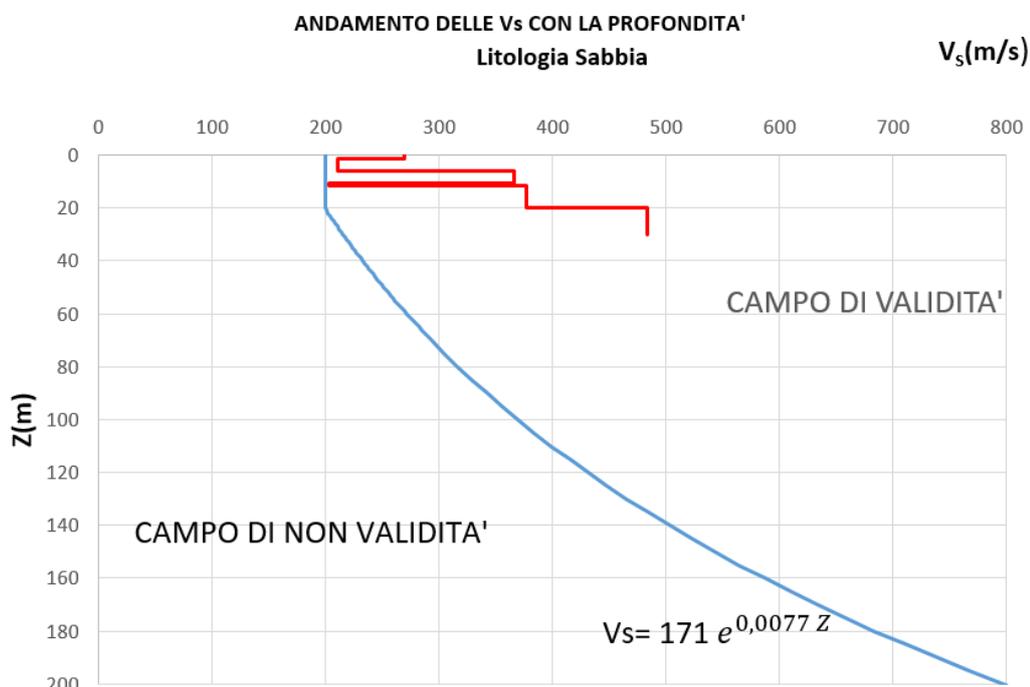
Comune Di Marcallo con Casone			
Zona Sismica 4			
Valori di Soglia $F_a$ nell’intervallo $0.1s < T < 0.5s$			
Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
1.4	1.8	2.1	1.9
Valori di Soglia $F_a$ nell’intervallo $0.5s < T < 1.5s$			
Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
1.7	2.4	4.1	3.0

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 15 di 18

## 6.1 SCELTA DELLA SCHEDA DI RIFERIMENTO

La modellazione geologica del sito è stata desunta sia dalle risultanze delle indagini eseguite, dalla S.I.A. srl. nella stretta area d'interesse che dai dati bibliografici reperiti (vedi 2019-04-C24-R0\_C6654 - Relazione Geologica geotecnica \_Marcallo con Casone).

Per il sito in esame sulla base delle caratteristiche litologiche del sottosuolo e confrontando l'andamento con la profondità delle velocità delle onde di taglio vs (determinate con le prove sismiche MASW) con quello riportato nelle schede litologiche fornite dalla Regione Lombardia, è stata individuata come scheda di riferimento quella a "litologie sabbiosa".

