

COMUNE DI TRUCCAZZANO

PROVINCIA DI MILANO



Titolo

PIANO ATTUATIVO

Per la realizzazione di un nuovo edificio produttivo

Oggetto	Data	Agg.	Elaborato
Relazione tecnica e relazioni specialistiche	19.01.2016	24.02.2016	01
	Scala		

Proprietà	Progettista
ALFA 20 S.r.l. Piazza Borromeo, 1 - 26013 Milano (Mi)	Arch. Bruno Ferrari Via P. Zurla, 2 - 26013 Crema (CR) Tel. 0373.86123 - Fax 0373.86103 e-mail. archbon@tin.it iscritto all'Ordine degli Architetti di Cremona al n. 203 C.F. FRR BRN 59D28 D142S - P.IVA 00811090190

Sviluppatore



AKNO
BUSINESS PARKS

via Bruno Buozzi, 5 - 20090 Settala (MI) - ITALY
tel. +39 02 95307256 fax +39 02 95307186
servizio.clienti@aknospa.it
www.aknospa.it

A termine di legge ci riserviamo la proprietà di questo nostro disegno con divieto di riprodurlo, comunicarlo a terzi, o usarlo comunque per qualsiasi scopo costruttivo.

RELAZIONE TECNICA E RELAZIONI SPECIALISTICHE

(relazione sul clima acustico, relazione geologica, relazione idraulica)

La lottizzazione in progetto riguarda aree di proprietà della Società ALFA 20 srl con sede ad Agrate Brianza , via Centro Direzionale Colleoni 3 , Palazzo Pegaso, identificate nell' elaborato 2 del Piano di Attuativo .

La Società ALFA 20 srl ha dato procura speciale notarile alla Società AKNO Business Parks srl con sede a Milano in via dell' Unione 3 al fine di far approvare il Piano Attuativo di cui sopra.

Le aree oggetto della richiesta di lottizzazione sono site a Truccazzano tra la Strada Provinciale Rivoltana e la via Gran Sasso in un ambito di edilizia produttiva già consolidato di cui l' area oggetto di pianificazione attuativa costituisce un completamento.

La proprietà complessiva di ALFA 20 è pari a mq. 123.880,00 dei quali mq 94.228,00 soggetti a lottizzazione con questo Piano Attuativo.

Il PGT vigente - modificato con atto consigliare nell' Ottobre 2015 per errori materiali rilevati anche dalla Società ALFA 20 - già destina questa area ad usi produttivi individuando il perimetro entro cui proporre la Pianificazione Attuativa e due aree (una interna ed una esterna al perimetro) destinate ad utilizzi pubblici.

Il Progetto di Piano Attuativo in proposta è conforme alle previsioni del PGT.

Una delle principali caratteristiche del Piano è costituita dal non avere strade di urbanizzazione primaria in cessione laddove la proprietà , mediante una recinzione, fa coincidere - con l'esclusione di una striscia a parcheggi e marciapiede lungo via Gran Sasso - l'area azionata edificabile con la superficie fondiaria occupata da due edifici in previsione per una attività di logistica.

Strade e parcheggi privati interni distribuiscono il traffico di mezzi pesanti e quello degli addetti sino all' ingresso del " Business Park" posto in fondo a via Gran Sasso.

Queste aree interne assolvono gli spazi ex legge Tognoli e di sosta primaria ex LN 867/64 e smi.

[1]

La scelta di realizzare un unico ingresso carrabile e pedonale - vigilato - all' estremo Nord dell'area soggetta a PL consente di non avere incroci con la viabilità proveniente dagli edifici esistenti che si innestano a circa metà via Gran Sasso.

Il Piano Attuativo propone di edificare una Superficie Lorda di pavimento pari a mq 50.000,00 rispetto alla superficie massima consentita dal PGT pari a mq 84.104,88 (1,2 mq/1,00mq di SF).

La Superficie Territoriale del Piano è pari a mq 94.228,00, di cui mq 70.087,40 di Superficie Fondiaria e mq 24.140,60 di superfici destinate a Servizi così ripartite: mq 7.937,30 a parcheggi posti sui lati Est ed Ovest e mq 16.203,30 di verde a sud della lottizzazione.

Per la totalità delle aree destinate a Servizi pari a mq 24.140,60, si propone l'asservimento all' uso pubblico.

In base al PGT, la quota di superficie da destinare a servizi è il 30% della Sup. territoriale ovvero pari a mq 28.268,40.

Poiché il Piano Attuativo individua Aree a Servizi pari a mq 24.140,60 da asservire all'uso pubblico, per soddisfare lo standard da PGT risulta una differenza di mq 4.127,80 (mq 28.268,40 - 24.140,60) che si propone di monetizzare a valore pieno, mentre per le aree asservite (mq 24.140,60) si propone la monetizzazione ad un valore pari ad 1/3.

Il Piano Attuativo in proposta prevede la realizzazione di opere di urbanizzazione primaria a parziale detrazione degli oneri di urbanizzazione vigenti.

Tali opere sono di seguito elencate:

- a) Riasfaltatura di via Gran Sasso necessaria in seguito agli interventi di allacciamento ai pubblici a sottoservizi ivi presenti, e alla realizzazione dei nuovi parcheggi;
- b) Realizzazione di Parcheggio sul lato Est
- c) Realizzazione di Parcheggio sul lato Ovest, compresa la strada di accesso dalla via Gran Sasso

[2]

I principali sottoservizi di rete (rete fognaria acque nere, rete distributiva di energia elettrica, rete telefonica, rete gas ed acqua, illuminazione pubblica) sono già presenti in via Gran Sasso e risultano sufficientemente dimensionate per accogliere le esigenze del nuovo insediamento.

Nell'ambito della attuazione del Piano verrà demolito il piccolo edificio collocato nell'area a standard posta a sud - con un passato non recente di uso produttivo - senza recupero della sua consistenza edificatoria assorbita dagli indici del PGT.

L'intervento di demolizione sarà comunque preceduto da relativa richiesta di titolo autorizzativo, in occasione della quale sarà consultato l'ufficio territoriale competente di ARPA, per concordare eventuali modalità operative ai sensi nelle norme vigenti in materia.

[3]

Con riferimento alle Relazioni specialistiche qui allegate, di seguito si sintetizzano i contenuti principali:

- A.** la Relazione Geotecnica stabilisce che le aree oggetto di intervento hanno il sottosuolo con caratteristiche geomeccaniche scadenti dovute alla presenza di sabbie limose e pertanto raccomanda l'utilizzo di pali per fondazioni puntiformi. È stata inoltre rilevata la presenza di acqua a quota - 2,00 m dal piano campagna con possibilità di "faldine" sospese in relazione alla presenza di limi ed argille nei terreni.
- B.** la Relazione sulla Valutazione Previsionale di impatto acustico, tenendo conto dello scenario base del 2015 e di una situazione futura conseguente all'intervento, dimostra che in corrispondenza dei recettori non sono emersi alcun superamento dei limiti di legge sia in riferimento allo scenario base che a quello futuro. Nella modellizzazione dello scenario futuro si sono ipotizzati flussi di traffico riconducibili al Nuovo Polo Logistico previsto dal Piano Attuativo verificabili a pagina 16 della suddetta Valutazione allegata.
- C.** la Relazione Idraulica determina il dimensionamento delle reti fognarie e di smaltimento delle acque meteoriche sulla base delle superfici impermeabili previste dal progetto. L'accumulo delle acque meteoriche avverrà in 3 vasche di laminazione, da realizzare sottosuolo in corrispondenza delle aree destinate alla viabilità, all'interno del perimetro di Piano. Da qui le acque saranno recapitate nei due corsi d'acqua presenti nell'area, che a loro volta confluiscono nella Roggia Brivia posta a sud dell'insediamento.

A tale proposito si precisa per l'autorizzazione allo scarico di tali acque, è stato acquisito il parere favorevole (che si allega alla presente) da parte del Consorzio Muzza e Bassa Lodigiana in qualità di Ente Gestore del suddetto corso d'acqua.

Questa Relazione ed i documenti allegati costituiscono l'adeguamento alle richieste formulate dall'UTC e dall'Amministrazione Comunale in relazione alla proposta di Piano Attuativo depositata in data 18 novembre 2015 e la definitiva rettifica di tutte le successive integrazioni fino ad oggi depositate.

[4]

Di seguito si elencano gli elaborati definitivi costituenti il Piano Attuativo:

- 01 Relazione Tecnica e relazioni specialistiche ed allegato "Schema planimetrico impianti di scarico acque nere e acque meteoriche"
- 02 Estratto di mappa e visure catastali
- 03 Estratto del PGT vigente
- 04 Estratto carta CTR e PTCP
- 05 Planimetria dello stato di fatto: rilievo
- 06 Rilievo fotografico
- 07 Planivolumetrico nell' area vasta
- 08 Planivolumetrico di progetto con le dimostrazioni delle capacità edificatorie e delle superfici in cessione/vincolate
- 09 Identificazione delle opere a scomputo di oneri
- 10 Planimetria delle reti tecnologiche esistenti
- 11 Opere di urbanizzazione primaria a scomputo: riasfaltatura di via Gran Sasso
- 12 Opere di urbanizzazione primaria a scomputo: parcheggi ad uso pubblico
- 13 Particolari costruttivi: enel/telecom/acqua/gas
- 14 Particolati costruttivi: fognature
- 15 Computo metrico estimativo delle opere di urbanizzazione
- 16 Schema di convenzione urbanistica

arch. Bruno Ferrari

Allegati: parere preventivo Consorzio Muzza e Bassa Lodigiana

[A]

RELAZIONE GEOLOGICA/GEOTECNICA

GEOSAT

GEOTECNICA - GEOLOGIA - GEOTERMIA
TOPOGRAFIA E INDAGINI AMBIENTALI

***AKNO
BUSINESS PARKS S.p.A.***



***TRUCCAZZANO (MI)
Via Gran Sasso***

Nuovo edificio FASE 1

***RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE GEOTECNICA***

Cernusco Sul Naviglio, 16.09.2015 (C. 2083 - R1)



GEOSAT s.r.l.

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)

Tel: (02)9259 0455 - Fax: (02)9259 1619 - E-mail: geosat@geosat.org - www.geosat.org
P.IVA e Cod. Fisc.: 04212410965 - Capitale sociale € 50.000,00 i.v.

INDICE

1) PREMESSA E GENERALITÀ DELL'INTERVENTO	2
2) CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE GENERALI DEL SITO	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO DEL SITO	5
3) CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO	10
4) INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO	17
4.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI DPSH	17
5) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO	19
6) PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO IN CORRISPONDENZA DELL'EDIFICIO FASE 1	25
7) FONDAZIONI INDIRETTE (PALI): VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE RC,D (§ 6 DELLE NTC)	27
7.1 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROGETTO ($R_{c,d}$) DEL SISTEMA PALO SINGOLO-TERRENO (CALCOLO ALLO SLU).....	28
7.2 RACCOMANDAZIONI E CONTROLLI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE DEI PALI DI FONDAZIONE	31
8) RISULTATI RELATIVI ALLA DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE DI CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE.....	32
8.1 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI CALCOLO PER CARICHI VERTICALI DI COMPRESSIONE	32
9) CONCLUSIONI	33

ALLEGATI

- Ubicazione schematica dell'indagine geotecnica e geofisica eseguita;
- Rapporto dell'indagine geofisica eseguita;
- Profili penetrometrici.



*La presente relazione viene stampata su carta a basso contenuto di cloro ed in modalità fronte/retro.
Un piccolo contributo per la salvaguardia dell'ambiente. Riciclare la carta è utile per preservare l'ambiente.*

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 2/37

1) PREMESSA E GENERALITÀ DELL'INTERVENTO

Il presente lavoro esamina, ai sensi del DM 14/01/2008, le condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche relativamente al progetto di un nuovo edificio produttivo (capannone, denominato FASE 1) previsto nel Comune di Truccazzano (MI), Via Gran Sasso.

L'intervento in oggetto (FASE 1) prevede la realizzazione di un nuovo capannone (si veda la **Figura 1.1**) caratterizzato da un sedime di circa 185x166 m.

Indagine geotecnica svolta

Il presente documento è stato redatto sulla base di un'indagine geotecnica e geofisica eseguita in loco e consistita nell'esecuzione di:

- n°12 prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti (DPSH), che hanno raggiunto la massima profondità a -14 m circa dalla quota media del piano campagna;
- n°1 stendimento sismico (MASW) in corrispondenza del sedime della struttura da realizzare;
- n°1 indagine sismica passiva con metodo HVSR.

La posizione delle prove geotecniche e delle prove geofisiche eseguite è stata schematicamente riportata nella planimetria in allegato¹. Nel presente documento è stata considerata come quota di riferimento la quota media del piano campagna (quota di inizio prove penetrometriche) che risulta² posta a circa 109 m slm. Differenze di quota di ± 30 cm risultano influenti ai fini dei calcoli geotecnici esposti nel presente documento.

Alla data odierna si dispone dei dati progettuali derivanti dallo sviluppo prevalentemente di carattere architettonico ed urbanistico del progetto: la fase di progettazione definitiva/esecutiva verrà svolta successivamente alla definizione dei layout generali dell'intervento; i dati riportati nel presente documento sono quindi da intendersi preliminari e dovranno essere oggetto di opportuni

¹ Si precisa che l'indagine geotecnica e geofisica in oggetto è stata svolta sulla base del layout progettuale del 06/07/2015-revisione 3 (cod. disegno TRUCC15)

² Quota media dedotta dalla cartografia a base dello studio geologico a supporto del PGT del Comune di Truccazzano (MI).

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 3/37

aggiornamenti/verifiche sulla base delle effettive scelte progettuali, dell'effettiva tipologia di fondazione e dei carichi agenti in fondazione.

Fattibilità geologica alle azioni di piano

Da quanto riportato nello studio geologico comunale a supporto del PGT, l'area di sedime dell'edificio di FASE 1 ricade (si veda il § 2 e § 3 del presente documento) in **Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con Consistenti Limitazioni**, confinando però con aree rientranti in Classe di fattibilità 4 – Fattibilità con Gravi Limitazioni (fasce di rispetto del Canale Banfa).

Come riportato nello studio geologico comunale, l'attribuzione della classe 3 è sostanzialmente dovuta alla soggiacenza della falda (con oscillazioni da 1 a 3 m dal p.c.) e dalla presenza di sottosuolo di fondazione a scarse caratteristiche geotecniche; l'area contrassegnata con classe 4 è invece definita dalla presenza di un fitto reticolo idrico, le cui fasce di rispetto (di ampiezza pari a 10 m, si veda il § 3) sono caratterizzate da inedificabilità (vedasi le norme riportate nello Studio Geologico Comunale).

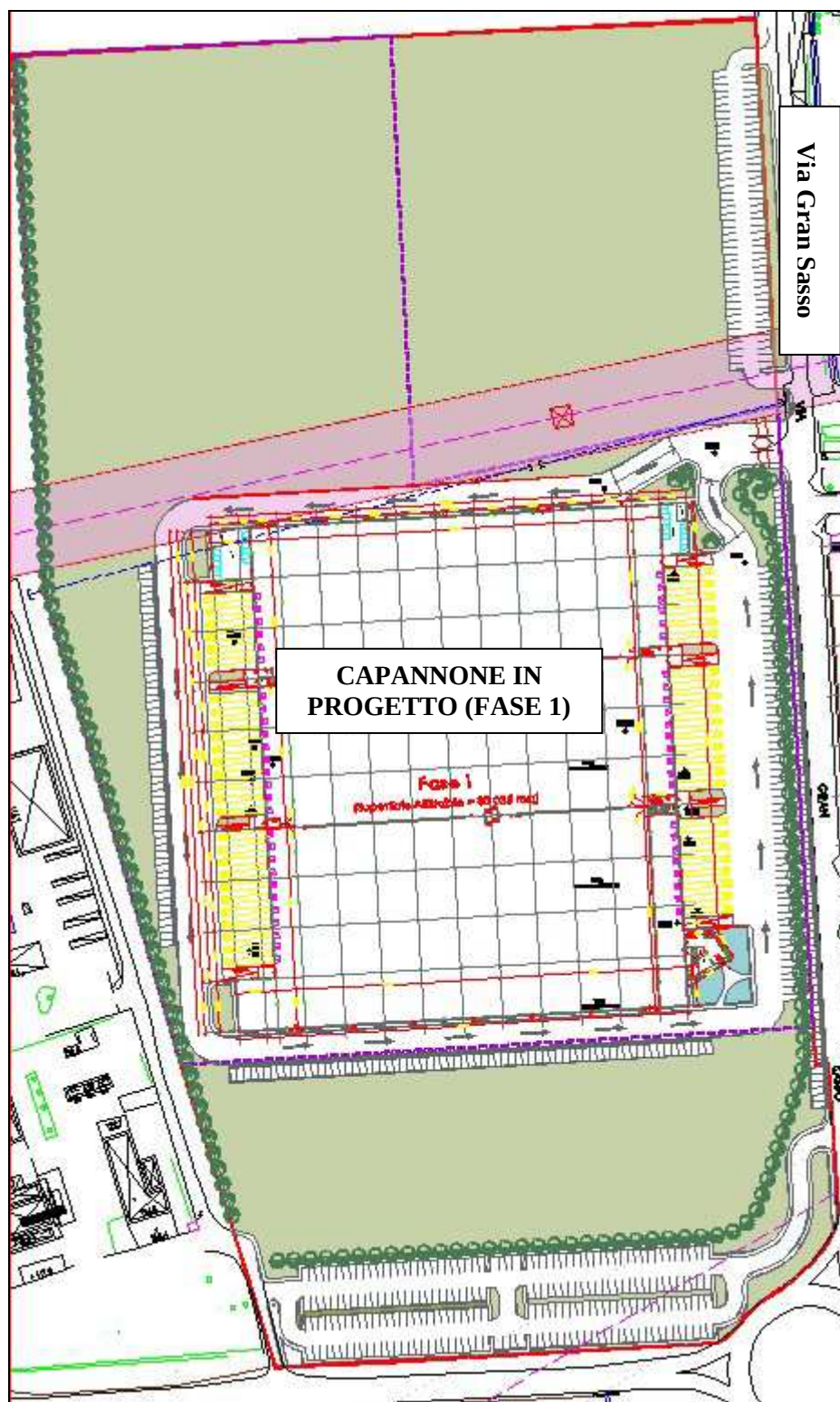


Figura 1.1 – Planimetria generale con l'indicazione del capannone in progetto (layout progettuale del 06/07/2015-revisione 3 (cod. disegno TRUCC15))

2) CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE GENERALI DEL SITO

Nel presente capitolo si riportano alcune note circa la struttura geologica dell'area finalizzate ad un inquadramento generale del sito in esame.

2.1 Inquadramento geomorfologico e idrografico del sito

L'area oggetto di studio è ubicata a Truccazzano, in località Cascina Rozza. Il sedime della struttura in progetto, che misura in pianta circa 30.000 m², presenta una morfologia piana, con quote mediamente pari a 109 metri s.l.m. (quote tratte dalla base cartografica del PGT).

Il territorio comunale è caratterizzato da numerosi elementi idrografici, tra i quali va menzionato il Fiume Adda, che scorre in prossimità del confine comunale orientale, il Canale della Muzza, che scorre a circa 2 km a est dell'area e il torrente Molgora, che scorre a circa 1 km a ovest dell'area in esame.

Si segnala inoltre una fitta rete di rogge e canali tra cui si cita solo il Cavo Banfa, che scorre lungo il confine nord, sud, est ed ovest dell'area ove ricade l'intervento edilizio in progetto.

Il Fiume Adda, i Torrenti Molgora e Trobbia appartengono al Reticolo Idrico Principale e sono gestiti dalla Regione Lombardia, mentre il Canale della Muzza e il Cavo Banfa sono tra i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore gestiti dal Consorzio di Bonifica della Muzza bassa Lodigiana.

Un altro importante elemento naturale che caratterizza, dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale è rappresentato dai fontanili (risorgenze della falda a livello del piano campagna) dovuti a sbarramento idraulico per riduzione della granulometria del terreno nel passaggio dall'alta alla media pianura, e per l'avvicinamento della superficie freatica al piano campagna col diminuire della quota media topografica. Di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e piezometriche riguardanti il territorio in esame.

GEOSAT srl GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 6/37

Inquadramento geologico

Il settore di pianura in esame è costituito sostanzialmente da depositi continentali di origine fluvioglaciale riferibili al quaternario sovrapposti a sedimenti marini. Nel territorio di Truccazzano i litotipi affioranti sono costituiti da depositi del fluvioglaciale wurmiano, costituenti il cosiddetto “Livello Fondamentale delle Pianura” (LFP), e dai depositi alluvionali che formano ripiani terrazzati ribassati di alcuni metri rispetto al livello di base delle pianura.

Di seguito vengono riportati i caratteri distintivi delle tre unità geologiche che costituiscono il sottosuolo del territorio in esame, da quelle più antiche a quelle più recenti.

- Depositi fluvioglaciali di età Wurmiana, risultano essere l’ultima fase di un esteso e forte colmamento fluviale della pianura nel Pleistocene più recente. Questa unità è costituita essenzialmente da un’alternanza di sabbie e ghiaie con orizzonti a forte componente limosa, presenta una zona di alterazione superficiale di colore bruno rossiccio. Nel territorio in esame questi sedimenti sono i più diffusi e affiorano in modo continuo da nord verso sud, ad eccezione della valle dell’Adda. Si osserva come lo strato superiore di alterazione non è sempre garantito; l’aratura dei campi spesso l’ha rimaneggiato mescolandolo con la coltre superiore di humus e talvolta con le sottostanti ghiaie e sabbie. Al contrario dove lo strato di alterazione non ha subito tale rimaneggiamento, la vegetazione spontanea ha sensibilmente trasformato la parte superiore del deposito che ha assunto la caratteristica colorazione bruno-rossastra dovuta alla presenza di acidi umici.
- Depositi alluvionali antichi, sono depositi fluviali di età olocenica, costituiti da ghiaia e sabbia prevalente. Formano il livello inferiore a quello fondamentale della pianura, incidendolo e costituendo il terrazzo più elevato della valle dell’Adda, sono quindi incassati nel LFP e si distinguono, oltre che per la posizione altimetrica più bassa, anche per la mancanza di uno strato di alterazione superficiale. Si trovano pertanto nella porzione più orientale del territorio in corrispondenza dell’incisione valliva sopraccitata e, in prossimità di Corneliano Bertario, con una lingua che da SSE sale verso NNO, testimoniando l’incisione di un paleo alveo.
- Depositi alluvionali recenti, sono i depositi più giovani, costituiti essenzialmente da ghiaie e ciottoli misti a sabbie ma talvolta si incontrano anche livelli di limo. Gli orizzonti fini, deposti in orizzonti lenticolari più o meno allungati sono strettamente legati alle divagazioni del fiume. I depositi di questa unità derivano in parte dal rimaneggiamento dei preesistenti depositi pleistocenici e non presentano alterazione superficiale. Si estendono nella parte più prospiciente al corso d’acqua affiorando in modo omogeneo lungo la valle dell’Adda, formando le superfici terrazzate altimetricamente più basse. In particolare questi depositi comprendono le alluvioni dell’alveo di piena del fiume e quelli che formano il letto normalmente occupato dalle acque.

Idrogeologia del sito

Nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche, eseguite nell'agosto e nel settembre 2015, è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo a partire da circa -2,0 m dal p.c.. Tale dato è in linea con quanto riportato nello studio geologico comunale a supporto del PGT di Truccazzano (si veda la **Figura 2.1 e 2.2**), nel quale si evince che in corrispondenza dell'area in oggetto la falda è posizionata a profondità comprese tra il p.c. e -5 dal p.c.. A tal proposito si segnala che tutto il territorio comunale, inclusa la zona ove ricade il sito in oggetto è caratterizzato, oltre che da un fitto sistema irriguo attivo rappresentato da **canali e rogge**, il quale induce effetti diretti e indiretti sull'oscillazione della falda.

Considerando poi che nei primi metri del sottosuolo vi è la presenza di terreni caratterizzati da una scarsa capacità drenante (limi e argille), non si esclude la possibile presenza di faldine "superficiali sospese".

In base a quanto sopra esposto, nei calcoli geotecnici esposti nel presente documento **si è pertanto assunto un livello di falda, a lungo termine, posto a quota del p.c.**

A tal proposito si ritiene necessario, in fase di progettazione, **prevedere una idonea impermeabilizzazione in fondazione e delle parti di struttura a contatto con il terreno.**

Inoltre si segnala la possibilità che, in fase di esecuzione degli scavi, si possano **verificare venute d'acqua**; a tal proposito **si consiglia di prevedere, già in fase di progettazione, la predisposizione di un idoneo sistema di aggottamento della falda** (p.e. tramite l'installazione di well-point) **e l'individuazione preventiva del relativo scarico delle acque emunte** (lo scarico delle acque emunte dovrà preventivamente ottenere il relativo nulla osta dell'Ente competente e quello dell'Ente Gestore).

