



COMUNE DI BASIANO
Provincia di Milano
REGIONE LOMBARDIA

AGGIORNAMENTO DELLA
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
(AI SENSI DELLA L.R. 11/03/05 n.12 E D.G.R. 30/11/2011 N.IX/2616)



RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE
E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

DATA: 15 GIUGNO 2015
AGGIORNAMENTO 22 APRILE 2016

Dott. Geol. Luca Luoni



STUDIO DI GEOLOGIA
CONSULENZE E SERVIZI

SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	CRITERI DI ESECUZIONE DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE	4
2.1	Struttura generale dello studio.....	4
2.2	Ricerca dei dati esistenti.....	5
3.	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	6
3.1	Procedure per la valutazione dello scenario e del rischio sismico	6
3.2	Criteri esecutivi analisi sismica di secondo livello	9
3.3	Criteri esecutivi indagine sismica.....	10
3.4	Elaborazione prove MASW	13
3.5	Definizione della categoria di sottosuolo	18
3.6	Elaborazioni analisi di secondo livello	20
3.7	Conclusioni analisi di secondo livello.....	25
4.	VINCOLI.....	26
5.	SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE	27
6.	FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO.....	29
6.1	Introduzione	29
6.2	Norme geologiche di Piano.....	30
6.3	Prescrizioni aggiuntive valide per tutte le classe.....	38
6.4	Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 14/01/08.....	40

APPENDICE

PROVE MASW

STRATIGRAFIA POZZO DI RIFERIMENTO PER VALUTAZIONI SISMICHE

ELABORATI GRAFICI

Tav. 3 - Carta geomorfologica e dell'idrografia superficiale (scala 1:10.000)

Tav. 8 - Carta della pericolosità sismica (scala 1:10.000)

Tav. 9 - Carta dei vincoli (scala 1:5.000)

Tav. 10 - Carta di sintesi (scala 1:5.000)

Tav. 11 - Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano (scala 1:5.000)

(per le tavole 1, 2, 4, 5, 6 e 7 si veda lo studio geologico del 2006)

1. PREMESSA

Con Determinazione n.31 del 21/04/2015 Il Comune di Basiano (Mi) affida al sottoscritto l'incarico per la redazione dell'aggiornamento dello studio geologico comunale, ai sensi della D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12".

Il presente studio si pone lo scopo verificare la compatibilità della pianificazione territoriale e delle relative trasformazioni urbanistiche, con lo stato di fatto del territorio, analizzato da un punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico, idrogeologico e sismico; esso aggiorna la componente geologica, idrogeologica e sismica predisposta per il P.G.T. nel periodo 2006-2008, a cura del sottoscritto, che interessava l'Unione dei Comuni di Basiano e Masate.

In sintesi il lavoro è finalizzato alla revisione della fattibilità geologica per le azioni di piano, con l'aggiornamento delle "Norme geologiche di piano", che dovranno essere recepite dal Piano delle Regole del Piano di Governo del Territorio.

Le considerazioni e le cartografie proposte di seguito dovranno intendersi valide per il solo territorio comunale di Basiano, anche se, per una maggiore facilità di consultazione del piano da parte dei tecnici dell'Unione dei Comuni di Basiano e Masate, gli allegati cartografici ricomprenderanno anche il territorio di Masate (per il quale varranno le norme geologiche dello studio geologico 2006-2008).

Il piano recepisce i contenuti della D.G.R. 10/2129 del 21 luglio 2014 ("Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"), la cui entrata in vigore è stata posticipata dalla D.G.R. 10/2489 del 10 ottobre 2014 ("Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. n. 10/2129 del 21 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"). In tale D.G.R. si afferma che *"evidenziata, altresì, dalle stesse Direzioni Generali, l'opportunità che per le nuove costruzioni, pubbliche e private, nei Comuni che risultano riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 (come il caso in esame) e dalla Zona 3 alla Zona 2, i relativi progetti siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2; ciò al fine di attivare un approccio graduale alla nuova classificazione sismica ed evitare che, al momento della sua entrata in vigore, siano in corso costruzioni non ancora adeguate e che potrebbero richiedere interventi particolarmente gravosi in termini sia tecnici che economici"*.

Allo scopo, pertanto, di recepire le nuove linee guida per la predisposizione degli studi geologici, in ottemperanza alla nuova legislazione che disciplina l'ambito di pertinenza geologico in senso generale, verranno aggiornate unicamente le seguenti cartografie:

- Tav. 3 - **Carta geomorfologica e dell'idrografia superficiale**, redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.;
- Tav. 8 - **Carta della pericolosità sismica**, redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.;
- Tav. 9 - **Carta dei vincoli**, redatta in scala 1:5.000 sulla base del nuovo aerofotogrammetrico comunale;
- Tav. 10 - **Carta di sintesi**, redatta in scala 1:5.000 sulla base del nuovo aerofotogrammetrico comunale ;
- Tav. 11 - **Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano**, redatta in scala 1:5.000 sulla base del nuovo aerofotogrammetrico comunale.

2. CRITERI DI ESECUZIONE DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

2.1 Struttura generale dello studio

Lo studio geologico è stato articolato secondo il seguente schema operativo:

Fase 1: analisi

Questa fase è consistita nell'acquisizione dei dati esistenti necessari ad aggiornare ed integrare lo studio vigente (realizzato nel periodo 2006-2008) ed è finalizzata ad una migliore conoscenza del territorio comunale, secondo i criteri proposti nell'ambito della D.G.R. del 30-11-2011 n.IX/2616.

Allo scopo è stata effettuata una ricerca sistematica presso i vari enti di competenza, integrando i dati, le cartografie e le analisi raccolte con rilievi diretti e misure eseguite in sito.

Tale procedura ha permesso di escludere la necessità di aggiornamenti delle carte tematiche di base, ad esclusione della **Carta geomorfologica e dell'idrografia superficiale** (recependo i contenuti del PTCP) e della **Carta della pericolosità sismica** (per la quale è stata predisposta una campagna di indagine sismica nei siti di interesse).

Fase 2: sintesi

Prevede la redazione della **Carta dei Vincoli** (Tav. 9) e la **Carta di Sintesi** (Tav.10).

L'aggiornamento di tutti gli elementi sfavorevoli o problematici evidenziati nell'ambito delle cartografie di inquadramento generale riguarda la sola **Carta di Sintesi**, mentre la **Carta dei Vincoli** viene riproposta identica alla prima versione, non avendo subito modifiche dal punto di vista della vincolistica amministrativa; tuttavia si aggiornano le norme di riferimento dei punti di captazione idrici comunali.

Lo scopo della **Carta di Sintesi** è quello di rappresentare delle aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferite allo specifico fenomeno che le genera (processi di dinamica geomorfologica, vulnerabilità idrogeologica, etc.).

Fase 3: proposta

Scopo ultimo del lavoro consiste nella fase di proposta aggiornata contenuta nella **Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano**, in cui vengono circoscritte specifiche aree (poligoni) in funzione delle problematiche segnalate sulle carte descritte nella fase 2.

Tale strumento fornisce indicazioni sulle limitazioni d'uso del territorio e sulle prescrizioni per gli interventi urbanistici, oltre ad eventuali approfondimenti di carattere geologico e ad opere di mitigazione da realizzare.

Alla presente relazione vengono allegati gli elaborati cartografici ritenuti sufficienti e necessari per la rappresentazione di tutti gli elementi presenti sul territorio comunale, secondo quanto previsto dalla normativa vigente. Nelle sezioni in appendice verranno forniti gli elementi utilizzati per le valutazioni della pericolosità sismica (**prove masw e stratigrafia pozzo di riferimento per le valutazioni di tipo sismico**).

2.2 Ricerca dei dati esistenti

Per acquisire i dati necessari alla definizione dello stato del territorio è stata eseguita una ricerca storico – bibliografica supplementare rispetto a quanto già riportato nel vigente PGT e mirata ad aggiornare quegli aspetti che necessitavano di integrazioni, utilizzando le banche dati reperibili in rete relative ai PGT degli altri comuni limitrofi, della Regione Lombardia e della Città Metropolitana di Milano.

Nello specifico sono stati reperiti dati relativi agli aspetti sismici, essendo questo settore oggetto principale dell'aggiornamento che ha riguardato sia la parte delle normative vigenti, sia la parte della caratterizzazione geotecnica e sismica.

I dati e le informazioni raccolte saranno descritti nel prosieguo della relazione tecnica e, secondo le esigenze, riportati sulle cartografie allegate.

3. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

3.1 Procedure per la valutazione dello scenario e del rischio sismico

La Regione Lombardia con la pubblicazione della D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011 ha formalizzato le nuove procedure per la valutazione dello scenario e del rischio sismico.

Sempre la Regione Lombardia ha di recente pubblicato la D.G.R. n. 10/2129 del 21 luglio 2014, con la quale ha approvato la nuova classificazione sismica dei comuni, la cui entrata in vigore è stata però differita, con D.G.R. 10/2489 del 10 ottobre 2014, al 14 ottobre 2015.

V

ista la fase di aggiornamento dello studio geologico si è deciso, in accordo con l'Amministrazione Comunale, di tenere conto già delle variazioni imposte dalla D.G.R. 10/2129 del 21-07-2014.

In funzione di questa nuova norma, il Comune di Basiano viene riclassificato in **zona sismica 3**, a fronte della zona sismica 4 in cui veniva classificato in precedenza.

La procedura di valutazione dello scenario e del rischio sismico prevede tre livelli di approfondimento.

I primi due sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione, sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e/o litologica (zone PSL Z3 e Z4), sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (zone PSL Z1 e Z2) nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre nella zona sismica 4 solo nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti (d.d.u.o. n.19904 del 21-11-2003).

Il primo livello è di carattere qualitativo e permette di individuare delle zone dove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica possono essere facilmente prevedibili. Questo perché sono ben note le condizioni geologiche del contorno e del sottosuolo dell'area di indagine.

Dalla tabella proposta di seguito, che descrive i diversi scenari possibili di pericolosità sismica locale, viene inquadrata l'area di Basiano come area con sigla "**Z4a**", identificata come "**Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi**".

Si tratta di una zona caratterizzata da effetti possibili con amplificazioni litologiche e geometriche.

Per le caratteristiche del territorio si escludono amplificazioni di tipo geomorfologico, per assenza di creste o di scarpate rilevanti.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tab. 1 – Scenari di pericolosità sismica locale e possibili effetti.

In Tab. 2 seguente, invece, vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

Tab. 2 – Livelli di approfondimento e fasi di applicazione.

Il secondo livello è di carattere semiquantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

I due intervalli di riferimento sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici bassi (da zero a cinque piani), regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili (secondo intervallo), oltre i cinque piani.

Ai sensi delle disposizioni di legge, occorre entrare nel merito dell'analisi di secondo livello per tutte le aree del territorio comunale la cui destinazione d'uso preveda l'edificazione di una qualsiasi tipologia di edificio.

Per tali aree, la procedura semplificata per lo studio degli effetti litologici richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle Vs con la profondità fino a 30m o a valori pari o superiori a 800 m/s;
- Spessore e velocità di ciascun strato;
- Sezioni geologiche per la creazione di un modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi;
- Analisi granulometriche, prove SPT, parametri indice dei terreni, ecc.

Per quel che concerne la categoria di sottosuolo si farà riferimento a quanto emerso nelle indagini specifiche eseguite e presentate nei successivi paragrafi 3.4 e 3.5.

Si potrà assumere il valore $0.05 < a_g < 0.15g$ per la componente orizzontale massima dell'azione sismica. I valori di soglia per i comuni di Basiano e Masate (contenuti nella banca dati del sito web della Regione Lombardia) sono quelli indicati nelle Tabb. 3 e 4.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Basiano	3	1.4	1.9	2.2	2.0

Tab. 3 – Valori soglia per periodo 0.1-0.5 s.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Basiano	3	1.7	2.4	4.2	3.1

Tab. 4 – Valori soglia per periodo 0.5-1.5 s.

3.2 Criteri esecutivi analisi sismica di secondo livello

L'analisi di secondo livello, effettuata secondo le procedure indicate nella D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, è consistita nella valutazione del valore di F_a (Fattore di amplificazione) tramite le schede di valutazione riportate nella normativa vigente.

Questo viene confrontato con il valore di soglia di riferimento (a seconda del comune e della tipologia di suolo), considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene conto della variabilità di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Nei successivi paragrafi verranno descritte le analisi sismiche di secondo livello svolte in riferimento dei due ambiti geologici rilevabili all'interno del territorio comunale e che definiscono le due situazioni di studio:

- l'ambito Mindel
- l'ambito Wurm.

In Fig. 1 viene riportata l'ubicazione delle indagini sismiche eseguite.

Poiché i comparti in esame sono caratterizzati dalla presenza di uno scenario di pericolosità sismica locale Z4a ("Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi", cfr. Tav. 8 della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT) le prescrizioni della D.G.R. 30/11/11 n. IX/2616 indicano la realizzazione del 2° livello di approfondimento già in fase pianificatoria.

Le analisi sismiche di secondo livello sono state eseguite sulla base delle risultanze di due prove masw realizzate appositamente per la caratterizzazione dei due ambiti precedentemente citati, tarate in base ai dati geologici e geotecnici locali (Cfr. anche stratigrafia pozzo MA3 in appendice).



Fig. 1 – Ubicazione delle prove masw per la caratterizzazione degli ambiti oggetto di indagine

3.3 Criteri esecutivi indagine sismica

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il modello sismico monodimensionale (V_s -profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i;

D.M. 14.09.2005; Eurocodice 8; D.M. 14.01.2008).

Il metodo MASW è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

Il “metodo attivo” di indagine MASW è basato sulla produzione di onde superficiali con una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

La metodologia attiva è quella utilizzata per queste indagini.

Con questo metodo si ottiene una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo).