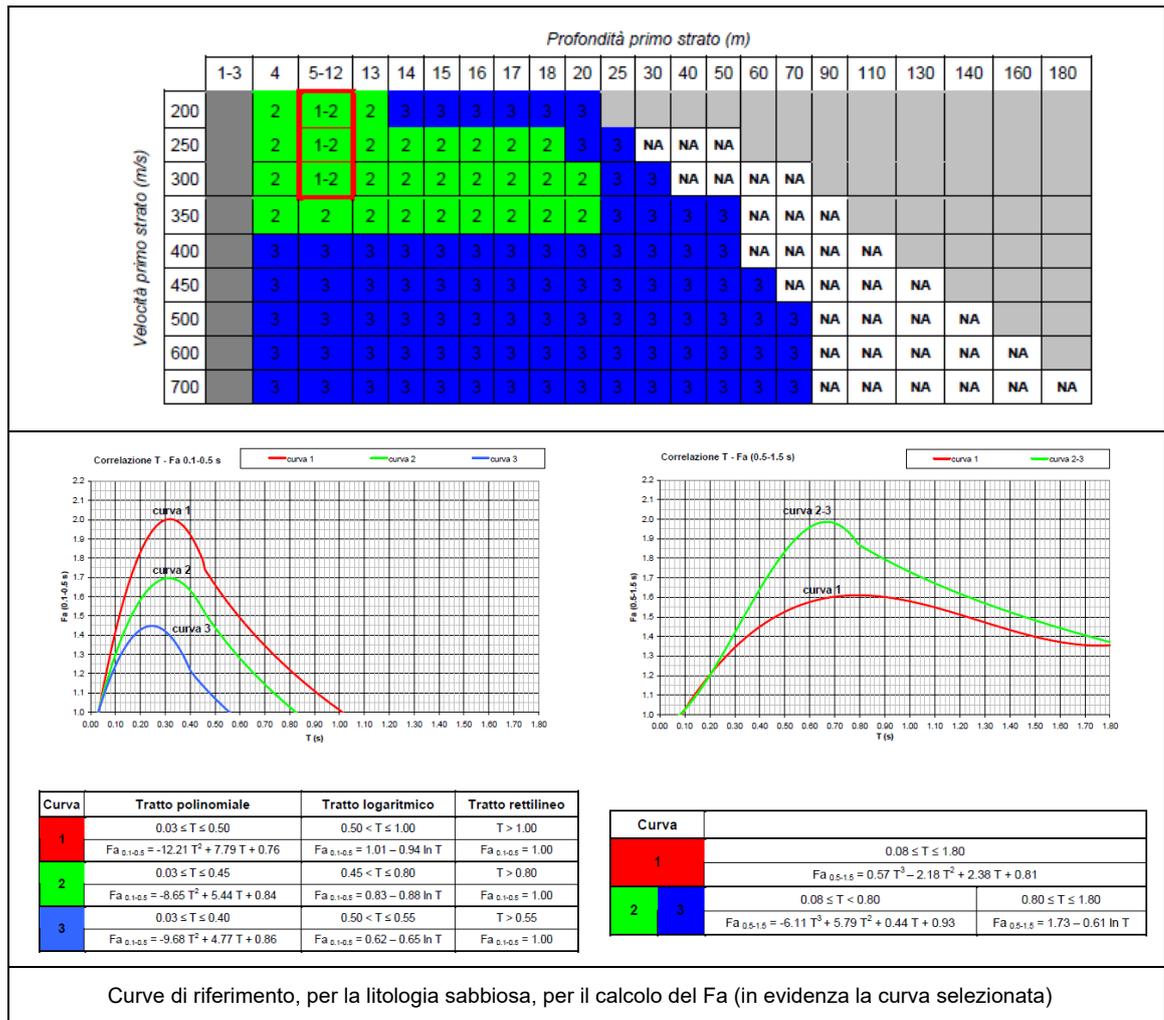


Confronto tra curva Vs-Z litologia sabbiosa – (in blu) e curva sperimentale - MASW eseguita (in rosso)

In particolare come si osserva dalla figura sopra restituita si è provveduto a riportare i valori delle vs relativi all'area indagata nell'apposito diagramma per verificarne la congruità con il campo di validità della scheda di riferimento. Dai grafici emerge che tutti i valori delle vs calcolate stanno al di sopra della linea blu che divide il campo di validità (sopra la linea) dal campo di non validità (sotto la linea).

### 6.2 SCELTA DELLA CURVA T-FA

In funzione della velocità delle onde di taglio Vs dello strato superficiale e del suo spessore è stata selezionata la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione Fa negli intervalli 0.1s-0.5s e 0.5s-1.5s utilizzando la matrice della scheda di seguito allegata:



Nel caso specifico, lo strato superficiale ha uno spessore inferiore a 3 m, pertanto nella scelta della curva è stato assunto lo strato superficiale equivalente al quale è stata assegnata una velocità Vs calcolata come media pesata dei valori di vs degli strati superficiali la cui somma supera i 3 m. Sulla base dello spessore e della velocità dello strato superficiale è stata identificata la curva di riferimento per il calcolo del fattore di amplificazione (Curva 2):

Strato superficiale: Spessore = 6.00 m; Vs = 223 m/s;

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	SIA s.r.l. Pagina 17 di 18

### 6.3 CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando il profilo sismostratigrafico ottenuto dalla prova sismica MASW, eseguita nella stretta area d'interesse, adoperando l'equazione di seguito riportata:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{S_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{S_i}$  sono lo spessore e la velocità i-esimo del modello sperimentale ricavato dall'indagine eseguita.

Il valore di T calcolato è risultato essere pari a 0.32 s.

### 6.4 CALCOLO DEL FATTORE D'AMPLIFICAZIONE E CONFRONTO CON I VALORI SOGLIA

Dall'applicazione delle formule o dalla lettura dei grafici si ottengono i seguenti valori di Fa per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili):

$$Fa_{0.1s-0.5s} = - 8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$$

$$Fa_{0.5s-1.5s} = -6.11T^3 + 5.79 T^2 + 0.44T + 0.93$$

	Fa <sub>0.1s-0.5s</sub>	Fa <sub>0.5s-1.5s</sub>
Fattore calcolato	1.7	1.5

Come già detto Il parametro di Fa calcolato per ciascun comune della Regione Lombardia rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Relazione Sismica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R1-C6654	<b>SIA s.r.l.</b> Pagina 18 di 18

Considerando che per l'area in oggetto la categoria di suolo è la C, di seguito si riporta una tabella in cui vengono confrontati i valori di Fa calcolati con quelli di soglia corrispondenti alla categoria di suolo su menzionata:

	Fa 0.1s-0.5s	Fa 0.5s-1.5s
Fattore calcolato:	<b>1.7</b>	<b>1.5</b>
Fattore soglia comunale	<b>1.8</b>	<b>2.4</b>

Confronto degli Fa calcolati con i valori soglia della categoria di suolo C

Dalle tabelle di confronto si osserva che i valori di Fa ottenuti, per i siti in esame, risultano, per entrambi i periodi di oscillazione, inferiori al valore di soglia fornito dalla Regione Lombardia, pertanto la normativa nazionale risulta sufficientemente cautelativa nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto

Marcianise, giugno 2019

dott. geol. Maurizio Cice