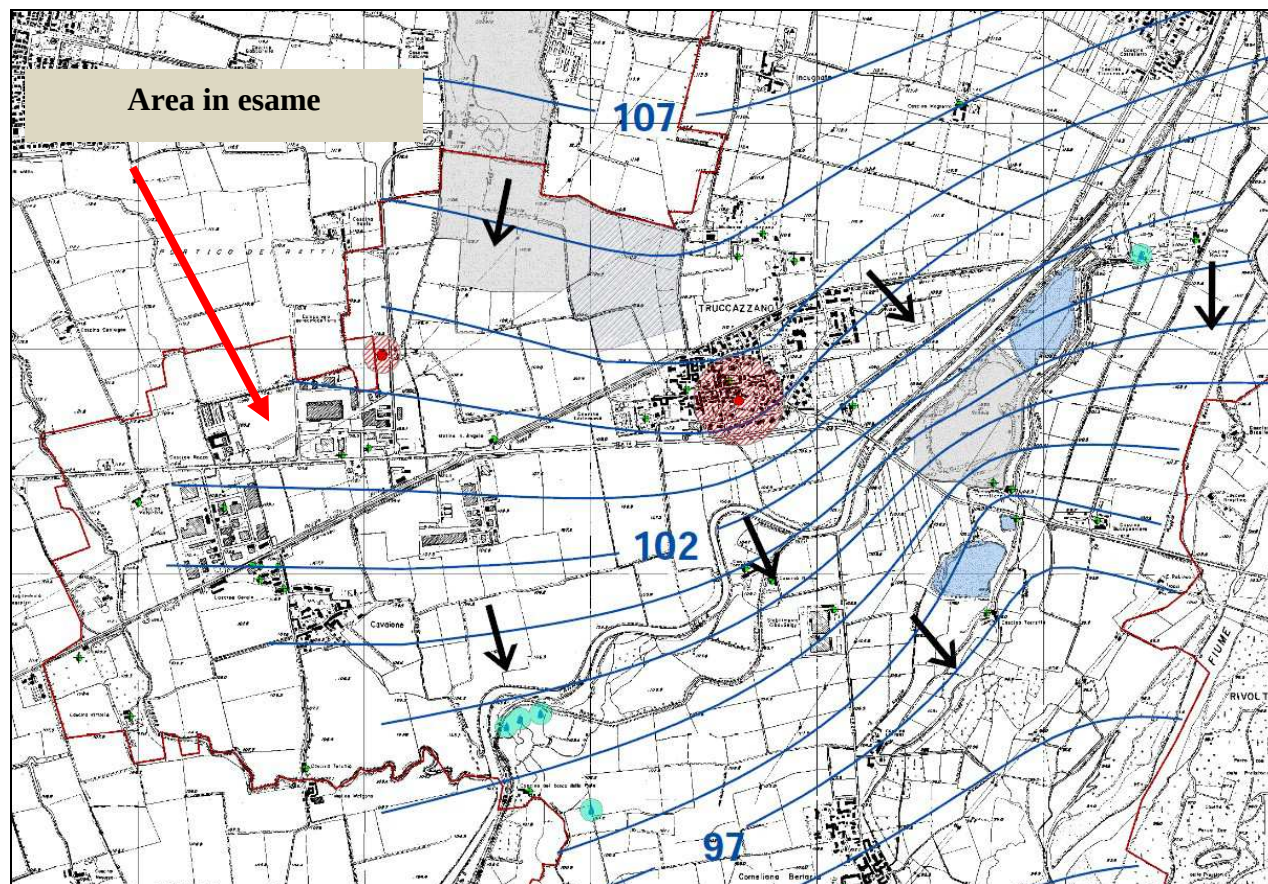


Figura 2.1 – Stralcio dell'Allegato 2 dello studio geologico comunale a supporto del PGT (si veda anche la relativa legenda in **Figura 2.2**)



Figura 2.2 – Legenda dell'Allegato 2 dello studio geologico comunale a supporto del PGT

3) CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO

La “*Carta di fattibilità geologica del PGT comunale*” è il documento che sintetizza l'attitudine delle differenti aree del territorio ai fini dell'edificabilità.

Il territorio comunale viene classicamente suddiviso in quattro classi di fattibilità, a grado di rischio crescente secondo il seguente schema:

CLASSE 1 (VERDE):	FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI
CLASSE 2 (GIALLA):	FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI
CLASSE 3 (ARANCIONE):	FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI
CLASSE 4 (ROSSA):	FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

Il sedime dell'edificio FASE 1 ricade in (si veda le **Figure da 3.1 a 3.5**):

Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con Consistenti Limitazioni. Come riportato nello studio geologico comunale, l'attribuzione della classe 3 per tale area è sostanzialmente dovuta alla soggiacenza della falda (con oscillazioni da 1 a 3 m dal p.c.) e dalla presenza di sottosuolo di fondazione a scarse caratteristiche geotecniche.

Il progetto dovrà comunque tener conto della presenza del vicino reticolo idrico le cui fasce di rispetto (di ampiezza pari a 10 m) ricadono in **Classe di fattibilità 4 – Fattibilità con Gravi Limitazioni** (zona non edificabile).

Nei riquadri seguenti sono riportate:

- le norme geologiche relative alle zone caratterizzate dalla **Classe di fattibilità 3**;
- le norme geologiche relative alle zone caratterizzate dalla **Classe di fattibilità 4** (fasce di rispetto del reticolo idrico);
- gli stralci cartografici della dello studio geologico comunale (**Figura 3.1 ÷ 3.3**).

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

“La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento”.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Si tratta delle zone individuate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) come ricadenti nella Fascia B all'esterno dei centri edificati. In quest'area sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI.

Comprende la porzione di territorio comunale che va dal limite settentrionale a quello meridionale e si trova dalla base del terrazzo morfologico principale sino al bordo di quello secondario.

Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni (colore arancio)

Le zone del territorio comunale in classe 3 sono quelle individuate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) come ricadenti nella Fascia B all'esterno dei centri edificati. In quest'area sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 29 comma 3, 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI.

Comprende la porzione di territorio comunale che va dal limite settentrionale a quello meridionale e si trova dalla base del terrazzo morfologico principale sino al bordo di quello secondario.

Per gli interventi consentiti in quest'area si dovranno comunque redigere gli studi geologici e geotecnici ai sensi del D.M. 11/03/88.

Questi saranno finalizzati alla definizione della geometria e delle caratteristiche geotecniche del substrato, dell'assetto idrologico e idrogeologico previa esecuzione di idonee indagini geognostiche e analisi di laboratorio.

Gli studi geologici dovranno essere così realizzati:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico
- assetto idrografico
- esecuzione di apposite indagini geognostiche (trincee esplorative, sondaggi, prove penetrometriche), indagini geofisiche e analisi di laboratorio.
- Relazione finale nella quale si evidenzia la fattibilità dell'opera, o degli interventi necessari per la sua realizzazione.

Assenza di interferenze dell'opera da realizzare con elementi geomorfologici, idrologici o idrogeologici o comunque della stabilità del sito interessato e delle zone ad esso contigue.

Classe 4: fattibilità con gravi limitazioni(colore rosso)

Si tratta delle zone individuate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) come ricadenti nella Fascia A all'esterno dei centri edificati. In queste aree è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Nello specifico si precisa che **è esclusa qualsiasi nuova edificazione** mentre gli interventi consentiti sono:

- opere di messa in sicurezza o mitigazione del rischio;
- eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico solo se non altrimenti localizzabili sul territorio, le stesse dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata la relazione geologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio; lo studio specifico dovrà rispondere ai criteri contenuti nell'Allegato 2 della D.G.R. n. 7/6645 del 29/10/2001.

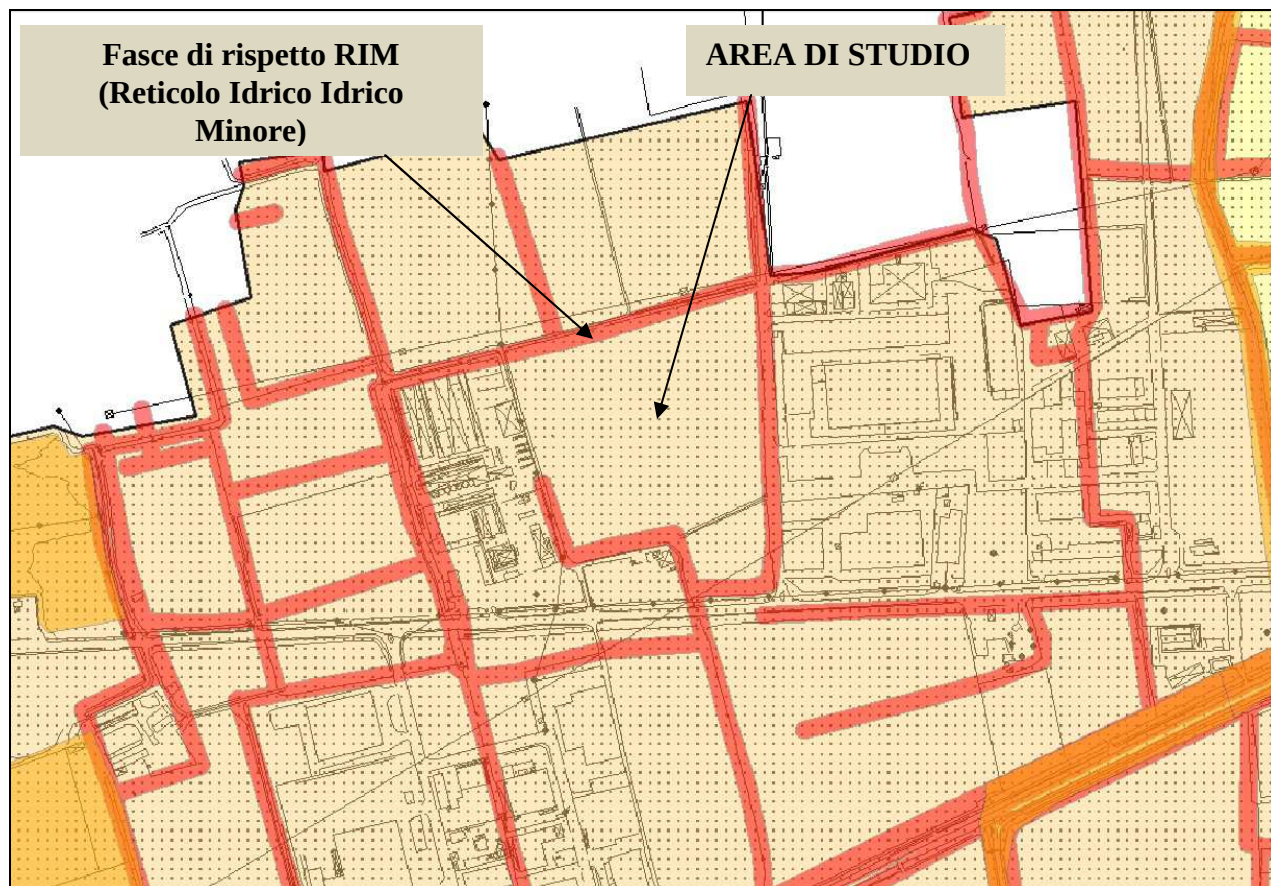


Figura 3.1 – Estratto dell'Allegato 7 dello studio geologico comunale con l'indicazione dell'area in esame. Gli estratti della legenda sono riportati nelle figure seguenti.



Figura 3.2 – Stralcio della legenda dell'Allegato 7 dello studio geologico comunale

CLASSE DI FATTIBILITÀ	DEFINIZIONE	VINCOLI	NORME AMBIENTALI	NORME DI EDIFICAZIONE
1	Fattibilità senza particolari limitazioni		Rispetto delle norme di protezione ambientale: attuazione delle predisposizioni tecniche per la mitigazione di possibili immissioni nel terreno di reflui inquinanti (pozzi perdenti, serbatoi di sostanze tossiche liquide o solubili, ecc.)	Effettuazione di prove penetrometriche e sondaggi per opere edificatorie di medie e grandi dimensioni come prescritto da D.M. 11/03/88 e C.M. 30483 del 24/09/88. Fondazioni di tipo diretto a plinti isolati o travi continue. Verifica dello stato di inquinamento dei terreni nel cambio di destinazione d'uso da industriale a residenziale.
2	Fattibilità con modeste limitazioni. Area a bassa soggiacenza della falda (con oscillazioni da 1 a 3 metri da p.c.).		Rispetto delle norme di protezione ambientale: attuazione delle predisposizioni tecniche per la mitigazione di possibili immissioni nel terreno di reflui inquinanti (pozzi perdenti, serbatoi di sostanze tossiche liquide o solubili, ecc.)	Effettuazione di prove penetrometriche e sondaggi per opere edificatorie di medie e grandi dimensioni come prescritto da D.M. 11/03/88 e C.M. 30483 del 24/09/88. Fondazioni di tipo diretto a plinti isolati o travi continue. Verifica dello stato di inquinamento dei terreni nel cambio di destinazione d'uso da industriale a residenziale. Nel caso di realizzazione di strutture interraste in fase costruttiva sarà necessario adottare misure per l'abbattimento della falda, in fase di esercizio dovranno essere realizzate opere di impermeabilizzazione.
3	Fattibilità con consistenti limitazioni. Area a bassa soggiacenza della falda (con oscillazioni da 1 a 3 metri da p.c.) e scarse proprietà geotecniche. (Fascia B del PAI all'esterno dei centri edificati)	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI) d.p.c.m. 24 maggio 2001 e s.m.i.	Rispetto delle norme di protezione ambientale: attuazione delle predisposizioni tecniche per la mitigazione di possibili immissioni nel terreno di reflui inquinanti (pozzi perdenti, serbatoi di sostanze tossiche liquide o solubili, ecc.)	Effettuazione di prove penetrometriche e sondaggi per opere edificatorie di qualsiasi dimensioni come prescritto da D.M. 11/03/88 e C.M. 30483 del 24/09/88. Fondazioni a travi continue salvo la verifica di realizzare fondazioni di tipo indiretto. Verifica dello stato di inquinamento dei terreni nel cambio di destinazione d'uso da industriale a residenziale. Nel caso di realizzazione di strutture interraste in fase costruttiva sarà necessario adottare misure per l'abbattimento della falda, in fase di esercizio dovranno essere realizzate opere di impermeabilizzazione. Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI
3A	Fattibilità con consistenti limitazioni. (Aree di allagamento torrenti Molgora e Trobbia)			Effettuazione di prove penetrometriche e sondaggi per opere edificatorie di qualsiasi dimensioni come prescritto da D.M. 11/03/88 e C.M. 30483 del 24/09/88 come per la classe 3. In questa sottoclasse si dovrà predisporre per interventi di edificazione e anche per la realizzazione di infrastrutture una relazione tecnica che valuti il rischio idraulico o che preveda interventi di mitigazione dello stesso. In questa sottoclasse si dovrà predisporre per interventi di edificazione e anche per la realizzazione di infrastrutture una relazione tecnica che valuti il rischio idraulico o che preveda interventi di mitigazione dello stesso.
4	Fattibilità con gravi limitazioni. (Fascia A all'esterno dei centri edificati). Fasce di rispetto di 10 metri su tutto il reticolo idrico superficiale. Area di rispetto fontanili	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI) d.p.c.m. 24 maggio 2001 e s.m.i. RD 523/1904 NdA PTCP art. 34		Zona non edificabile

Figura 3.3 – Stralcio della legenda dell'Allegato 7 dello studio geologico comunale

4) INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO

4.1 Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH

Le prove eseguite consistono nella misurazione continua della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno ad una punta standard e permettono dunque di ricostruire in modo continuo lo stato di addensamento degli strati di terreno attraversati alle varie profondità (z).

Le prove sono state eseguite a partire da piano campagna utilizzando un penetrometro dinamico superpesante (DPSH) Meardi - AGI (costruttore: Pagani). Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (si veda **Tabella 4.1**) si rileva una suddivisione in quattro classi in base al peso M della massa battente.

Tipo	Sigla di riferimento	Massa battente M [kg]	Prof. max indagabile ³ [m]
<i>Leggero</i>	<i>DPL (Light)</i>	$M \leq 10$	8
<i>Medio</i>	<i>DPM (Medium)</i>	$10 < M < 40$	$20 \div 25$
<i>Pesante</i>	<i>DPH (Heavy)</i>	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$	25

Tabella 4.1 - Classificazione ISSMFE, 1988 dei penetrometri dinamici

I parametri che caratterizzano il penetrometro dinamico utilizzato per la campagna geotecnica in oggetto sono stati riportati nel riquadro “**Caratteristiche tecniche dell’attrezzatura di prova**”.

La metodologia di prova è standardizzata e consiste nell’infissione di una punta conica di diametro D e conicità α mediante una batteria d’aste di diametro D_a , effettuata da un sistema automatico di battitura, costituito da un maglio avente peso M e cadente da un’altezza H . Durante la prova viene determinato il numero di colpi (N_{DPSH}) necessari per permettere un avanzamento della punta pari a δ da cui, attraverso l’utilizzo di relazioni analitiche, è possibile ricavare i principali parametri geotecnici di resistenza e di deformabilità del terreno investigato.

La prova non permette di verificare direttamente la composizione granulometrica del terreno indagato (come avviene attraverso l’esecuzione di sondaggi a carotaggio); le caratteristiche granulometriche sono pertanto desunte indirettamente. Tuttavia, data la tipologia del terreno di

fondazione, le prove penetrometriche hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione il profilo geotecnico di riferimento.

CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ATTREZZATURA DI PROVA

(Penetrometro DPSH)

- a) peso massa battente **M=73.0 kg**
- b) altezza libera caduta **H=75 cm**
- c) massa passiva **Ms=0,7 kg**
- d) diametro aste **Da=34 mm**
- e) lunghezza aste **La=1,0 m**
- f) peso aste a metro **Ma=7,0 kg/m**
- g) profondità giunzione prima asta **P1=0,9 m**
- h) punta conica: diametro punta conica **D=51 mm**; area base **A=20,43 cm²**; angolo di apertura **α=60°**;
- i) avanzamento punta **δ=30 cm**
- j) energia specifica per colpo **$Q=(M^2*H)/[A*\delta*(M+M^*)]=8,93 \text{ kg/cm}^2$**
- k) coefficiente teorico di energia **$\beta_t=Q/Q_{spt}=8,93/7,83=1,14$**

Al fine di definire i parametri geotecnici di riferimento del sottosuolo si è correlato il numero di colpi ottenuti dal penetrometro DPSH utilizzato (N_{DPSH} o N_{SCPT}) con il numero di colpi (N_{SPT}) relativo alle prove penetrometriche standard in foro di sondaggio (Standard Penetration Test). Infatti, essendo l'energia specifica per colpo relativa alla prova SPT in foro nota ($Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2$) si ottiene:

$$N_{SPT}=\beta_t*N_{DPSH}=1,14*N_{DPSH}$$

Le n°12 prove penetrometriche sono state eseguite a partire dal p.c.; la profondità massima esplorata nelle prove condotte è pari a circa 14 m dal p.c.

³ La profondità massima indicata è riferita a condizioni ottimali di penetrazione (p. es. materiali sabbiosi poco addensati e senza ciottoli o trovanti) poiché non sempre si può operativamente raggiungere le profondità indicate.

5) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

5.1 *Classificazione ai sensi dell'OPCM 3274/2003, del DM 14-01-2008 e della D.G.R. dell'11/07/2014 n°X/2129*

La classificazione sismica del territorio nazionale, regolata dalle seguenti normative:

1. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 30/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale l'08/05/03: *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale..."* e s.m.i.;
2. D.M. 14/01/2008: *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Ai sensi dell'OPCM n°3274/03, il territorio comunale di **Truccazzano (MI)** ricade nell'elenco dei comuni in **zona 4**, cioè a **minor rischio sismico**.

La Regione Lombardia ha pubblicato la DGR 11/07/2014 n°X/2129 *"Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r./2000, art. 3, c. 108, lett. d)"* che doveva entrare in vigore il 14/10/2011. In data 10/10/2014, la stessa Regione ha però emanato un disposto (DGR 10/10/2014 n. X/2489) che, nel differire al 14/10/2015 l'entrata in vigore della norma DGR 11/07/2014 n°X/2129, dispone che i progetti delle nuove costruzioni da realizzare nei territori comunali che verranno riclassificati dalla zona 4 alla zona 3 (come nel nostro caso) ed anche dalla zona 3 alla zona 2, dovranno essere redatti considerando, rispettivamente, la norma ora vigente per la zona sismica 3 e per la zona sismica 2.

Di seguito si riportano gli artt. 2 e 3 della DGR 10/10/2014 n. X/2489.

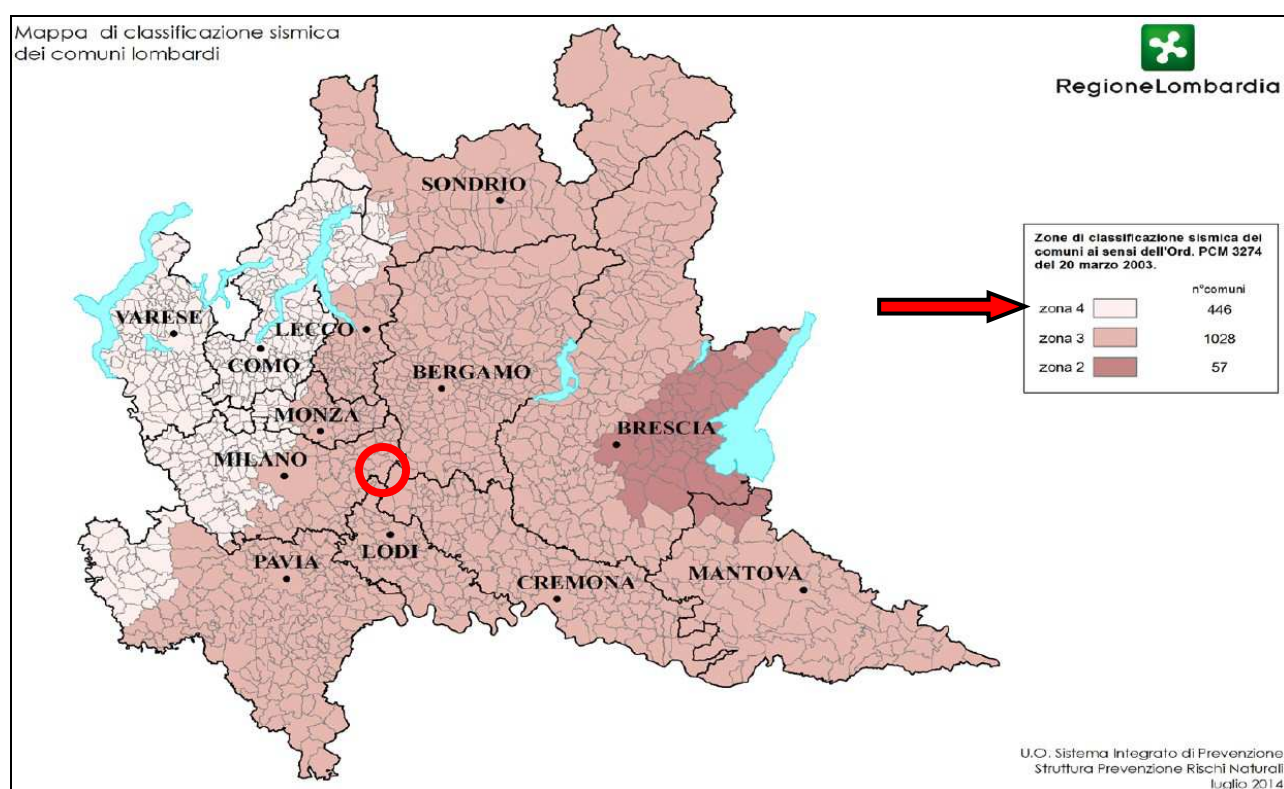
(...omissis...)

2. di differire al 14 ottobre 2015 il termine dell'entrata in vigore della d.g.r. 21 luglio 2014, n. 2129;

3. di disporre che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni che saranno riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni - pubbliche e private siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2;

(...omissis...).

Nell'Allegato A della DGR 11/07/2014 n°X/2129 si evince che il territorio comunale è stato classificato in **zona sismica 3** (si veda la **Figura 5.1**) e risulta caratterizzato da un'accelerazione massima **$A_{gmax}=0,084884$** (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).



03015222	MI	TRIBIANO	3	0,062778
03015224	MI	TRUCCAZZANO	3	0,084884
03015226	MI	TURBIGO	4	0,037795

Figura 5.1 –Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi (DGR 11/07/2014 n°X/2129) e relativo stralcio dell'allegata tabella

Con riferimento alle NTC 2008 il sito in oggetto, definito dalle seguenti coordinate geografiche **Lat: 45.4838; Long: 9.4431**, rientra nel reticolo sismico di riferimento riportato in **Figura 5.2**.

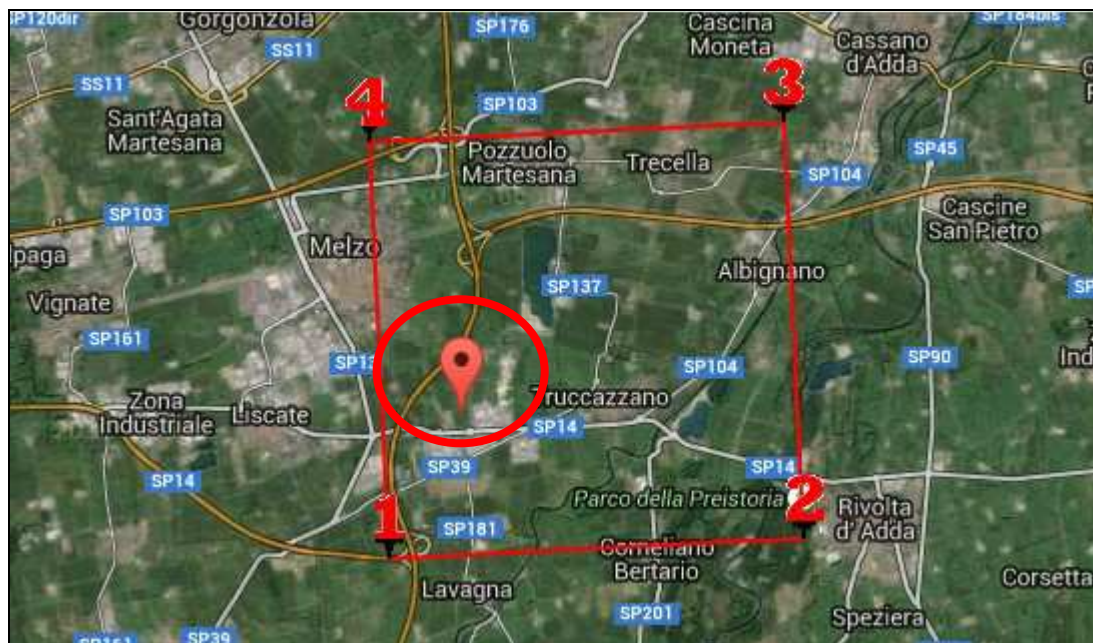


Figura 5.2 – Reticolo sismico di riferimento per il sito in oggetto (www.geostru.com)

Le coordinate geografiche dei siti che costituiscono il reticolo sismico di riferimento sono i seguenti (per “Distanza” si intende la distanza in metri tra il cantiere in oggetto e i siti di riferimento):

Sito 1	ID: 12264	Lat: 45,4667	Lon: 9,4306	Distanza: 2143,608
Sito 2	ID: 12265	Lat: 45,4690	Lon: 9,5017	Distanza: 4855,009
Sito 3	ID: 12043	Lat: 45,5190	Lon: 9,4983	Distanza: 5809,742
Sito 4	ID: 12042	Lat: 45,5166	Lon: 9,4272	Distanza: 3851,293

Dall’analisi di pericolosità sismica riportata nello studio geologico comunale si evince che l’area in esame è classificata in zona **Z4a – Zona di fondovalle con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali**.