L'analisi delle onde superficiali viene eseguita utilizzando l'apparecchiatura costituita da una serie di 24 geofoni che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'energizzazione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma). La sorgente di energia nel nostro caso è rappresentata da una mazza battente avente un peso di 5 Kg.

In entrambi gli ambiti analizzati gli stendimenti sismici del tipo MASW, eseguiti secondo le modalità appena descritte, hanno una lunghezza di 48 m.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva.

Canali	24
Canale aggiuntivo	segnale di starter non filtrato
Risoluzione	16 bit
Dinamica	equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento equiv. 24 bit su 12 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
Pretrigger	automatico
Rumore	paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
Trasmissione dati	cablaggio
Trigger	segnale, apertura e chiusura
Filtri analogici	antialias 4° ordine
Alimentazione	12 V - 3A

Tab. 5 – Caratteristiche tecniche strumentazione utilizzata.



Fig. 2 – Strumentazione utilizzata per le prove MASW.



Fig. 3 – Stendimento eseguito in ambito Wurm (ex-cava).



Fig. 4 – Area di indagine ambito Mindel (Via Marconi).

3.4 Elaborazione prove MASW

Le due aree analizzate sorgono, come prima accennato, su due aree litologiche differenti; la prima sui sedimenti di origine glaciale facente riferimento ai depositi fluvio-glaciali mindeliani, mentre la seconda si colloca nel dominio dei depositi fluvio-glaciali wurmiani.

Questa situazione potrebbe dare luogo a delle valutazioni diverse per quel che concerne le azioni sismiche nelle due aree oggetto di studio e, pertanto, verranno effettuate elaborazioni separate.

I dati sono interpretati attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (SurfSeis 2.0 della Kansas University).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo vengono combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

La combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (Cfr. Figg. 5 - 6).

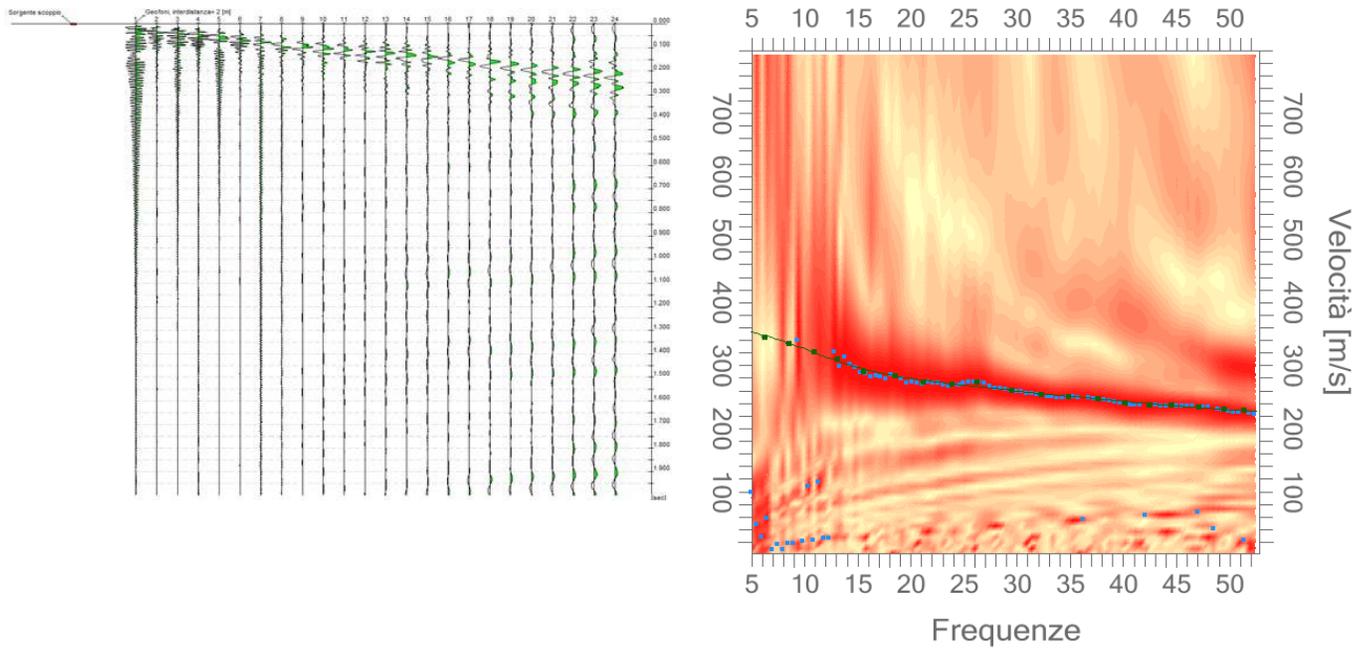


Fig. 5 - Onde sismiche e curva di dispersione - Ambito Mindel

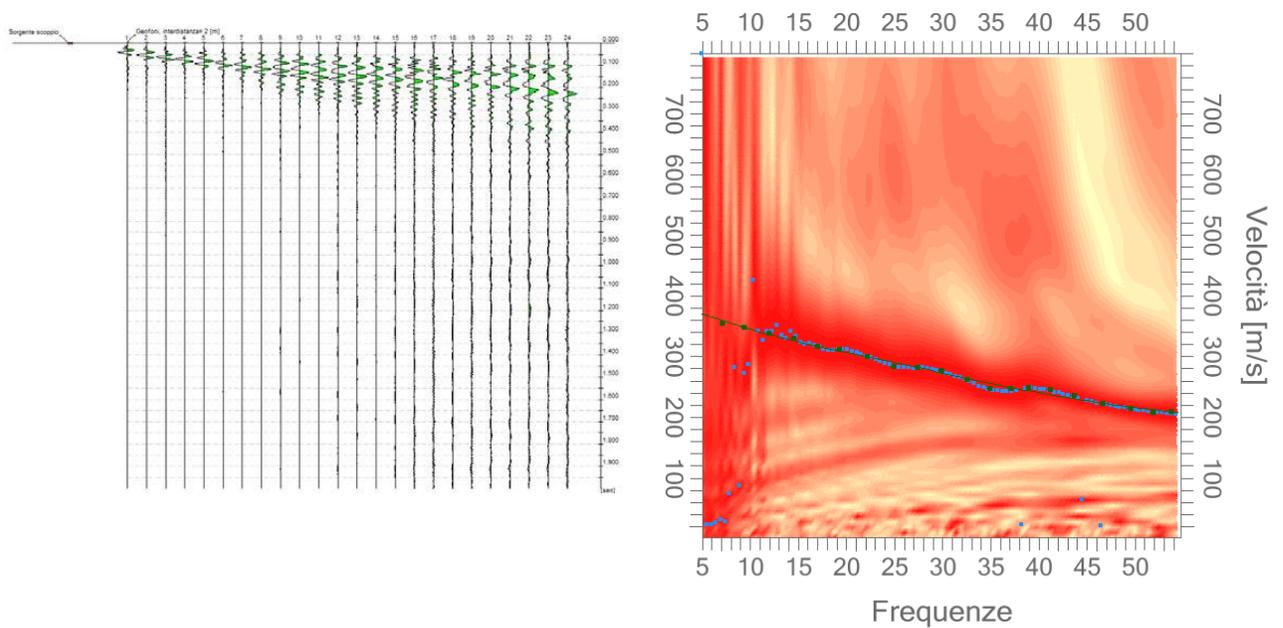


Fig. 6 - Onde sismiche e curva di dispersione - Ambito Wurm

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottengono i modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Cfr. Tabb. 6-7), rappresentativi delle aree investigate.

Profilo di velocità sismica		
Prof. da [m]	Prof. a [m]	V_s calcolata [m/sec]
0.0	1.2	208
1.2	2.8	260
2.8	8.3	320
8.3	11.0	347
11.0	21.8	405
21.8	30.0	406

Tab. 6 – Modello sismico monodimensionale – Ambito Mindel

Profilo di velocità sismica		
Prof. da [m]	Prof. a [m]	V_s calcolata [m/sec]
0.0	1.0	179
1.0	2.0	233
2.0	4.1	314
4.1	9.3	380
9.3	17.6	399
17.6	26.3	426
26.3	30.0	420

Tab. 7 – Modello sismico monodimensionale – Ambito Wurm

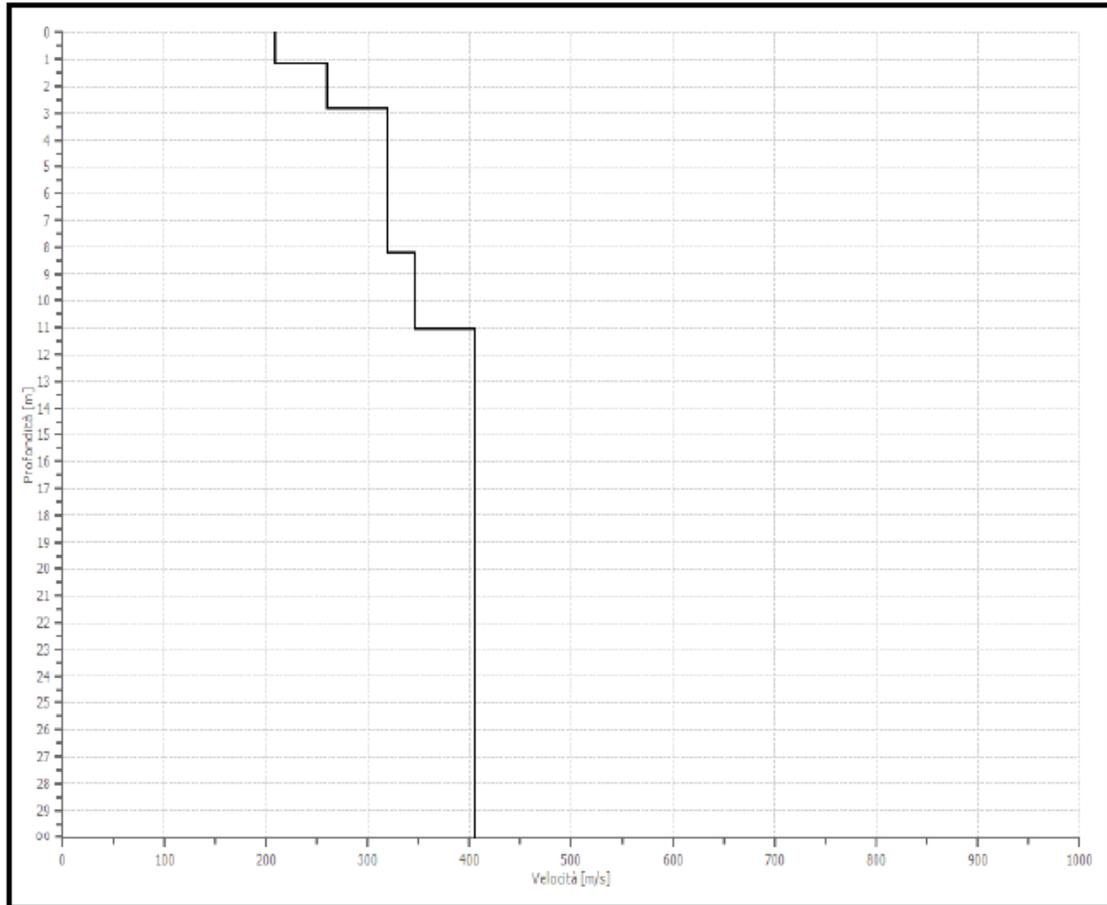


Fig. 7 - Andamento delle V_s con la profondità - Ambito Mindel

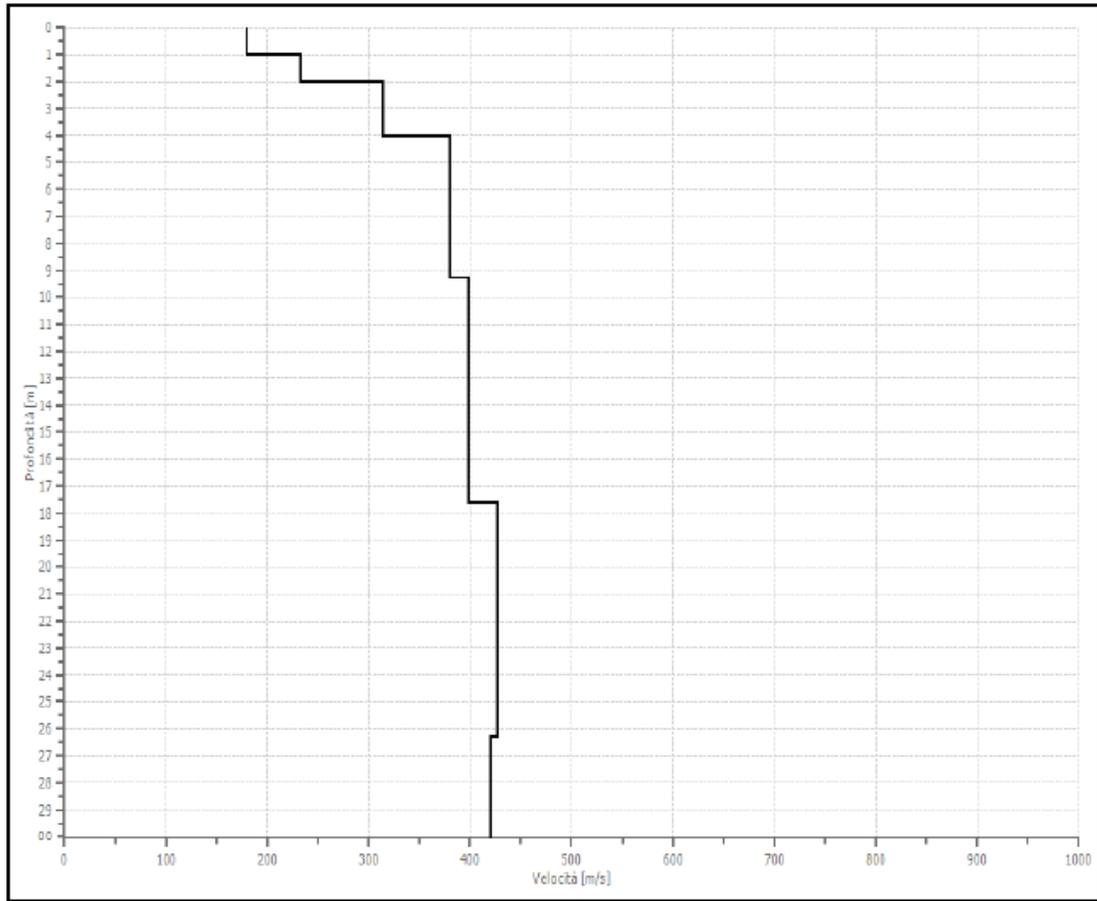


Fig. 8 – Andamento delle V_s con la profondità – Ambito Wurm

3.5 Definizione della categoria di sottosuolo

A partire dai modelli sismici monodimensionali ricavati dalle indagini MASW (Fig. 7 e 8) è stato possibile calcolare i valori delle V_{s30} che rappresentano le velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (per fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta; per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali).

