

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
SITO NEI COMUNI DI BRINDISI E CELLINO SAN MARCO
IN PROVINCIA DI BRINDISI

Valutazione di Impatto Ambientale

(artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/2006)

Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

(art. 17 del D.L. 77/2021, convertito in L. 108/2021)

Prot. CIAE: DPE-0007123-P-10/08/2020

Idea progettuale, modello insediativo e coordinamento generale: **AG Advisory S.r.l.**

Paesaggio e supervisione generale: **CRETA S.r.l.**

Elaborazioni grafiche: **Eclettico Design**

Assistenza legale: **Studio Legale Sticchi Damiani**

Progettisti:

Responsabili VIA: **CRETA S.r.l.**

Arch. Sandra Vecchietti

Arch. Filippo Boschi

Arch. Anna Trazzi

Arch. Giulia Bortolotto

Arch. Mattia Zannoni

Contributi specialistici:

Acustica: **Dott. Gabriele Totaro**

Agronomia: **Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Agronomia: **Dott. Agr. Giuseppe Palladino**

Archeologia: **Dott.ssa Caterina Polito**

Archeologia: **Dott.ssa Michela Ruge**

Asseverazione PEF: **Omnia Fiduciaria S.r.l.**

Fauna: **Dott. Giacomo Marzano**

Geologia: **Geol. Pietro Pepe**

Idraulica: **Ing. Luigi Fanelli**

Piano Economico Finanziario: **Dott. Marco Marincola**

Vegetazione e microclima: **Dott. Leonardo Beccarisi**

Cartella **VIA_3/**

Sottocartella **DOC_SPEC/**

Identificatore:
DOCSPEC09

Relazione geotecnica

Descrizione **Relazione geotecnica**

Nome del file:
DOCSPEC09.pdf

Tipologia
Relazione

Scala
-

Autori elaborato: Geol. Pietro Pepe

Rev.	Data	Descrizione
00	01/02/22	Prima emissione
01		
02		

Spazio riservato agli Enti:

INDICE

1	RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	4
2	PREMESSA	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	6
3.1	Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico e Idrogeologico.....	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4.1	Assetto geomorfologico	10
4.2	Caratteri idrogeologici e idrografici	11
5	CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE	13
5.1	Inquadramento sismico dell'area	13
5.2	Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio	13
5.3	Valutazione dell'azione sismica	15
5.4	Individuazione della pericolosità del sito	17
5.4.1	Sito in agro di Brindisi.....	17
5.4.2	Sito in agro di Cellino San Marco.....	20
5.5	Strategia di progettazione	23
5.5.1	Analisi nel territorio di Brindisi.....	23
5.5.2	Analisi in territorio di Cellino San Marco.....	26
6	SINTESI DELLE RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
6.1	Risultati indagine sismica con tecnica MASW	29
6.1.1	Risultati sito Brindisi.....	30
6.1.2	Risultati sito Cellino San Marco.....	41
6.2	Risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue DPSH	52
6.2.1	DPSH in agro di Brindisi	54
6.2.2	DPSH in agro di Cellino San Marco	58
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI SITI.....	62
7.1	SITO COMPRESO NEL TERRITORIO DI BRINDISI	62
7.2	SITO COMPRESO NEL TERRITORIO DI CELLINO SAN MARCO.....	64

INDICE Tabelle

Tab. 5.1	Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno.....	19
Tab. 5.2	Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno.....	22
Tab. 5.3	Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite	25
Tab. 5.4	Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite	28
Tab. 6.1	stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1.....	30

Codice	Titolo	Pag. 1 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Tab. 6.2 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2.....	30
Tab. 6.3 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1.....	31
Tab. 6.4 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2.....	31
Tab. 6.5 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018	32
Tab. 6.6 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1.....	41
Tab. 6.7 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2.....	41
Tab. 6.8 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1.....	42
Tab. 6.9 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2.....	42
Tab. 6.10 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018	43
Tab. 6.11 Correlazioni empiriche utilizzate per l’elaborazione dei DPSH.....	53
Tab. 6.12 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01.....	55
Tab. 6.13 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02.....	57
Tab. 6.14 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01.....	59
Tab. 6.15 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02.....	61
Tab. 7.1 Tabella parametri geotecnici noti in letteratura.....	62
Tab. 7.2 Verifica preliminare di capacità portante	63
Tab. 7.3 Tabella parametri geotecnici noti in letteratura.....	64
Tab. 7.4 Verifica preliminare di capacità portante	65

INDICE Figure

Fig. 3.1 Inquadramento dell’area su ortofoto	6
Fig. 3.2 Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell’area di intervento	8
Fig. 4.1 Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell’area d’intervento.....	9
Fig. 4.2 Stralcio Carta idrogeomorfologica con ubicazione dell’area d’intervento.....	11
Fig. 4.3 Stralcio Piano di Tutela delle Acque nell’area di intervento: distribuzione media dei carichi Piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia a e del Salento.....	12
Fig. 5.1 Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003	13
Fig. 5.2 Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004	14
Fig. 5.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.....	15
Fig. 5.4 Parametri di pericolosità sismica dell’area in esame	16
Fig. 5.5 Pericolosità dell’area in esame	17
Fig. 5.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno	18
Fig. 5.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno	19
Fig. 5.8 Pericolosità dell’area in esame	20
Fig. 5.9 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno	21
Fig. 5.10 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno	22
Fig. 5.11 Strategia di progettazione.....	23
Fig. 5.12 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno	24
Fig. 5.13 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite	25
Fig. 5.14 Strategia di progettazione.....	26
Fig. 5.15 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno	27

Codice	Titolo	Pag. 2 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 5.16 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite	28
Fig. 6.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	33
Fig. 6.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	33
Fig. 6.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	34
Fig. 6.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1	34
Fig. 6.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	35
Fig. 6.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	35
Fig. 6.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	36
Fig. 6.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2	36
Fig. 6.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	37
Fig. 6.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1...37	37
Fig. 6.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	38
Fig. 6.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1	38
Fig. 6.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	39
Fig. 6.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2...39	39
Fig. 6.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	40
Fig. 6.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2	40
Fig. 6.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	44
Fig. 6.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1...44	44
Fig. 6.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	45
Fig. 6.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1	45
Fig. 6.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	46
Fig. 6.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2...46	46
Fig. 6.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	47
Fig. 6.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2	47
Fig. 6.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	48
Fig. 6.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1...48	48
Fig. 6.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	49
Fig. 6.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1	49
Fig. 6.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	50
Fig. 6.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2...50	50
Fig. 6.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	50
Fig. 6.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2	51
Fig. 6.33 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01	54
Fig. 6.34 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02	56
Fig. 6.35 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01	58
Fig. 6.36 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02	60

Codice	Titolo	Pag. 3 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000, Foglio 203 "Brindisi";
- Ciaranfi N. et alii (1983) - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003);
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici;
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 "Progetto S1 Proseguimento dell'assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi";
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006);
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale"
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia – "Adempimenti In Zone Sismiche Classificate 4" - Prevede l'obbligo della progettazione antisismica estesa anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, dalla delibera di G.R. n° 153/04;
- Delibera D.G.R. n. 1214 del 31.05.2011 della Giunta Regionale - Regione Puglia – specificazione di dettaglio degli edifici individuati con gli elenchi A e B dell'Allegato 2 dalla delibera di G.R. n° 153/04;
- "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8).