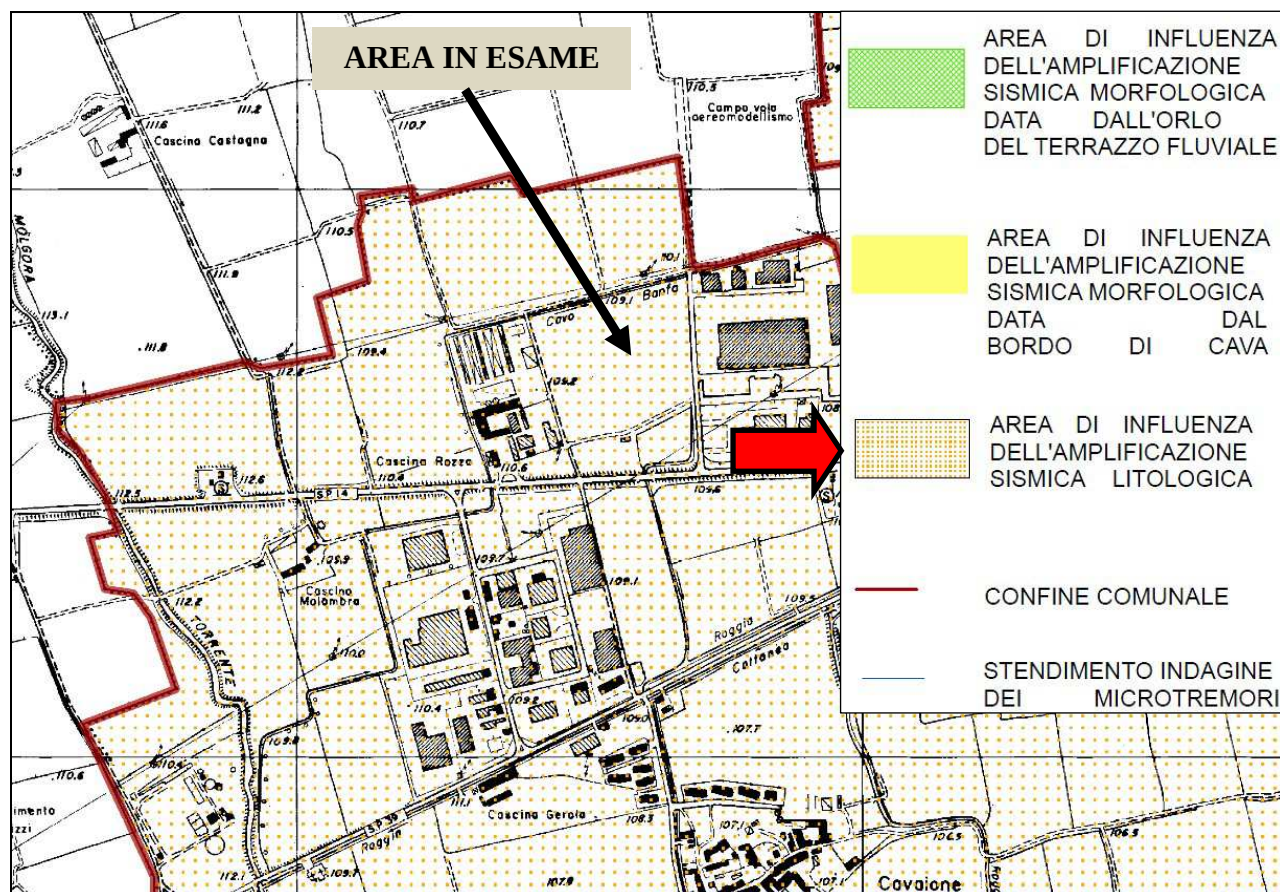


Figura 5.2 – Estratto dell'Allegato 4 dello studio geologico comunale, con l'indicazione del sito in esame e del relativo stralcio di legenda.

5.2 Categoria sismica del sottosuolo di fondazione

Dall'esame della normativa geologica allegata al PGT del comune di Truccazzano, si evince quanto riportato nel seguente riquadro, estratto dal capitolo 6 "Pericolosità sismica" della citata normativa:

Sulla base dei risultati sopra esposti, valgono le seguenti prescrizioni in relazione alla pericolosità sismica:

- per il periodo 0,5-1,5 la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di risposta previsto dalla normativa per i suoli di tipo B;

per il periodo compreso tra 0,1-0,5, a seguito dell'applicazione del 2° livello si è dimostrata l'inadeguatezza della normativa sismica all'interno dello scenario Z4a individuato, pertanto si rende necessario l'approfondimento di 3° livello.

In alternativa si potrà utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (nel nostro caso trattandosi di suolo di tipo B si dovrà utilizzare lo spettro di risposta elastica caratteristico del suolo di tipo C).

La categoria sismica del sottosuolo di fondazione è stata eseguita con l'ausilio dei risultati di 1 stendimento geofisico MASW e misure di microtremore sismico mediante tecnica H.V.S.R., con analisi congiunta dei dati, dettagliatamente descritta nella sezione **Allegati** della presente documento. Tale indagine ha permesso di calcolare il valore delle V_{s30} **pari a circa 373 m/s** (compreso tra 360 e 800 m/s). Secondo la normativa nazionale (D.M. 14-01-2008) a tale valore corrisponde la categoria sismica di sottosuolo B (dato in linea con lo studio geologico comunale). Considerando inoltre:

- a) i risultati dello studio della pericolosità sismica di 2 livello riportati nello studio geologico comunale;
- b) che il valore delle V_{s30} è solo di poco maggiore della soglia minima (360 m/s) del *range* dei valori associato alla categoria di sottosuolo B. Il valore delle V_{s30} , calcolato tra il p.c. e -30 m di profondità, nel caso specifico, è da ritenersi valido anche nel caso di fondazioni su pali (con quota testa pali nei primi metri di profondità dal p.c.). Infatti, il DM 14-01-2008 prevede che, nel caso di fondazioni su pali, il calcolo delle V_{s30} dovrà essere svolto entro i 30 m di profondità dalla testa dei pali;

- c) che la normativa sismica regionale e comunale permettono di utilizzare, in alternativa allo studio sismico di 3° livello, lo spettro di risposta elastico associato al sottosuolo di fondazione di categoria C;

nel caso la struttura sia caratterizzata da periodi compresi tra 0,1-0,5 s, si conferma la possibilità di utilizzare direttamente la CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO C.

Si segnala che la definizione del dell'effettivo valore del periodo proprio delle strutture (DGR 8/7374 del 2008 e IX/2616 del 2011, All 5, § 2.2) da realizzare spetta ai Progettisti in quanto è funzione delle caratteristiche ingegneristiche dell'opera in progetto (rigidità delle strutture portanti, altezza, grado di regolarità delle strutture, ecc.).

6) PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO IN CORRISPONDENZA DELL'EDIFICIO FASE 1

Al fine di definire il modello geotecnico del sottosuolo in corrispondenza dell'edificio FASE 1, si è proceduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici caratteristici (di resistenza e di deformabilità) tramite le correlazioni qui sotto riportate.

Densità relativa:

Skempton, 1986

$$Dr = 100 \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}} \quad [\%]$$

$N_{60} = N_{SPT}(ER/60)$, valore medio di N_{SPT} corretto in funzione dell'energia rilasciata dal sistema di battitura, con $ER=65\%$
 $(N_1)_{60} = N_{60} \cdot C_N$, valore di N_{SPT} corretto in funzione del rendimento e della profondità di prova, dove:
 $C_N = (98,1/\sigma'_{vo})^{0,5}$ (Whitman e Liao); $C_N = 2/(1+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie fini); $C_N = 3/(2+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie grosse).

Angolo di resistenza al taglio di picco:

Meyerhof, 1965:

$$\varphi = 29,47 + 0,46 \cdot N_{spt} - 0,004 \cdot N_{spt}^2 \quad (< 5\% \text{ di limo})$$

$$\varphi = 23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^2 \quad (> 5\% \text{ di limo})$$

Schmertmann, 1977:

$$\varphi = 28 + 0,14 \cdot D_r \quad (\text{sabbia fine uniforme})$$

$$\varphi = 31,5 + 0,11 \cdot D_r \quad (\text{sabbia media uniforme/sabbie fini ben gradate})$$

$$\varphi = 34,5 + 0,10 \cdot D_r \quad (\text{sabbia grossa uniforme/sabbia media ben gradata})$$

$$\varphi = 38 + 0,08 \cdot D_r \quad (\text{ghiaietto uniforme/sabbia e ghiaia poco limosa})$$

Modulo di deformabilità (modulo di elasticità o di Young): Bowles (1991); D'Appolonia (1977)

I parametri geotecnici di riferimento sono riportati nelle seguenti tabelle (**Tabella 6.1**) ove, oltre i valori medi di N_{spt} e i valori relativi ai parametri geotecnici, sono stati riportati anche i valori (stimati in base al grado di addensamento relativo Dr) del peso nell'unità di volume del terreno naturale e saturo (γ e γ_{sat}) e dell'angolo di resistenza al taglio a "volume costante" (φ_{CV}).

Strati	Prof. Strati	γ	Nspt	Dr	ϕ'	ϕ_{cv}
	[m dal p.c.]	[kN/mc]		[%]	[°]	[°]
A (sabbie e limi)	0,0	$\gamma=16,5$ $\gamma_{sat}=17,5$	2÷6	≈34	≤27	≤24
	2,2					
B (sabbie e ghiaie con limi)	2,2	$\gamma=17,0$ $\gamma_{sat}=18,0$	5÷7	≈45	≈34	≈30
	4,5					
C (sabbie e ghiaie con limi)	4,5	$\gamma=17,5$ $\gamma_{sat}=18,5$	11	≈54	≈38	≈34
	7,2					
D (sabbie e ghiaie con limi)	7,2	$\gamma=18,5$ $\gamma_{sat}=19,5$	16	≈58	≈38	≈34
	11,7					
E (sabbie e ghiaie con limi)	11,7	$\gamma=19,0$ $\gamma_{sat}=20,0$	29	≈72	≈40	≈36
	Fine prova					

Tabella 6.1 – Valori dei principali parametri geotecnici del sito in corrispondenza dell'edificio FASE 1 desunti dalle prove penetrometriche superpesanti eseguite. L'indicazione della natura dei terreni indagati riportata nella presente tabella è da ritenersi orientativa anche perché è stata dedotta da una indagine "indiretta" (prove penetrometriche DPSH e non da sondaggi a carotaggio) e non può essere considerata utile al fine della classificazione merceologica dei terreni.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) - Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 27/37

7) FONDAZIONI INDIRETTE (PALI): VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE RC,d (§ 6 DELLE NTC)

Considerando che il sottosuolo indagato è caratterizzato da terreni con caratteristiche geomeccaniche relativamente scadenti (alcuni dei profili penetrometrici in allegato evidenziano stati di addensamento assai scarso sino a circa -2,2 m dal p.c.) e dalla presenza di falda a quote vicine al p.c., il progetto strutturale prevede fondazioni “indirette” (pali), tali da trasferire le azioni di progetto agli strati di terreno a migliori caratteristiche geomeccaniche.

Come riportato in precedenza, all’atto della stesura del presente documento non sono note le azioni effettive di progetto agenti ai piedi dei pilatri, poiché il progetto strutturale definitivo/esecutivo è in fase di elaborazione. Di conseguenza, i valori di capacità portante dei pali di cui al presente documento sono da intendersi indicativi e dovranno essere oggetto di opportune verifiche in relazione alle azioni di progetto effettivamente gravanti in fondazione.

I calcoli, svolti ai sensi del DM 14/01/2013 (Approccio 2), i cui risultati sono riportati nel presente capitolo, sono relativi alla determinazione della resistenza di calcolo $R_{c,d}$ (calcolo allo SLU) per carichi verticali di compressione del sistema palo singolo-terreno.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 28/37

7.1 Valutazione della resistenza a compressione di progetto ($R_{c,d}$) del sistema palo singolo-terreno (calcolo allo SLU)

La stima della resistenza di calcolo per carichi assiali a compressione dei pali singoli di fondazione in progetto (calcolo allo stato limite ultimo SLU, *Approccio 2* (§ 6.4.3.1 delle NTC)) è stato svolto determinando il valore della resistenza a compressione di progetto $R_{c,d}$. Il valore $R_{c,d}$ è dato dalla somma di due aliquote di resistenza, quella relativa alla resistenza a compressione di progetto laterale del palo $(R_{c,d})_{laterale}$ e quella relativa alla resistenza a compressione di progetto alla base del palo $(R_{c,d})_{base}$. Quindi si ha:

$$(R_{c,d}) = (R_{c,d})_{laterale} + (R_{c,d})_{base}$$

Dove:

$R_{c,d}$ è la resistenza a compressione di progetto del palo singolo considerato;

$(R_{c,d})_{laterale}$ è la resistenza a compressione di progetto laterale del palo;

$(R_{c,d})_{base}$ è la resistenza a compressione di progetto alla base del palo;

Nei riquadri riportati nelle pagine seguenti si è indicato il procedimento di calcolo utilizzata per la definizione della resistenza a compressione e a trazione di progetto dei pali.

Si precisa inoltre che in fase di progettazione esecutiva dei pali di fondazione si dovrà anche:

- tener conto dell'effetto "gruppo" dei pali e valutarne la "capacità portante di gruppo", in funzione anche del loro interasse effettivo;
- valutare e verificare la resistenza dei pali (singoli e in gruppo) alle azioni trasversali;
- valutare i relativi cedimenti (verticali e laterali), sia del sistema palo singolo-terreno che dei gruppi di pali e verificarne la compatibilità con la struttura in progetto.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO ALLA BASE DEL PALO SINGOLO PER SOLI CARICHI ASSIALI DI COMPRESSIONE $(R_{c,d})_{base}$

Determinazione della resistenza a compressione di calco alla base del palo

Il metodo utilizzato è quello proposto da *Berezantzev et al.*, (1965) in base al quale, in condizioni “drenate” e per terreni portanti prevalentemente granulari si ha:

$$(R_{c,cal})_{base} = (N_q \cdot \sigma'_{vo}) \cdot A_b$$

dove:

N_q , fattore di capacità portante (*Berezantzev et al.*, 1965), ricavato considerando L/D L =lunghezza palo, D =diametro palo) e l'angolo di resistenza al taglio di picco del terreno in corrispondenza della punta del palo $\phi = \phi_{base\ palo} - 3^\circ$ (come suggerito da *Kishida*, 1967 per pali trivellati);

A_b , area della punta del palo

σ'_{vo} , pressione verticale efficace alla quota di imposta della punta del palo.

Determinazione della resistenza a compressione caratteristica alla punta del palo

Tale resistenza è data dal rapporto tra la resistenza a compressione di calcolo $(R_{c,cal})_{base}$ e il coefficiente di sicurezza parziale $\xi_3 = 1,40$ (Tab. 6.4.IV delle NTC). Quindi si ha:

$$(R_{c,k})_{base} = \frac{(R_{c,cal})_{base}}{\xi_3}$$

La resistenza a compressione di progetto alla base del palo risulta pari a:

$$(R_{c,d})_{base} = \frac{(R_{c,k})_{base}}{\gamma_R}$$

Dove $\gamma_R = \gamma_b = 1,35$ (Tab. 6.4.II delle NTC) è il coefficiente di sicurezza parziale relativo all'Approccio 2 (R3).

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO LATERALE DEL PALO SINGOLO PER SOLI CARICHI ASSIALI DI COMPRESSIONE $(R_{c,d})_{laterale}$

Determinazione della resistenza laterale a compressione di calco del palo

Il metodo utilizzato è quello riportato da *Viggiani* in base al quale, in condizioni “drenate” e per terreni portanti prevalentemente granulari si ha:

$$(R_{c,cal})_{laterale} = k * \sigma'_{vo} \tan g \varphi' \cdot A_l$$

A_l , superficie laterale del palo in corrispondenza dello strato portante considerato;

σ'_{vo} , pressione verticale efficace a metà dello strato di terreno portante considerato;

φ' , angolo di resistenza al taglio del terreno;

k , coefficiente dipendente dalla metodologia realizzativa del palo e delle caratteristiche del terreno.

Nel caso in esame, è stato considerato pari a 0,45 (valore desunto dalle indicazioni fornite da *Viggiani*)

Determinazione della resistenza laterale caratteristica del palo

Tale resistenza è data dal rapporto tra la resistenza laterale a compressione di calcolo $(R_{c,cal})_{laterale}$ e il coefficiente di sicurezza parziale $\xi_3=1,40$ (Tab. 6.4.IV delle NTC). Quindi si ha:

$$(R_{c,k})_{laterale} = \frac{(R_{c,cal})_{laterale}}{\xi_3}$$

La resistenza di progetto laterale del palo per soli carichi assiali di compressione risulta pari a:

$$(R_{c,d})_{laterale} = \frac{(R_{c,k})_{laterale}}{\gamma_R}$$

Dove $\gamma_R=\gamma_s=1,15$ (Tab. 6.4.II delle NTC) è il coefficiente di sicurezza parziale relativo all'Approccio 2 (R3).

7.2 Raccomandazioni e controlli connessi alla realizzazione dei pali di fondazione

Potendo variare, a seconda degli accorgimenti esecutivi e dei macchinari adottati, sia le portate effettive che il comportamento in esercizio dei pali rispetto ai dati teorici riportati nel presente documento, si raccomanda di ottenere dall'Impresa esecutrice dei lavori le necessarie assicurazioni sulle effettive prestazioni dei pali. Le portate e il comportamento dei pali (con particolare riferimento ai cedimenti) dovranno essere verificate mediante idonee prove/indagini (es: prove di carico, indagini al fine di verificare l'integrità e le caratteristiche geometriche dei pali, ecc.); tali prove/indagini dovranno essere definite e concordate, con riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/2008), anche con il Collaudatore in corso d'opera.

Per quanto riguarda i controlli/verifiche dei pali di fondazione, di seguito si riporta quanto previsto dal DM 14/01/2008 (§ 6.4.3.7.2).

6.4.3.7.2 Prove di verifica in corso d'opera

Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

8) RISULTATI RELATIVI ALLA DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE DI CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

8.1 Determinazione della resistenza di calcolo per carichi verticali di compressione

Nel presente paragrafo si espongono i risultati dei calcoli geotecnici svolti, finalizzati alla stima della “capacità portante” (resistenza di calcolo a compressione per carichi assiali – calcolo allo SLU).

Metodologia realizzativa: pali trivellati

PALO TIPO 1

diametro reso del palo:	450 mm;
quota testa palo:	circa -2,2 m dal p.c.;
quota base palo:	circa -10,7 m dal p.c.;
lunghezza palo:	8,5 m;
Resistenza di calcolo per carichi verticali di compressione	$R_{c,d} \approx 280 \text{ kN}$.

PALO TIPO 2

diametro reso del palo:	450 mm;
quota testa palo:	circa -2,2 m dal p.c.;
quota base palo:	circa -12,2 m dal p.c.;
lunghezza palo:	10,0 m;
Resistenza di calcolo per carichi verticali di compressione	$R_{c,d} \approx 330 \text{ kN}$.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 33/37

9) CONCLUSIONI

Il presente lavoro esamina, ai sensi del DM 14/01/2008, le condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area ubicata nel Comune di Truccazzano (MI), Via Gran Sasso, ove è prevista la realizzazione di un nuovo edificio denominato FASE 1.

L'edificio FASE 1 ha un sedime di 185x166 m e non sarà dotato di piani interrati.

Si precisa che ad oggi risulta ancora in fase di elaborazione il progetto strutturale definitivo/esecutivo, quindi i dati riportati nel presente documento sono da intendersi indicativi e dovranno essere oggetto di opportuni aggiornamenti/verifiche sulla base delle effettive scelte progettuali, sugli effettivi carichi agenti in fondazione e sull'effettiva metodologia realizzativa dei pali di fondazione previsti dal progetto.

Indagine geotecnica e geofisica svolta

Il presente documento è stato redatto sulla base di un'indagine geotecnica e geofisica eseguita in loco e consistita nell'esecuzione:

- di n°12 prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti (DPSH), che hanno raggiunto la massima profondità a -14,0 m circa dalla quota media del piano campagna;
- n°1 stendimento sismico (MASW);
- n°1 indagine sismica passiva con metodo HVSr.

La posizione delle prove geotecniche e geofisiche eseguite è stata schematicamente riportata nella planimetria in allegato.

Presenza di acqua nel sottosuolo (§ 2)

Nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche, eseguite nell'agosto e nel settembre 2015, è stata riscontrata la presenza di acqua nel sottosuolo a partire da circa -2,0 m dal p.c.. Tale dato è in linea con quanto riportato nello studio geologico comunale a supporto del PGT di Truccazzano (si

veda la **Figura 2.1 e 2.2**), nel quale si evince che in corrispondenza dell'area in oggetto la falda è posizionata a profondità comprese tra il p.c. e -5 dal p.c.. A tal proposito si segnala che tutto il territorio comunale, inclusa la zona ove ricade il sito in oggetto è caratterizzato, oltre che da un fitto sistema irriguo attivo rappresentato da **canali e rogge**, il quale induce effetti diretti e indiretti sull'oscillazione della falda. Considerando poi che nei primi metri del sottosuolo vi è la presenza di terreni caratterizzati da una scarsa capacità drenante (limi e argille), **non si esclude la possibile presenza di faldine "superficiali sospese"**. In base a quanto sopra esposto, nei calcoli geotecnici esposti nel presente documento **si è pertanto assunto un livello di falda, a lungo termine, posto a quota del p.c.** A tal proposito si ritiene necessario, in fase di progettazione, **prevedere una idonea impermeabilizzazione in fondazione e delle parti di struttura a contatto con il terreno.**

Inoltre, si segnala la possibilità che in fase di esecuzione degli scavi **potranno verificarsi venute d'acqua**; a tal proposito quindi a nostro avviso **si consiglia di prevedere, già in fase di progettazione, la predisposizione di un idoneo sistema di aggettamento della falda** (p.e. tramite l'installazione di well-point) **e l'individuazione preventiva del relativo scarico delle acque emunte** (lo scarico delle acque emunte dovrà preventivamente ottenere il relativo nulla osta dell'Ente competente e quello dell'Ente Gestore).

Fattibilità geologica alle azioni di piano (§ 3)

Il sedime dell'edificio FASE 1 ricade in (si veda le **Figure da 3.1 a 3.5**):

Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con Consistenti Limitazioni. Come riportato nello studio geologico comunale, l'attribuzione della classe 3 per tale area è sostanzialmente dovuta alla soggiacenza della falda (con oscillazioni da 1 a 3 m dal p.c.) e dalla presenza di sottosuolo di fondazione a scarse caratteristiche geotecniche.

Il progetto dovrà comunque tener conto della presenza del vicino reticolo idrico le cui fasce di rispetto (di ampiezza pari a 10 m) ricadono in **Classe di fattibilità 4 – Fattibilità con Gravi Limitazioni** (zona non edificabile).

Aspetti di carattere geotecnico

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 35/37

L'indagine geotecnica eseguita ha evidenziato un sottosuolo costituito dai terreni descritti nel § 6 del presente documento.

Considerando che nei primi metri di profondità il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di terreno a scarse caratteristiche geomeccaniche, il progetto prevede la realizzazione di pali di fondazione, con la funzione di trasmettere le azioni della sovrastruttura agli strati di terreno a migliori caratteristiche geomeccaniche. A tal proposito, nel § 8 del presente documento e al quale si rimanda si è provveduto a riportare i risultati dei calcoli geotecnici svolti per la determinazione della capacità portante di due tipologie di pali di fondazione: in fase di progettazione definitiva/esecutiva, si dovranno svolgere le opportune verifiche geotecniche sulla base delle effettive azioni gravanti in fondazione, considerando anche l'effettiva metodologia realizzativa dei pali ed eseguendo verifiche circa l'entità dei cedimenti (assoluti e differenziali) in fondazione (calcolo allo SLE).

Rischio sismico

Il territorio comunale di Truccazzano (MI) ricade:

- a) secondo OPCM n°3274 del 2003: nell'elenco dei comuni in zona 4, cioè a minor rischio sismico;
- b) secondo il DM 14/01/2008: all'interno del reticolo sismico di cui al § 5;
- c) secondo lo studio sismico a supporto del PGT: **Analisi di 1° livello**

dall'analisi di pericolosità sismica riportata nello studio geologico comunale (Analisi di 1° livello) si evince che l'area oggetto di studio è classificata come **Z4a – Zona di fondovalle con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali**;

- d) secondo lo studio sismico a supporto del PGT: **Analisi di 2° livello**

viene indicato un sottosuolo di categoria sismica B per periodi della struttura compresi tra 0,5 e 1,5 s; per periodi della struttura compresi tra 0,1 e 0,5 s è riportata la necessità di ricorrere ad uno studio sismico di 3 livello o, in alternativa, all'utilizzo dello spettro elastico di cui al sottosuolo di categoria C.

L'indagine geofisica eseguita in sito ha sostanzialmente confermato quanto riportato nello studio geologico comunale, quindi:

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 36/37

- a) **struttura caratterizzata da periodi compresi tra 0,5 e 1,5 s: sottosuolo di fondazione di categoria B;**
- b) **struttura caratterizzata da un periodi compresi tra 0,1 e 0,5 s: sottosuolo di fondazione di categoria C.**

Si segnala che la definizione del dell'effettivo valore del periodo proprio delle strutture (DGR 8/7374 del 2008 e IX/2616 del 2011, All 5, § 2.2) da realizzare spetta ai Progettisti in quanto è funzione delle caratteristiche ingegneristiche dell'opera in progetto (rigidità delle strutture portanti, altezza, grado di regolarità delle strutture, ecc.).