Per il calcolo delle V_{s30} si fa riferimento all'espressione riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme Tecniche per le Costruzioni"):

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{s_i}}}$$

dove H_i e V_{s_i} indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 m di profondità.

Dall'applicazione della formula, considerando come riferimento il piano campagna attuale sono state calcolate velocità equivalenti (V_{s30}) pari a:

- **358 m/s per l'ambito Mindel**
- **374 m/s per l'ambito Wurm**

Sulla base della classificazione proposta dal D.M. 14.01.2008 si possono fare le seguenti considerazioni:

- i terreni che costituiscono il substrato nell'ambito Mindel appartengono alla **categoria di sottosuolo di riferimento C**: "*depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s*".
- i terreni che costituiscono il substrato nell'ambito Wurm appartengono alla **categoria di sottosuolo di riferimento B**: "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s*".

Tale classificazione è confortata dalla conoscenza geotecnica locale per indagini geognostiche eseguite per conto dell'amministrazione comunale e dei privati.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V _{s30} [m/sec]	N _{SPT}	C _u [kPa]
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> , caratterizzati da valori di V _{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	360-800	>50	>250
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	180-360	15-50	70-250
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	<180	<15	<70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con V _s >800 m/s).			
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10<c _{u30} <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3m di torba o di argille altamente organiche.			
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tab. 8 – *Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14-01-2008); in verde la categoria di suolo per l'ambito Wurm e in giallo quella per l'ambito Mindel.*

3.6 Elaborazioni analisi di secondo livello

Vengono di seguito riportate per ciascuno dei due ambiti le analisi sismiche di secondo livello. Si sottolinea che per i Comuni ricadenti in Zona sismica 3, l'analisi sismica di secondo livello deve essere applicata, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di ogni nuova edificazione ai sensi della D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-2011 e D.G.R. n. 10/2129 del 21-07-2014.

Per le informazioni geologiche e geotecniche dei siti in oggetto si rimanda alla relazione completa del vigente PGT .

AMBITO MINDEL

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (Fa). Il piano di riferimento per i successivi calcoli è assunto pari all'attuale piano campagna.

Per l'analisi degli effetti litologici si seguono i passi illustrati nell'Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-2011 e di seguito analizzati.

Scelta della scheda di valutazione di riferimento

In base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato dall'indagine con metodologia MASW, per l'ambito Mindel si è scelta la scheda per la litologia limoso – sabbiosa di tipo 2 (Fig. 9), per la quale la curva Vs-z sperimentale è interamente compresa nel campo di validità.

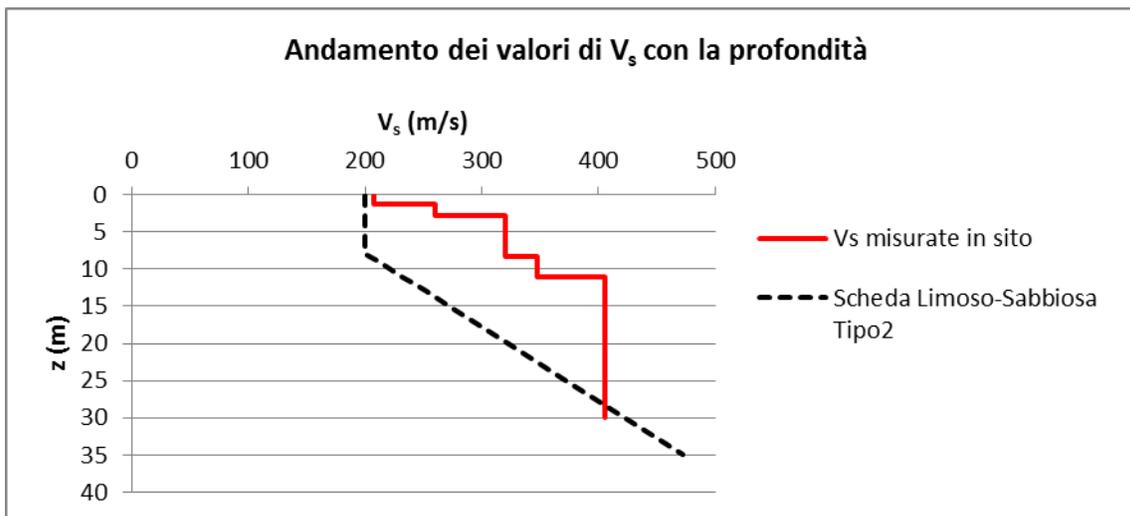


Fig. 9 – Andamento dei valori di Vs con la profondità: confronto tra misurazioni in sito e scheda limoso-sabbiosa tipo 2 (D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-2011)

Scelta della curva T-Fa

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di c.ca 11 m di materiali presenti al di sotto del p.c.; la velocità V_s ottenuta è pari a c.ca 347 m/s, corrispondente alla curva blu n. 3 (Fig. 10) del grafico T-Fa.

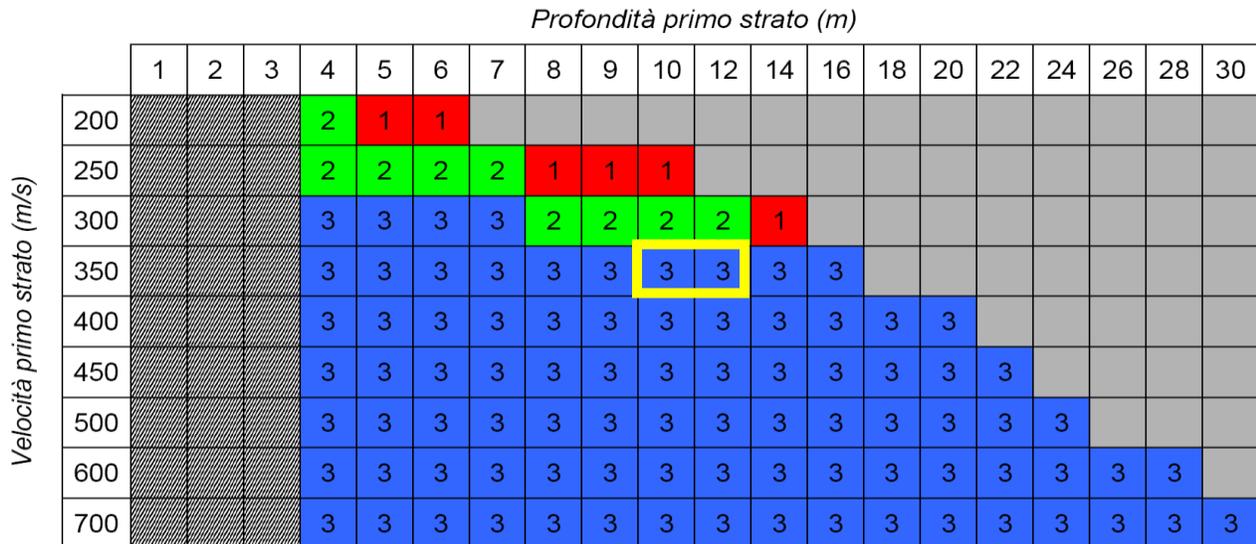


Fig. 10 – tabella per la scelta della curva Fa/T.

Si noti come nel caso specifico non sia necessario determinare il valore di Fa, in quanto la curva blu (curva 3) risulta sempre inferiore al valore soglia (in entrambi i casi di fa 0.1-0.5 e 0.5-1.5), che viene specificato di seguito.

Confronto con i valori soglia calcolati dalla regione per il Comune di Basiano

Nella tabella sottostante sono riportati i valori soglia calcolati dalla Regione.

	Valori soglia			
Categorie di suolo	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Periodo 0,1 - 0,5 s	1.4	1.9	2.2	2.0
Periodo 0,5 - 1,5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

Tab. 9 – Valori soglia calcolati dalla Regione Lombardia per il Comune di Basiano

In sintesi, pertanto, considerando per l'ambito Mindel la categoria di suolo C, si ottengono i seguenti risultati:

- nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, si registrano valori di F_a inferiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia per suoli appartenenti alla categoria C. La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”) è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia;
- nel caso di intervalli di periodo tra 0,5 e 1,5 s, che si riferiscono a strutture più alte e più flessibili, si registrano valori di F_a inferiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia, per suoli appartenenti alla categoria C. La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”) è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia.

AMBITO WURM

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (F_a). Il piano di riferimento per i successivi calcoli è assunto pari all’attuale piano campagna.

Per l’analisi degli effetti litologici si seguono i passi illustrati nell’Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-2011 e di seguito analizzati.

Scelta della scheda di valutazione di riferimento

In base all’andamento delle V_s con la profondità, ricavato dall’indagine con metodologia MASW, per l’ambito Wurm si è scelta la scheda per la litologia sabbiosa (Fig. 11), per la quale la curva V_s -z sperimentale è interamente compresa nel campo di validità.

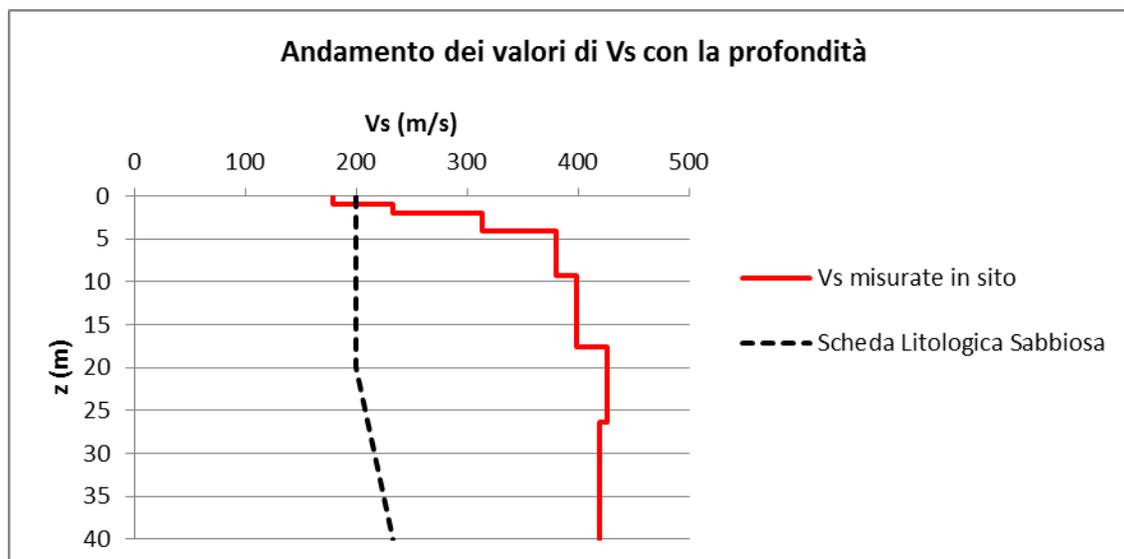


Fig. 11 – Andamento dei valori di V_s con la profondità: confronto tra misurazioni in sito e scheda sabbiosa (D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011).

Scelta della curva T-Fa

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di c.ca 4-5m di materiali presenti al di sotto del p.c.; la velocità V_s ottenuta è pari a c.ca 288 m/s, corrispondente alla curva 2 (verde) (Fig. 12) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Velocità primo strato (m/s)

Fig. 12 – tabella per la scelta della curva Fa/T.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) e, pertanto, è stata individuato una profondità del substrato sismico, utilizzando le conoscenze geologiche locali, con particolare riferimento alla stratigrafia del pozzo MA3, che individua la presenza di arenaria alla profondità di 40m dal piano campagna (Cfr. stratigrafia in appendice).

E' stato pertanto ottenuto un valore di T pari a 0,40 s.

Determinazione del fattore di amplificazione

Si ottengono, dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, i seguenti valori di F_a 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), che dovranno essere confrontati con i valori soglia definiti per la categoria di suolo B (Cfr. Tab-11).

Fa	
0,1 – 0,5 s	0,5 – 1,5 s
1.6	1.6

Tab. 10 – Fattori di amplificazione calcolati.

