



Comune di Novate Milanese  
PROVINCIA DI MILANO

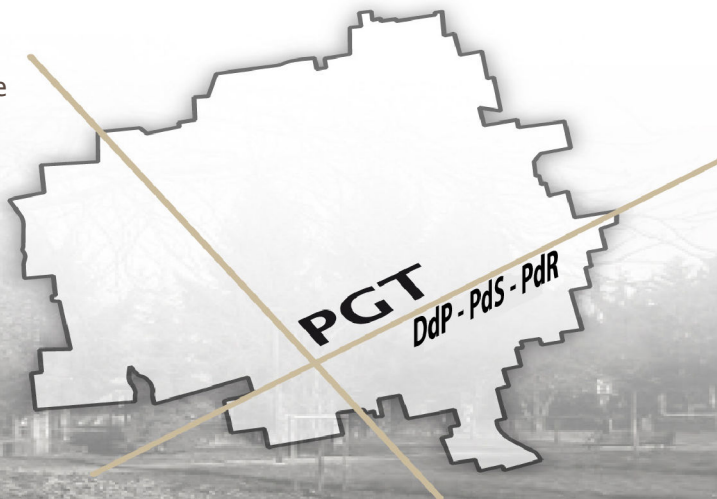


# Piano di Governo del Territorio

ai sensi della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12 e s.m.i.

## 1° Variante parziale di piano

Ai sensi di:  
Legge . 1150/1942  
Legge Regionale n.12/2005 e  
n.31/2014 e s.m.i.



**Modificato in accoglimento delle osservazioni**

**Dicembre 2018**

Componente geologica idrogeologica e sismica

**APPENDICE alla Relazione tecnica di variante - Elaborato 1 bis**  
Indagine sismica di II livello su area potenzialmente interessata di via Torriani

Modifica e integra gli elaborati della Componente geologica del PGT

### Il Sindaco

Lorenzo Guzzeloni

### Il Responsabile del Procedimento

Arch. Giancarlo Scaramozzino

### Il Segretario

Dott. Alfredo Ricciardi

### Progettista

Studio Tecnico Ambientale

Sbrana-Marchese

F:\bU\H\B\Y\Z\%%\! A\Ubc'

UXcgMbu4[aUjVta'#[YcàUf\_4[aUjVta

### Collaboratori

### Assessore all'Urbanistica

Daniela Maldini

Con la collaborazione:

### Ufficio Tecnico Comunale

Geom. Antonio Ponetti

Adozione	Delibera C.C. n°	36	del	24/07/2018
Approvazione	Delibera C.C. n°	62	del	20/12/2018

## APPENDICE

### *Indagine sismica di II livello su un'area potenzialmente destinata ad accogliere un centro sportivo e ricreativo in via Torriani*

#### 1. Premessa

Nel parere espresso dalla C.M. rispetto alla prima stesura della variante presentata, viene tra l'altro ricordata l'obbligatorietà preliminarmente alla progettazione finale di indagini sismiche approfondite e adeguate all'importanza dell'opera nel caso si tratti di edifici "sensibili" ai sensi della normativa vigente nel campo delle NTC 2018.

Nella Premessa della nota esposta nella nota che precede questa Appendice, abbiamo anticipato l'intenzione dell'A.C. di realizzare un Centro sportivo e ricreativo in zona di via Torriani.

Per questo è sembrato necessario e opportuno presentare all'interno della suddetta nota illustrativa di questa variante parziale anche i risultati dell'indagine sismica di II livello sull'area al momento indicata come la più probabile per l'edificazione degli edifici specifici.

Sulla base dei risultati ottenuti dalla prospezione sismica M.A.S.W. è stato possibile calcolare il valore del Fattore di Amplificazione (**Fa**) atteso per l'area in esame.

#### 2. L'indagine svolta

E' stata effettuata una indagine sismica MASW lungo uno stendimento sismico rettilineo posizionato come indicato in planimetria.

Lo stendimento sismico ha comportato l'utilizzo di 24 geofoni con distanza intergeofonica di 2 metri.

I punti di energizzazione hanno caratterizzato i due estremi dello stendimento con posizione del geofono trigger rispettivamente a 4 metri dal primo e a 4 metri dall'ultimo geofono.

L'elaborazione dei dati raccolti in campagna ha permesso di ottenere la categoria di sottosuolo.