Codice	Titolo	Pag. 4 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

2 PREMESSA

Nel presente elaborato vengono descritti i caratteri geologici, idrogeomorfologici e sismici dell'area interessata dalle opere di realizzazione dell'impianto agrivoltaico presso il sito ricadente nel territorio di Brindisi e Cellino San Marco. Inoltre, saranno definiti i principali parametri fisico-meccanici dei terreni costituenti il sottosuolo in esame anche facendo riferimento ai dati noti in letteratura tecnica, con lo scopo di fornire informazioni utili alla ricostruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo.

Vista la natura dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera in progetto durante l'attuazione delle indagini è stata posta particolare attenzione a:

- Determinare lo spessore dei depositi di copertura;
- Caratterizzare meccanicamente gli strati di sottosuolo interessati dalle opere in progetto;
- Individuare la presenza di eventuali anomalie stratigrafiche;
- Determinare il valore puntuale del $V_{s,eq}$ al fine di attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplate dalle NTC 2018.

A supporto dello studio geologico-tecnico del territorio in esame, è stata condotta una campagna indagini, consistita nell'esecuzione di:

- ✓ Rilievo geologico di superficie e acquisizione fotografica dei caratteri tipologici evidenti in situ;
- ✓ n. 2 prospezioni sismiche mediante tecnica MASW per singoli profili di lunghezza complessiva 69 ml e con 24 geofoni distanti 3 m, finalizzate al calcolo della $V_{s,eq}$ ai sensi delle NTC 2018 per l'area in esame compresa nel territorio di Brindisi;
- ✓ n. 2 prospezioni sismiche mediante tecnica MASW per singoli profili di lunghezza complessiva 69 ml e con 24 geofoni distanti 3 m, finalizzate al calcolo della $V_{s,eq}$ ai sensi delle NTC 2018 per l'area in esame compresa nel territorio di Cellino San Marco;
- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni superficiali per l'area in esame compresa nel territorio di Brindisi;
- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni superficiali per l'area in esame compresa nel territorio di Cellino San Marco.

Nella **Tavola 01** è riportata la planimetria dell'area in esame in cui sono indicate le ubicazioni delle indagini sismiche e penetrometriche. Nel seguito della trattazione saranno riassunti anche i risultati delle indagini geognostiche, la cui trattazione completa è consultabile nella Relazione Geologica.

Codice	Titolo	Pag. 5 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile della potenza complessiva di 16,63 MWp su lotti di terreno di estensione totale pari 34,289ha siti nei comuni di Cellino San Marco (BR) e Brindisi. L'area compresa in agro di Brindisi ricade a sud del territorio di Brindisi, al confine con Mesagne, San Donaci e Cellino San Marco, a quote variabili tra 70 e 75 m s.l.m. mentre l'area compresa in agro di Cellino San Marco ricade ad ovest del territorio di Cellino San Marco, al confine con San Donaci e Brindisi, a quote variabili tra 63÷70 m s.l.m..

La figura 3.1 mostra in giallo il perimetro dell'area di stretto interesse, in celeste sono delineati i confini territoriali di Mesagne, San Donaci e Cellino San Marco.



Fig. 3.1 Inquadramento dell'area su ortofoto

Codice	Titolo	Pag. 6 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

3.1 Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico e Idrogeologico

Ai fini della verifica delle condizioni d'assetto idraulico e geomorfologico dell'area d'intervento, è stata consultata la "Carta del Rischio" del Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

In base ai criteri di perimetrazione è stato verificato che l'area non ricade in alcuna area perimetrata come "Area a pericolosità geomorfologica o Idraulica", come da stralcio cartografico seguente.

Codice	Titolo	
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	Pag. 7 di 65

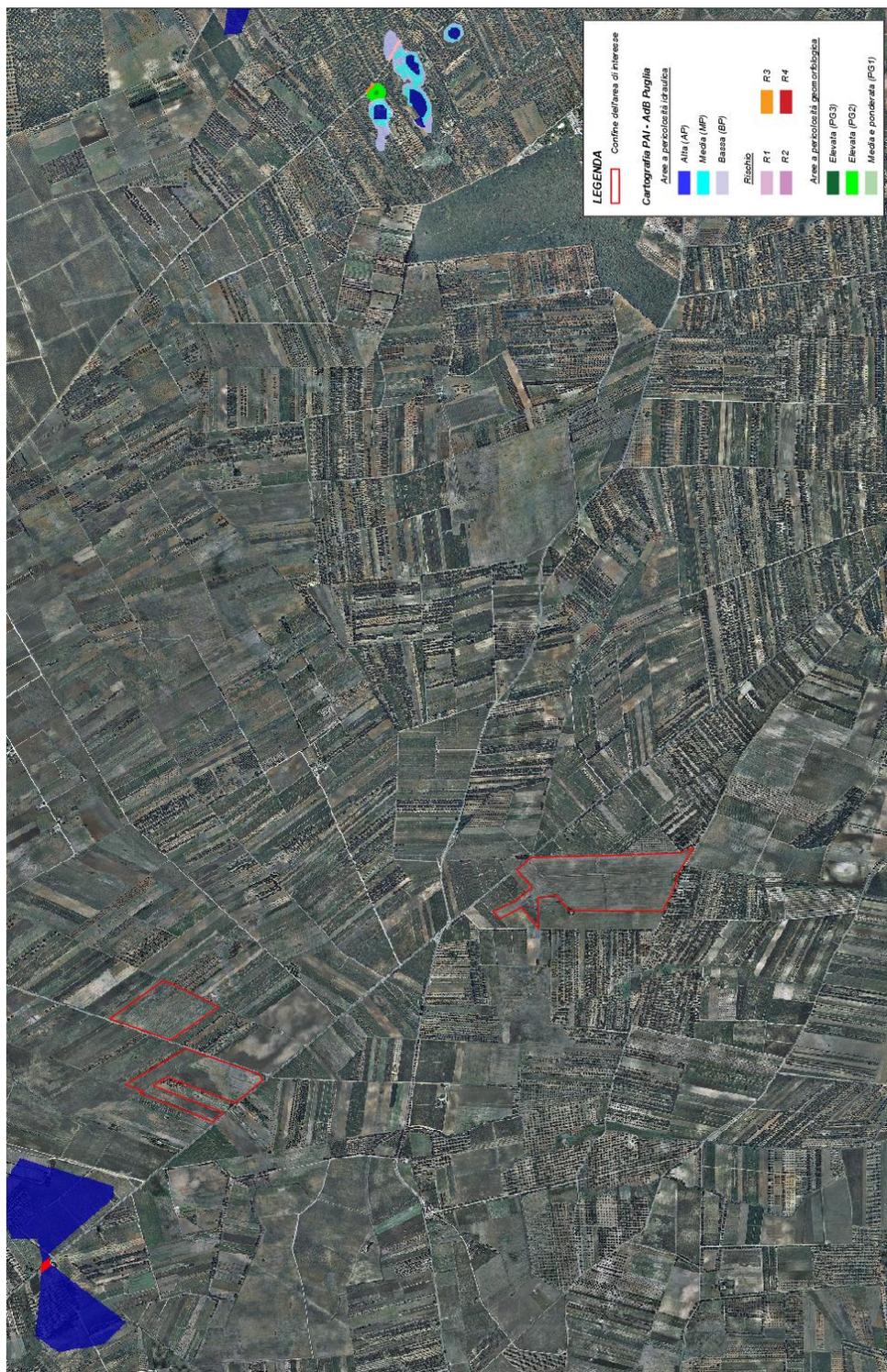


Fig. 3.2 Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell'area di intervento

Codice	Titolo	Pag. 8 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse, dal punto di vista geologico, ricade nel Foglio n. 203 della Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000 "Brindisi". L'area in esame si colloca nel comprensorio della penisola Salentina geologicamente costituita da una successione di rocce calcareo-dolomitiche, calcarenitiche e sabbioso-argillose, la cui messa in posto è avvenuta nell'arco di tempo compreso tra il Mesozoico e il Quaternario.