Confronto con i valori soglia calcolati dalla regione per il Comune di Basiano

Nella tabella sottostante sono riportati i valori soglia calcolati dalla Regione:

Categorie di suolo	Valori soglia			
	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Periodo 0,1 - 0,5 s	1.4	1.9	2.2	2.0
Periodo 0,5 - 1,5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

Tab. 11 – Valori soglia calcolati dalla Regione Lombardia per il Comune di Basiano

Considerando per l'ambito Wurm la categoria di suolo B, si ottengono i seguenti risultati:

- *nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, si registrano valori di F_a superiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia per suoli appartenenti alla categoria B. La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") è quindi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia. **Si rende necessaria, di conseguenza, l'analisi di terzo livello in fase progettuale;***
- *nel caso di intervalli di periodo tra 0,5 e 1,5 s, che si riferiscono a strutture più alte e più flessibili, si registrano valori di F_a inferiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia, per suoli appartenenti alla categoria B. La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia.*

3.7 Conclusioni analisi di secondo livello

Alla luce di quanto appena riportato si riportano le seguenti conclusioni sintetiche:

- i risultati emersi dalle indagini relative ai depositi fluvio-glaciali mindeliani (ambito Mindel), dimostrano che i valori del fattore di amplificazione sono contenuti entro i limiti normativi previsti dalle D.G.R. vigenti;
- i risultati emersi invece nel settore dell'ambito Wurm mostrano che i fattori di amplificazione F_a relativi al periodo 0,1-0,5 s superano il valore proposto dalla normativa vigente. Ciò impone l'obbligo dell'analisi sismica di terzo livello in fase di progettazione per gli edifici di nuova costruzione che rientrano in questa categoria. Tale obbligo viene riportato anche sulla Tavola 8 "Carta della pericolosità sismica locale" con un sovrassegno che evidenzia le aree in cui questa analisi è imposta.

4. VINCOLI

La carta dei vincoli, redatta sul nuovo aerofotogrammetrico comunale in scala 1:5.000, rappresenta al suo interno le limitazioni d'uso che insistono all'interno del territorio comunale derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico.

Pertanto nello specifico del territorio in esame sulla *Carta dei Vincoli* (Tav.9) vengono riportati i seguenti vincoli:

Vincolo di polizia idraulica:

In corrispondenza delle acque pubbliche, definite dalla legge 5 gennaio 1994, n.36, e relativo regolamento, sono state definite le fasce di rispetto secondo quanto previsto dall'art. 96, lettera f, del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 (fasce dei corsi d'acqua e rogge).

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile:

Ai sensi del **D.P.R. 236/88** modificato dal **D.lgs. 152/99**, ulteriormente modificato dal **D.lgs 258/2000** (art. 5, comma 4) e dal **D.lgs. 152/06**, sono state riportate in carta le aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi pubblici sfruttati ai fini idropotabili.

Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla **D.G.R. 10 aprile 2003, n.7/12693** ("Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni").

Per il pozzo n°4 di Basiano (BA04) viene riportata l'area di rispetto dei 10m, individuata con criterio idrogeologico (approvata dalla Provincia di Milano con Autorizzazione Dirigenziale n.123 del 08/09/2003).

Limiti del Parco Rio Vallone:

Pur non avendo specifici caratteri limitanti ai fini geologici e/o idrogeologici, i limiti del Parco Rio Vallone vengono indicati per l'importanza che il parco riveste nei confronti della tutela e della salvaguardia ambientale del territorio comunale.

5. SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE

La carta dei sintesi, estesa a tutto il territorio di Basiano e Masate viene redatta su aerofotogrammetrico comunale in scala 1:5.000.

Essa rappresenta al suo interno le aree omogenee da un punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto la carta è costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

La carta evidenzia i seguenti aspetti sfavorevoli individuati all'interno del territorio in esame, di carattere geologico, geomorfologico, geotecnico idrogeologico e idraulico:

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

La vulnerabilità dell'acquifero viene valutata in base ai dati di soggiacenza e alla permeabilità del non-saturo. Le aree vulnerabili vengono individuate nell'ambito del settore meridionale del territorio in esame, in corrispondenza dei depositi wurmiani a permeabilità medio-elevata, all'interno dei quali si individua un elevato grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale. Ciò comporta una notevole suscettività dello stesso alla contaminazione da parte di agenti superficiali di origine antropica. Viene inoltre indicata l'area della discarica R.S.U., che presenta motivo di attenzione in relazione alla possibilità di contaminazione dell'acqua di falda.

Aree vulnerabili dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Vengono indicate le valli fluviali (ambiti golenali) del Rio vallone e del Cavo Vareggio che risultano incise rispetto alle superfici del pianalto. Il ristretto fondovalle risulta localmente inondabile in occasione dei periodi di piena dei rispettivi corsi d'acqua ed è interessato da diffusi fenomeni erosivi di tipo attivo che degenerano in limitati dissesti con crolli della vegetazione ad alto fusto che localmente possono ostruire l'alveo.

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Vengono individuate le seguenti zone:

- Zone di esondazione del Fosso Valletta, che costituiscono una zona di naturale divagazione; sono aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (con tempi di ritorno indicativamente inferiori a 20-50 anni), con valori di velocità e tiranti significativi. Sono caratterizzate da trasporto solido scarso o assente.
- Aree soggette ad esondazione di corsi d'acqua in corrispondenza degli episodi meteorici molto intensi legati agli ultimi episodi alluvionali. Sono caratterizzate da valori moderati di velocità e tiranti idrici.

Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico

Vengono indicate le aree con scarse caratteristiche geotecniche e/o con difficoltà di drenaggio (depositi mindeliani), le aree di escavazione aperte (in degrado e non ancora recuperate) e le aree

di cava ritombate con materiale non determinato.

Si sottolinea inoltre la possibilità di rinvenire entro tutto il territorio comunale, secondo la legge del caso, le cavità polliniche entro le profondità significative per il sistema terreno-fondazione.

Vengono inoltre evidenziate quelle aree che, a livello di progettazione sismica, richiedono un approfondimento di terzo livello, così come emerso dalle indagini sismiche presentate nel capitolo precedente.

Aree vulnerabili dal punto di vista geomorfologico

Si riportano gli orli di Terrazzo presenti in sponda destra e sinistra del Rio Vallone e del T. Gura (Vareggio), assoggettati alle prescrizioni dell'Art. 21 delle NdA del PTCP. Questi costituiscono elementi geomorfologici meritevoli di attenzione e salvaguardia. I poligoni sottesi sono stati individuati in base a specifiche peculiarità di continuità lineare e di altezza delle scarpate significative.

6. FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

6.1 Introduzione

La "Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano" (Tav.11) comprende l'intero territorio comunale e viene redatta alla scala 1:5.000.

La carta viene realizzata acquisendo i vincoli e gli elementi di sintesi riportati nelle Tavv. 9 e 10 ed elaborata in relazione ai fattori ambientali, territoriali ed antropici propri della realtà comunale.

Viene operata una suddivisione in classi del territorio in base agli elementi di rischio idrogeologico e geologico-ambientale in genere, individuati nelle precedenti fasi di analisi e di sintesi.

Nella suddivisione vengono posti limiti e prescrizioni all'utilizzo del territorio in funzione del grado di rischio che ciascun elemento comporta. Verranno indicate le più idonee indagini di dettaglio da effettuare e gli interventi di tutela e prevenzione da realizzare preliminarmente all'opera.

Inoltre viene riportato un soprassegno che identifica quelle aree in cui sarà necessaria l'analisi di terzo livello per la progettazione di edifici aventi un periodo di oscillazione compreso nell'intervallo 0,1-0,5 s, come emerso dalle analisi sismiche effettuate a supporto del presente studio di aggiornamento.

In generale la normativa vigente prevede al massimo quattro classi di fattibilità a rischio crescente (con le classi 3 e 4 suddivise in sottoclassi), le cui peculiarità vengono riportate di seguito:

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni (da indicare con colore bianco in carta)

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14.01.08).

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni (da indicare con colore giallo in carta)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni (da indicare con colore arancione in carta)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni (da indicare con colore rosso in carta)

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'Art. 27, comma 1, lettere a), b), c), della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

Considerando il peso specifico dei singoli fattori e l'interazione dei molteplici aspetti geologici ed idrogeologici riscontrati all'interno del territorio comunale si è ritenuto opportuno delimitare le aree di fattibilità a partire dalla Classe 2, escludendo pertanto aree in Classe 1, confermando le scelte effettuate nella prima versione dello studio geologico a supporto di PGT (anno 2006). L'attribuzione ai differenti poligoni, individuati sulla "Carta dei Vincoli" (Tav. 9) e sulla "Carta di Sintesi" (Tav. 10), delle relative classi di fattibilità viene effettuata sulla base delle indicazioni riportate in Tabella 1 della D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616.

Si sottolinea come le indagini e gli approfondimenti previsti per le diverse classi di fattibilità individuate nel presente studio debbano essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione e alla progettazione stessa.
Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica e geotecnica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art.14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art.38).

6.2 Norme geologiche di Piano

Si descrivono di seguito le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano individuate all'interno dei territori di Basiano e Masate, specificando ancora una volta che solo per il primo comune è stato predisposto il relativo aggiornamento.

CLASSE DI FATTIBILITÀ 2 **FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI**

Caratteristiche generali

In questa classe sono comprese le zone ove sono state rilevate modeste condizioni limitative all'edificabilità.

Si tratta, nello specifico, di aree subpianeggianti, non inondabili, ove le informazioni a disposizione indicano la probabile presenza, singola o associata, di un immediato sottosuolo contraddistinto da caratteristiche geotecniche non ottimali per la presenza di:

- eterogeneità latero-verticali delle caratteristiche geomeccaniche del substrato di fondazione;
- locale presenza nell'immediato sottosuolo di orizzonti dotati di scadenti caratteristiche geotecniche;
- possibilità di rinvenimento di "occhi pollini" a profondità mediamente superiori ai 5m rispetto al piano campagna;
- scarse o molto scarse caratteristiche di drenaggio dei terreni superficiali, mediamente compresi entro i primi 8 ÷ 10m dal p.c.

La vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero superficiale viene valutata medio – bassa; la falda è presente a profondità oscillanti attorno a 20 ÷ 40 m, a seconda delle condizioni morfologiche e topografiche.

Utilizzo delle aree

E' consentito qualunque tipo di opera edificatoria e/o modifica di destinazione d'uso del suolo, prestando attenzione alle problematiche inerenti la stabilità del complesso terreno-fondazioni. L'edificabilità può essere attuata con l'adozione di normali accorgimenti costruttivi; si dovranno valutare le tipologie fondazionali più idonee in riferimento al contesto geotecnico evidenziato con accurate indagini geognostiche.

Interventi e indagini da prevedere

1. I progetti dovranno essere corredati da indagini geognostiche opportunamente dimensionate in funzione dalla tipologia ed estensione dell'intervento edilizio, e dalla relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile.
2. Nelle aree collocate tra la valle del Rio Vallone e il Fosso Valletta, per eventuali nuovi insediamenti industriali e/o residenziali, si dovrà necessariamente prevedere che gli scarichi delle acque bianche vengano convogliati direttamente nel Rio Vallone, considerata la particolare situazione di vulnerabilità idraulica in cui versa attualmente il Fosso Valletta, al fine di non aggravare le condizioni di criticità rilevate soprattutto nelle aree di pertinenza del centro abitato.
3. Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e della sua compatibilità con la situazione geologica locale, in riferimento alla capacità di drenaggio del sottosuolo superficiale.
4. Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche e la predisposizione dei più idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n°3 del 24/03/06.

CLASSE DI FATTIBILITÀ 3 **FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

SOTTOCLASSE 3a

Caratteristiche generali

Ambiti vallivi (golionali) del Rio Vallone e del T. Gura-Vareggio, caratterizzati da fenomeni di degradazione delle scarpate legati all'azione erosiva al piede del corso d'acqua e a fenomeni di tipo gravitativo. Le scarpate si presentano localmente con pendenze anche elevate, non inerbite o vegetate, in denudamento e con evidenze locali di instabilità della vegetazione.

L'estensione, i dislivelli contenuti delle scarpate (entro i 4 m mediamente) e la pericolosità limitata dei singoli fenomeni sono tali da non determinarne l'inserimento in classe 4 di fattibilità.

Utilizzo delle aree

Considerata la valenza naturale e paesaggistica dei siti in questione si sconsiglia l'insediamento di nuove edificazioni. In ogni caso l'utilizzo delle aree dovrà essere preceduto da attenta valutazione delle condizioni geologiche e geomorfologiche locali e da elaborazioni analitiche riguardanti la stabilità dei pendii.

Interventi ed indagini da prevedere

1. I progetti dovranno essere corredati da indagini geognostiche opportunamente dimensionate in funzione dalla tipologia ed estensione dell'intervento edilizio, e dalla relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile.
2. Dovrà essere condotta un'attenta analisi di stabilità del pendio nelle sue condizioni naturali (precedente all'intervento), con simulazioni della stabilità in ordine alle modifiche dello stato tensionale che deriverebbe dalla realizzazione degli interventi. Si dovranno inoltre fornire indicazioni sulla possibile evoluzione geomorfologica del versante. Nella documentazione di progetto dovrà essere verificata la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto ed il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di potenziale dissesto presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso.
3. Analisi di stabilità andranno eseguite anche in relazione ai fronti di scavo.
4. Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche e la predisposizione dei più idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n°3 del 24/03/06.
5. Nella scelta delle tecniche di consolidamento del versante si dovranno preferire le tecniche di ingegneria naturalistica.

SOTTOCLASSE 3b

Caratteristiche generali

Aree soggette ad esondazione dei corsi d'acqua, in corrispondenza degli episodi meteorici molto intensi legati agli episodi alluvionali. Le aree interessate sono caratterizzate da valori di velocità e altezze d'acqua generalmente moderate, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità degli edifici e infrastrutture.

L'area di esondazione delimitata lungo il Torrente Trobbia, a nord della Cascina Cappelletta, secondo i dati storici acquisiti è quella soggetta a maggior peso in termini di estensione, di velocità e altezze dell'acqua esondata, meritando pertanto un discorso a parte. La decisione di non inserirla in classe 4 deriva unicamente dal fatto che il tratto interessato è stato oggetto di studio idraulico e di sistemazione spondale consistente nella regolarizzazione e rifezionatura del profilo della luce atta al passaggio delle portate idriche di riferimento. Tali operazioni dovrebbero garantire una mitigazione delle condizioni di pericolosità originarie.