Terre e rocce da scavo

Nel presente documento non si è presa in considerazione la tematica relativa alla movimentazione delle terre e rocce da scavo che dovrà essere analizzata in funzione di una pluralità di elementi quali:

- stato di salubrità del terreno da movimentarsi;
- tipologia del terreno da movimentarsi (distinguendo riporto da terreno in posto);
- risultati delle analisi chimiche (differenziate in funzione della natura tipologica del terreno da movimentarsi);
- modalità di gestione del terreno scavato (conferimento a destini esterni al cantiere o riutilizzo in cantiere).

Semplificando e schematizzando:

- nel caso di conferimento dei terreni di scavo all'esterno come sottoprodotto, si dovrà far riferimento all'Art.41-bis della L. 98/2013 del 09.08.2013;
- nel caso di riutilizzo dei terreni di scavo internamente al sito, dall'Art. 185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- nel caso di conferimento dei terreni di scavo come rifiuto, dal Titolo I Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) - Via Gran Sasso Nuovo edificio FASE 1 Relazione Geologica - Relazione Geotecnica	Nome file: 2083 R1 del 16.09.2015 Revisione: 00 Pag. 37/37

Si precisa inoltre che, qualora il progetto definitivo preveda delle modifiche sostanziali rispetto a quanto riportato nel presente documento (ad es. la quota di imposta delle fondazioni, la tipologia e la geometria delle fondazioni, l'entità dei carichi, ecc.), si dovrà procedere a elaborare nuove valutazioni di tipo geotecnico.

Dott. Ing. Maurizio Mauro



Dott. Geol. Giuseppe Baroni



TRUCCAZZANO (MI)

Via Gran Sasso

Nuovo edificio ad uso produttivo/logistica

**RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE GEOTECNICA**

ALLEGATI

2083 - Truccazzano (MI) - Via Gran Sasso

Nuovo edificio produttivo FASE 1

Ubicazione schematica dell'indagine geotecnica e geofisica svolta



LEGENDA

✕ DPSH 1-12: Prove penetrometriche

— Stendimento geofisico MASW

● Indagine geofisica HVSR

GEOSAT^{srl} GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio produttivo Rapporto stendimento sismico MASW ed HVSR	Nome file: 2083 MASW Rev. 00 del 16.09.2015 Pag. 1/14

INDICE

1. PREMESSA	2
2. ANALISI HVSR	2
2.1 Cenni sulla metodologia HVSR	2
2.2 Acquisizione dei dati	3
2.3 Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti	3
3. INDAGINE SISMICA MASW	7
3.1 Cenni sulla metodologia MASW	7
3.2 Acquisizione dei dati	8
3.3 Analisi ed elaborazione congiunta dei segnali acquisiti	9
4. PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO	13

GEOSAT srl GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio produttivo Rapporto stendimento sismico MASW ed HVSR	Nome file: 2083 MASW Rev. 00 del 16.09.2015 Pag. 2/14

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica descrive gli esiti della campagna di prospezione geofisica, eseguita il 15 agosto 2015 e finalizzata alla ricostruzione sismostratigrafica dei terreni di fondazione di un nuovo edificio da realizzare nel comune di Truccazzano (MI), Via Gran Sasso.

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie** con elaborazione dei dati secondo la **procedura MASW** ed analisi congiunta con i dati ottenuti mediante l'esecuzione di **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**.

Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'**andamento medio delle onde Vs** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro **Vs₃₀** di sito al fine di classificare il terreno di fondazione (tabelle allegate al D.M. 14/01/08).

Contestualmente alla prospezione sismica è stata condotta una campagna di indagine geognostica, consistita nell'esecuzione di Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT. I risultati delle prove sono stati tenuti in considerazione durante l'elaborazione dei dati sismici al fine di ottenere un modello geofisico medio maggiormente vincolato e affidabile.

2. ANALISI HVSR

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale *Vs* nelle porzioni più profonde, si è scelto di eseguire anche una misurazione dei microtremori sismici ambientali per la definizione e l'analisi del rapporto spettrale H/V.

2.1 Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale.

La prova a stazione singola, consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde *S* nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza *f_r* relativa alla configurazione stratigrafica del sito (con *f_r* circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde *S* fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

2.2 Acquisizione dei dati

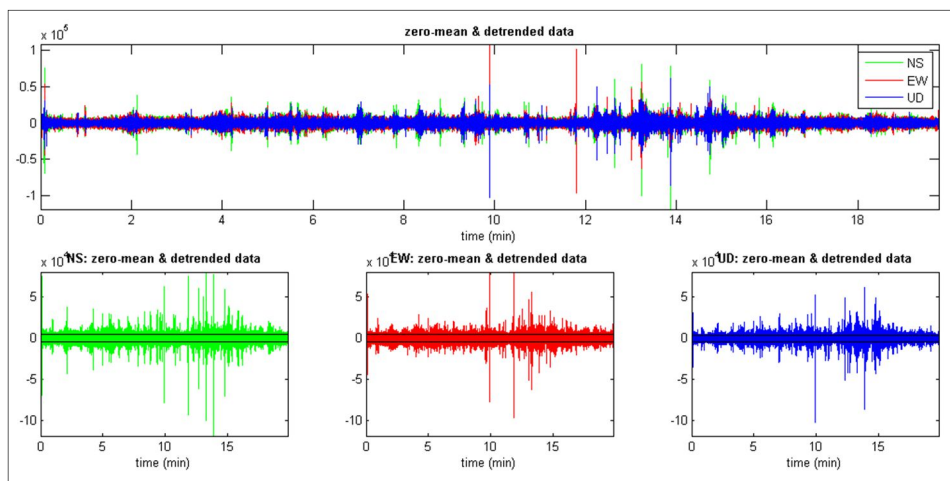
Nell'area d'indagine è stata eseguita, mediante stazione singola o tromometro, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 20 minuti.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

2.3 Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.0*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

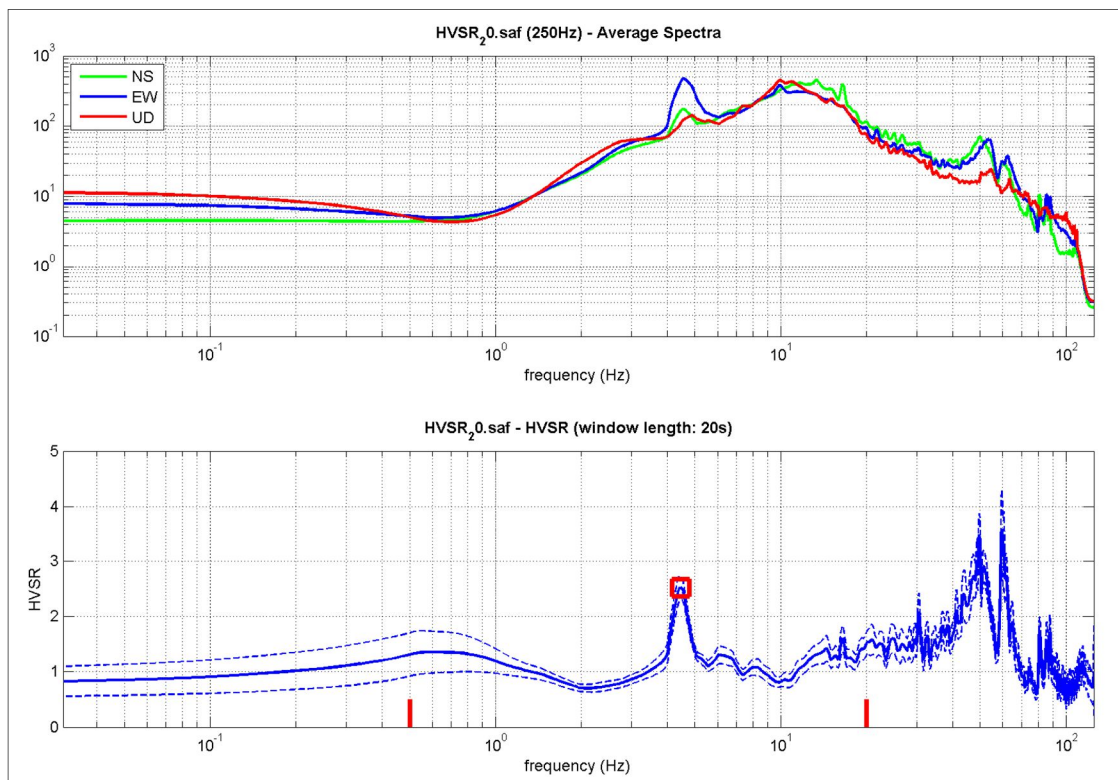


Visualizzazione dei dati originali, prima di eseguire la rimozione di eventi transienti

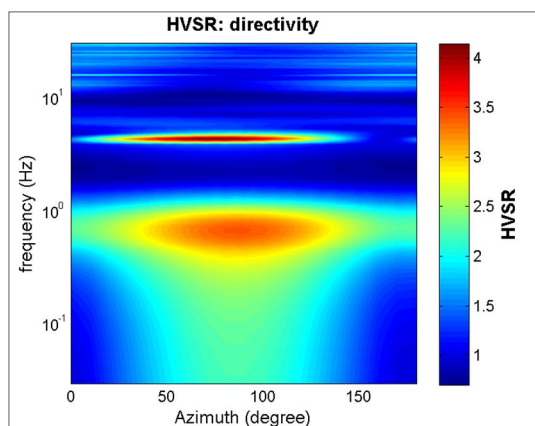
La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato.
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.

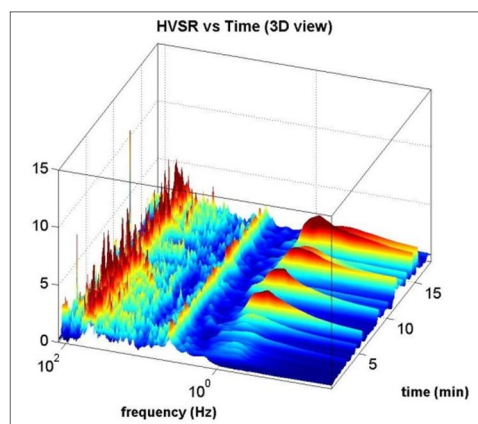
- 6) Calcolo delle curve HVSr come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSr media tra le n curve HVSr.

**HVSr e spettro medio di ampiezza del sito indagato**

I risultati ottenuti possono essere verificati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSr. Questo controllo viene eseguito mediante un grafico in cui sono riportati i valori della funzione H/V (scala cromatica) in funzione della frequenza (ordinata), al variare della direzione del segnale (ascissa), ed un grafico tridimensionale in cui è riportato l'andamento della funzione H/V (colori) in funzione della frequenza, al variare del tempo.



Direttività del segnale
(la sua continuità in quasi tutte le direzioni è indice di validità delle misure effettuate)



Persistenza delle misure
(si noti la buona continuità del segnale quindi la validità dei dati stessi, si trascurino le frequenze >20Hz)

GEOSAT^{srl} GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio produttivo Rapporto stendimento sismico MASW ed HVSR	Nome file: 2083 MASW Rev. 00 del 16.09.2015 Pag. 6/14

La curva HVSR calcolata, indica un picco principale a circa 4,5 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto *SESAME* (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/L_w]: 4.457 > 0.5$ (OK)
- #2. $[n_c > 200]: 9626 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]: \text{yes, at frequency } 1.1\text{Hz}$ (OK)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]: \text{yes, at frequency } 5.2\text{Hz}$ (OK)
- #3. $[A_0 > 2]: 2.5 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$ (OK)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]: 5.161 > 0.223$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.212 < 1.58$ (OK)

Descrizione dei risultati

Il picco a 4,5 Hz, di ampiezza pari 2.5, rispetta tutti i criteri *SESAME* per una curva affidabile e rispetta il minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro. Il criterio #5 è spesso tra i più restrittivi; al di là della sua rigorosa formulazione, si è valutato il dato con buon senso e si è scelto di non andare a modificare i parametri di elaborazione affinché esso fosse verificato.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza di risonanza attorno ai 4,5 Hz. Il picco di risonanza del sito indagato è legato probabilmente ad un contrasto di impedenza acustica presente tra i depositi della sequenza fluvioglaciale e sottili strati di conglomerato, riscontrabili da circa 30 m di profondità dal p.c. in poi.

Il picco individuato dall'analisi HV e il suo relativo tratto di curva è stato quindi utilizzato, tramite modellazione diretta per l'analisi congiunta MASW+HVSR, per trarre informazioni utili a profondità a cui la sola indagine MASW non può evidentemente arrivare. Esso è stato considerato significativo in quanto caratterizzato da una minima diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (tratto in rosso) che ne attesta la sua origine stratigrafica.

GEOSAT^{srl} GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio produttivo Rapporto stendimento sismico MASW ed HVSR	Nome file: 2083 MASW Rev. 00 del 16.09.2015 Pag. 7/14

3. INDAGINE SISMICA MASW

3.1 Cenni sulla metodologia MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale delle Onde di Superficie)*

Con una prospezione MASW si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*.

Le MASW attive sono realizzate di solito tramite analisi delle onde di Rayleigh e cioè delle componenti principali delle onde di superficie che si producono dall'iterazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Queste vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale a bassa frequenza e generate da una comunissima sorgente ad impatto verticale, la classica martellata.

In sintesi, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

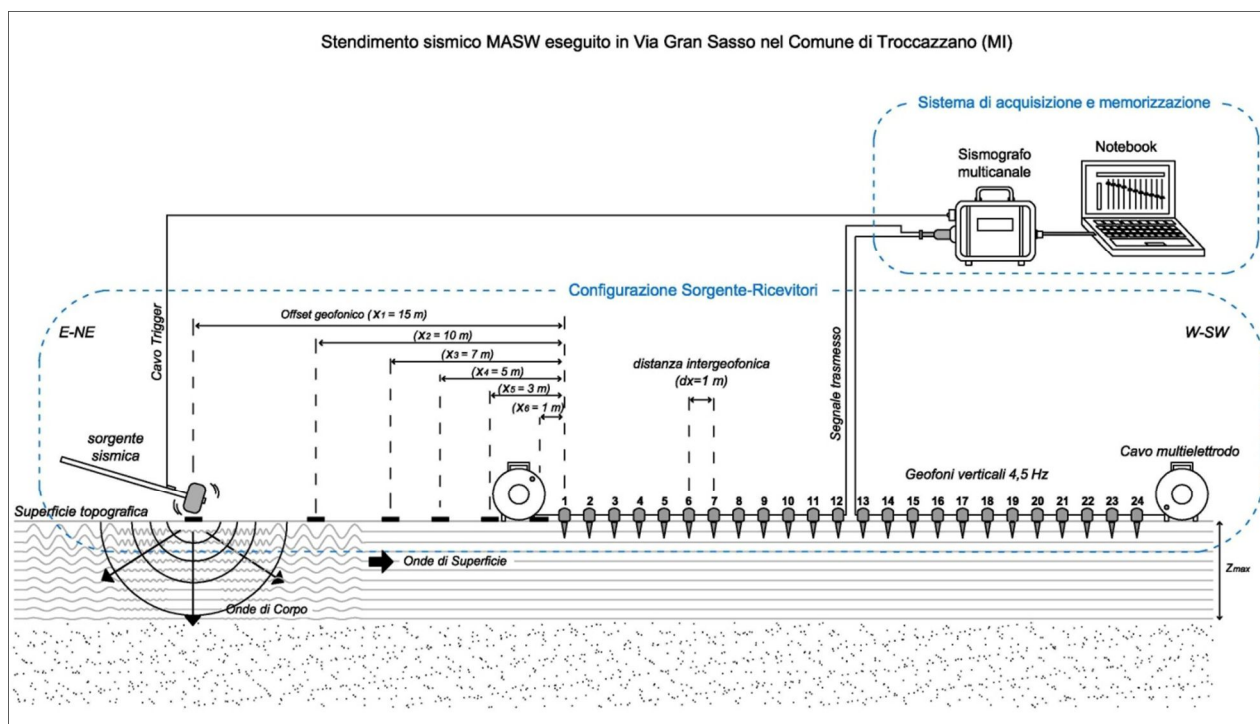
L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. L'ampiezza delle *Surface Waves* dipende da $\sqrt{r}$ e non da r come per le *Body Waves*.
3. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo MASW non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.
4. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

3.2 Acquisizione dei dati

L'acquisizione dei dati è avvenuta mediante registrazione della propagazione delle onde di Rayleigh generate da una sorgente ad impatto (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale ed un sismografo multicanale.



Schema di acquisizione MASW adottato presso il sito di progetto

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro dei fabbricati di progetto. L'allineamento sismico ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) e diversa intensità di energizzazione, per una lunghezza complessiva dello stendimento di 38 m.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito da uno stendimento di 24 geofoni (*Geospace GS11D*) a frequenza di 4,5 Hz e puntale da 3" collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di

acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

3.3 Analisi ed elaborazione congiunta dei segnali acquisiti

Fase 1 - Determinazione dello spettro di velocità ed individuazione della curva di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'**analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase**.

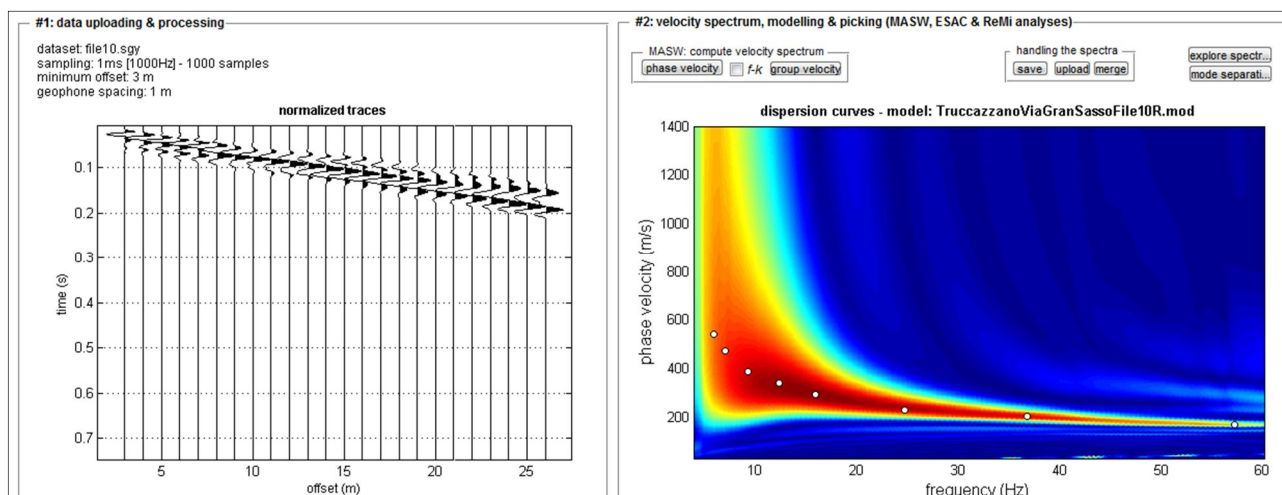
Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità*. Nella trasformazione viene indicato come unico vincolo le massime e minime velocità e frequenze (in altri termini i limiti dello spettro di velocità).

Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del segnale registrato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale stesso.

Particolare attenzione nell'interpretazione della curva di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità.

Se avviene tale sovrapposizione, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i *modi* correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire ed analizzare più scoppi sismici ad *Offset* variabili. Tutte le curve di dispersione vengono quindi visionate prima di procedere al processing del *dataset* prescelto (*file10.dat*). I modi superiori, come in questo caso, se correttamente riconosciuti, concorrono ad elaborare un modello maggiormente vincolato e preciso.

L'interpretazione dello spettro di velocità avviene mediante ***l'individuazione della curva di dispersione*** eseguendo un *picking* lungo gli allineamenti di massima energia del segnale.



GEOSAT _{srl} GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Truccazzano (MI) – Via Gran Sasso Nuovo edificio produttivo Rapporto stendimento sismico MASW ed HVSR	Nome file: 2083 MASW Rev. 00 del 16.09.2015 Pag. 10/14

Nel caso in esame, è stato individuato, mediante modellazione diretta (vedi prossima immagine), il modo fondamentale, utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

Fase 2 - Determinazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) lungo la verticale mediante Inversione della curva di dispersione e analisi congiunta con la curva H/V.

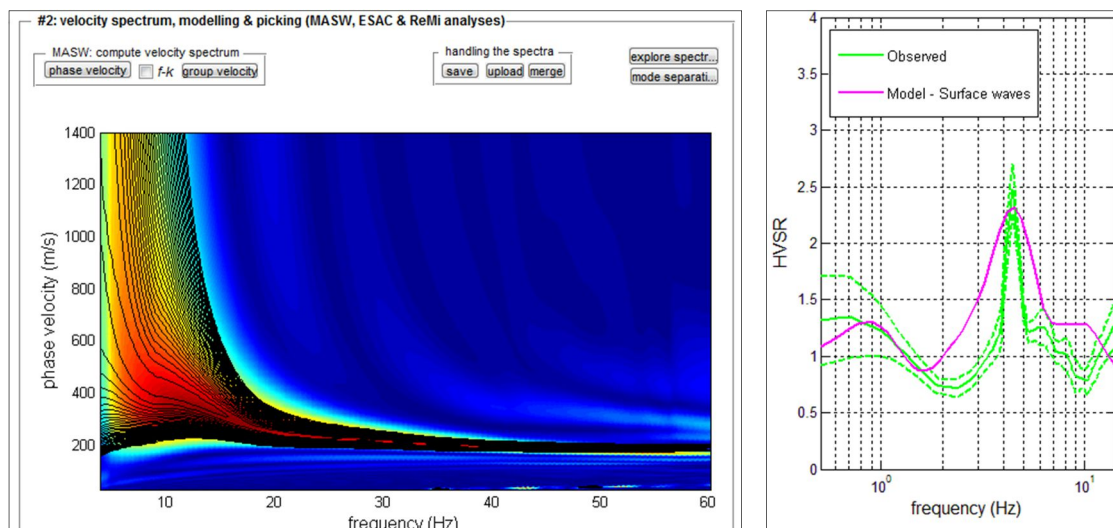
Dalla curva di dispersione delle onde di Rayleigh si vuole ricostruire il modello che è responsabile di quella curva effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si ricava il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (dataset).

La curva di dispersione dipende, oltre che dalla velocità delle onde di taglio (V_s), anche dallo spessore degli strati, e in minima parte dalla velocità delle onde di compressione (V_p) e dalla densità del terreno. Ciò implica che la determinazione delle V_s a partire dalla curva di dispersione e quindi dalla Velocità di fase $V(f)$, costituisce un problema non lineare. Per la sua risoluzione, mediante software *WinMASW (Eliosoft) versione Academy 7.0*, si procede all'utilizzo di algoritmi basati su un approccio non lineare, che vanno a valutare il “*misfit*” e quindi a minimizzare i valori di differenza tra curva piccata e la curva del modello considerato. Gli algoritmi utilizzati offrono una ricerca molto ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza.

E' invece necessario definire uno “spazio di ricerca” all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Questo è stato scelto in funzione della modellazione diretta, eseguita precedentemente e dalle conoscenze geolitologiche e stratigrafiche dell'area in esame.

Il modelling diretto è stato quindi in ogni caso utilizzato, mediante il programma di elaborazione, per una verifica finale e di partenza del modello di velocità ottenuto mediante inversione con algoritmi. La modellazione diretta è stata eseguita attraverso approccio *FVS (Full Velocity Spectrum)* mediante il quale viene considerato l'intero spettro di velocità e non le curve di dispersione scelte dall'operatore. Il metodo si basa su generazione di sismogrammi sintetici e rappresenta un elemento di verifica del *picking* effettuato, in funzione del modello di V_s atteso.

Inoltre, per l'interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a più bassa frequenza (<10 Hz), e quindi nelle porzioni più profonde del modello geofisico, è stata considerata la curva HV ottenuta dall'indagine sismica HVSR. In particolare è stata eseguita un'**analisi congiunta** tra lo spettro di dispersione ottenuto con indagine MASW e la curva H/V misurata, al fine di ottenere un solo modello di velocità.



Risultati dell'analisi congiunta MASW+HVSR: a sinistra lo spettro di velocità con modellazione diretta mediante approccio FVS, a destra confronto tra H/V sperimentale (verde) e teorico (viola), ottenuti per lo stesso modello di velocità considerato.

La modellazione della curva HV di campagna è stata eseguita considerando il contributo delle onde di superficie (linea viola) ottenendo una buona sovrapposizione con la curva HV misurata (linea verde).

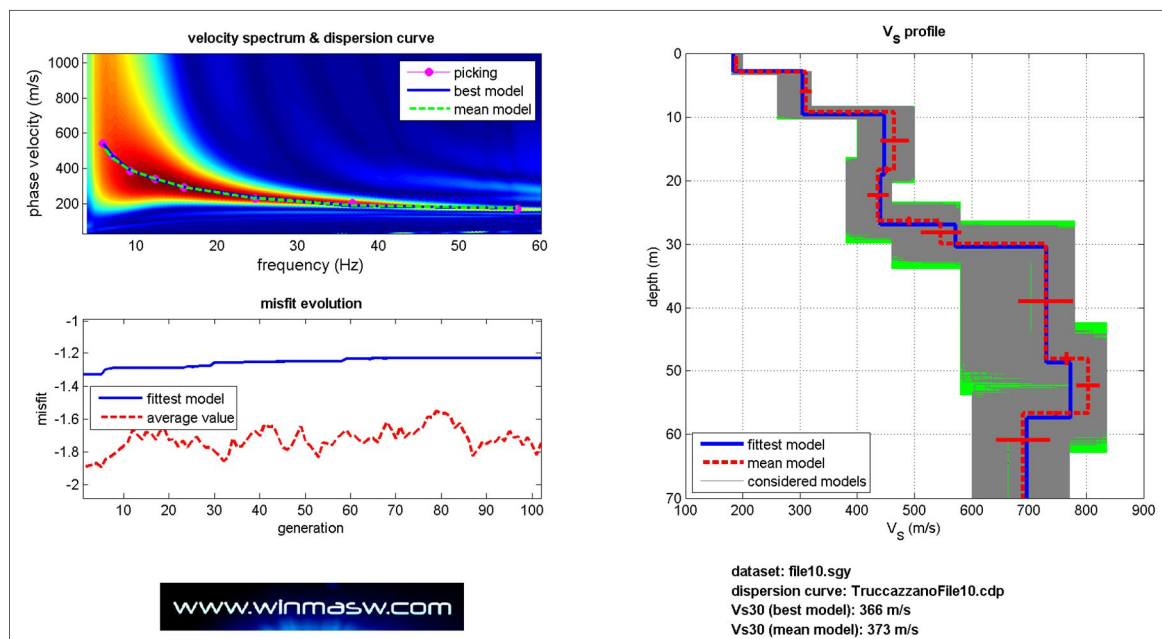
Si sottolinea come solamente l'analisi congiunta MASW+HVSR abbia consentito di determinare un profilo di Vs completo, potendo superare i limiti di entrambi i metodi; per le indagini MASW l'ambiguità delle Vs dei livelli più profondi (a basse frequenze) e per l'HVSR la non univocità della soluzione.