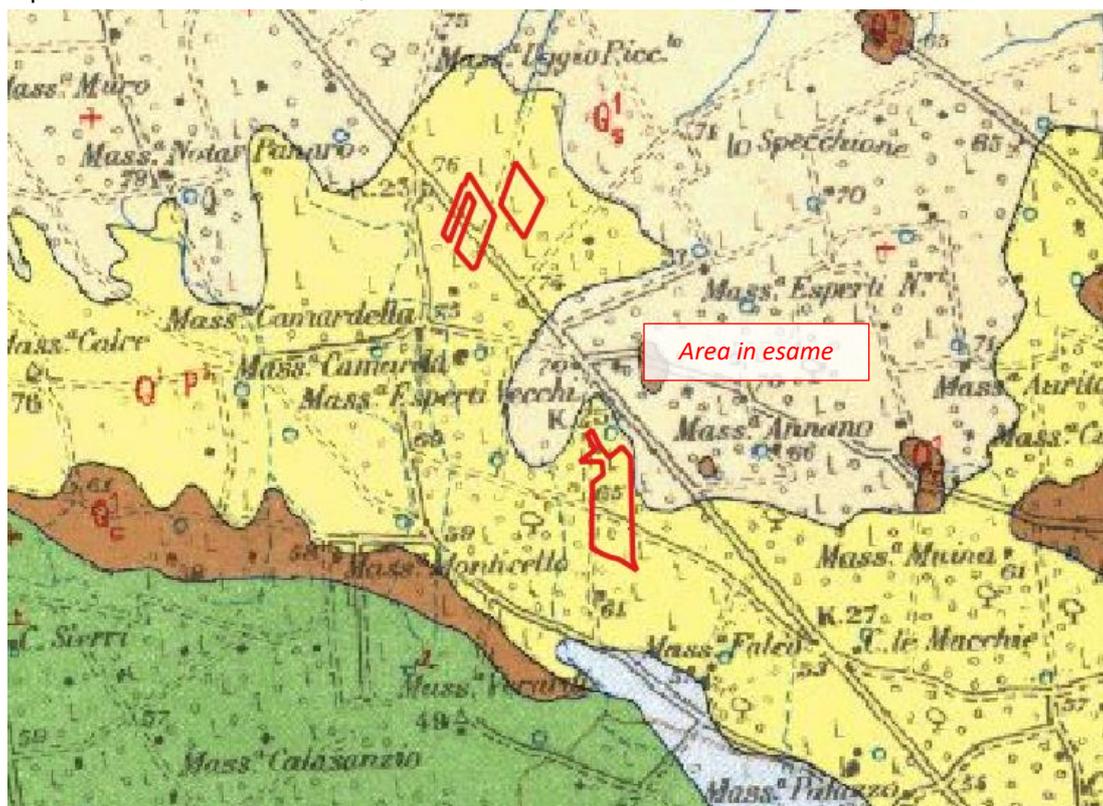
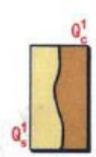
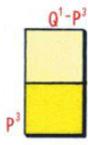


Fig. 4.1 Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell'area d'intervento



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrate (Q_{1s}); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q_{1c}). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

Codice	Titolo	Pag. 9 di 85
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

	<p>(G¹-P²) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: <i>Hyalinea balthica</i> (SCHR.), <i>Cassidulina laevigata</i> D'ORB. var. <i>carinata</i> SILV., <i>Bulimina marginata</i> D'ORB., <i>Ammonia beccarii</i> (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.</p>
	<p>Calcarei dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: <i>Thaumatoporella</i> sp., <i>Praeglobotruncana stephani stephani</i> (GAND.), <i>P. stephani turbinata</i> (REICH.), <i>Rotalipora appenninica appenninica</i> (RENZ), <i>R. cf. reicheli</i> (MORN.), <i>Nummoloculina</i> sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).</p>

Il territorio strettamente in esame è contraddistinto da un primo strato superficiale di terreno vegetale ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi compatti e cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareni del Salento.

Inoltre, nel corso delle indagini nell'area ricadente nel territorio di Brindisi, è emersa la presenza di una lente acquifera a profondità di circa 3 m dal p.c. nella zona più a sud dell'intera area oggetto di esame, in prossimità della strada Mesagne - San Donaci e della S.P.80.

4.1 Assetto geomorfologico

Oltre al rilevamento geologico-geomorfologico, ai fini della verifica dei caratteri idro-geomorfologici dell'area è stata consultata la cartografia idro-geomorfologica in Web-Gis redatta dall'AdB Puglia (di cui si riporta uno stralcio a seguire), dalla quale si evince che il sito sito in agro di Brindisi, che per la sua estensione si trova ad una quota compresa tra 70 e 75 metri circa, è contraddistinto da superfici sub-orizzontali o con blande pendenze verso NE, e dall'attraversamento nella zona a nord di un corso d'acqua episodico ovvero un corso d'acqua che si attiva essenzialmente durante le precipitazioni di forte intensità. Le medesime considerazioni possono essere fatte per l'area in esame in agro di C. San Marco che si trova ad una quota inferiore (63 ÷ 70 m) e presenta un corso d'acqua episodico nella zona a sud.