Utilizzo delle aree

Pur non escludendone la possibilità si sconsiglia l'edificazione nelle aree in esame, soprattutto in relazione ad insediamenti di tipo residenziale e/o industriale. I piani di pavimento finito dovranno essere compatibili con i livelli delle piene di riferimento, da determinare con elaborazioni analitiche di dettaglio.

Sono vietati gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi prevedano un pari aumento della capacità di invaso in area idraulicamente equivalente.

Interventi ed indagini da prevedere

1. I progetti dovranno essere corredati da indagini geognostiche opportunamente dimensionate in funzione dalla tipologia ed estensione dell'intervento edilizio, e dalla relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile.
2. A supporto degli interventi edificatori si dovrà fornire una relazione idraulica di dettaglio che attesti la compatibilità del progetto con la piena di riferimento (le quote dei piani pavimento finito dovranno essere compatibili con le altezze dell'acqua esondata), da determinare con le procedure previste in relazione alle sezioni idrauliche significative adiacenti alle opere in progetto. La massima piena dovrà essere riferita ad un tempo di ritorno di 100 anni.
3. Si dovranno dare ampie garanzie circa la mitigazione del rischio.

SOTTOCLASSE 3c

Caratteristiche generali

Aree di escavazione colmate con materiale di riporto, contraddistinte da caratteristiche geotecniche scadenti legate all'incertezza sulla tipologia e addensamento dei materiali e alla elevata disuniformità laterale e verticale. Le aree ricadono nelle zone più sensibili per la vulnerabilità degli acquiferi captati a scopi idropotabili. Si segnala che rimane sconosciuta la tipologia e quantità dei materiali utilizzati per la bonifica, motivo per cui non si possono escludere a priori fattori di potenziale inquinamento della risorsa idrica sotterranea.

Utilizzo delle aree

Sono consentiti interventi e insediamenti di qualunque tipo, nel rispetto delle condizioni geologico-tecniche scadenti e delle condizioni di elevata vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea.

Interventi ed indagini da prevedere

1. I progetti dovranno essere corredati da accurate indagini geognostiche per la determinazione dei parametri geotecnici del sottosuolo significativo (ai sensi del D.M. 14.01.08 e successive c.m.); dovranno essere valutati la portanza e i cedimenti del terreno di fondazione per il corretto dimensionamento delle fondazioni stesse. Gli spessori del materiale di riporto dovranno essere attentamente valutati anche al fine di individuare le tipologie fondazionali più idonee; si ritiene probabile il ricorso a fondazioni di tipo indiretto.
2. Valutazioni dell'impatto delle opere in progetto sulla situazione locale nei riguardi della vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea. Dovranno essere indicate dettagliatamente le opere di mitigazione del rischio e la messa in sicurezza di eventuali attività produttive o infrastrutture potenzialmente inquinanti.

SOTTOCLASSE 3d

Caratteristiche generali

Aree contraddistinte da elevata vulnerabilità dell'acquifero captato ai fini idropotabili; l'elevata permeabilità dei terreni superficiali e la soggiacenza della falda idrica, presente a profondità variabili tra 15 e 40m dal piano campagna, determinano tale situazione.

Utilizzo delle aree

Non si rilevano specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso del suolo e all'utilizzo delle aree in genere. E' pertanto consentita qualunque tipo di opera edificatoria, vincolata al rispetto della salvaguardia della falda idrica.

Interventi ed indagini da prevedere

1. I progetti dovranno essere corredati dalle indagini geognostiche (opportunamente dimensionate in funzione dalla tipologia ed estensione dell'intervento edilizio) e dalla relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile.
2. Dovranno essere fornite valutazioni sull'impatto delle opere in progetto nei confronti della vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea, indicando dettagliatamente le opere di mitigazione del rischio e la messa in sicurezza di eventuali attività produttive o infrastrutture potenzialmente inquinanti, per le quali dovrà essere predisposto anche un adeguato sistema di monitoraggio ambientale da definire in relazione alla tipologia di intervento prevista.
3. Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche e la predisposizione dei più idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n°3 del 24/03/06.

SOTTOCLASSE 3e

Caratteristiche generali

Area estrattiva dismessa nella zona di Masate a sud del T. Trobbia. L'area si presenta in evidente stato di degrado e abbandono, colonizzate da vegetazione; assenza di fenomeni di dissesto di rilievo lungo le scarpate. In queste zone, considerati gli spessori di terreno asportato, si rilevano condizioni di vulnerabilità più critiche dell'acquifero superficiale rispetto al contesto locale.

Utilizzo dell'area

L'utilizzo delle aree è subordinato a progetti di sistemazione e riqualificazione, che dovranno garantire la fruizione dei luoghi successivamente alla messa in sicurezza delle scarpate e il ripristino dell'intera area.

Interventi ed indagini da prevedere

1. Progetti di recupero e riqualificazione ambientale redatti da professionista abilitato.
2. I progetti di nuove eventuali edificazioni dovranno essere corredati da indagini geognostiche per la determinazione dei parametri geotecnici del sottosuolo significativo (ai sensi del D.M. 14.01.08 e successive c.m.); dovranno essere valutati la portanza e i cedimenti del terreno di fondazione per il corretto dimensionamento delle stesse.
3. Date le caratteristiche di elevata vulnerabilità dell'acquifero si dovrà valutare l'impatto delle opere in progetto sulla situazione locale nei riguardi della vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea. Dovranno essere indicate dettagliatamente le opere di mitigazione del rischio e la messa in sicurezza di eventuali attività produttive o infrastrutture potenzialmente inquinanti

CLASSE DI FATTIBILITÀ 4 **FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI**

La classe comprende le zone nelle quali l'alto rischio, in particolare idraulico e idrogeologico, limita fortemente la realizzabilità di interventi comportanti programmi di edificazione permanente abitativa e/o produttiva.

Per questa classe vale il vincolo di inedificabilità assoluta, fatte salve le opere e infrastrutture di servizio, come di seguito specificato. Le caratteristiche delle aree inedificate ricadenti in questa classe le rendono idonee essenzialmente ad interventi tesi al miglioramento dei caratteri paesaggistico-ambientali ed alla fruizione ricreativa dell'ambiente fluviale.

Ricadono in classe 4 le sottoclassi di seguito specificate:

SOTTOCLASSE 4a

Caratteristiche generali

Zona di pertinenza della discarica R.S.U. ricadente anche nel Comune di Cavenago Brianza.

Utilizzo delle aree

Deve essere adibita esclusivamente alle opere e alla infrastrutture di servizio inerenti l'attività della discarica.

Interventi ed indagini da prevedere

Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e insediamenti legati esclusivamente alle attività e al controllo della discarica.

SOTTOCLASSE 4b

Caratteristiche generali

Zone di esondazione del Fosso Valletta che costituiscono una naturale zona di divagazione, dovuta a fattori naturali e geomorfologici. Sono aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali, frequentemente inondabili (con tempi di ritorno indicativamente inferiori a 20-50 anni), contraddistinte da significativi valori di velocità e/o altezze dei tiranti idrici.

Utilizzo delle aree

Divieto di utilizzo delle aree se non quello legato al miglioramento delle condizioni idrauliche per limitare le portate dirette verso l'abitato posto a sud; l'area riveste un'importanza notevole ai fini della divagazione naturale delle acque di piena.

Interventi ed indagini da prevedere

Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria legate alla pulizia e rimozione dall'area di corpi estranei. Si dovrà prevedere la realizzazione di vasche volano precedute da un progetto a firma di tecnico abilitato, suffragato da analisi idrologiche di dettaglio.

SOTTOCLASSE 4c

Caratteristiche generali

Orli di Terrazzo presenti in sponda destra e sinistra del Rio Vallone e del T. Gura (Vareggio), che costituiscono elementi geomorfologici meritevoli di attenzione e salvaguardia. I poligoni sottesi sono stati individuati in base a specifiche peculiarità di continuità lineare e di altezza delle scarpate significative, che li assoggettano alle prescrizioni dell'Art. 21 delle NdA del PTCP.

Utilizzo delle aree

Non è consentito alcun intervento infrastrutturale e/o di nuova edificazione, a partire dall'orlo della scarpata dei terrazzi, per una fascia di larghezza non inferiore all'altezza della scarpata stessa, verso la piana. In corrispondenza del Rio Vallone sono state definite fasce con larghezza pari a 8m verso la piana; per il Gura, invece, sono state individuate fasce con larghezza pari a 2m.

Interventi ed indagini da prevedere

Per gli ambiti di trasformazione che dovessero ricadere sugli orli dei terrazzi e/o nelle immediate vicinanze, dovrà essere comunque verificata e definita puntualmente la fascia di inedificabilità, sulla base delle altezze delle scarpate rilevate in sito, dall'orlo del terrazzo verso la piana.

6.3 Prescrizioni aggiuntive valide per tutte le classi

A) **PRESCRIZIONI DI CARATTERE AMBIENTALE - Aree soggette a trasformazione urbanistica (da industriale a residenziale) e aree industriali dismesse**

Utilizzo dell'area

L'utilizzo delle aree è subordinato alla verifica dello stato di salubrità dei suoli (Regolamento Locale di Igiene) da eseguire con mirate indagini ambientali che dovranno accertare il rispetto dei limiti di legge ai sensi del d.lgs. 152/06. Dovrà essere presentato un piano di indagine ambientale preliminare che dovrà essere svolto in contraddittorio con gli enti di controllo.

La tipologia edificatoria può essere condizionata dai limiti raggiunti al termine degli eventuali interventi di bonifica.

Interventi ed indagini da prevedere

Per le aree industriali dismesse e le zone ove si abbia fondata ragione di ritenere che vi sia un'alterazione della qualità del suolo o immediato sottosuolo (previa verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale di Igiene - ISS), ogni intervento è subordinato all'esecuzione del Piano di indagine ambientale preliminare, del Piano della Caratterizzazione (qualora nell'indagine preliminare si dovesse rilevare una sorgente di contaminazione primaria e/o secondaria) ed alle eventuali bonifiche secondo le procedure di cui al d.lgs. 3 aprile 2006, n.152 (Norme in materia ambientale).

B) **PRESCRIZIONI DI CARATTERE SISMICO - Aree ricadenti in ambito Wurm**

Nelle zone ricadenti in ambito Wurm, nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse (fino a 5 piani), regolari e piuttosto rigide, si registrano valori di F_a superiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia per suoli appartenenti alla categoria B. La normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") è quindi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia. In questo caso si rende pertanto **necessaria l'analisi di terzo livello per la progettazione delle strutture.**

C) **PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDRAULICO – Vincoli di polizia idraulica**

In corrispondenza delle acque pubbliche, definite dalla legge 5 gennaio 1994, n.36, e relativo regolamento, sono state individuate le fasce di rispetto secondo quanto previsto dall'art. 96, lettera f, del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 (fasce dei corsi d'acqua e rogge).

D) PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO – Aree di rispetto dei pozzi idropotabili (Cfr. Tav.9 – Carta dei vincoli)

Ai sensi del **D.P.R. 236/88** modificato dal **D.lgs. 152/99**, ulteriormente modificato dal **D.lgs 258/2000** (art. 5, comma 4) e dal **D.lgs. 152/06**, sono state riportate in carta le aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi pubblici sfruttati ai fini idropotabili.

Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla **D.G.R. 10 aprile 2003, n.7/12693** (“Direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni”).

Per il pozzo n°4 di Basiano (BA04) viene riportata l’area di rispetto dei 10m, individuata con criterio idrogeologico (approvata dalla Provincia di Milano con Autorizzazione Dirigenziale n.123 del 08/09/2003).

6.4 Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 14/01/08

Di seguito si propone, in maniera sintetica, la parte del D.M. 14.01.08 di interesse allo scopo di fornire un quadro relativo ai contenuti che devono essere affrontati in sede di relazione geologica e geotecnica; queste sono documenti progettuali che devono essere consegnati congiuntamente agli atti di progetto e sono pertanto indispensabili ai fini del rilascio della DIA o del permesso a costruire.

PROGETTAZIONE GEOTECNICA

DISPOSIZIONI GENERALI

Oggetto delle norme

Il presente capitolo riguarda il progetto e la realizzazione:

- delle opere di fondazione;
- delle opere di sostegno;
- delle opere in sotterraneo;
- delle opere e manufatti di materiali sciolti naturali;
- dei fronti di scavo;
- del miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- del consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti, nonché la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere che hanno riflessi su grandi aree.

Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica devono essere esposti in una specifica relazione geologica. Le analisi di progetto devono essere basate su modelli geotecnici dedotti da specifiche indagini e prove che il progettista deve definire in base alle scelte tipologiche dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive.

Le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, devono essere illustrati in una specifica relazione geotecnica.

ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto delle opere e dei sistemi geotecnici deve articolarsi nelle seguenti fasi:

1. *caratterizzazione e modellazione geologica del sito;*
2. *scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;*
3. *caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;*
4. *descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;*
5. *verifiche della sicurezza e delle prestazioni;*
6. *piani di controllo e monitoraggio.*

Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica.

INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo, dovendo permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Da quanto sopra riportato si evince che:

- La relazione geologica e la relazione geotecnica sono due documenti progettuali distinti: **la relazione geologica può essere redatta esclusivamente da un geologo professionista abilitato; la relazione geotecnica può essere redatta sia da geologo che da ingegnere abilitati.**
- La relazione geologica è essenziale per il geotecnico e lo strutturista e deve necessariamente precedere le relative elaborazioni progettuali, ma con determinati input dello strutturista. L'analisi contenuta in essa si riferirà ad un'area vasta, ma dovrà definire nel dettaglio l'area di progetto e le interazioni con l'opera stessa. La relazione geologica non è un documento generico valido per tutto il territorio e valido per qualunque progetto ma deve essere redatto in funzione dell'opera o dell'intervento che si vuole realizzare in modo da poter far emergere le specifiche pericolosità geologiche e le problematiche connesse all'interazione tra sottosuolo e

soprasuolo e l'opera in progetto. Anche la relazione geotecnica non può più prescindere dall'opera vera e propria e non può più fornire calcolazioni ed indicazioni esemplificative, ma è una vera e propria relazione d'opera.