Si riassumono di seguito alcuni dati relativi ai parametri di acquisizione e di elaborazione utilizzati:

Dati relativi allo shot 6 – dataset: File10.sgy
offset minimo del dataset utilizzato: 3 m
distanza intergeofonica: 1.0 m
Frequenza di campionamento: 1.00 ms
Tempo di acquisizione: 1 s
Curva di dispersione: TruccazzanoFile10.cdp
Numero di soluzioni utilizzate per il calcolo del modello medio: 4600

Per l'elaborazione dei modelli di velocità è stato impostato l'utilizzo di 8 strati, compatibile con l'assetto sismostratigrafico del sito d'interesse e con la modellazione della curva H/V sperimentale.

I risultati del *picking*, del relativo processo di inversione e del profilo verticale di Vs ricavato, sono riassunti nella seguente figura:



Si sottolinea come il profilo verticale di Vs ottenuto oltre i 30 metri di profondità dal p.c., illustrato in figura e riportato nel modello geofisico medio, sia il risultato dell'analisi della curva HV sperimentale, effettuata durante l'analisi congiunta MASW+HVSR.

4. PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Per l'elaborazione ed interpretazione dei dati si è tenuto conto, delle evidenze del segnale acquisito, delle conoscenze stratigrafiche, nonché delle prove penetrometriche eseguite nel sito di indagine. Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW in maniera congiunta con l'analisi della curva H/V.

Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori di V_p , densità e modulo di Poisson eseguite dal software di elaborazione. Poiché la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla V_s e degli spessori degli strati (cioè dalla geometria), tali valori di densità e V_p devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da V_p , ma solamente da V_s e densità e quindi rappresenta una miglior stima.

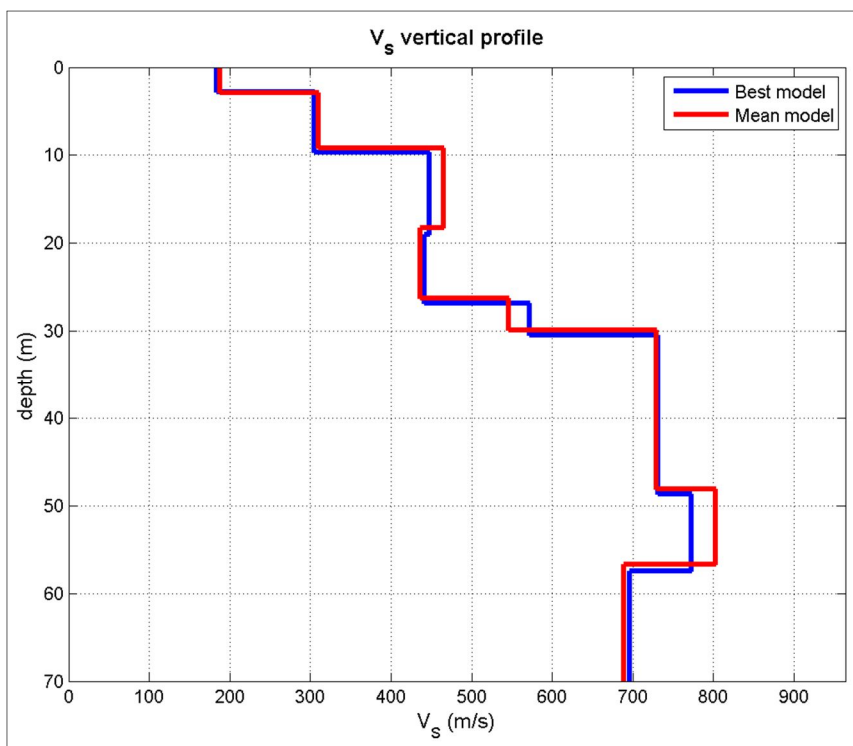
MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via Gran Sasso, Truccazzano (MI)								
Sismostrato	V_s (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima della V_p (m/s)	V_p/V_s	Stima densità (g/cm^3)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	188	2.9	- 2.9	368	1.96	1.81	0.32	64
2	310	6.3	- 9.2	669	2.16	1.96	0.36	188
3	465	9.0	- 18.2	1019	2.19	2.06	0.37	445
4	436	8.0	- 26.2	878	2.01	2.02	0.34	384
5	546	3.6	- 29.8	1160	2.12	2.09	0.36	623
6	729	18.2	- 48.0	1608	2.21	2.17	0.37	1153
7	803	8.6	- 56.6	1579	1.97	2.16	0.33	1396
8	689	13.4	-70.0	1345	1.95	2.13	0.32	1009

Si sottolinea che i parametri sopra riportati sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato.

	Vs5	Vs20	Vs30	Categoria di sottosuolo: B
Modello medio	225 m/s	338 m/s	373 m/s	Stimata sulla base del valore di Vs30 calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2018 $V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{V_{s,i}}} \text{ (m/s)}$

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio fino a 60 m dal p.c. utilizzata per il calcolo del parametro V_{S30} .

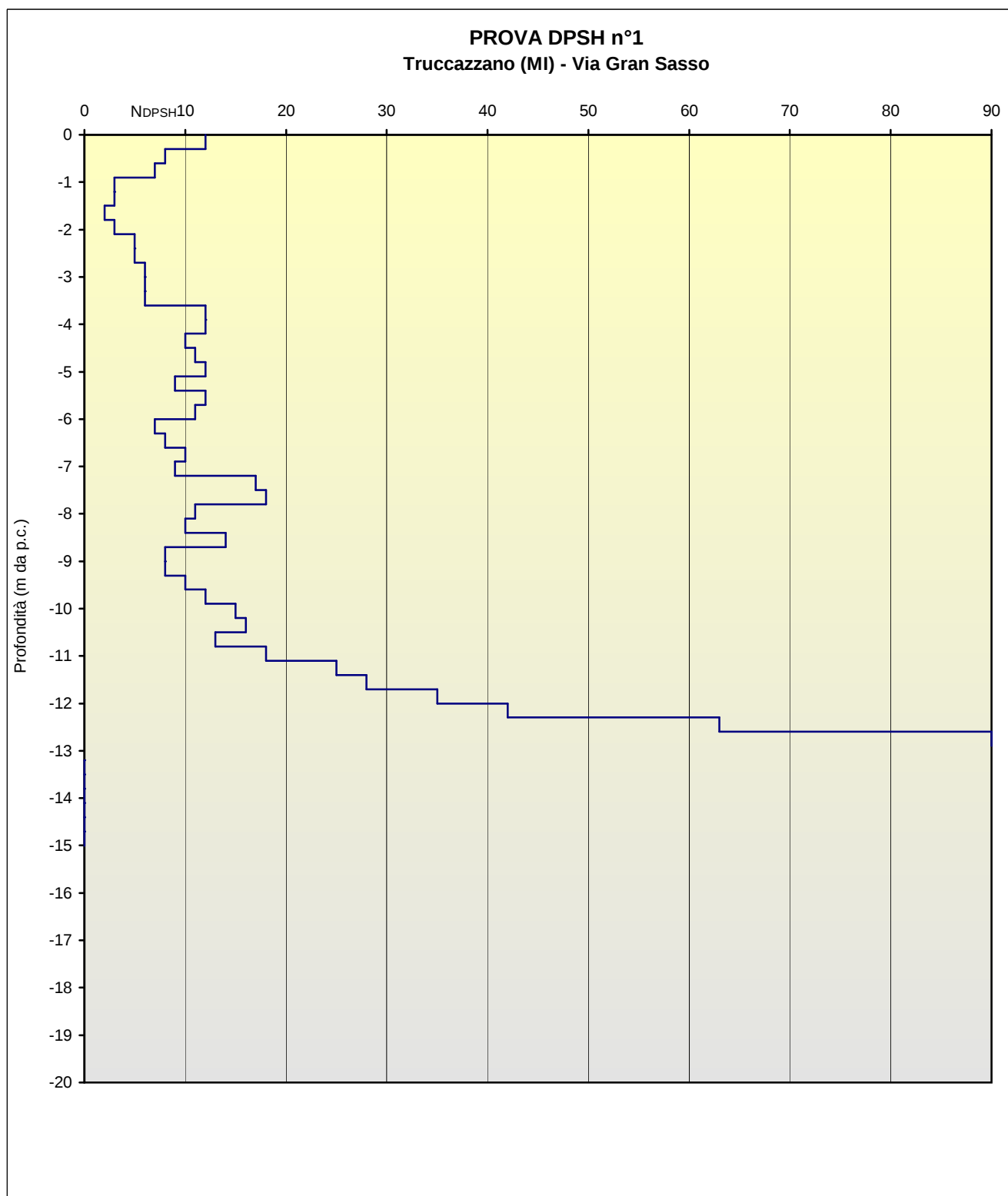
Sezione sismostratigrafica schematica



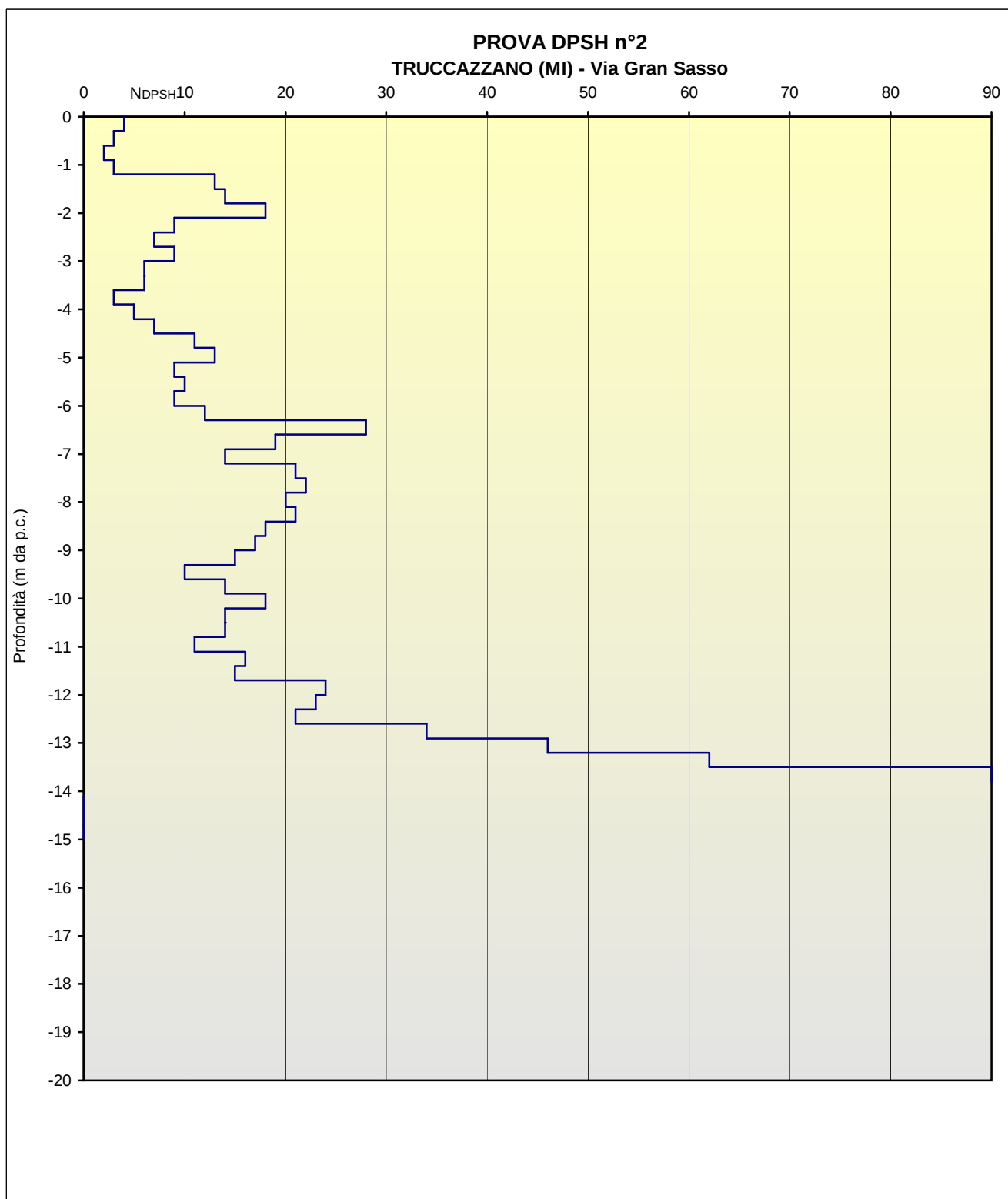
In base ai dati sismostratigrafici ottenuti, si rileva una coltre superficiale di circa 3,0 m di terreno vegetale/rimaneggiato poco addensato, con velocità di propagazione delle onde S pari a 190 m/s.

Seguono presumibilmente depositi sabbioso-ghiaiosi appartenenti alla sequenza sedimentaria fluvio-glaciale. Essi sono caratterizzati da un graduale e generale aumento della velocità delle onde S con la profondità, con valori che variano da 310 a 545 m/s.

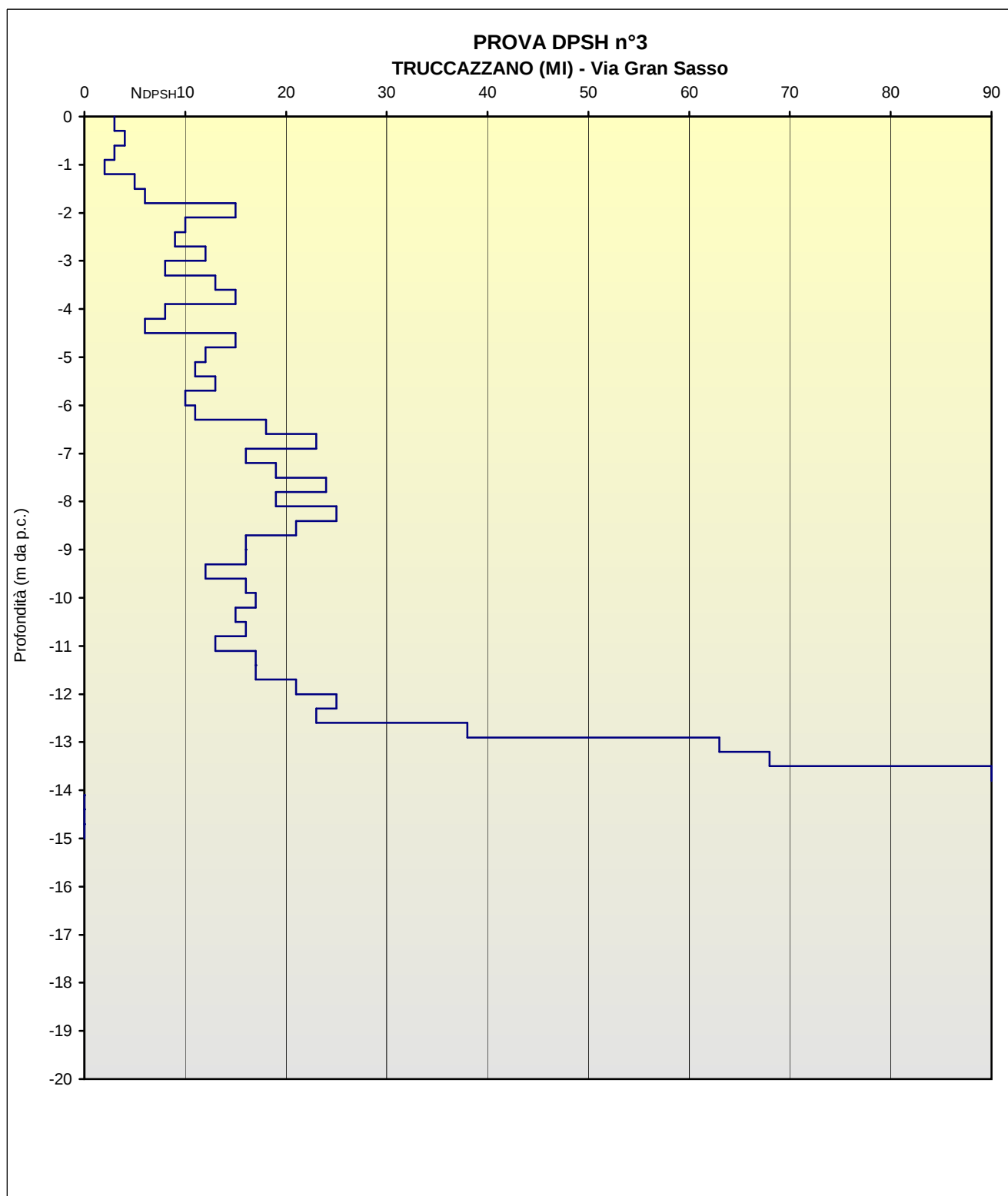
Oltre 30 m e fino a 60 m di profondità dal p.c., si riscontrano aumenti importanti dei valori di velocità delle onde S , fino a valori di poco oltre 800 m/s; per tali velocità non si esclude la presenza di uno o più orizzonti conglomeratici, come evidenziato da alcune stratigrafie di pozzi perforati in zone relativamente vicine all'area di interesse.



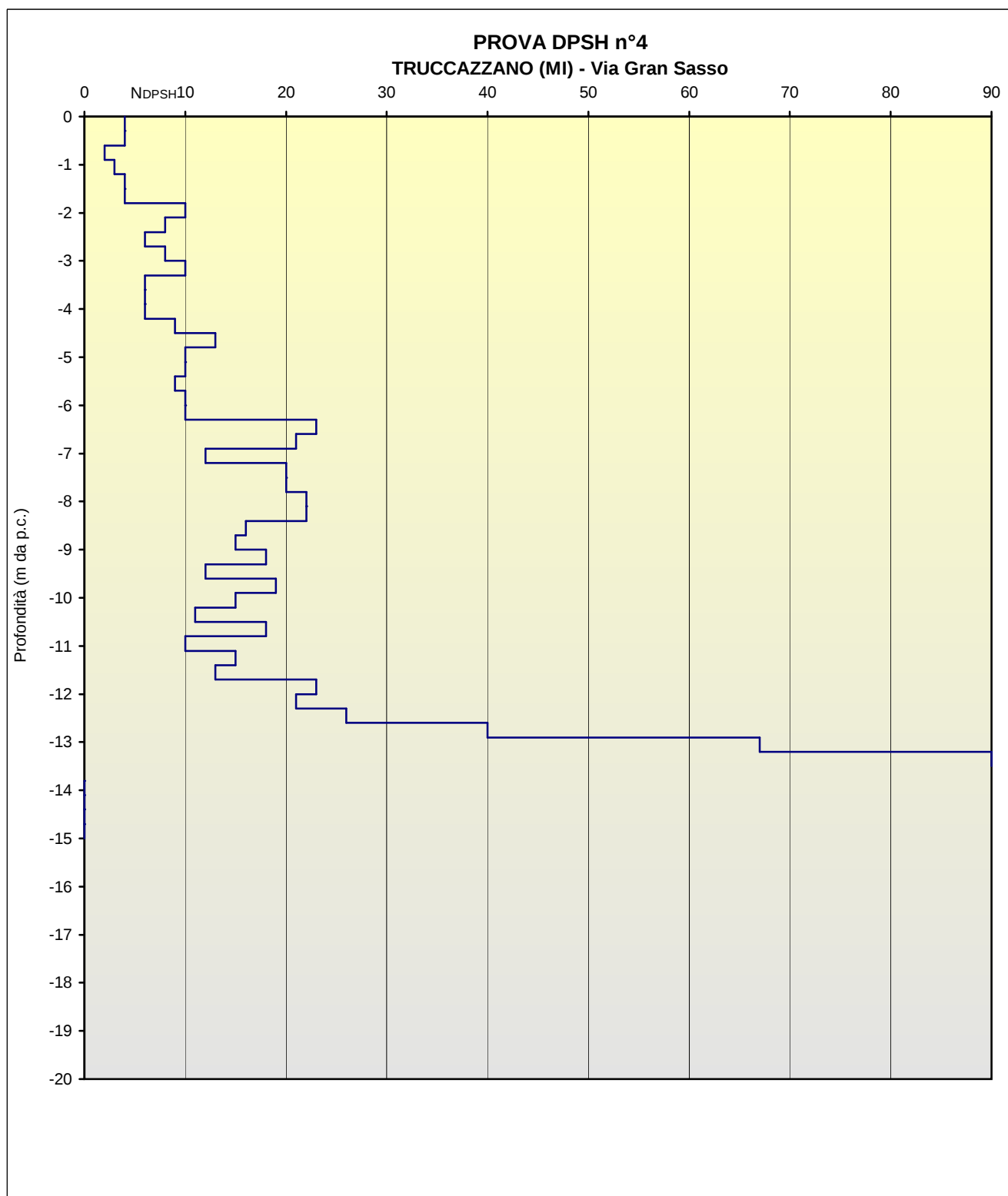
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



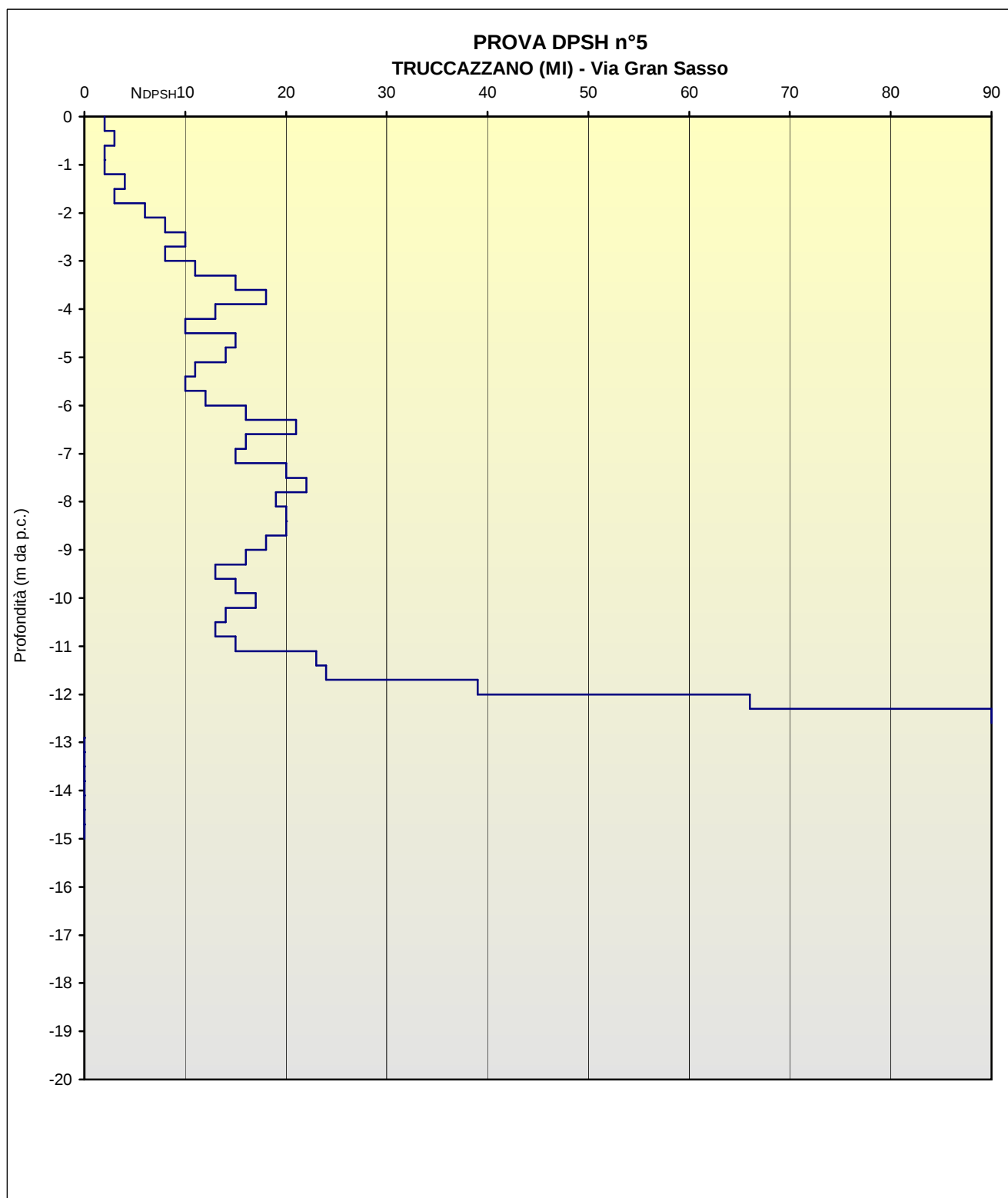
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