Codice	Titolo	Pag. 10 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

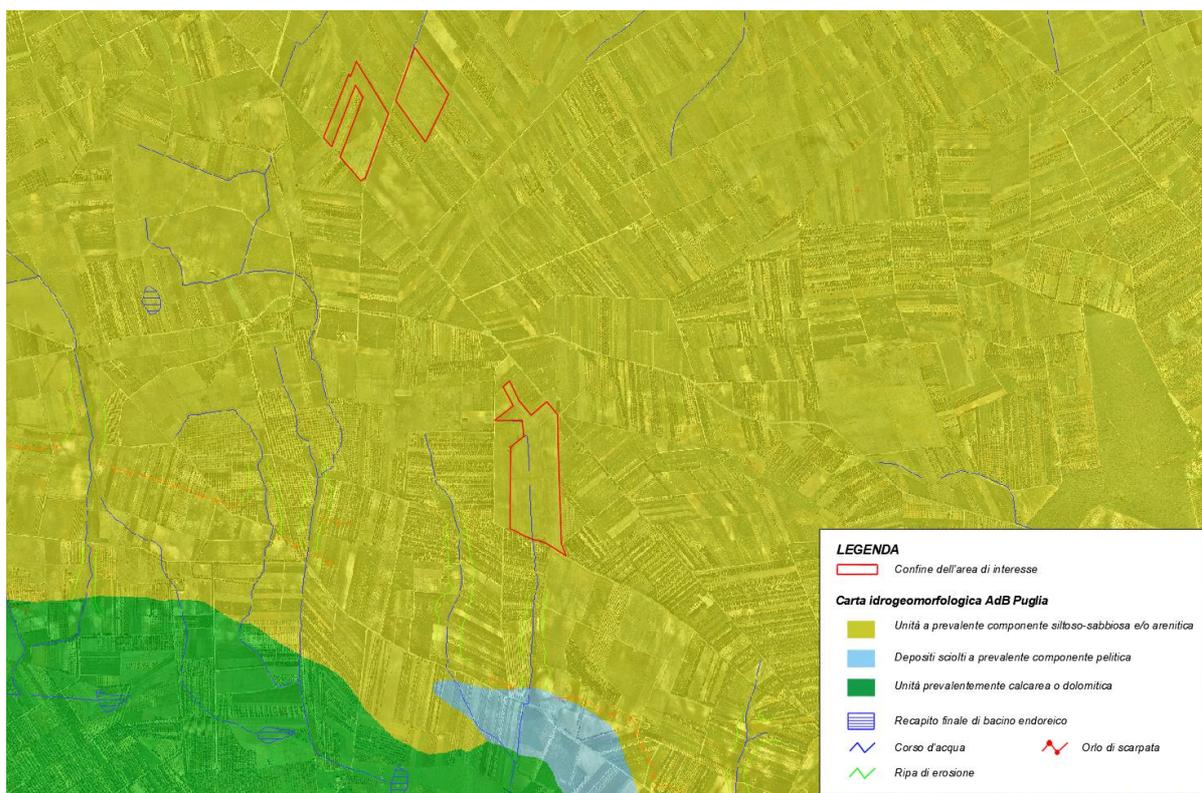


Fig. 4.2 Stralcio Carta idrogeomorfologica con ubicazione dell'area d'intervento

4.2 Caratteri idrogeologici e idrografici

Le caratteristiche idrogeologiche della zona in esame risultano influenzate dalla morfologia del territorio, dalle condizioni di assetto strutturale e dalle caratteristiche di permeabilità delle formazioni affioranti. Il deflusso superficiale si esplica per brevi percorsi condizionati sostanzialmente dall'andamento generale delle pendenze, giacché non esiste un reticolo idrografico di superficie. Le modalità di deflusso delle acque sotterranee risultano invece fortemente influenzate dal grado e dal tipo di permeabilità delle formazioni affioranti. Le acque pluviali che si infiltrano nel sottosuolo vanno quasi interamente ad alimentare la "falda profonda", un corpo acquifero di dimensioni cospicue, attestato nelle rocce del basamento carbonatico mesozoico. Tuttavia dal Pleistocene medio ad oggi l'azione delle acque meteoriche ha agito sulla superficie del paesaggio addolcendone le forme e scavando profonde incisioni sulle rocce carbonatiche che hanno portato poi allo sviluppo di forme tipicamente carsiche quali doline, inghiottitoi e soprattutto, un gran numero di grotte.

L'intero territorio presenta notevoli segni di un modellamento carsico policiclico e un'idrografia contrassegnata nelle parti interne dalla presenza di bacini endoreici di varia dimensione e forma. Sulla base dei dati desunti dal nuovo Piano di Tutela delle Acque, i carichi

Codice	Titolo	Pag. 11 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

piezometrici della falda profonda sono, nell'area in esame, dell'ordine di circa 3 metri s.l.m. e il deflusso delle acque sotterranee si esplica localmente a pelo libero e con cadenti piezometriche molto basse da Ovest verso Est.

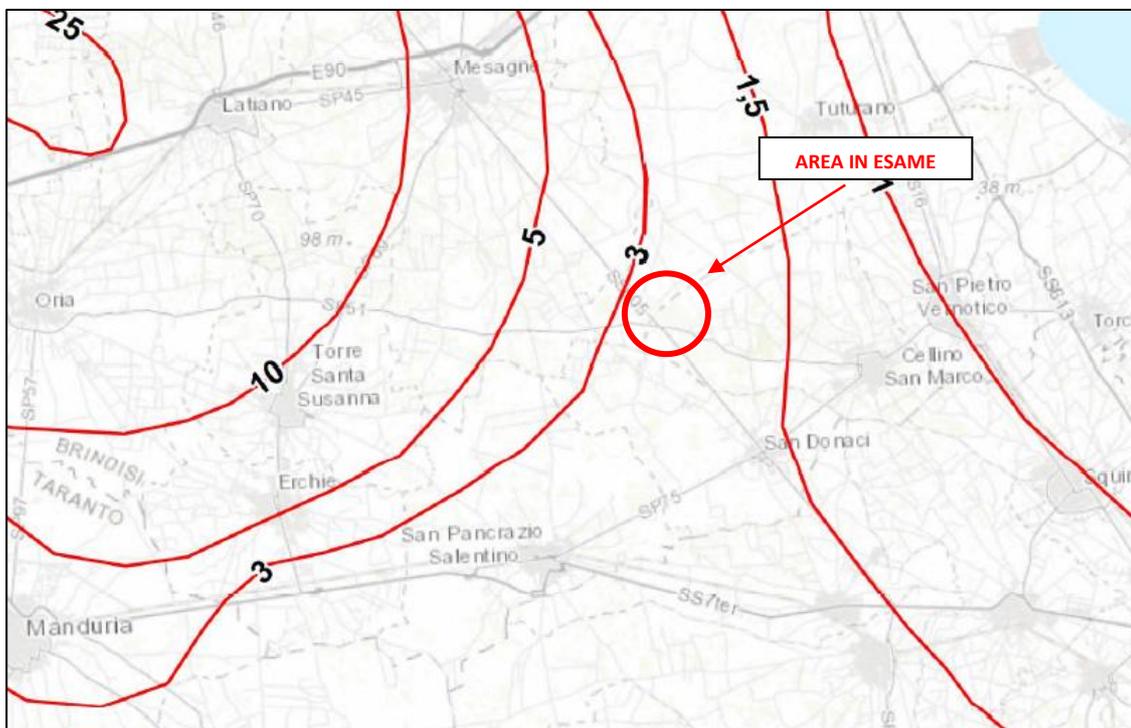


Fig. 4.3 Stralcio Piano di Tutela delle Acque nell'area di intervento: distribuzione media dei carichi Piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia a e del Salento

Codice	Titolo	Pag. 12 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

5 CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE

5.1 Inquadramento sismico dell'area

Il comune di Brindisi e di Cellino San Marco, con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009, ricade in **zona sismica 4** (*livello di pericolosità molto basso*), come evidenziato nella figura seguente.