Lo strutturista deve fornire i dati prestazionali dell'opera (Tipo, Vita Nominale, Classe d'Uso, Livelli di prestazioni degli SL, etc.), le azioni, le caratteristiche delle opere di sostegno e/o delle opere speciali necessarie per la realizzazione del progetto.

Busto Arsizio, 22/04/16.

Dott. Geol. Luca Luoni



APPENDICE

PROVE MASW

Introduzione

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

PROVA MASW – AMBITO MINDEL

Dati generali

Committente	Amm. Comunale di Basiano
Cantiere	Comuni di Basiano e Masate
Località	Via Marconi
Zona	Basiano
Data	18/05/2015 10:00
Latitudine	45.578292
Longitudine	9.467254

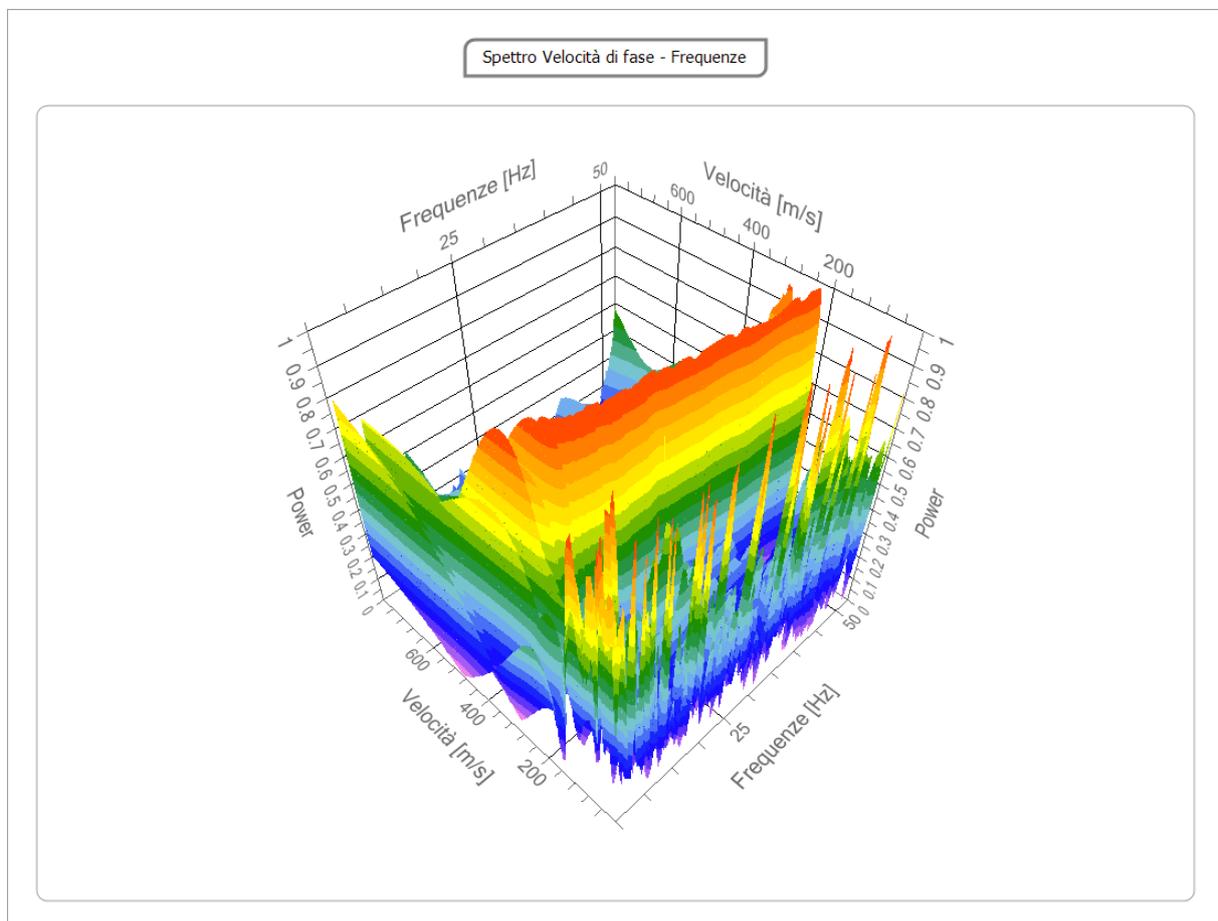


Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

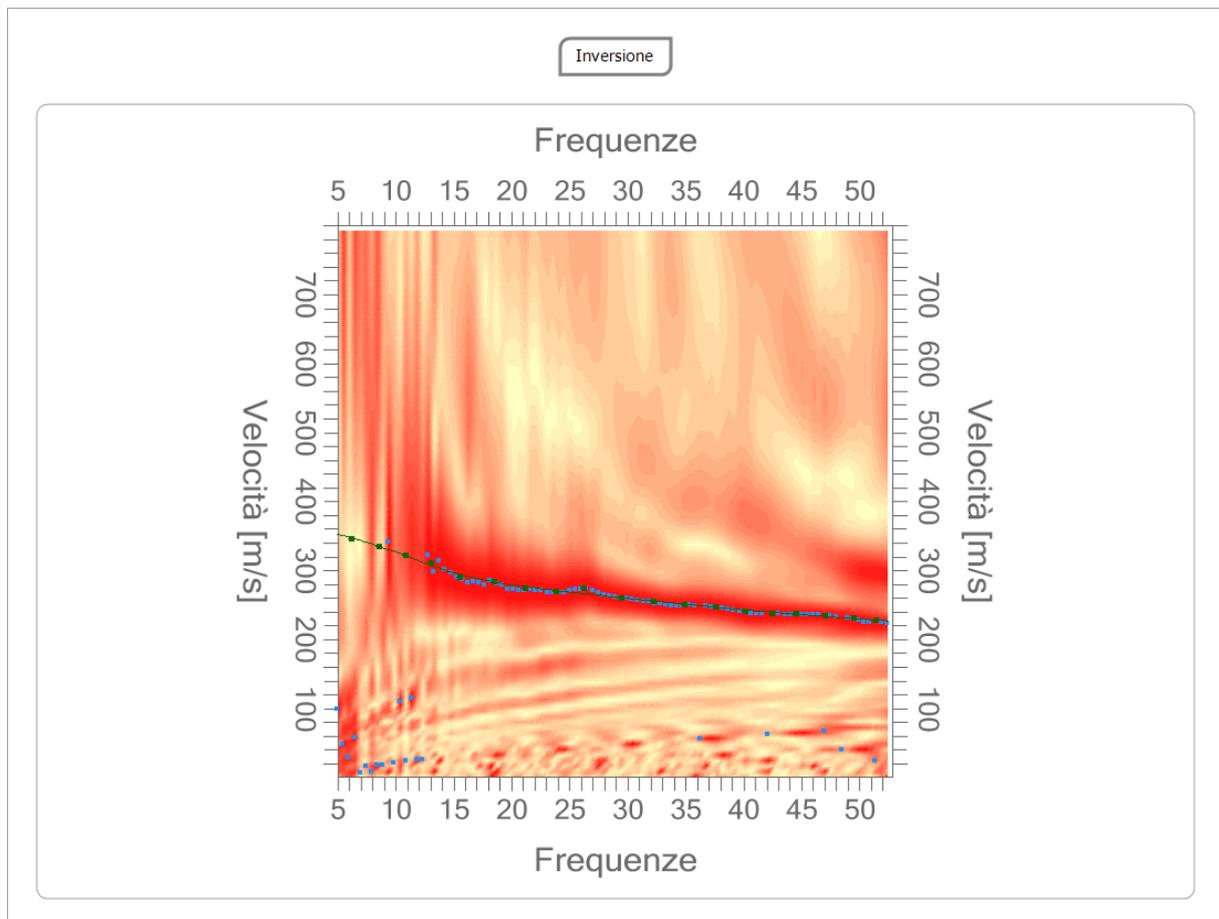
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	53
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

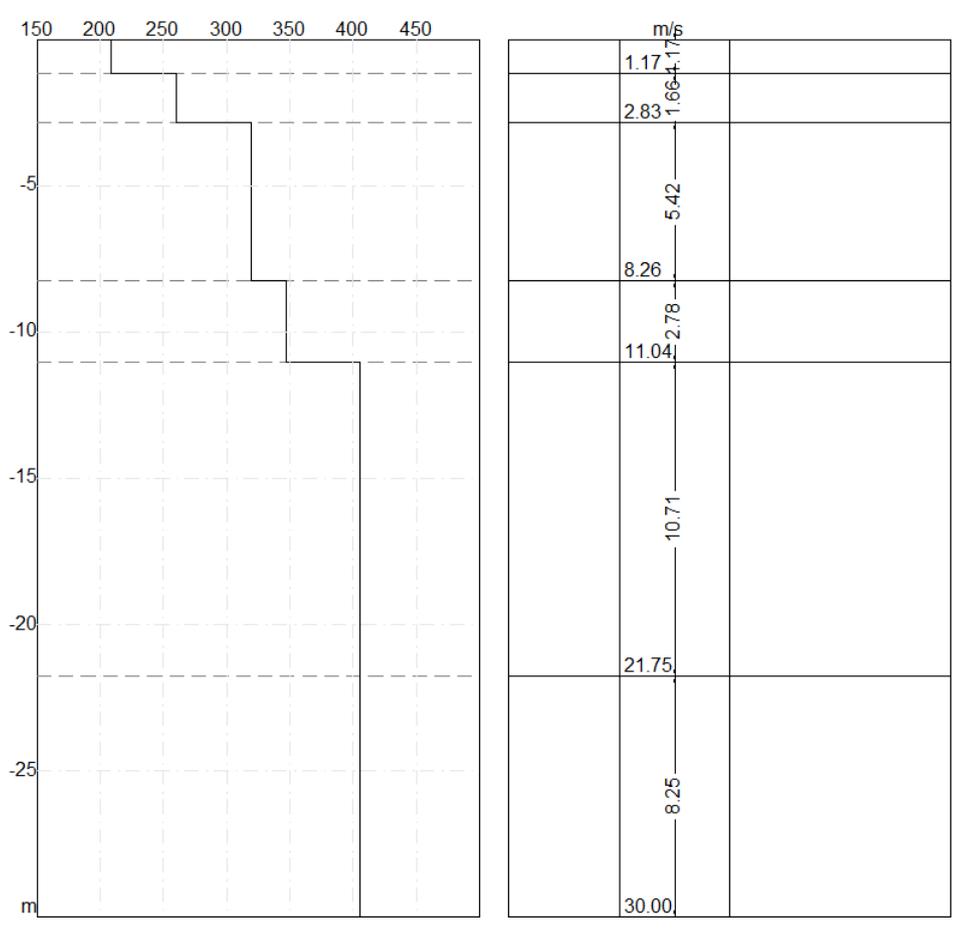
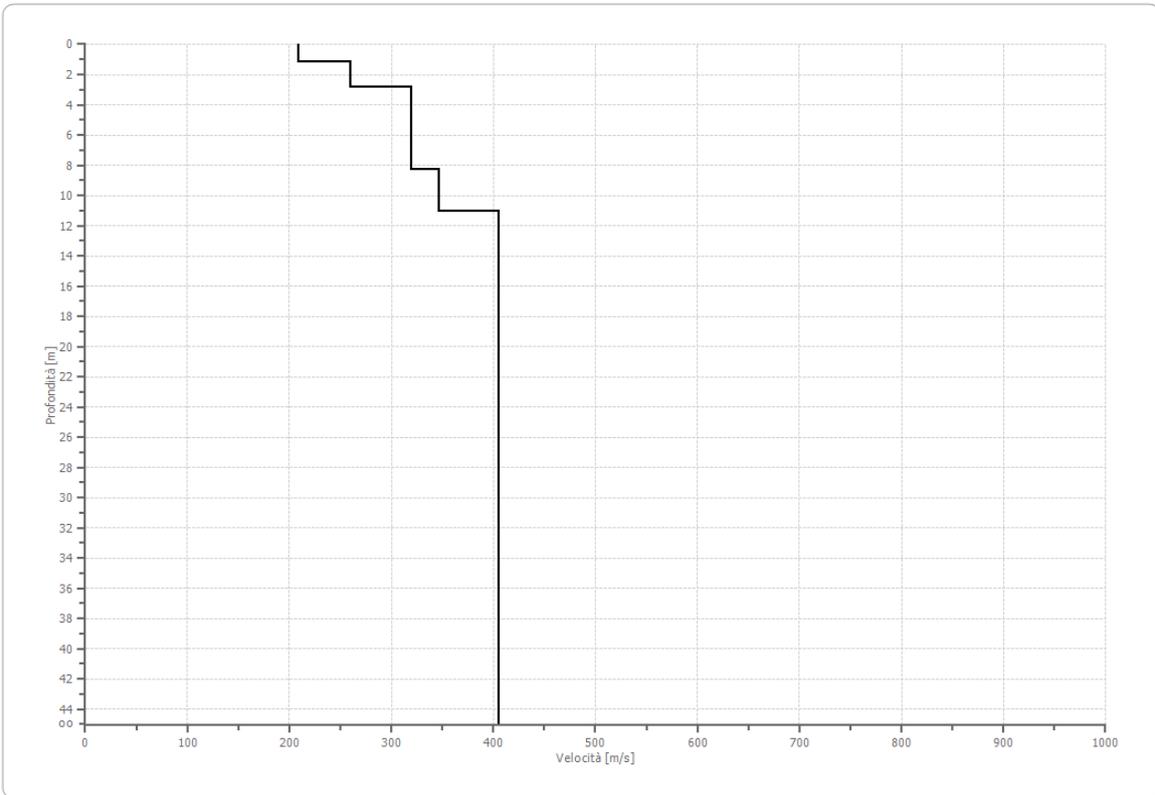