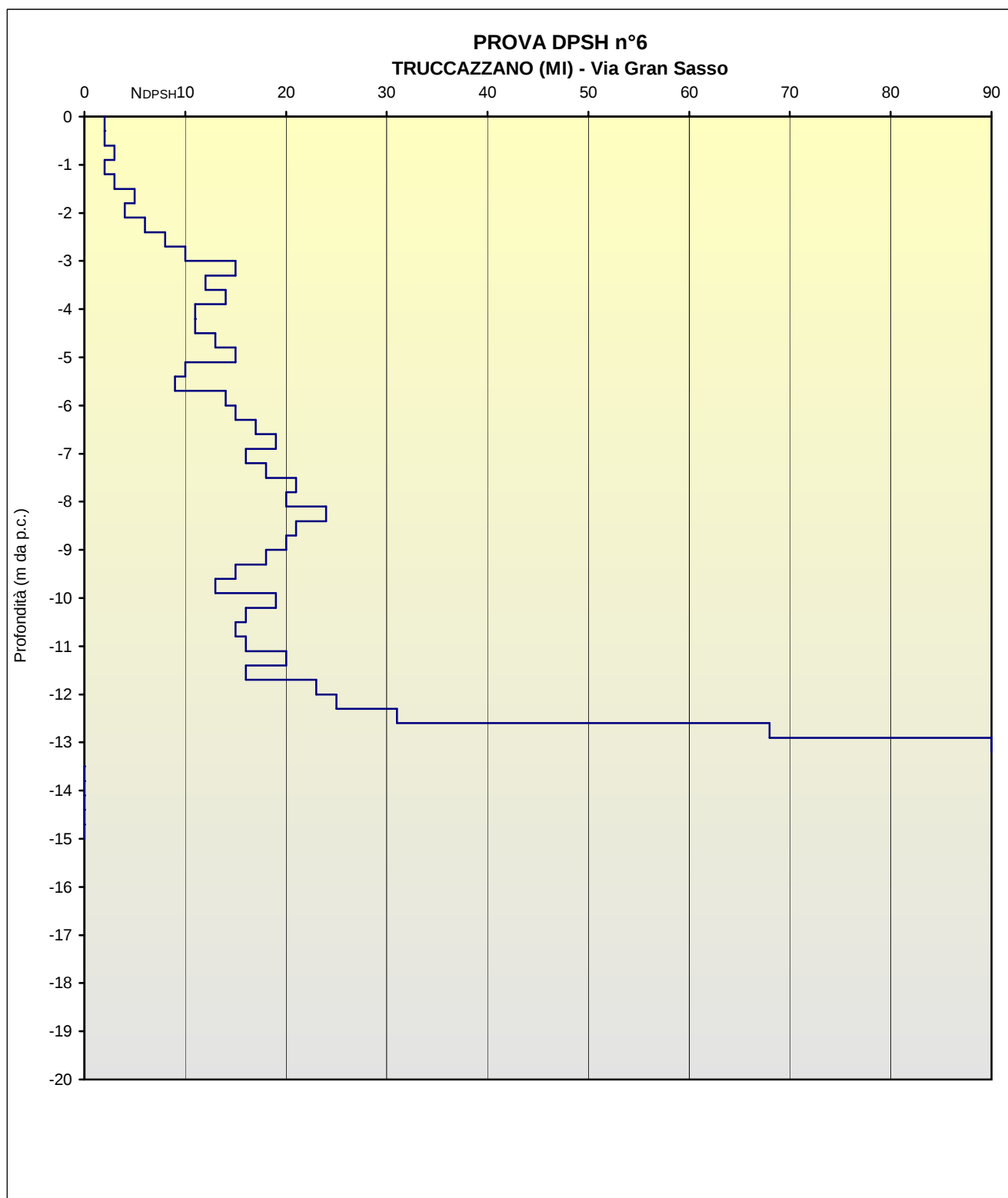
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



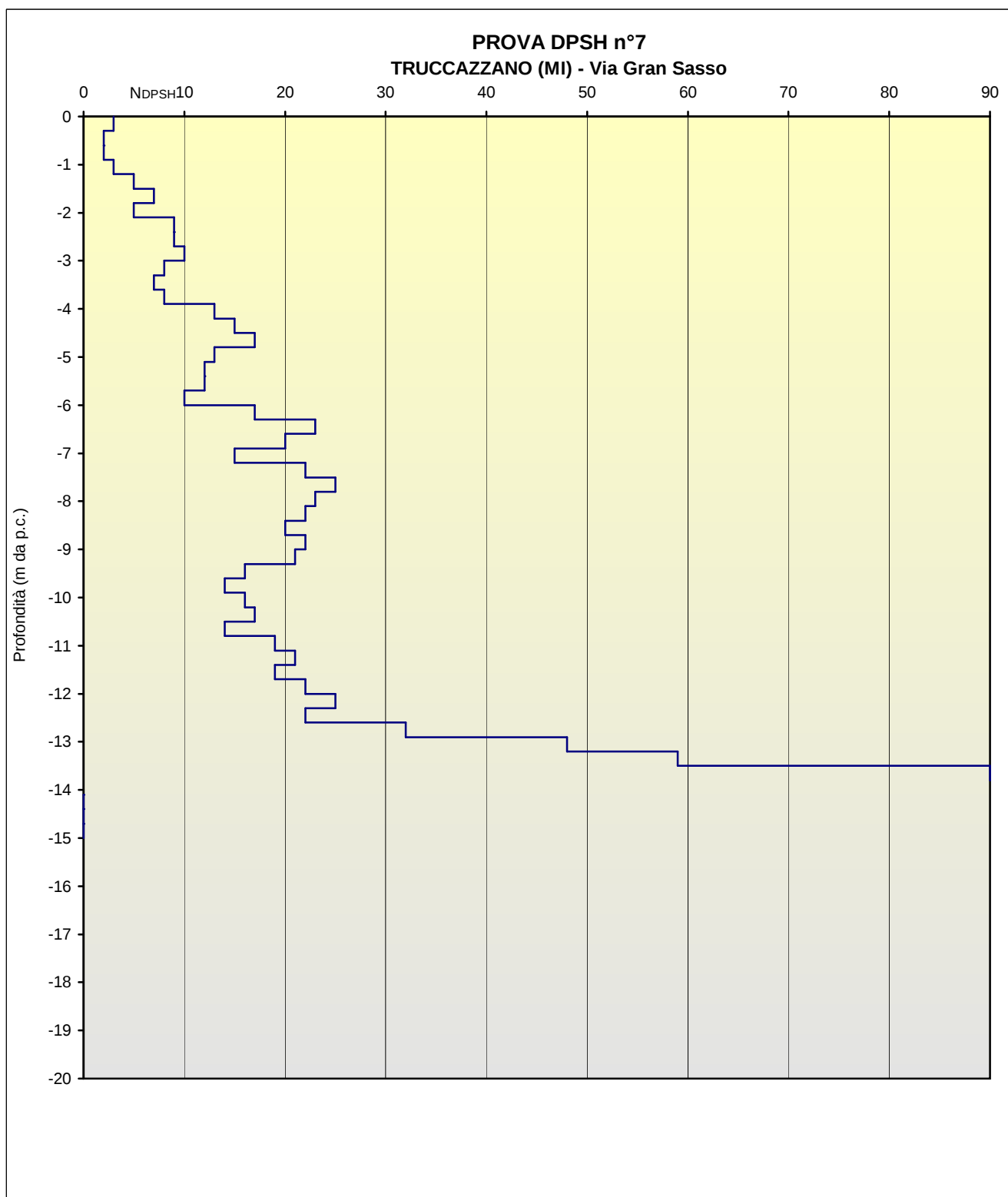
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



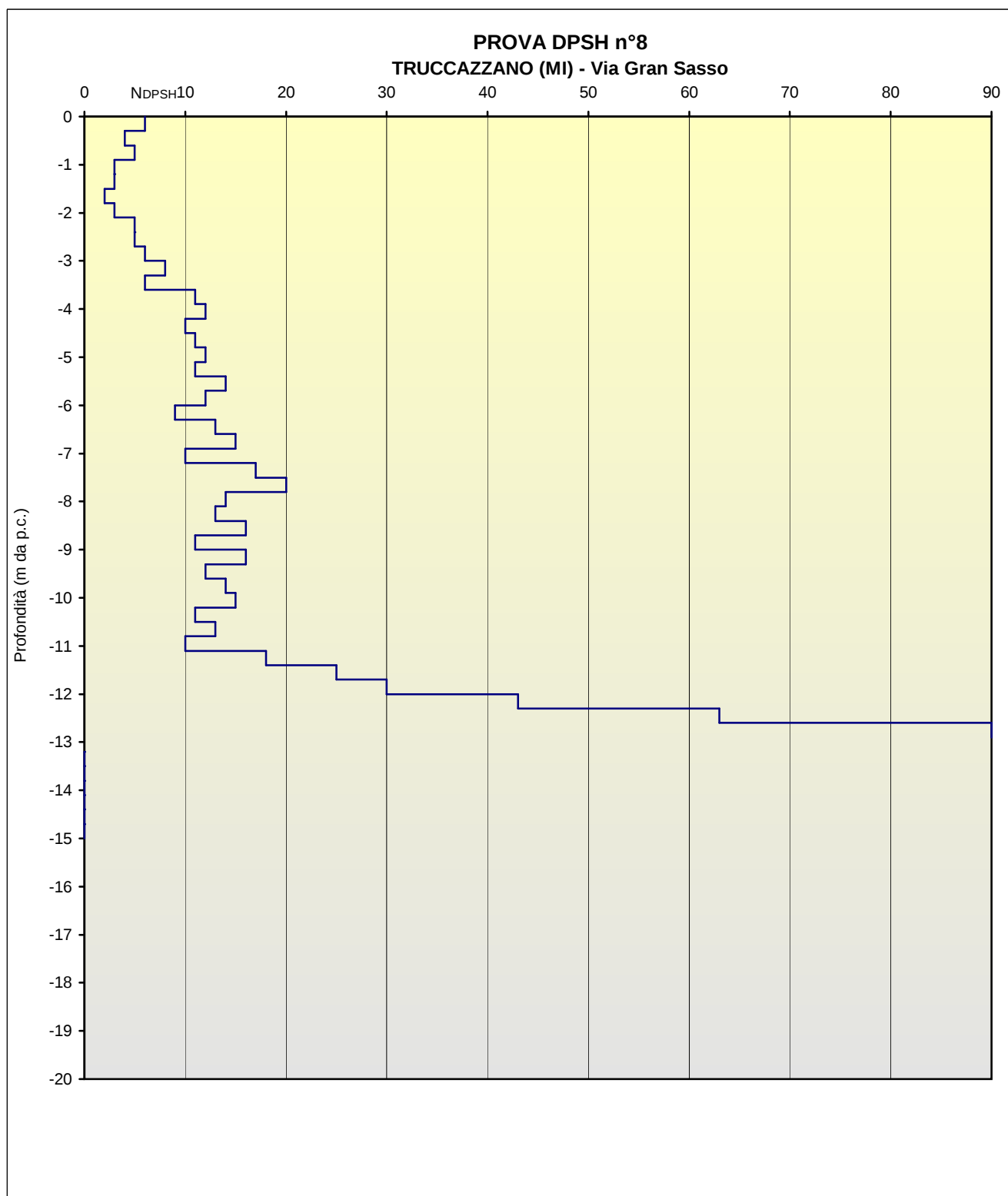
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



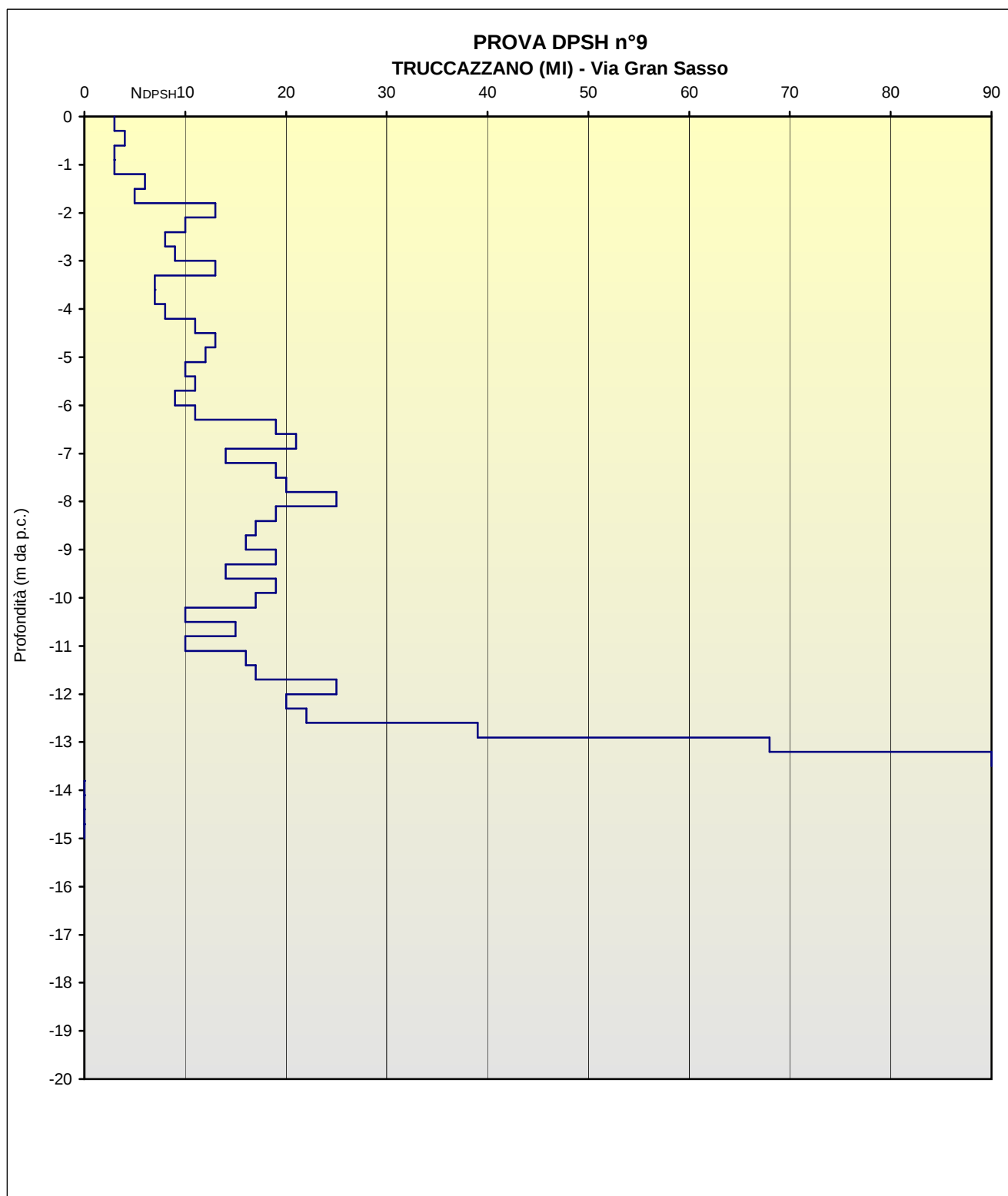
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



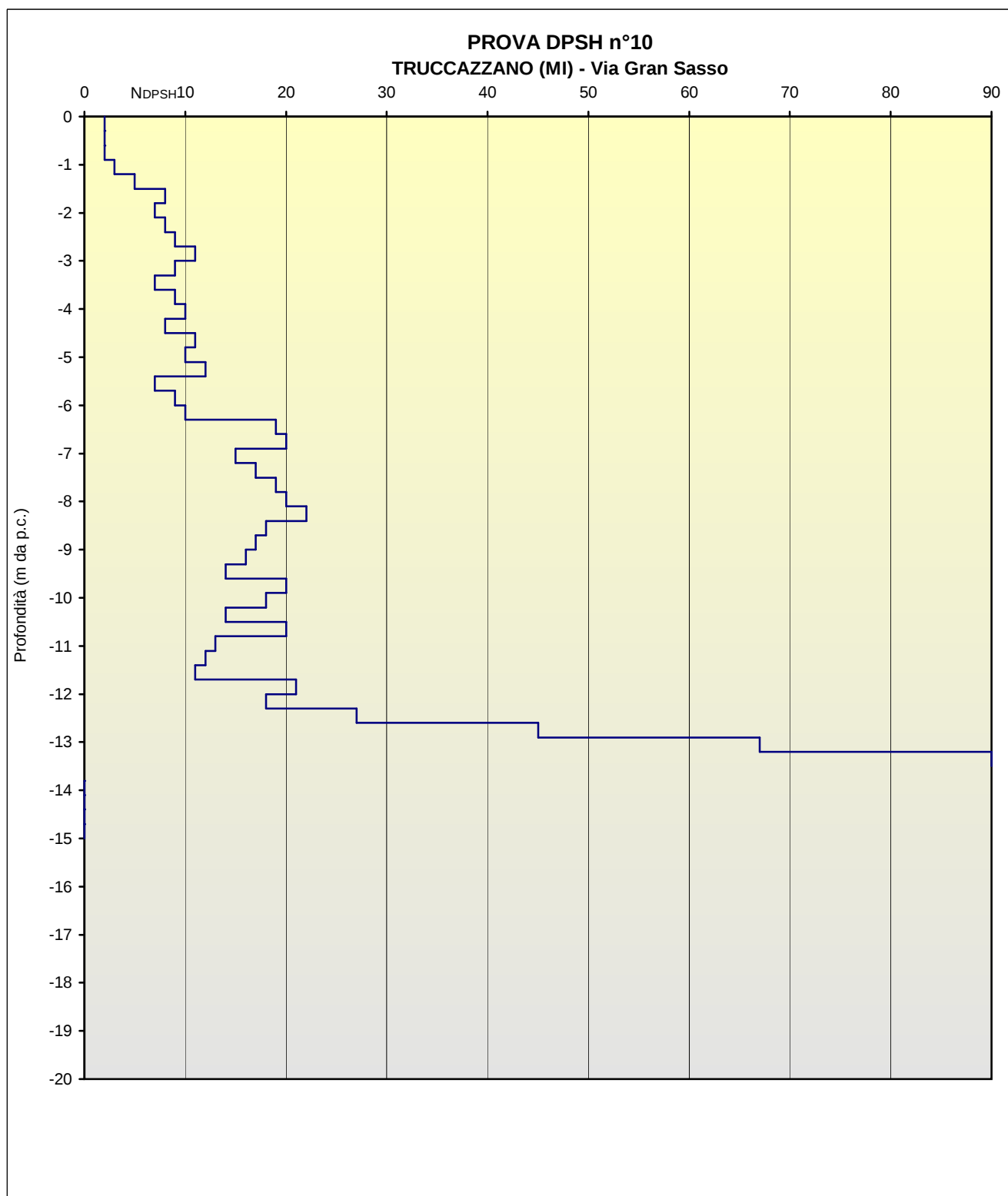
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



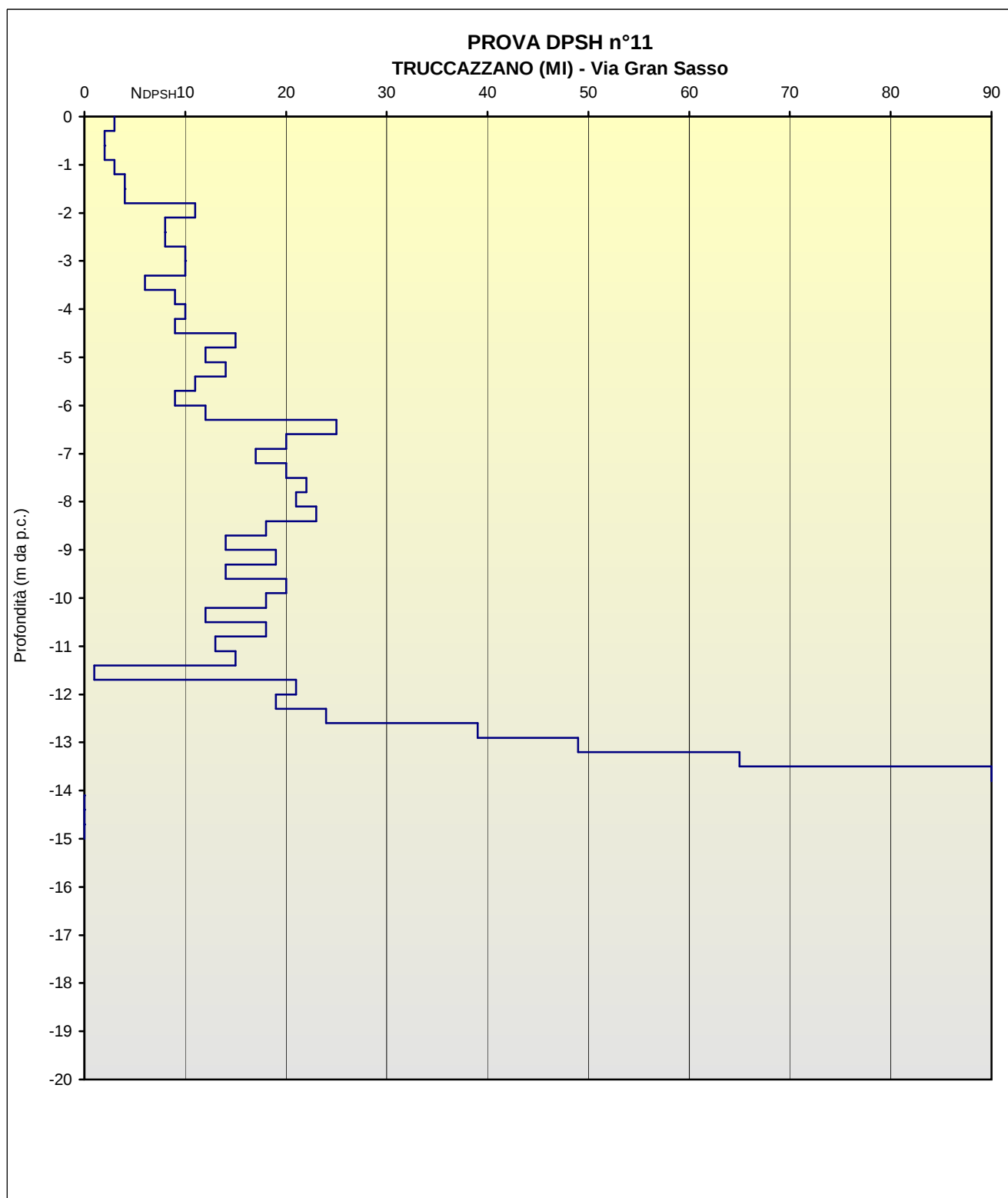
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



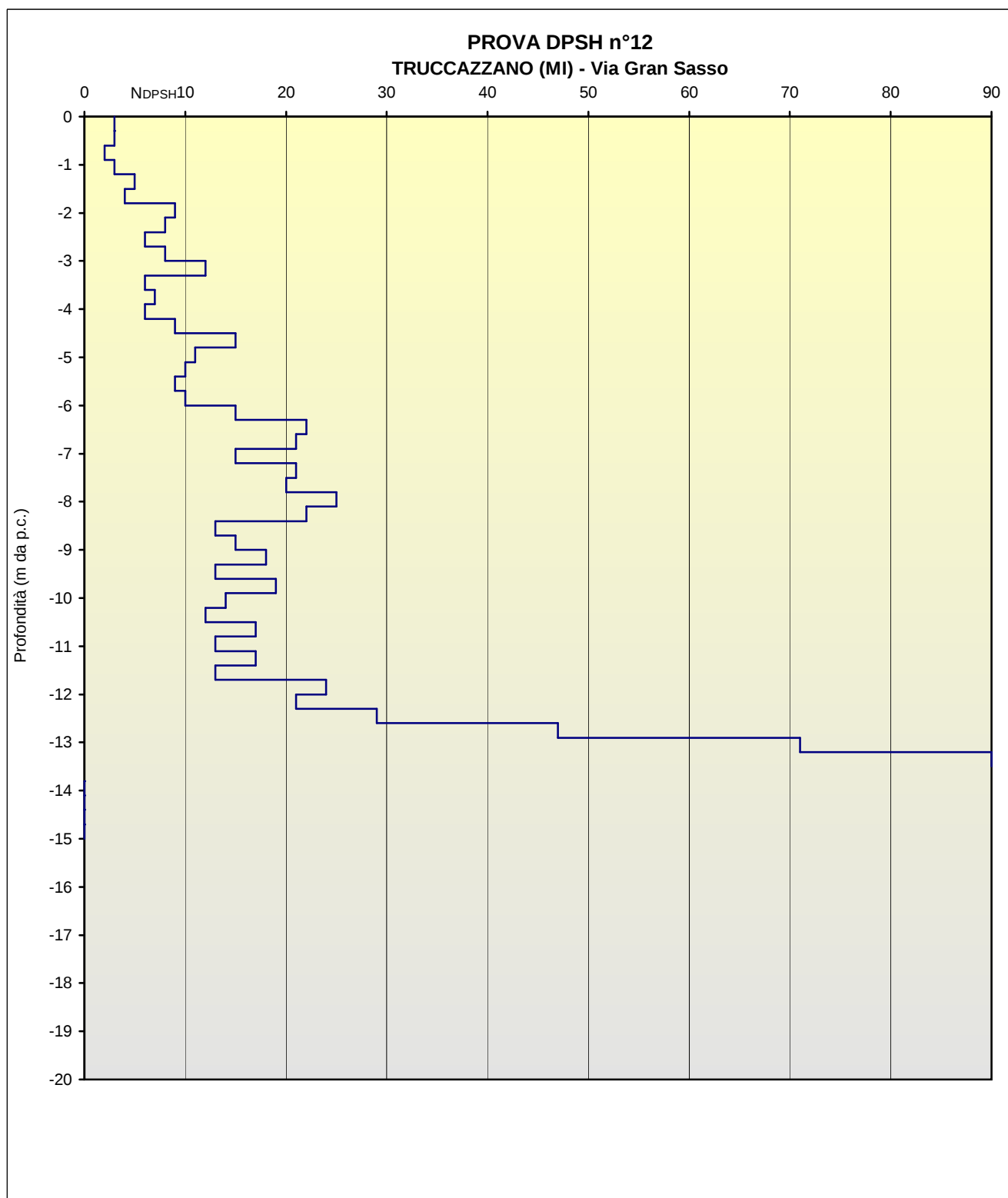
punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm



punta conica di 51 mm, conicità 60°, rivestimento 48 mm,
maglio a sgancio automatico di 73 kg cadente da 75 cm

[B]

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO PER INSEDIAMENTO PRODUTTIVO

PROGETTO DI “POLO LOGISTICO” NEL COMUNE DI TRUCCAZZANO

Relazione Tecnica

Ottobre 2015

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO	pag. 3
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI RIFERIMENTO	pag. 7
3.1 CRITERIO DEL VALORE LIMITE ASSOLUTO	pag. 7
<i>a) Sorgenti fisse o mobili (escluse le infrastrutture di trasporto)</i>	pag. 7
<i>b) Infrastrutture di trasporto</i>	pag. 9
3.2 CRITERIO DEL VALORE LIMITE DIFFERENZIALE	pag. 10
4. VALUTAZIONI IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DAL PUNTO DI VISTA ACUSTICO	pag. 11
4.1 METODOLOGIA	pag. 11
4.2 SOPRALLUOGHI E RILIEVI FONOMETRICI	pag. 12
4.3 MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA	pag. 15
4.4 RISULTATI E CONSIDERAZIONI	pag. 19
5. CONCLUSIONI	pag. 22

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO RELATIVA ALL' INSEDIAMENTO PRODUTTIVO IN PROGETTO IN LOCALITÀ CAVAIONE NEL COMUNE DI TRUCCAZZANO (MI).