Fig. 5.1 Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003

5.2 Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio

Basandosi sulle indagini sismiche eseguite, i valori di velocità delle onde sismiche di taglio hanno evidenziato:

- per l'area ricadente nel Comune di Brindisi, nella zona a sud la presenza del bedrock sismico alla profondità di 15.60÷17.59 m; mentre nella zona più a nord non è stato possibile individuare il bedrock sismico, pertanto il calcolo del V_s , eq si è ricondotto al calcolo del vecchio $V_{s,30}$, cioè fino alla profondità di 30 metri di investigazione. In ogni caso i valori del V_s , eq sono risultati compresi tra 382 e 489 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B";
- per l'area ricadente nel Comune di C.S. Marco, nella zona a nord la presenza del bedrock sismico alla profondità di poco più di 15 metri; mentre nella zona a sud il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità compresa tra 20 e 25 metri. In ogni caso i

Codice	Titolo	Pag. 13 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

valori del $V_{s,eq}$ sono risultati compresi tra 379 e 443 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

Inoltre, in entrambi i casi il valore del fattore S che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e geotecniche del sito è pari a: **S=1.0**.

Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. All'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $0.15 < a_g/g < 0.25$, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base pari ad $a_g=0.05g$. In particolare, le recenti Norme superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.025 - 0.050 g, come evidenziato nelle figure seguenti, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800m/sec$).

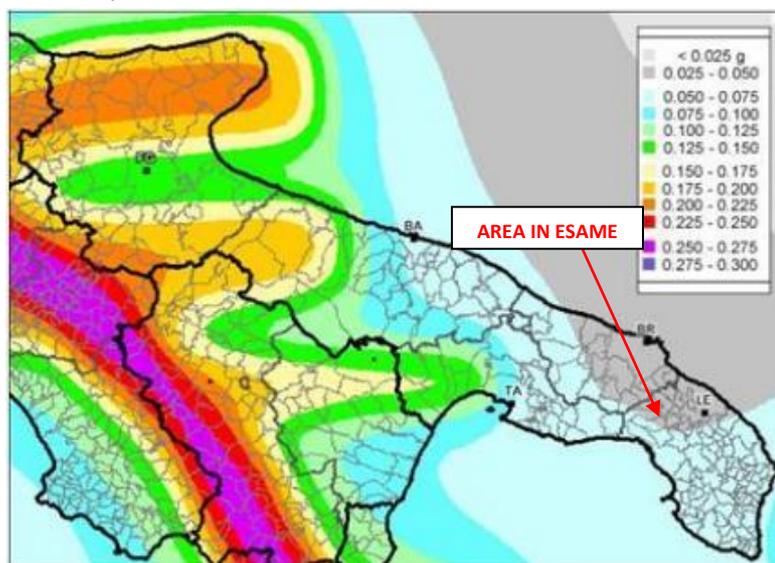


Fig. 5.2 Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)

Codice	Titolo	Pag. 14 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

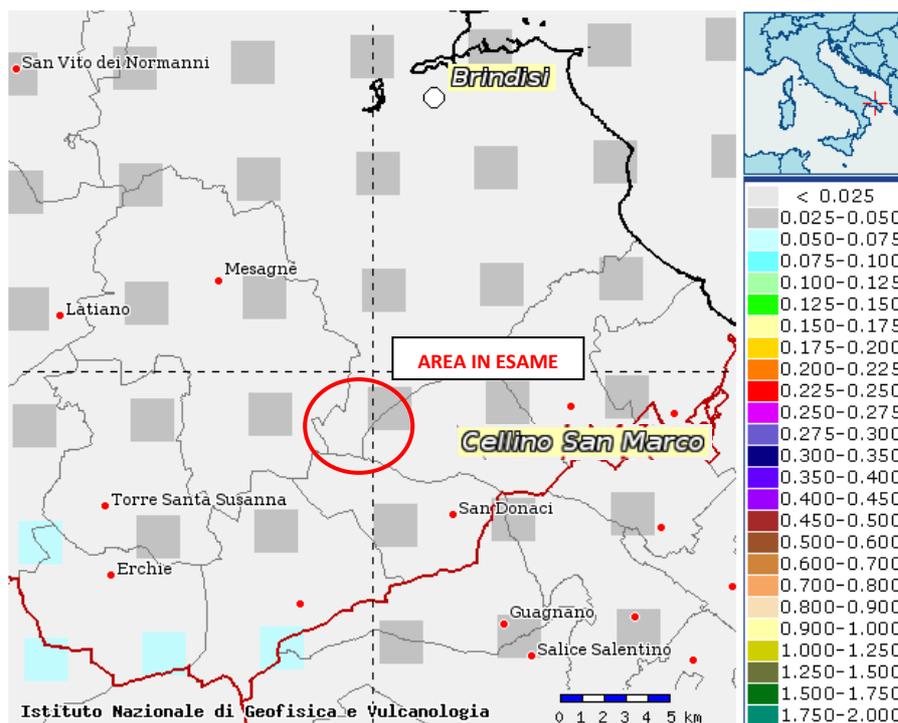


Fig. 5.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi

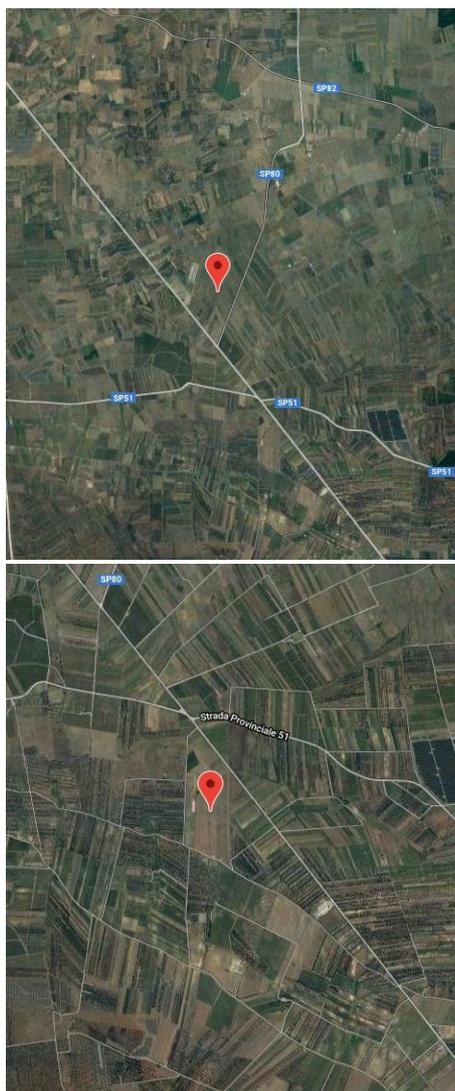
Infine, per ulteriori considerazioni utili a caratterizzare la sismicità dei siti in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da un deposito sabbioso molto compatto e cementato nel territorio di Brindisi, mentre è costituito da un deposito sabbioso compatto e cementato nel territorio di Cellino San Marco;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- la falda superficiale non è presente nel territorio di Brindisi mentre è presente nel territorio di Cellino San Marco.