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.17	1.17	389.7	208.3
2	2.83	1.66	486.5	260.0
3	8.26	5.42	597.8	319.5
4	11.04	2.78	648.4	346.6
5	21.75	10.71	757.7	405.0
6	∞	∞	758.6	405.5



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	357.97
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

PROVA MASW – AMBITO WURM

Dati generali

Committente	Amm. Comunale
Cantiere	PGT Unione dei Comuni di Basiano e Masate
Località	Ex Cava
Zona	Basiano
Data	18/05/2015 11:00
Latitudine	45.5686
Longitudine	9.4730

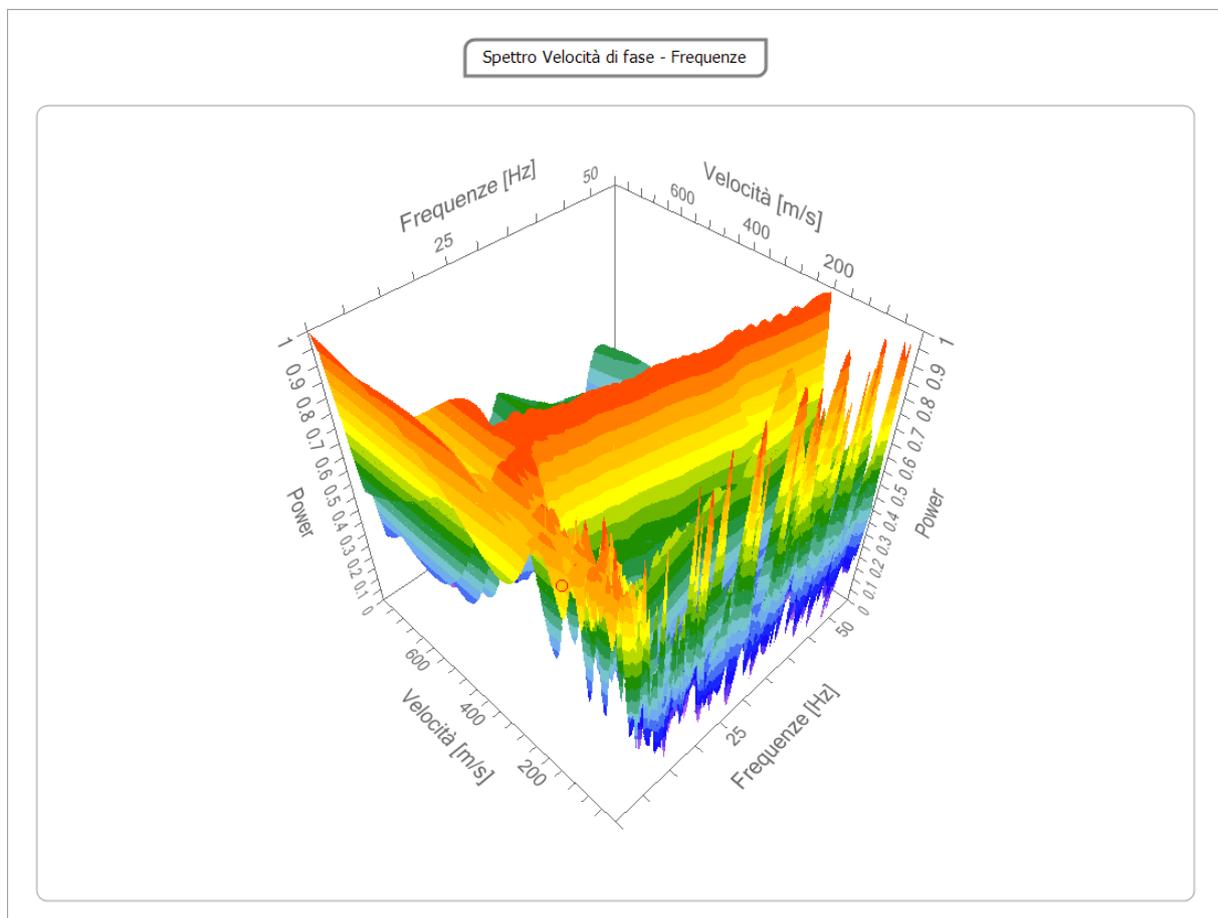


Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

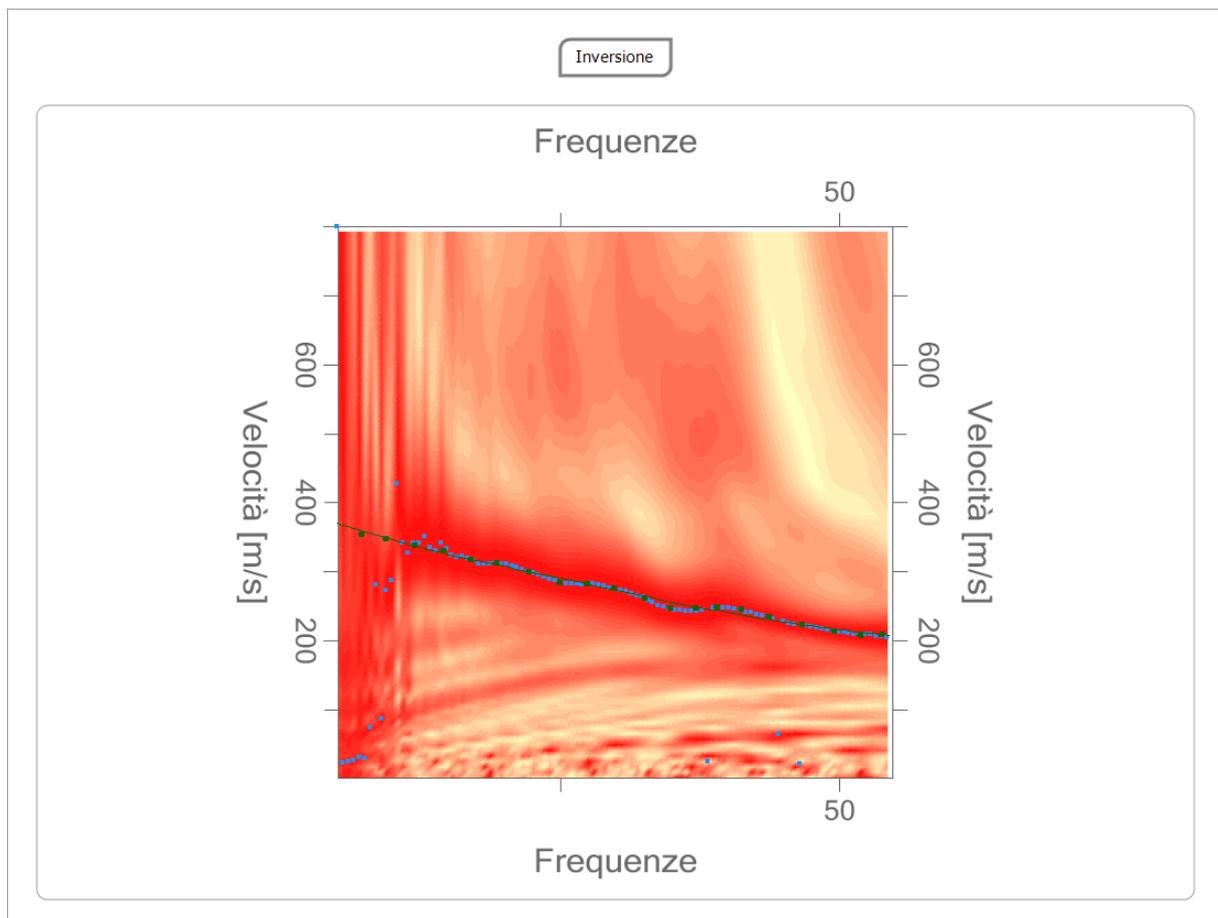
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	55
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

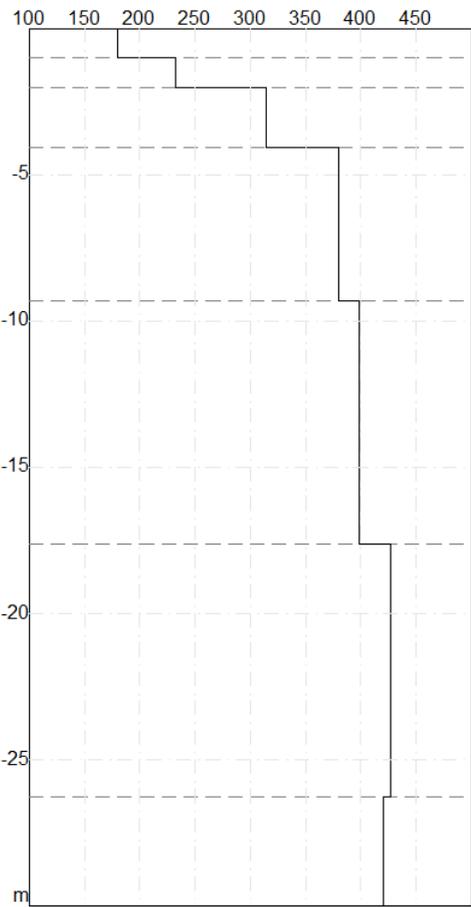
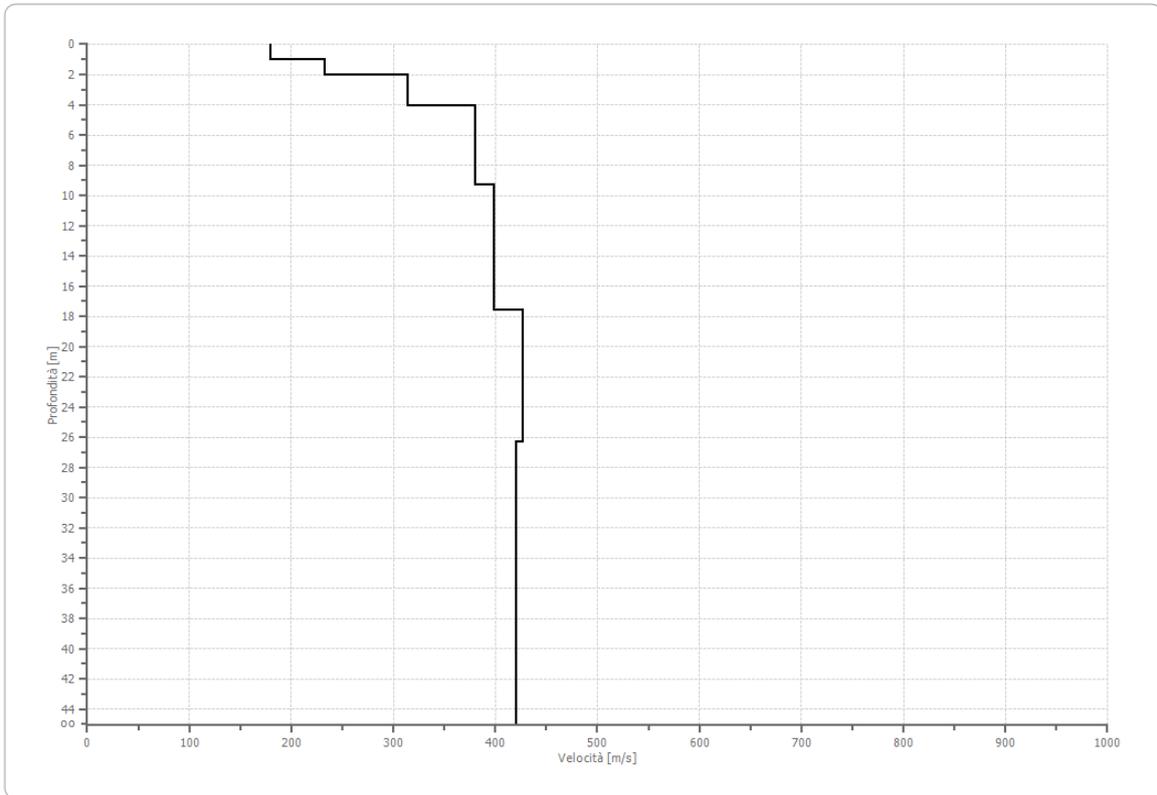


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.01	1.01	335.7	179.4
2	2.03	1.02	435.1	232.6
3	4.05	2.02	587.0	313.8
4	9.29	5.25	711.4	380.2
5	17.61	8.31	746.0	398.7
6	26.29	8.68	797.6	426.3
7	∞	∞	786.7	420.5



Profilo di velocità



Profondità [m]	Velocità [m/s]
1.01	200
2.03	250
4.05	300
9.29	380
17.61	420
26.29	430
30.00	440

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	373.69
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

STRATIGRAFIA POZZO DI RIFERIMENTO PER VALUTAZIONI SISMICHE

Acquedotto di MASATE

Comune di MASATE - Via Bergamasca

015136000

POZZO TRIVELLATO E STRATIGRAFIA a/d

Data	12/9/91	12/9/91	12/9/91
Liv. statico m	21.35	21.35	21.35
Portata l/s	19.10	38.26	50.00
Liv. dinamico m	23.98	27.28	30.10