## **2.1 Modalità della prospezione geosismica con metodo M.A.S.W.**

### **Analisi multicanale delle onde superficiali**

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) e fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ) il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono

essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione, meglio a ventiquattro canali, collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

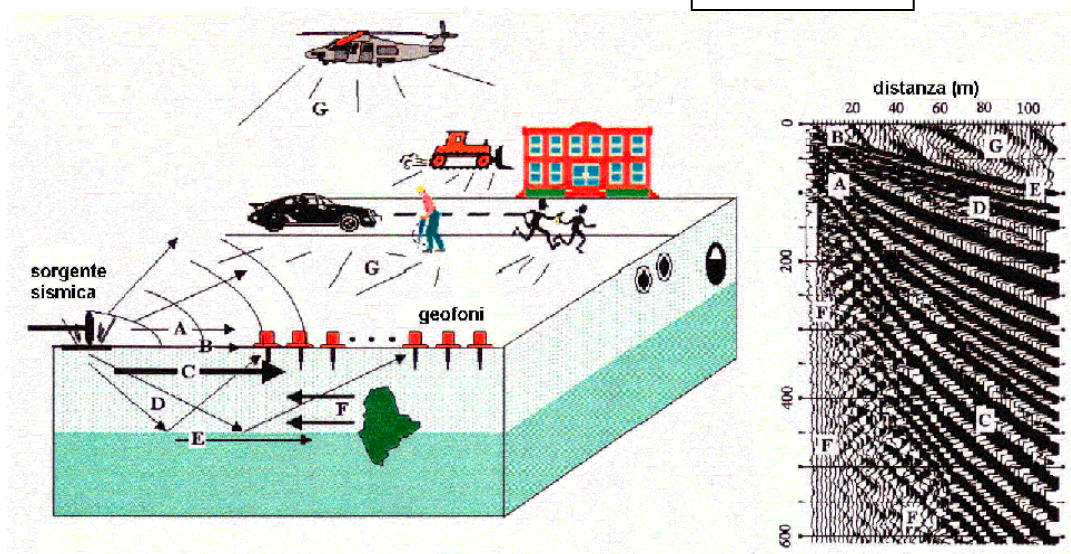
Per quanto riguarda le proprietà di dispersione delle onde di superficie: le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata per la acquisizione dei dati è costituita da:

- Un sismografo Sara Electronic Instruments a 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Una mazza da 6 Kg con relativa piastra di battuta

#### Acquisizione

#### Sismogramma multicanale



A: onde in aria

E: onde rifratte

B: onde dirette

F: onde riverberate

C: onde di superficie

G: rumore ambientale

D: onde riflesse

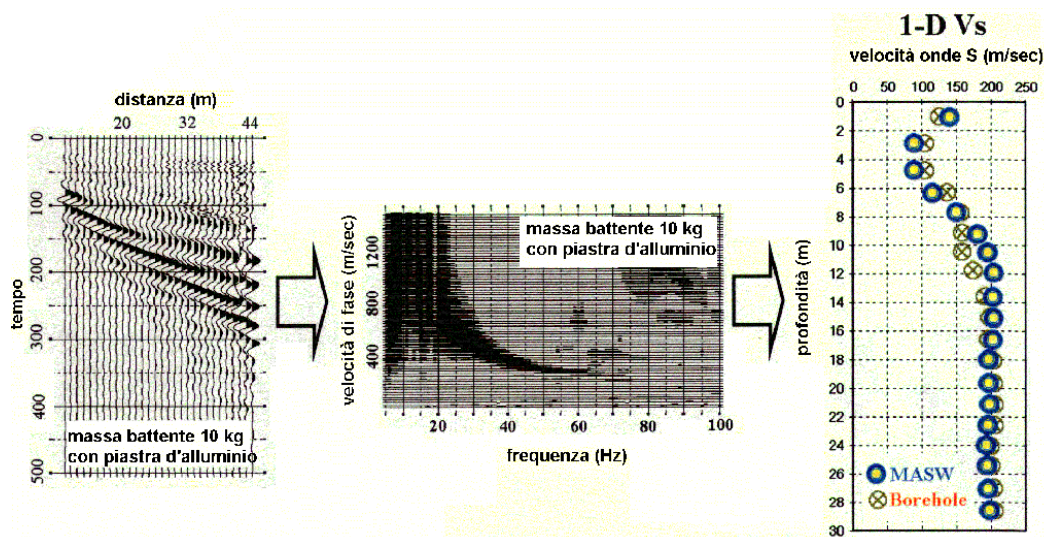


## 2.2 Vantaggi della registrazione multicanale

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità



## 3. Risultati

Di seguito sono riportati i risultati della prova MASW. Nel report riassuntivo vengono mostrate la curva di dispersione, lo spettro f-k, il sismogramma ed il profilo delle velocità delle onde Vs30 il cui valore è stato calcolato utilizzando la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$  – esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  come riportato nella seguente tabella.