5.3 Valutazione dell'azione sismica

Alla luce della recente normativa di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame ricadente rispettivamente nel territorio di Brindisi e di Cellino San Marco:

Codice	Titolo	
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	Pag. 15 di 65



Latitudine (WGS84)	40.50073437	Longitudine (WGS84)	17.87700748	
Latitudine (ED50)	40.50241	Longitudine (ED50)	17.87795	
Altitudine (mt)	0			
Classe dell'edificio	II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti			
Vita Nominale Struttura	50			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.015	2.321	0.160
Danno	50	0.020	2.352	0.225
Salvaguardia Vita	475	0.048	2.516	0.462
Prevenzione Collasso	975	0.059	2.628	0.517

Latitudine (WGS84)	40.47903039	Longitudine (WGS84)	17.88659442	
Latitudine (ED50)	40.480706	Longitudine (ED50)	17.887537	
Altitudine (mt)	0			
Classe dell'edificio	II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti			
Vita Nominale Struttura	50			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.015	2.325	0.159
Danno	50	0.019	2.345	0.222
Salvaguardia Vita	475	0.048	2.493	0.464
Prevenzione Collasso	975	0.059	2.593	0.522

Fig. 5.4 Parametri di pericolosità sismica dell'area in esame

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- "ag" accelerazione orizzontale massima al terreno;

Codice	Titolo	Pag. 16 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

- “F₀” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “Tc*” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC 2018 ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica. Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa. La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici. Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità.

Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

5.4.1 Sito in agro di Brindisi



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 17.87701 LATITUDINE: 40.50073

Ricerca per comune REGIONE: Puglia PROVINCIA: Brindisi COMUNE: Brindisi

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Fig. 5.5 Pericolosità dell’area in esame

Codice	Titolo	Pag. 17 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) sono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R .

Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_0 , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1.

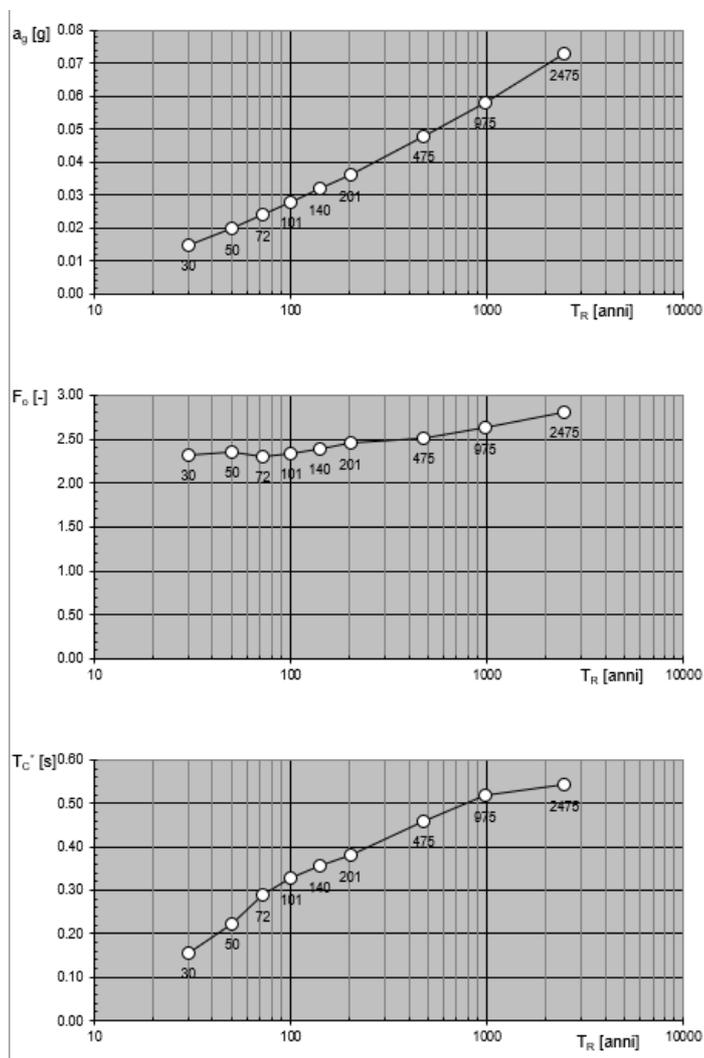


Fig. 5.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 18 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

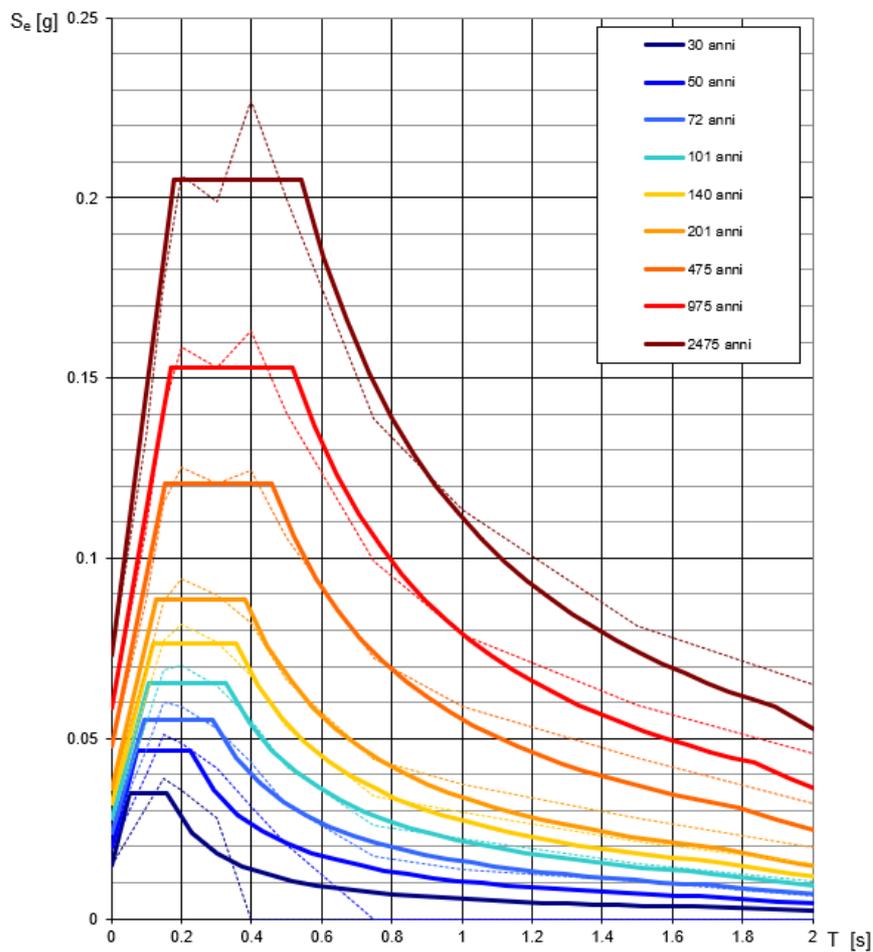


Fig. 5.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.015	2.319	0.157
50	0.020	2.354	0.224
72	0.024	2.301	0.288
101	0.028	2.341	0.328
140	0.032	2.393	0.356
201	0.036	2.449	0.381
475	0.048	2.514	0.459
975	0.058	2.625	0.518
2475	0.073	2.810	0.542

Tab. 5.1 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 19 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

5.4.2 Sito in agro di Cellino San Marco

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

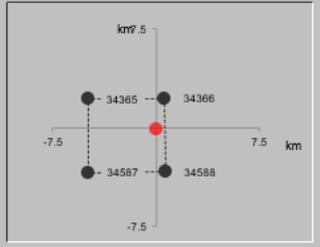
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

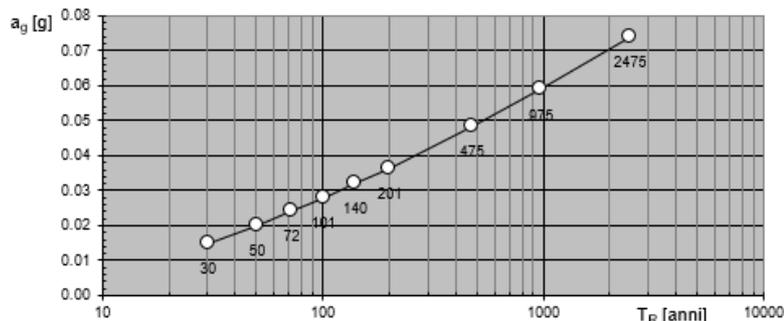
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Fig. 5.8 Pericolosità dell'area in esame

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) sono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R .

Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_0 , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1



Codice	Titolo	Pag. 20 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

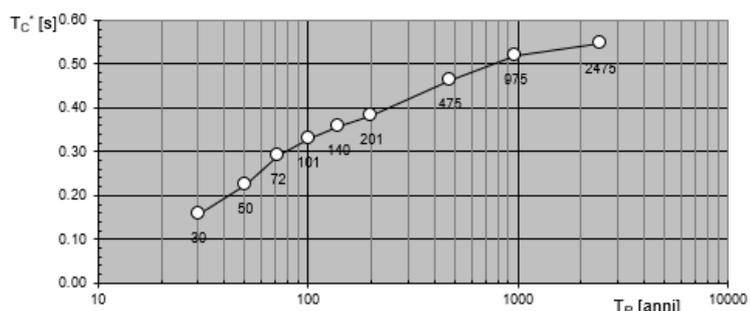
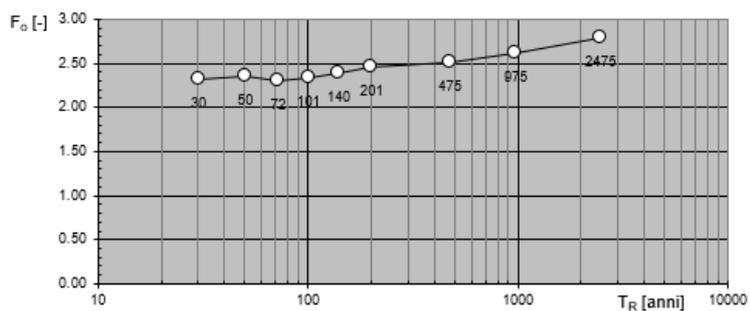


Fig. 5.9 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 21 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

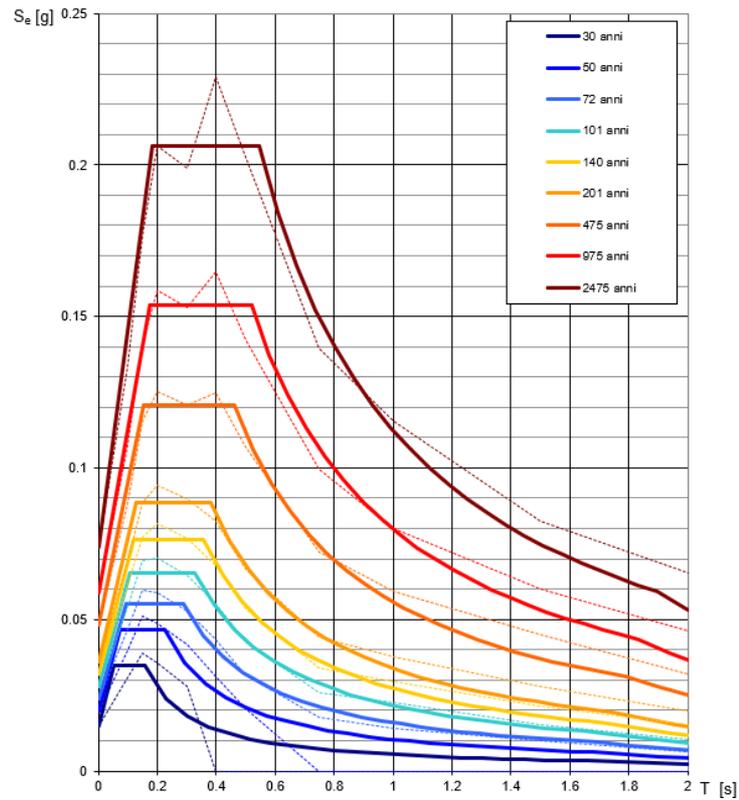


Fig. 5.10 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.015	2.317	0.157
50	0.020	2.351	0.224
72	0.024	2.296	0.290
101	0.028	2.341	0.329
140	0.032	2.392	0.357
201	0.036	2.450	0.382
475	0.048	2.505	0.462
975	0.059	2.614	0.519
2475	0.074	2.791	0.545

Tab. 5.2 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 22 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

5.5 Strategia di progettazione

5.5.1 Analisi nel territorio di Brindisi

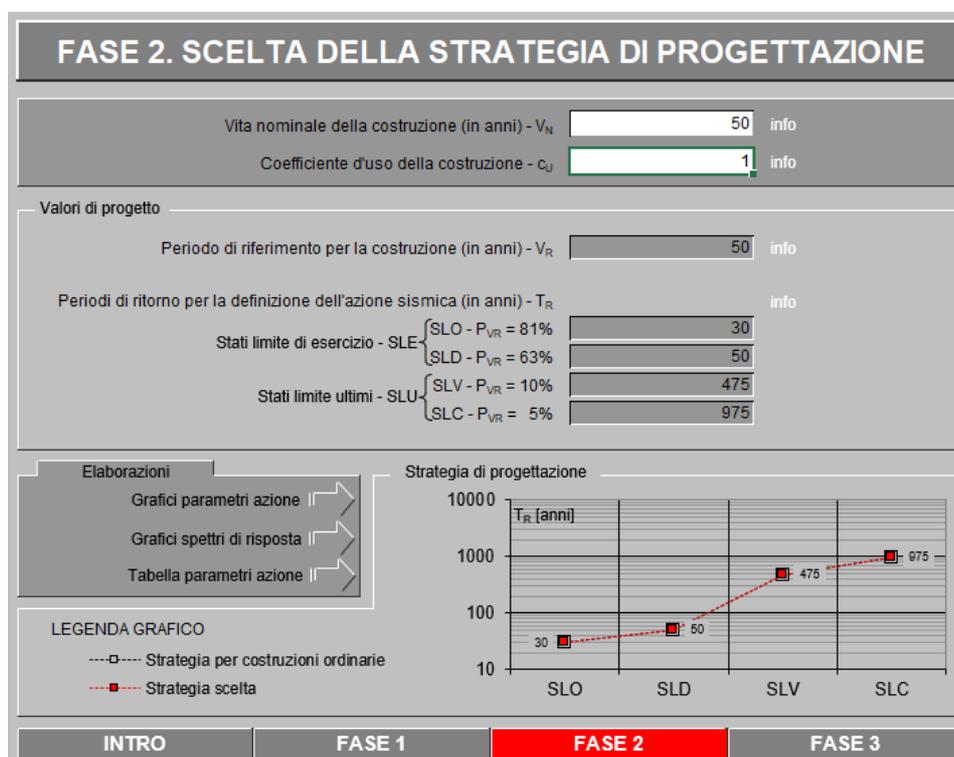


Fig. 5.11 Strategia di progettazione

Nel caso specifico si ha una struttura con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=1$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC 2018. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Codice	Titolo	Pag. 23 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