Pozzo n. 3 + B 27

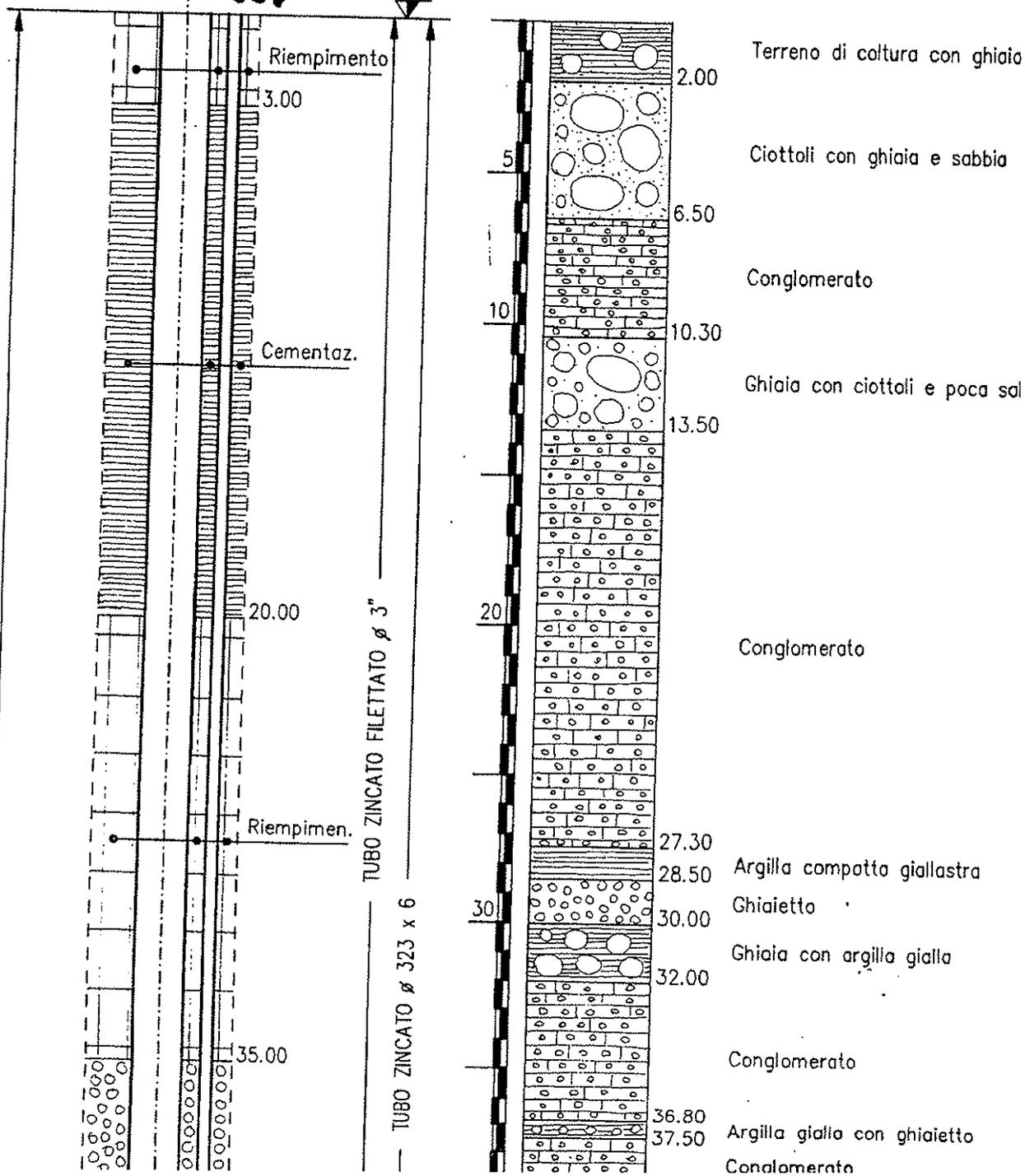
Data Ottobre 91

Impresa COSTA



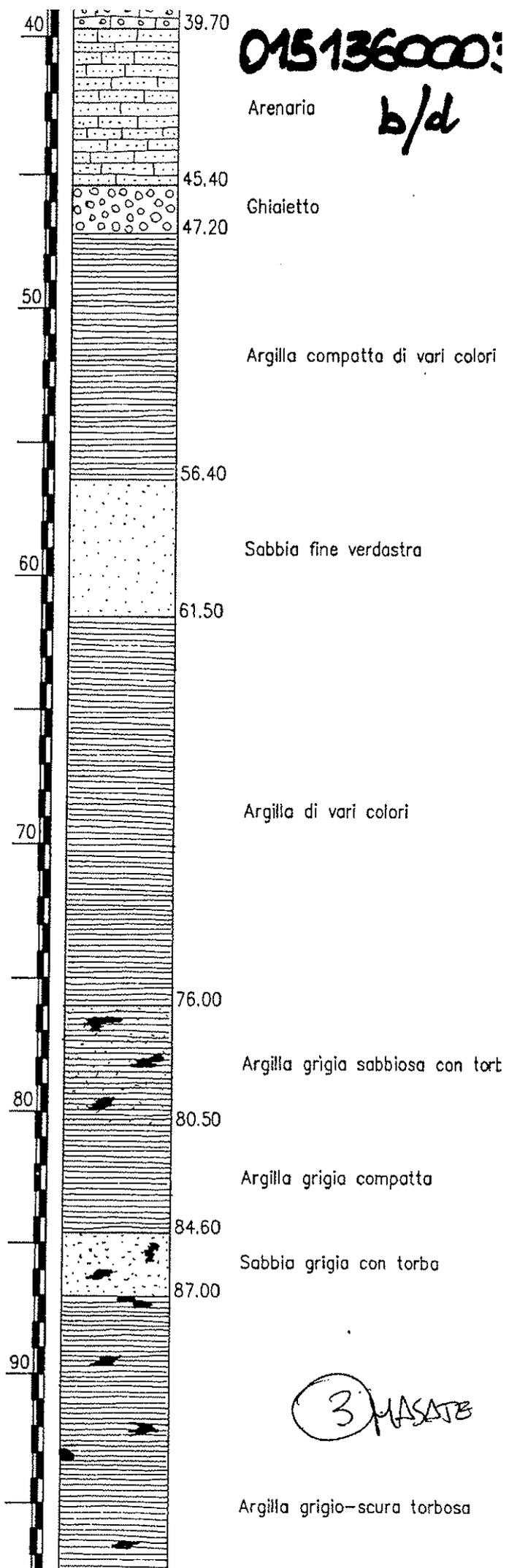
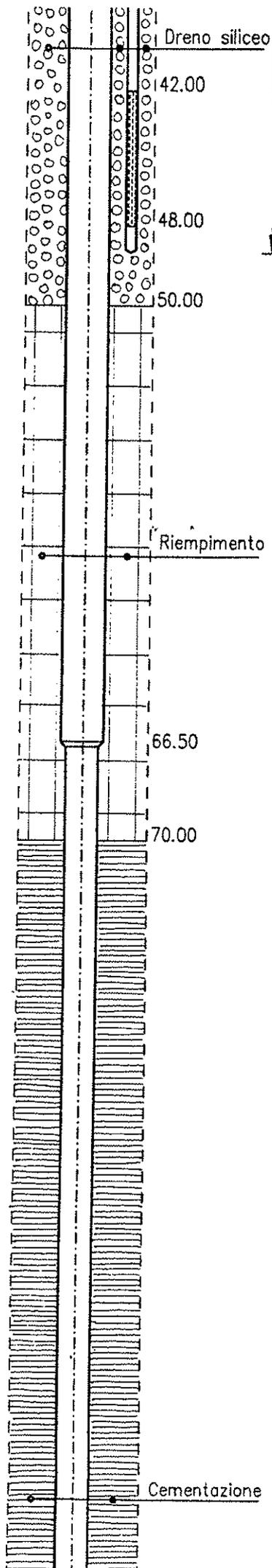
3 27

0.00



020192
Ufficio

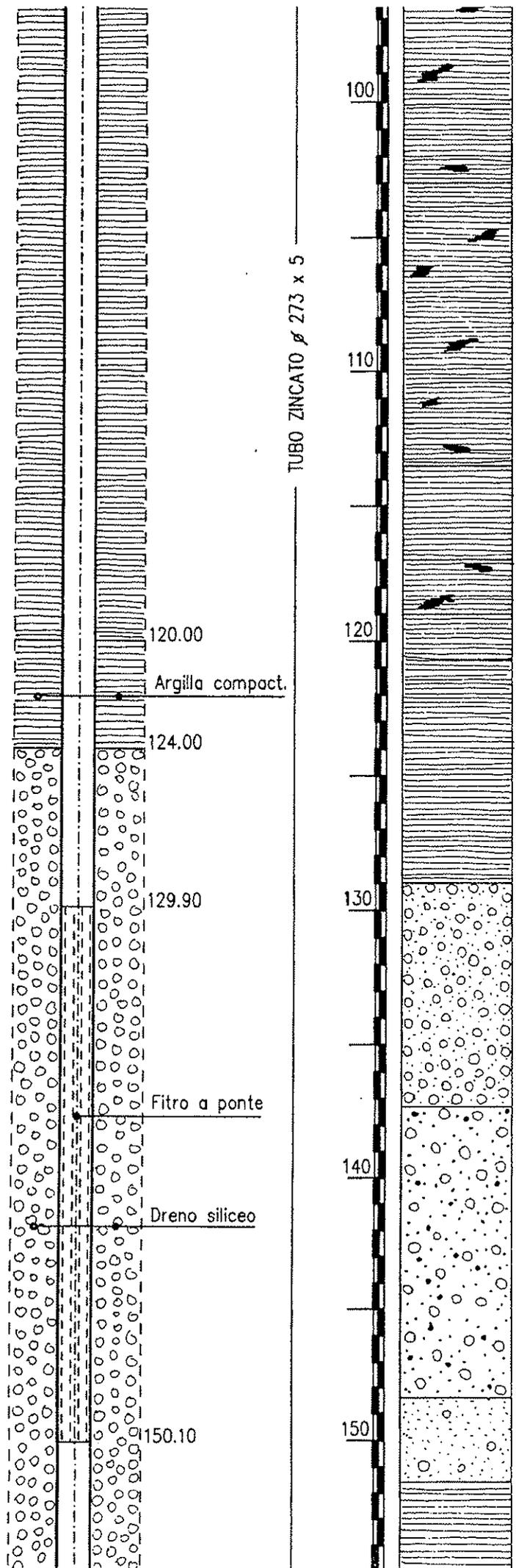
A D'AVANZAMENTO ø 900



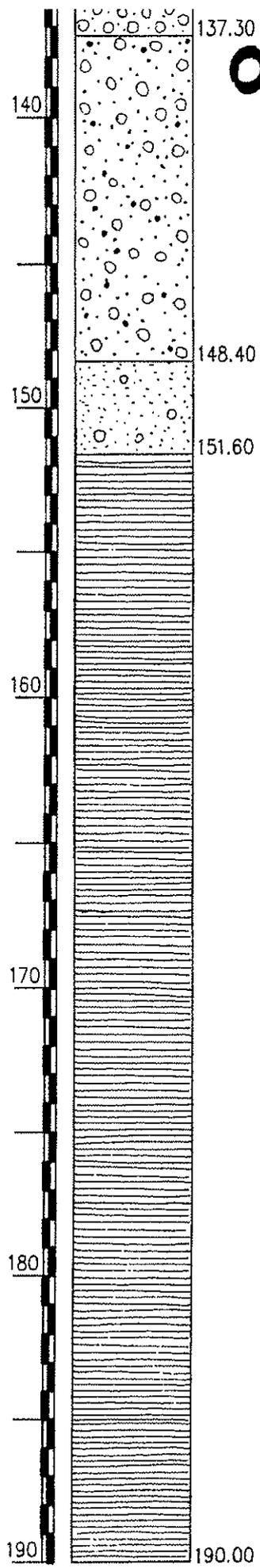
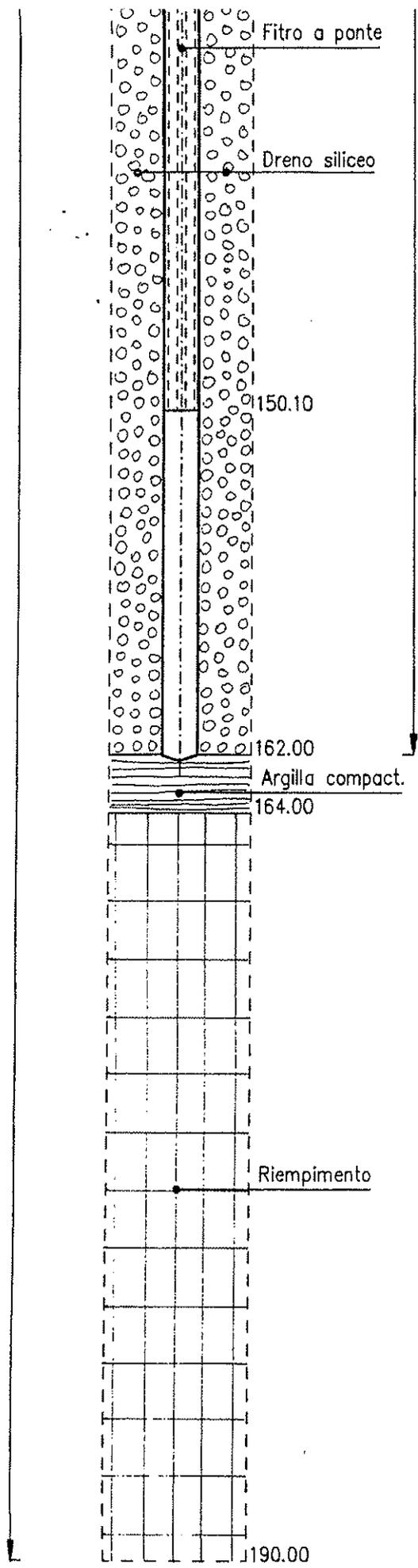
015136000.
e/d

COLONNA D

TUBO ZINCATO \varnothing 273 x 5



3
MASATE



0151360003

d/d

Sabbia grossa grigia con ghiaietto

Sabbia media grigia con poco ghiaietto

Argilla grigia plastica

3

MASATE

ELABORATI GRAFICI