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la valutazione della compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, relativa al Polo Logistico in progetto presso il Piano d'Intervento in località Cavaione nel comune di Truccazzano (MI).

Lo studio è stato eseguito tramite lo svolgimento di rilievi fonometrici *in situ* e con l'ausilio di un modello di simulazione acustica.

La valutazione di compatibilità ambientale si baserà sulla valutazione previsionale di impatto acustico come richiesto dall'articolo 8, commi 1 e 2 della Legge Quadro 447 del 26.10.1995 e dalla Legge Regionale n. 13 del 10.8.2002 “*Norme in materia di inquinamento acustico*”. Le modalità e i criteri di redazione della documentazione si baseranno sulla D.G.R. n. 7/8313 del 8.3.2002 “*Modalità e criteri di redazione della documentazione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico*”.

Tenendo conto della natura dell'insediamento, delle caratteristiche dell'area in cui sarà realizzato e della tipologia delle attività previste, la valutazione di impatto acustico ha considerato esclusivamente il rumore generato dal volume di traffico indotto e il periodo di riferimento diurno. Il numero di mezzi totale che saltuariamente potrebbe interessare il Polo Logistico durante il periodo notturno (comunque non oltre la mezzanotte) è contenuto in massimo due unità (come si vedrà meglio in seguito).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO

L'ambito territoriale in cui è prevista la realizzazione del Polo Logistico è collocato nella porzione ovest del comune di Truccazzano, a nord della frazione di Cavaione e della SP 14 (Rivoltana) (FIGURA 1). Attualmente tale zona è caratterizzata da insediamenti produttivi e artigianali (a est e a ovest dell'area in esame) e da terreno agricolo (a nord). L'area su cui si colloca la proposta progettuale in esame è attualmente adibita ad uso agricolo. Dal PGT in vigore risulta che parte dell'area è in *ambito produttivo consolidato* e parte dedicata a *servizi esistenti e di progetto per l'industria* (FIGURA 2).



FIGURA 1 – Inquadramento territoriale

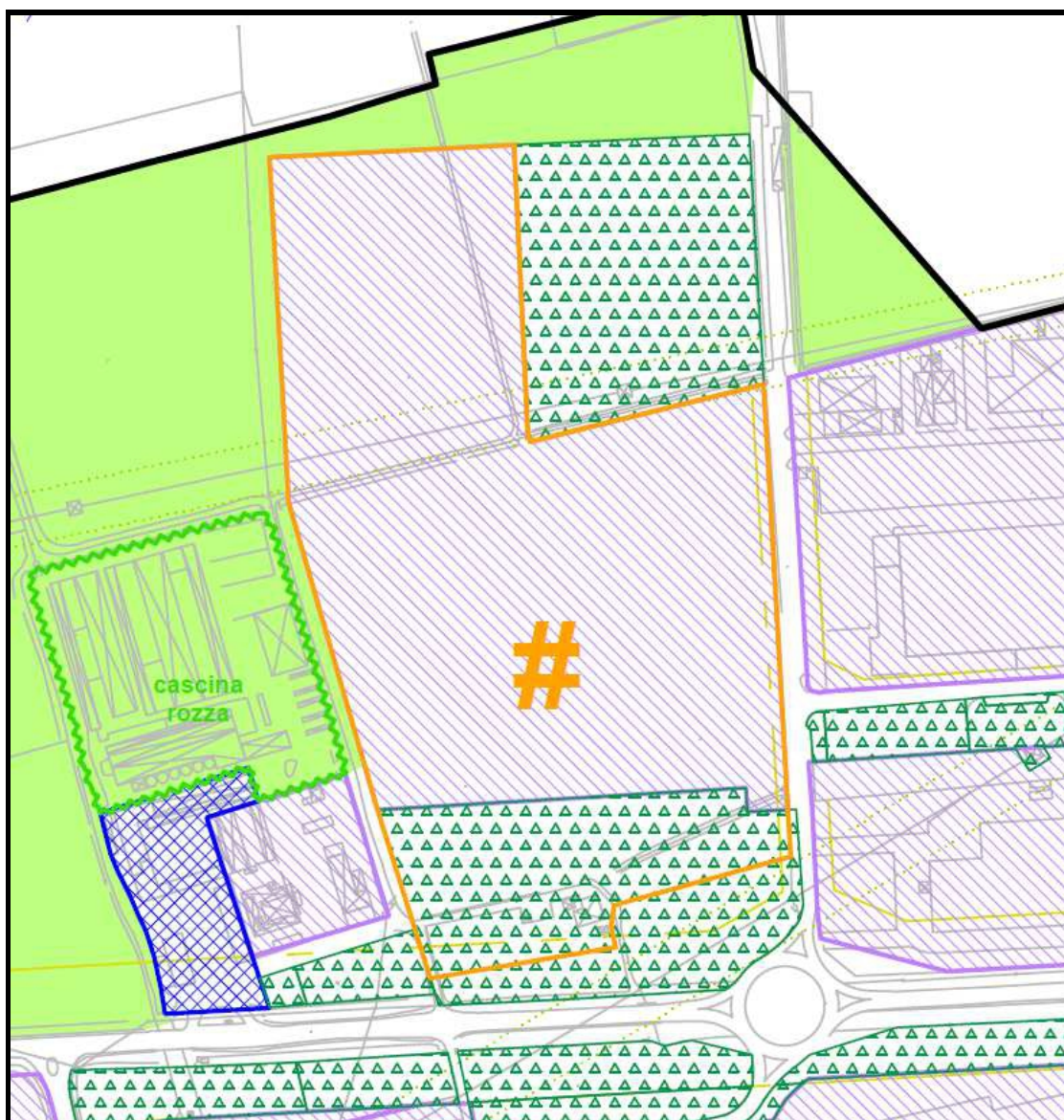


FIGURA 2 Stralcio del PGT

Le infrastrutture di trasporto che servono l'area di interesse sono: a est la via Gran Sasso e a sud la strada provinciale SP 14 (Rivoltana); a ovest dell'area è presente una strada locale a servizio della Cascina Rozza e di insediamenti produttivi posizionati più a nord (FIGURA 1).

In FIGURA 3 è riportato la planimetria generale del progetto del Polo Logistico. L'insediamento è composto da 2 edifici adibiti a magazzino (slp massima complessiva pari a 46.821 mq) aventi un'altezza massima pari a 12 m.



FIGURA 3– Planimetria generale “Polo Logistico”

In FIGURA 4 sono evidenziati i recettori sensibili ad uso che sono stati presi in considerazione per la valutazione di impatto acustico dell'opera in progetto. Sono concentrati nell'area a ovest dell'area d'intervento e a nord della SP 14.



FIGURA 4 – Recettori considerati per la valutazione di impatto acustico

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI RIFERIMENTO

Secondo la Legge Quadro n. 447 del 26.10.95 art. 8 comma 1, è fatto obbligo di produrre una valutazione previsionale di impatto acustico per i progetti sottoposti a valutazione di impatto ambientale e (comma 4) per le aree interessate dalla realizzazione di “nuovi impianti adibiti ad attività produttive”.

Una valutazione di impatto acustico consiste essenzialmente nel verificare la compatibilità ambientale della nuova opera secondo i due criteri previsti nel D.P.C.M. 14 Novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”: il criterio del limite massimo di esposizione e il criterio del limite differenziale. Secondo il D.P.C.M. una sorgente di rumore è ritenuta fuori norma quando anche uno solo dei due criteri non venga rispettato.

3.1 CRITERIO DEL VALORE LIMITE ASSOLUTO

a) Sorgenti fisse o mobili (escluse le infrastrutture di trasporto)

Questo tipo di valutazione consiste nel verificare che i livelli di rumore (prodotto da tutte le sorgenti fisse o mobili, escluse le infrastrutture di trasporto) potenzialmente presenti a livello dei recettori prossimi alle aree in oggetto siano inferiori ai limiti stabiliti nel Piano di Classificazione Acustica Comunale. Il Comune di Truccazzano è dotato del Piano di classificazione acustica (Deliberazione del Consiglio Comunale n° 46 del 29 luglio 2003). In FIGURA 5 è riportato lo stralcio del Piano di Classificazione Acustica relativo all'area d'interesse.

I valori limite di emissione ed immissione dipendono dalla Classe acustica dell'area in studio e sono indicati per i due periodi di riferimento diurno e notturno (TABELLA B e C del D.P.C.M. 14 Novembre 1997); questi limiti vanno verificati in ambiente esterno in prossimità degli spazi utilizzati da persone e comunità e presso i recettori sensibili maggiormente esposti.

Il *valore limite di emissione* è riferito al livello equivalente ponderato A - $L_{eq}(A)$ - del rumore prodotto dalla singola sorgente.

Il *valore massimo di immissione* è riferito al livello equivalente ponderato A - $L_{eq}(A)$ - del rumore effettivamente prodotto da tutte le sorgenti sonore presenti sommato al rumore di fondo (o rumore residuo); il valore risultante è denominato rumore ambientale.



FIGURA 5 – Stralcio del Piano di Classificazione Acustica del territorio comunale

L'area residenziale limitrofa a quella d'intervento appartiene alla classe IV, l'area industriale confinante a est dell'area d'intervento appartiene alla classe V.

Per le Classi acustiche individuate, valgono i limiti riportati in TABELLA 1:

		periodo diurno (06:00 - 22:00)	periodo notturno (22:00 - 06:00)
Classe VI – Aree esclusivamente industriali	IMMISSIONE	70 dB(A)	70 dB(A)
	EMISSIONE	65 dB(A)	65 dB(A)
Classe V – Aree prevalentemente industriali	IMMISSIONE	70 dB(A)	60 dB(A)
	EMISSIONE	65 dB(A)	55 dB(A)
Classe IV – Aree di intensa attività umana	IMMISSIONE	65 dB(A)	55 dB(A)
	EMISSIONE	60 dB(A)	50 dB(A)
Classe III – Aree di tipo misto	IMMISSIONE	60 dB(A)	50 dB(A)
	EMISSIONE	55 dB(A)	45 dB(A)
Classe II – Aree destinate prevalentemente ad uso residenziale	IMMISSIONE	55 dB(A)	45 dB(A)
	EMISSIONE	50 dB(A)	40 dB(A)
Classe I – Aree particolarmente protette	IMMISSIONE	50 dB(A)	40 dB(A)
	EMISSIONE	45 dB(A)	35 dB(A)

TABELLA 1 – Valori limite assoluti ai sensi del D.P.C.M. 14/11/1997

b) Infrastrutture di trasporto

Per quanto riguarda il rumore prodotto esclusivamente dalle infrastrutture di trasporto questi limiti non vengono applicati all'interno delle rispettive fasce di pertinenza acustica individuate, per le strade, col D.P.R. n. 142/04 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11, della Legge 26 Ottobre 1995, n. 447” e, per le ferrovie, col D.P.R. n. 459/98 “Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della Legge 26 Ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario”.

Le aree oggetto della presente valutazione (in particolare quelle occupate dai recettori considerati, si veda FIGURA 4 a pag. 7) ricadono nelle fasce di pertinenza delle infrastrutture esistenti riportate in TABELLA 2:

Infrastruttura		Fascia di pertinenza acustica		Limiti dB(A)	
		tipologia	ampiezza (m)	diurno	notturno
Strada	di tipo Cb - extraurbana SP 14	Fascia A	0 - 100	70 ^(a)	60 ^(a)
		Fascia B	100 - 150	65 ^(a)	55 ^(a)
	di tipo E - urbana di quartiere Via Gran Sasso e strada di servizio	-	30	Conformi alla Zonizzazione Acustica	

^(a) Per ospedali, case di cura e di riposo valgono i limiti di 50 dB(A) diurni e di 40 dB(A) notturni. Per le scuole vale esclusivamente il limite diurno di 50 dB(A).

TABELLA 2

In accordo con quanto indicato nella normativa vigente:

- le singole infrastrutture devono rispettare i limiti imposti dalle rispettive fasce di pertinenza;
- il rumore totale immesso nell'area in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza, non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite previsti per le singole infrastrutture (art. 4 comma 2 del D.M.A. 29 novembre 2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori

dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore");

- per il rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto al di fuori delle fasce di pertinenza acustica, valgono i limiti imposti dal Piano di Classificazione Acustica del territorio comunale.

3.2 CRITERIO DEL VALORE LIMITE DIFFERENZIALE

Questo tipo di valutazione non è stata svolta nel presente studio poiché il criterio differenziale non si applica alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime) e perché attualmente dal progetto non sono previste attività e tipologie di impianti tecnici tali da produrre livelli di rumore significativi (i capannoni del polo logistico non saranno dotati di sistemi di ventilazione forzata dell'aria).

4. VALUTAZIONI IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DAL PUNTO DI VISTA ACUSTICO

Nel presente paragrafo sarà valutata la compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, del “Polo Logistico” in progetto.

4.1 METODOLOGIA

Le valutazioni sono state svolte riferendosi a 2 differenti orizzonti temporali (Scenario base – 2015, Scenario di progetto – 2020) con lo scopo di considerare l'evoluzione del territorio e in particolare del traffico indotto dal nuovo progetto.

Di seguito si descrive nel dettaglio la metodologia adottata e gli scenari contemplati per le valutazioni.

- 1) Acquisizione dati territoriali e di progetto.
- 2) Esecuzione di sopralluoghi e un rilievo fonometrico finalizzati a:
 - a. Acquisizione di dati sperimentali rappresentativi dei livelli di rumore attualmente esistenti nell'area oggetto di studio e presso i recettori potenzialmente esposti al rumore generato dal nuovo insediamento;
 - b. Verifica dell'attendibilità dei risultati forniti dal modello di simulazione acustica (calibrazione).
- 3) Definizione nel modello acustico degli elementi relativi alle sorgenti (infrastrutture di trasporto) e all'ambiente di propagazione rappresentativi dei seguenti 2 scenari:
 - a. Scenario base (2015) che corrisponde allo stato di fatto del territorio e dell'ambiente;
 - b. Scenario di progetto (2020) che oltre a quanto previsto dallo scenario base, considera la situazione prevedibile in seguito alla realizzazione del progetto (traffico indotto dal “Polo Logistico”).
- 4) Calcolo dei livelli di rumore a 4 m dal suolo (mappe orizzontali) per il periodo di riferimento diurno (06:00-22:00) per i 2 scenari di valutazione.
- 5) Confronto dei livelli di rumore con i limiti di legge e individuazione delle eventuali criticità per ogni scenario.

Occorre ribadire che le valutazioni circa la compatibilità acustica del nuovo insediamento sono state svolte considerando solo la componente di rumore generato dal traffico indotto; il progetto edilizio infatti non prevede attività rumorose e l'installazione di macchinari e impianti con emissioni rumorose tali da poter modificare il clima acustico attuale dell'area. Inoltre è importante osservare che è stato analizzato solo il periodo di riferimento diurno (06:00-22:00), in quanto, in tutta l'area in progetto, non sono previste attività durante l'intero periodo notturno (22:00-06:00). Qualora in futuro venisse modificata la destinazione d'uso, anche parziale, delle strutture in esame, e il periodo di attività si prolungasse nelle ore notturne dovrà necessariamente essere valutato l'impatto acustico generato anche in questo periodo.

4.2 SOPRALLUOGHI E RILIEVI FONOMETRICI

L'ambito territoriale in cui verrà realizzato il nuovo insediamento è stato oggetto di due sopralluoghi il primo finalizzato a caratterizzare il traffico attuale circolante lungo la SP 14 e le vie limitrofe, il secondo per la verifica dell'attendibilità dei risultati forniti dal modello di simulazione acustica (calibrazione).

In data 7 settembre 2015 è stato effettuato il conteggio orario dei veicoli tra le 14 e le 15. Questo intervallo di tempo è rappresentativo del flusso orario medio diurno. Il conteggio ha fornito i seguenti risultati:

ID Arco (Fig.4)	Scenario base 2015	
	Veic./ora	% pesanti
1	884	16%
2	15	100%

TABELLA 3 - flussi orari medi diurni

In data 27 settembre 2015, è stato eseguito un rilievo fonometrico della durata di 20 minuti durante il quale, oltre ai livelli di rumore, è stato svolto il conteggio dei veicoli circolanti lungo la SP 14. Il giorno selezionato è stato la domenica poiché

non vi erano mezzi circolanti nelle strade limitrofe (in particolare nella via Gran Sasso).

In FIGURA 6 è riportata la localizzazione del sito di misura.



FIGURA 6 – Individuazione del punto di misura

Di seguito viene riportato il risultato, con indicazione dell'andamento temporale del livello equivalente ponderato A ($L_{eq}(A)$ dB(A)).

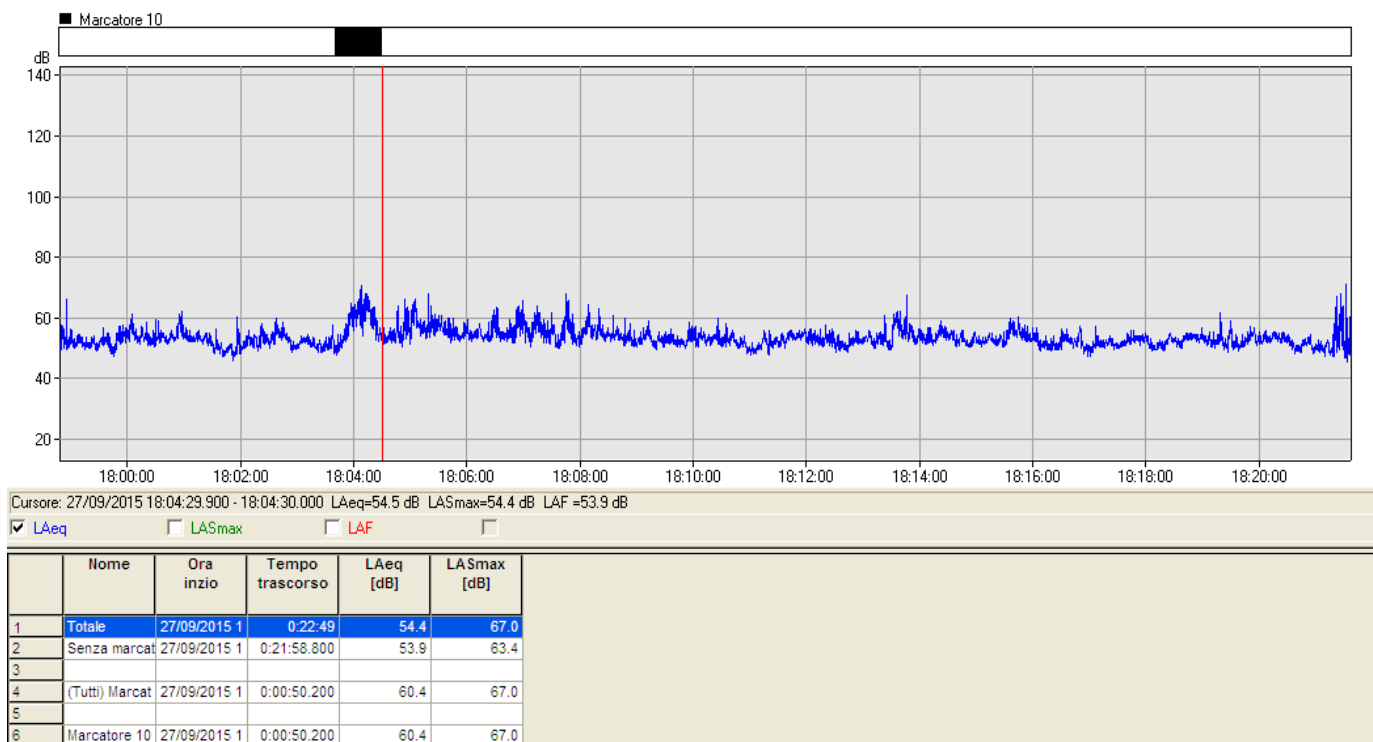


FIGURA 7 - Andamento dei livelli di rumore presso il sito di misura indicato in figura 6

Durante la misura (di circa 23 minuti) è stato escluso un solo evento straordinario (sorvolo di elicottero) della durata di circa 1 minuto. Il valore di livello equivalente (LAeq) è risultato pari a circa **54 dB(A)**.

I veicoli contati durante un periodo esatto di 20 minuti è stato di 274 automobili e di 5 camion. Il flusso orario risulta pertanto pari a:

ID Arco (Fig.4)	Rilievo fonometrico flussi orari	
	Veic./ora	% pesanti
1	837	1,8%

TABELLA 4 – Flussi veicolari orari relativi alla misura fonometrica

4.3 MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA

La valutazione dei livelli di rumore presenti e previsti nell'area in esame è stata effettuata con l'ausilio di un modello di simulazione acustica. L'utilizzo di tale strumento permette la stima dei livelli di rumore in una determinata area mediante la riproduzione delle sorgenti e dell'ambiente di propagazione.

La caratterizzazione della sorgente stradale all'interno del software di calcolo richiede l'inserimento di dati relativamente a due aspetti: le caratteristiche strutturali dell'infrastruttura stradale e le caratteristiche legate al flusso di traffico. L'algoritmo di calcolo adottato per la stima dei livelli di rumore è il modello francese *NMPB Routes 96*, modello raccomandato dalla Commissione Europea per lo studio del rumore da traffico veicolare.

I tracciati delle infrastrutture stradali sono stati digitalizzati nel modello di simulazione riproducendone le caratteristiche dimensionali.

Il livello di potenza sonora della sorgente è determinato da parametri relativi al traffico veicolare e al tipo di copertura della sede stradale. Le informazioni introdotte riguardano i flussi veicolari (numero veicoli/ora), la percentuale di veicoli pesanti, la velocità media di percorrenza e il tipo di flusso (scorrevole, interrotto o accelerato) del periodo di riferimento diurno. I dati di traffico utilizzati per caratterizzare gli archi stradali che hanno influenza sul clima acustico in esame sono stati quelli riportati in Tabella 3 e corrispondono ai flussi orari medi diurni (dalle 06 alle 22) di un giorno feriale.

Per modellizzare lo scenario 2020 oltre a considerare la presenza dei nuovi edifici sono state considerate le variazioni dei flussi di traffico riconducibili alla realizzazione del Polo Logistico. Di seguito si riporta la tabella, fornita dai progettisti, che riporta la stima del traffico indotto:

Stima traffico pesante IN/OUT Nuovo Fulfillment Center						
		Mezzi Medi giornalieri				
	Fascia oraria	2016	2017	2018	2019	2020
Entrate	08:00-10:00	8	10	13	15	17
	10:00-13:00	12	16	19	22	26
	13:00-21:00	10	13	16	19	22
	Totale IN	30	39	47	56	65
Uscite	08:00-12:00	10	13	16	19	22
	12:00-16:00	4	5	6	7	9
	16:00-20:00	14	18	22	26	30
	20:00-24:00	2	3	3	4	4
	Totale OUT	30	39	47	56	65
TOTALE giornaliero		61	78	94	112	130
	<i>di cui bilici</i>	30	39	47	56	65
	<i>di cui motrici</i>	30	39	47	56	65

Il numero complessivo di mezzi pesanti indotto dal nuovo insediamento durante il periodo diurno (dalle 06 alle 22) è pari a 128, corrispondente a un numero medio di 8 mezzi pesanti ogni ora.

In TABELLA 5 è riportata una sintesi dei flussi di traffico assegnati ai due archi stradali nei due scenari analizzati.

ID arco	Scenario base 2015		Scenario di progetto 2020	
	Veic./ora	% pesanti	Veic./ora	% pesanti
1	884	16%	892	17%
2	15	100%	19	100%

TABELLA 5 – Flussi (veicoli/ora) dei principali archi considerati

La caratterizzazione dell'ambiente di propagazione è avvenuta tramite l'inserimento dei dati relativi a: topografia del sito, presenza di ostacoli (edifici e barriere) e tipologia di copertura del suolo.

Con lo scopo di verificare la corretta riproduzione delle sorgenti stradali e dell'ambiente di propagazione nel modello di calcolo e l'attendibilità delle stime fornite (calibrazione) è stato confrontato i livelli di rumore rilevato con quello stimato.

Nella FIGURA 8 è riportato il valore stimato dal modello nel punto della griglia più vicino a quello di rilevazione. Dall'analisi dello scostamento (inferiore a 1 dB) si può ragionevolmente affermare che l'area in esame è stata modellizzata in modo corretto.