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi 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
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreno 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 e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine)
<b>C</b>	<i>Depositi 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 e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ KPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositi 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 e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ KPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<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).

Dall'indagine eseguita e dai grafici risultanti (vedi di seguito) si può procedere all'interpolazione del MASW nell'intervallo 6 – 36 m dal p.c. con i due trend di interpolazione (lineare – esponenziale, che permette di tracciare la curva di dispersione e di verificare una ottima sovrapposizione fra la curva interpolante e quella teorica.

La categoria di sottosuolo cui appartiene l'area esaminata risulta essere la **"B"**. Sulla base dei risultati raggiunti con la prospezione sismica M.A.S.W. è stato quindi possibile calcolare il valore del Fattore di Amplificazione (**Fa**) atteso per l'area in esame.

Il valore ottenuto è stato utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di

protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4), per le diverse categorie di sottosuolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5s (relativo a strutture basse, regolari e piuttosto rigide) e 0.5-1.5s (per strutture alte e più flessibili).

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati on line della Regione Lombardia e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del 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, considerando una variabilità di  $\pm 0.1$  che tiene conto della variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

Per il comune di Novate Milanese (zona sismica 4) e con un suolo in Classe B (determinato con la prospezione MASW) i valori di  $F_a$  soglia risultano:

$$F_a (0.1-0.5 s) = 1.4$$

$$F_a (0.5-1.5 s) = 1.7$$

Per procedere con il calcolo del valore di  $F_a$  per il sito in esame si è scelto di applicare, tra quelle disponibili, la scheda litologica sabbiosa in quanto unica tra quelle disponibili per la quale l'andamento delle  $V_s$  risulta compatibile.

All'interno della suddetta scheda litologica si è scelta, in funzione della profondità e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, la curva n° 2 per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito  $T$ .

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

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



Nel caso in esame con l'indagine Masw non è stata raggiunta la velocità di 800 m/s ed è stato quindi estrapolato un opportuno andamento delle Vs con la profondità fino al raggiungimento della stessa che è stata stimata a circa 87.3 m da p.c.

E' stato prolungato l'ultimo strato rilevato dall'indagine fino a quota 45 m da p.c. e sono stati aggiunti tre ulteriori sismostrati corrispondenti ai punti della retta che mostra il trend esponenziale di estrapolazione completando nel modo seguente la tabella profondità-Vs (in carattere rosso i valori corrispondenti al tratto estrapolato):

Profondità (m)	Vs (m/s)
2.5	185
7.5	305
12.0	362
22.5	374
45.0	425
60.0	490
75.0	600
87.3	710

I valori di T e di Fa così determinati vengono approssimati alla prima cifra decimale e per il sito in esame risultano:

**T = 0.65 s**

**Fa (0.1-0.5s) = 1.2**

**Fa (0.5-1.5s) = 2.0**

Nel primo caso (Fa 0.1-0.5s) il valore riscontrato risulta inferiore al valore soglia per il comune di Novate Milanese: la normativa è quindi da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche dei possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

Nel secondo caso (Fa 0.5-1.5s) il valore riscontrato risulta superiore al valore soglia: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione dei possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (Categoria C nel presente caso).

Milano 21/28 gennaio 2019

dott.  Aldo Sbrana  


Spett.le  
**Comune di Novate M.se**  
Viale Vittorio Veneto 18  
20026 Novate M.se (MI)

Corsico, 07/02/2019

**Oggetto : Verifica della componente Geologica Idrogeologica e Sismica  
della variante parziale n. 1 al PGT (ai sensi della l.r. 12/05 e succ.  
mm. e ii.) –**

*Trasmissione relazione tecnica comprensiva di tavole e allegati*

A seguito del completamento della stesura del documento in oggetto, unitamente alla presente si trasmettono:

- Relazione tecnica riguardante la verifica della componente geologica idrogeologica e sismica relativa alla variante parziale n. 1 al PGT
- APPENDICE alla Relazione: Indagine sismica di II livello su area potenzialmente interessata ad accogliere un centro sportivo e ricreativo in via Torriani
- Tavola 03 bis Carta dei vincoli
- Tavola 04 bis – Carta di sintesi
- Tavola 05bis – Carta della Fattibilità geologica
- Tavola 06 - Carta del PGRA
- Allegato 3 – Schede dei pozzi

In n. 4 copie cartacee/cad.

Si comunica altresì che i documenti tecnici suddetti sono stati anticipati via PEC al vostro indirizzo.

Cordiali saluti.

Studio tecnico-ambientale  
Sbrana - Marchese