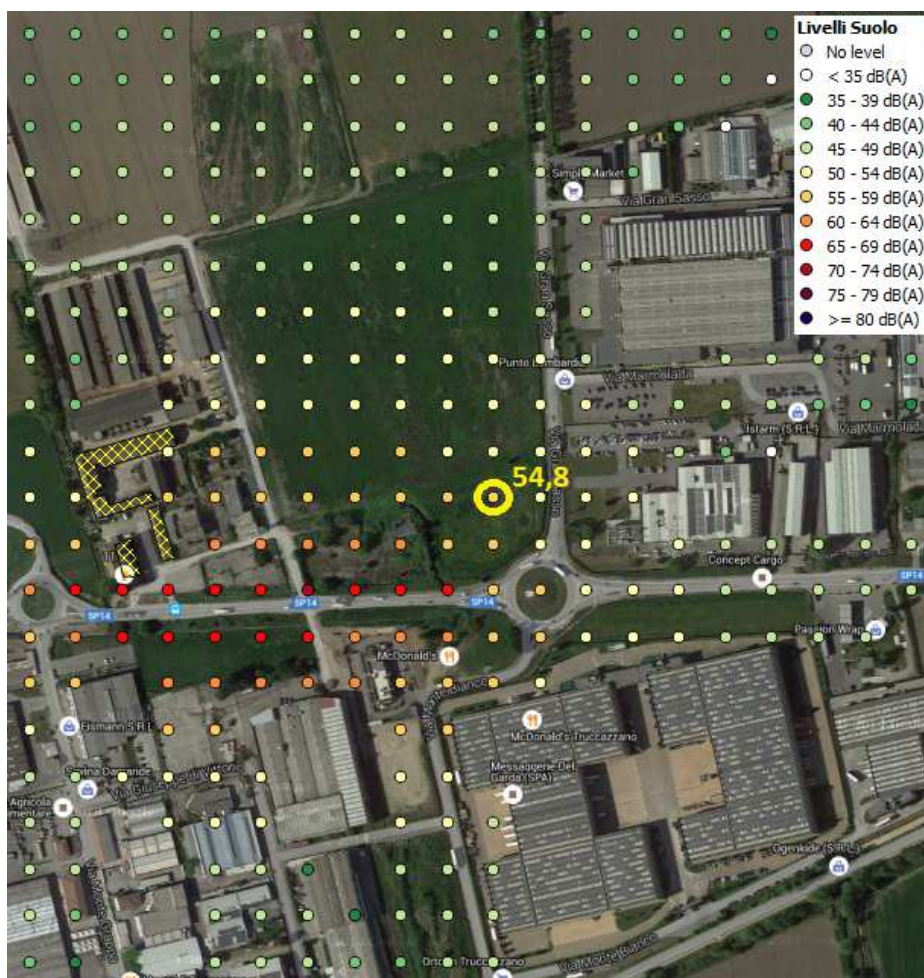


FIGURA 8 – Mappa dei valori puntuali utili per la calibrazione

In FIGURA 9 si riportano le immagini relative all'area in esame e i valori ottenuti dal modello di calcolo relativamente allo scenario base 2015 e allo scenario di progetto 2020.

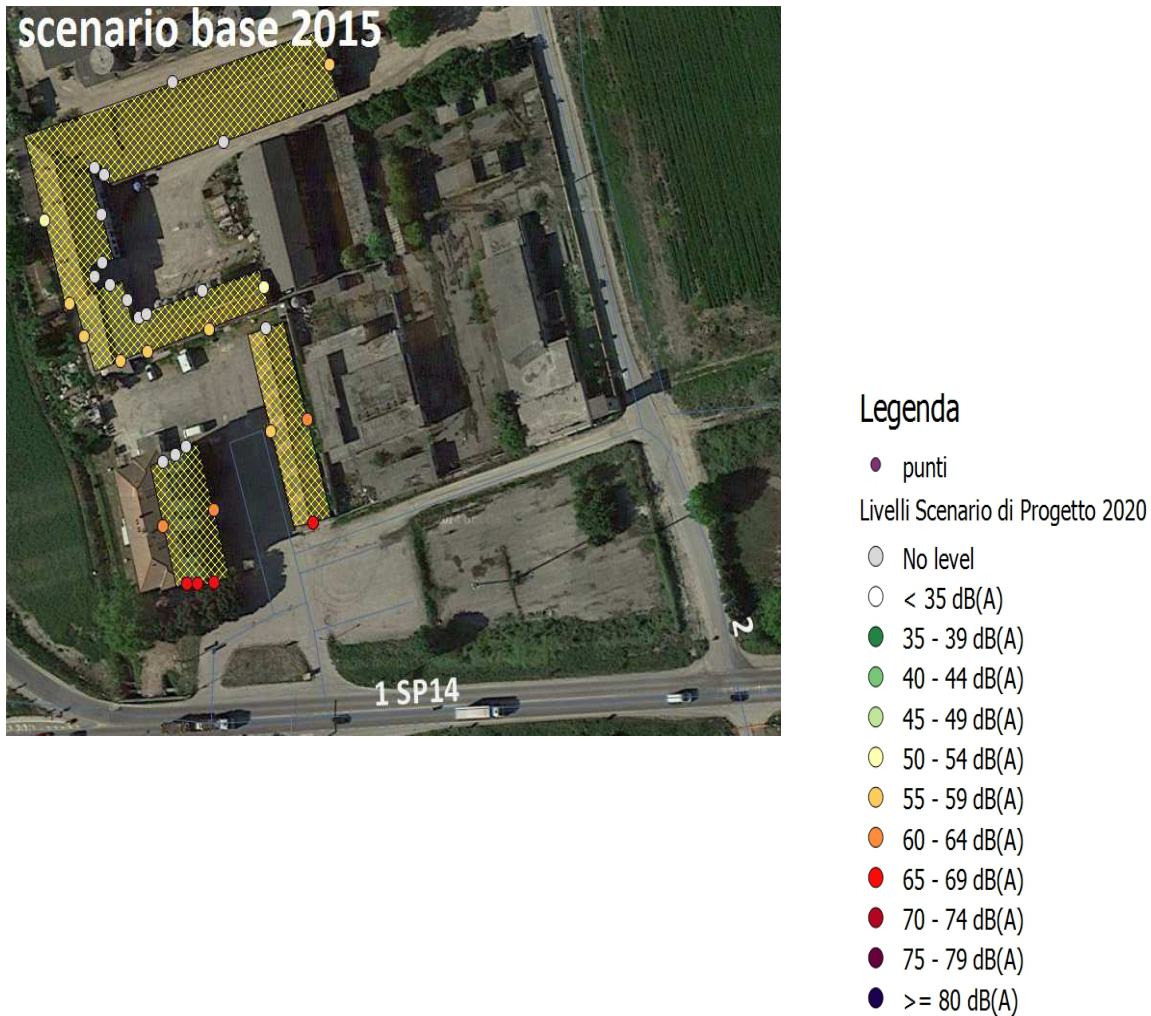




FIGURA 9 – Valori puntuali presso i recettori sensibili – Scenario 2015 e Scenario 2020

4.4 RISULTATI E CONSIDERAZIONI

La stima dei livelli di rumore è stata effettuata per il periodo diurno (06:00-22:00) in entrambi gli scenari considerati. Con l'ausilio del modello di simulazione sono stati stimati i livelli di rumore mediante due differenti modalità di calcolo: la mappa orizzontale e il calcolo in corrispondenza di recettori puntuali.

Nella prima modalità i livelli di rumore vengono stimati in punti posti in corrispondenza delle intersezioni di un reticolo a maglia quadrata alla quota di 4 m. Nella seconda modalità (recettori puntuali) la stima dei livelli di rumore è stata svolta in corrispondenza di punti posti a 4 metri di altezza dal suolo e a un metro di distanza dalla facciata degli edifici residenziali considerati per le valutazioni. In TABELLA 6 sono riportati i valori stimati presso i recettori puntuali con indicazione dei valori superiori ai limiti di legge. I limiti acustici considerati sono stati quello di 70 dB(A) per i punti chiaramente all'interno della fascia di pertinenza stradale di 100m e 65 dB(A) per gli altri punti (limite corrispondente alla classe IV e alla

seconda fascia di pertinenza acustica - si veda cap. 3.1). In FIGURA 10 viene indicata la localizzazione dei punti recettori.

id_pt. recettori	Valore limite diurno (dBA)	LeqA [dBA] diurno		Incremento dB
		Ante opera 2015	Post Opera 2020	
0	70	67,3	67,5	0,2
1	70	64,9	65,0	0,1
2	70	67,0	67,2	0,2
3	70	62,0	62,2	0,2
4	70	<35	<35	0
5	70	<35	<35	0
6	70	<35	<35	0
7	70	62,1	62,3	0,2
8	70	58,6	58,7	0,1
9	70	<35	<35	0
10	70	60,3	60,6	0,3
11	70	65,5	65,7	0,2
12	65	56,3	56,5	0,2
13	65	57,5	57,7	0,2
14	65	57,7	57,8	0,1
15	65	57,2	57,4	0,2
16	65	57,2	57,4	0,2
17	65	54,1	54,3	0,2
18	65	<35	<35	0
19	65	56,0	56,4	0,4
20	65	<35	<35	0
21	65	<35	<35	0
22	65	<35	<35	0
23	65	<35	<35	0

24	65	<35	<35	0
25	65	<35	<35	0
26	65	<35	<35	0
27	65	<35	<35	0
28	65	<35	<35	0
29	65	<35	<35	0
30	65	<35	<35	0
31		50,4	50,7	0,3

TABELLA 6 – Livelli stimati presso i recettori puntuali e relativi incrementi

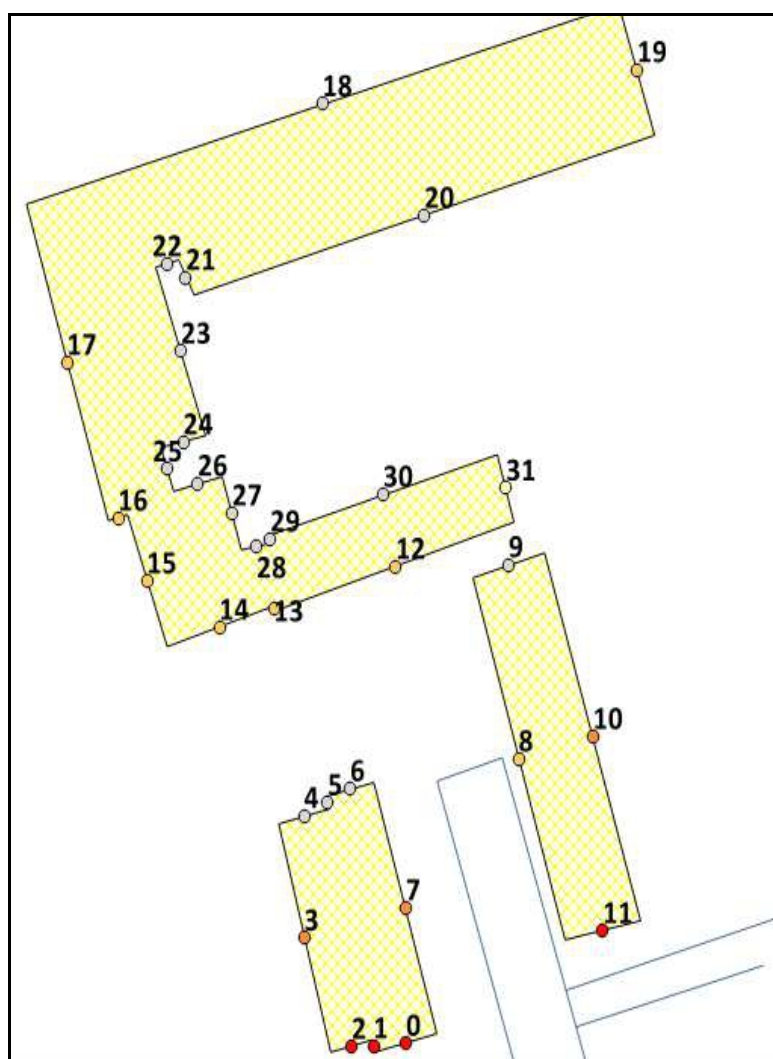


FIGURA 10 – Localizzazione dei recettori puntuali in corrispondenza delle residenze.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dal modello di simulazione non emerge la presenza di criticità nello scenario attuale. Il traffico indotto dalla realizzazione dell'opera in progetto genera un incremento di rumore trascurabile.

5. CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione è la valutazione della compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, relativa al "Polo Logistico" in località Cavaione nel comune di Truccazzano (MI).

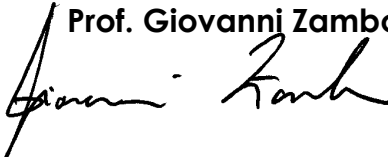
La valutazione di compatibilità ambientale è basata sulla valutazione previsionale di impatto acustico come richiesto dall'articolo 8, commi 1 e 2 della Legge Quadro 447 del 26.10.1995 e dalla Legge Regionale n. 13 del 10.8.2002 "*Norme in materia di inquinamento acustico*". Le modalità e i criteri di redazione della documentazione si sono basati sulla D.G.R. n. 7/8313 del 8.3.2002 "*Modalità e criteri di redazione della documentazione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico*".

Lo studio è stato svolto considerando le emissioni rumorose connesse al traffico indotto dal insediamento in progetto. Le valutazioni, effettuate con l'ausilio di un modello di simulazione acustica, sono riferite a due scenari che tengono conto dell'evoluzione dell'area in esame: lo stato di fatto (scenario base, 2015), la situazione futura (scenario di progetto, 2020).

I valori di rumore, acquisiti e stimati, cui saranno sottoposti i recettori (edifici residenziali) nell'ambito territoriale di interesse sono stati confrontati con quelli richiesti dalle normative vigenti per il periodo di riferimento diurno (06:00-22:00).

Nella valutazione d'impatto acustico, svolta in corrispondenza degli edifici residenziali esistenti, non sono emersi alcuni superamenti dei limiti di legge sia in riferimento allo scenario base sia in riferimento allo scenario di progetto. In nessun caso (incremento massimo pari a 0,4 dBA) si registra una transizione da una situazione di conformità ad una situazione di non conformità.

Milano, 02 ottobre 2015

Prof. Giovanni Zambon




[C]

RELAZIONE IDRAULICA

Comune di Trucazzano				Provincia di Milano		
OGGETTO						
PIANO ATTUATIVO NUOVO INSEDIAMENTO PRODUTTIVO						
COMMITTENTE						
AKNO BUSINESS PARKS S.P.A. Via Bruno Buozzi, 5 20090 Caleppio di Settala (MI)						
CONTENUTO						
RELAZIONE IDRAULICA - PLUVIOMETRIA - PORTATA DI PIENA - VOLUME DI LAMINAZIONE						
commessa	rev.	data	descrizione	redatto	verificato	controllato
PR 15-09	00	30/11/2015	1^ emissione	gdp	gdp	gdp

INDICE

PREMESSA	3
DATI PLUVIOMETRICI DI PROGETTO DA ANALISI STATISCA	4
VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	5
VALUTAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE	7

PREMESSA

La presente relazione fornisce l'analisi pluviometrica, il calcolo della massima portata di piena ed il dimensionamento del bacino di laminazione relativi al progetto del sistema di smaltimento delle acque meteoriche del nuovo insediamento produttivo logistico da collocarsi in comune di Truccazzano (MI) e specificatamente posto sull'attuale terreno ad uso agricolo delimitato il lato est da via Gran Sasso ed in lato sud dalla S.S. Rivoltana.

Il progetto che oggi accompagna il "Piano Attuativo" sottoposto all'Amministrazione Comunale, di fatto prende come dati di ingresso le superfici nella disponibilità della società Committente e la configurazione edificatoria che è nelle aspettative future della stessa e che dovrebbe incrementare sia in lato nord che in lato sud.

A tale scopo si allega alla presente relazione la planimetria dedicata al progetto dei sistemi di raccolta e scarico delle acque meteoriche, rappresentante l'attuale prima fase di autorizzazione edilizia. (Tav. 11 del 16.11.2015)

La precisazione è necessaria, in quanto la rete di raccolta delle acque meteoriche rappresentata, così come il dimensionamento dei bacini di laminazione sono riferiti alla configurazione finale dell'intervento così come previsto dalla Società Committente.

Nel seguito si riportano i principali elementi dimensionali dell'intervento in oggetto:

- Superficie territoriale/fondiarie totale		122.733 mq
- Superficie coperta tetti 1^ fase attuativa	41.515mq	
- Superficie coperta tetti 2^ fase attuativa	22.270 mq	
- Superfici pavimentate non disperdenti: viabilità, baie di carico, parcheggi, ecc. 1^ fase	23.351 mq	
- Superfici pavimentate non disperdenti: viabilità, baie di carico, parcheggi, ecc. 2^ fase	12.574 mq	
- Superficie totale non disperdente		99.710 mq
- Superficie non disperdente di progetto	100.000 mq	10,00 ha
- Massima portata di scarico in corpo idrico superficiale		20,0 l/sec. ha
- Portata totale di scarico in corpo idrico superficiale		200.0 l/sec
- Volume totale di laminazione (suddivisi su due bacini di laminazione)		3.700 mc

DATI PLUVIOMETRICI DI PROGETTO DA ANALISI STATISTICA

I dati pluviometrici per la realizzazione del presente progetto sono stati desunti dalle informazioni disponibili presso l'ARPA Lombardia – servizio idrografico.



Fig. 01 Dati e l'LSPP su base cartografica sito ARPA (Comune di Truccazzano)

H (mm) x durate 1-24 ore

Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	27.3	37.4	44.3	51.2	60.4	67.6	74.9
2	33.3	45.7	54.2	62.6	73.9	82.6	91.6
3	37.5	51.4	60.9	70.4	83.1	92.9	103.0
4	40.8	55.8	66.2	76.5	90.3	101.0	111.9
5	43.5	59.6	70.7	81.6	96.3	107.7	119.4
6	45.8	62.8	74.5	86.1	101.6	113.6	125.9
7	47.9	65.7	77.9	90.0	106.2	118.8	131.6
8	49.8	68.3	81.0	93.6	110.4	123.4	136.8
9	51.5	70.7	83.8	96.8	114.2	127.7	141.6
10	53.1	72.8	86.4	99.8	117.8	131.7	146.0
11	54.6	74.9	88.8	102.6	121.1	135.4	150.1
12	56.0	76.8	91.1	105.2	124.2	138.9	153.9
13	57.3	78.6	93.2	107.7	127.1	142.1	157.5
14	58.6	80.3	95.3	110.0	129.8	145.2	160.9
15	59.8	81.9	97.2	112.3	132.5	148.1	164.2
16	60.9	83.5	99.0	114.4	135.0	150.9	167.3
17	62.0	84.9	100.8	116.4	137.4	153.6	170.3
18	63.0	86.4	102.4	118.3	139.6	156.2	173.1
19	64.0	87.7	104.1	120.2	141.9	158.6	175.8
20	65.0	89.1	105.6	122.0	144.0	161.0	178.5
21	65.9	90.3	107.1	123.8	146.0	163.3	181.0
22	66.8	91.5	108.6	125.4	148.0	165.5	183.5
23	67.7	92.7	110.0	127.1	149.9	167.7	185.9
24	68.5	93.9	111.4	128.6	151.8	169.8	188.2

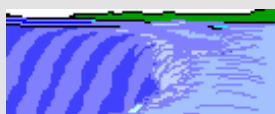
Tab.01 Comune di Truccazzano – Linee segnalatrici 1-24 ore H (mm) per durate e per tempi di ritorno(fonte sito ARPA)

VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Per il calcolo della portata di massima piena si utilizza la seguente formula:

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO
(FORMULA del METODO RAZIONALE)

$$Q_{\max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c}$$



con :

c = coefficiente di deflusso

h_(t,T) = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)

S = superficie del bacino (km²)

t_c = tempo di corrivazione (ore)

3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Q_{max} in m³/sec

Servono pertanto i dati morfometrici dell' area in oggetto:

Superficie dell'area (non disperdente)	S=	0,10 km ²
Lunghezza del percorso idraulico	L=	0,450 km
Altitudine max percorso idraulico	H _{max}	151,00 m.slm.
Altitudine min percorso idraulico	H ₀	149,75 m.slm.
Pendenza media percorso idraulico	%	0,0028
Altitudine max Area	H _{max}	151,30 m.slm.
Altitudine sezione considerata	H ₀	149,75 m.slm.
Altitudine media Area	H _m	151,63 m.slm.
Dislivello medio	H _m - H ₀	0,78 m

TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)	
Giandotti	$\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$
Kirpich, Watt- Chow, Pezzoli	$\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} = 0,52$
☐ Giandotti ☒ Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...	

Risultati:

Deflusso $c =$	0,60	$S \text{ (km}^2\text{)} =$	0,10	$t_c \text{ (ore)} =$	0,52
Tr (anni)	a	n	$t_c \text{ (ore)}$	$h(t,T) \text{ (mm)}$	$Q_{max} \text{ (m}^3\text{/sec)}$
10	45,3807	0,2900	0,52	37,48	1,21
30	56,2482	0,2905	0,52	46,44	1,50
50	61,2093	0,2907	0,52	50,53	1,63
100	67,9008	0,2909	0,52	56,04	1,81
200	74,5680	0,2911	0,52	61,54	1,98

La portata massima per un tempo di ritorno pari a 200 anni risulta pertanto essere di 1980 l/sec

VALUTAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

Sulla base della portata sopra calcolata si procede ora al calcolo del volume massimo dell'invaso per la laminazione:

$$V = (Q_{in} - Q_{out}) \times T_c = 3332 \text{ mc}$$

$Q_{in} = 1980 \text{ l/sec}$ (portata in ingresso)

$Q_{out} = 200 \text{ l/sec}$ (Portata totale di scarico in corpo idrico superficiale)

$T_c = 0,52 \text{ ore} \times 3600 = 1872 \text{ sec}$ (tempo di corrivazione)

Pertanto, in definitiva, il volume da contenere in caso di Pioggia critica secondo un tempo di ritorno di 200 anni risulta:

$$V_{lamin} \approx 3.350,00 \text{ mc}$$

A conferma dei risultati analitici cui si è pervenuti si riporta nel seguito la tabella desunta dal PRRA (Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia) quale riferimento normativo per la determinazione del volume di laminazione

Portata in uscita $q_{u_{max}}$ [l/s·ha _{imp}]	Costante di invaso K [min]		
	10	30	60
5	1080	1075	1070
10	780	770	760
20	460	435	405
30	390	370	335
40	345	315	275
50	310	290	230
70	270	215	150
100	220	135	25

Note:

- 1) I valori sono determinati sulla base di elaborazioni della pluviometria milanese per tempo di ritorno 10 anni.
- 2) I dati della tabella definiscono la capacità delle vasche, per ogni ettaro impermeabile di bacino sotteso, in funzione della costante temporale K [min] del bacino e della portata $q_{u_{max}}$ massima ammissibile in uscita dalle vasche, espressa in l/s per ettaro impermeabile di bacino sotteso.
- 3) La superficie scolante impermeabile [ha_{imp}] è pari al prodotto dell'effettiva area scolante A per il coefficiente d'assorbimento medio ponderale ϕ .

Tab.1 Valori PRRA della capacità specifica (m³/ha_{imp}) delle vasche volano (Paoletti e Becciu,1997)

La tabella ci indica che per un tempo di ritorno di 10 anni (e non per un tempo di ritorno di 200 anni come da calcolo analitico) e per una costante di tempo 30 min. (analoga al tempo calcolato in via analitica (0,52 ore), e sempre nel limite di 20 l/sec.ha, il volume di laminazione debba essere considerato pari a 435 mc /ha

In conclusione:

- Tenuto conto del valore generico dell'indicazione tabellare che non fa riferimento alla specifica zona territoriale in esame (Comune di Truccazzano)
- Del risultato dei calcoli analitici sopra riportati

Si è assunto, per ogni ettaro di terreno preso in considerazione, il valore di cubatura di laminazione specifica per ettaro pari a 370,00 mc e che pertanto il volume complessivo di laminazione sia pari a:

volume complessivo di laminazione: $370,00 \text{ mc/ha} \times 10 \text{ ha} = \mathbf{3700,00 \text{ mc}}$



Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

via Nino Dall'Oro 4 - 26900 LODI tel. 0371 - 420189 r.a. fax 0371 - 50393

email: cmuzza@muzza.it

Lodi, 15/12/2015

Spett.

AKNO

Business Parks S.r.l.

Via Bruno Buozzi n.5

Loc. Caleppio

20090 SETTALA (MI)

c.a Arch. Luca Leone

INVIATA A MEZZO PEC: acnobp@legalmail.it

Prot. n° 3607/15/CS/sm

OGGETTO: Parere preventivo per scarico in corpo idrico superficiale relativo ad un Piano Attuativo d'insediamento logistico (Comune di Truccazzano).

Si riscontra la vs domanda del 26/11/2015, acquisita al protocollo consorziale il 10/12/2015 al n.3567, relativa allo scarico di acque meteoriche provenienti da un insediamento logistico in Comune di Truccazzano, comunicando quanto segue.

- 1) Lo scarico, afferente la vasca di laminazione n.1, avviene in un tratto del corso d'acqua denominato "Cavo Banfa" che non rientra nel reticolo idrico dello scrivente Consorzio.
- 2) Lo scarico, afferente la vasca di laminazione n.2, avviene in un tratto del corso d'acqua denominato "Rozza" che non rientra nel reticolo idrico dello scrivente Consorzio.

A tal riguardo si fa presente comunque che le acque di cui al punto 2) vengono a confluire più a valle in una tombinatura della roggia Brivia Trobbia, posta in fregio alla s.p.39 "Strada Cerca", che ricade nel reticolo idrico consorziale .

Dalla vs. Relazione Tecnica preliminare risulta inoltre che la superficie impermeabile che verrà ad essere scaricata nei sopra menzionati corsi d'acqua è pari a 10 ha.

Conseguentemente per poter rispettare quanto previsto dal Piano di risanamento delle acque, approvato con Delibera D.C.R. 15/01/2002 n.VII/402 , ovvero i 20 lt/s.ha imp. sarebbe necessario laminare un volume di circa mc. 4.350 complessivi in luogo di quello previsto nella vs. relazione (mc. 3.700).

Inoltre, in relazione al censimento degli scarichi in Comune di Settala che è in corso di effettuazione da parte dello scrivente Consorzio, si richiede a Codesta Società che venga trasmessa, su adeguata planimetria, l'ubicazione di tutti i punti di scarico in corsi d'acqua superficiali afferenti a propri immobili.

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti in merito

Distinti saluti.

 IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO
dott. Sergio Carniti


Referente pratica : Arch. Massimo Servidati