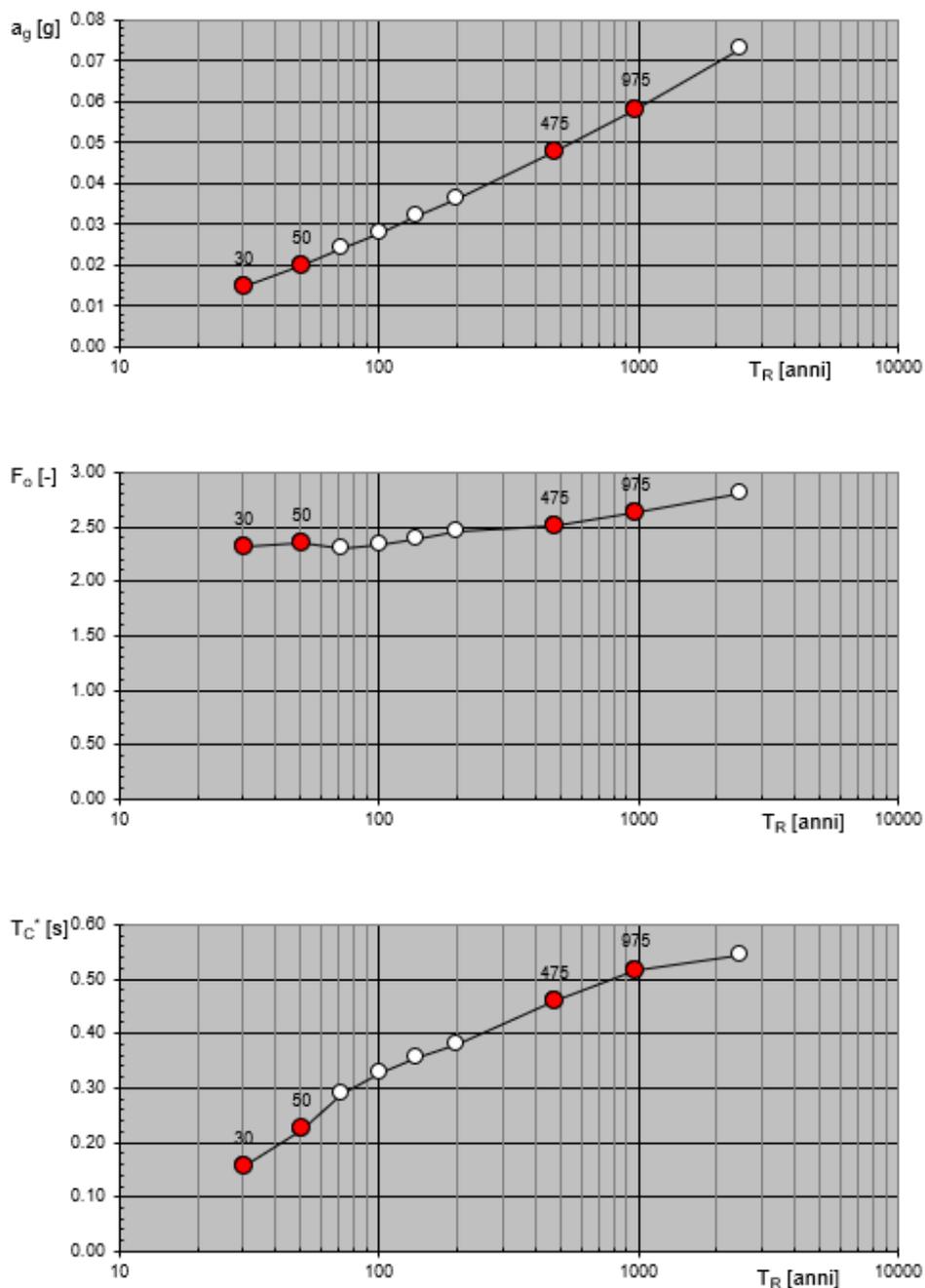


Fig. 5.12 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 24 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

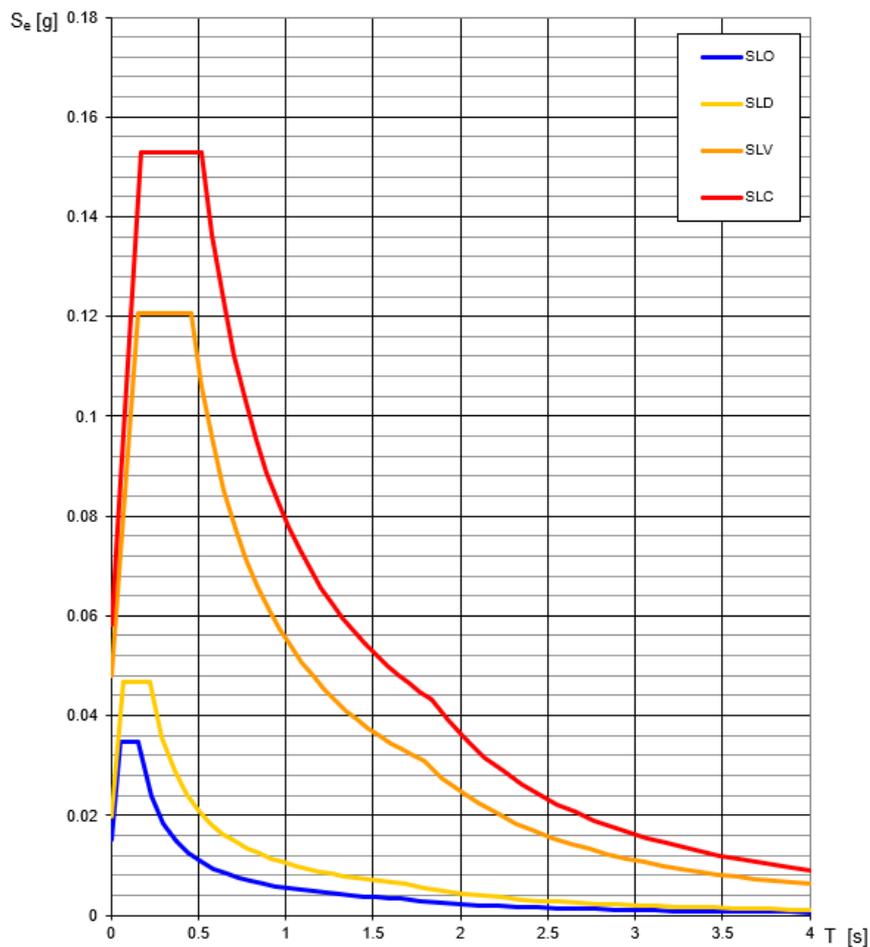


Fig. 5.13 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.015	2.319	0.157
SLD	50	0.020	2.353	0.225
SLV	475	0.048	2.514	0.459
SLC	975	0.058	2.625	0.518

Tab. 5.3 Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite

Codice	Titolo	Pag. 25 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

5.5.2 Analisi in territorio di Cellino San Marco

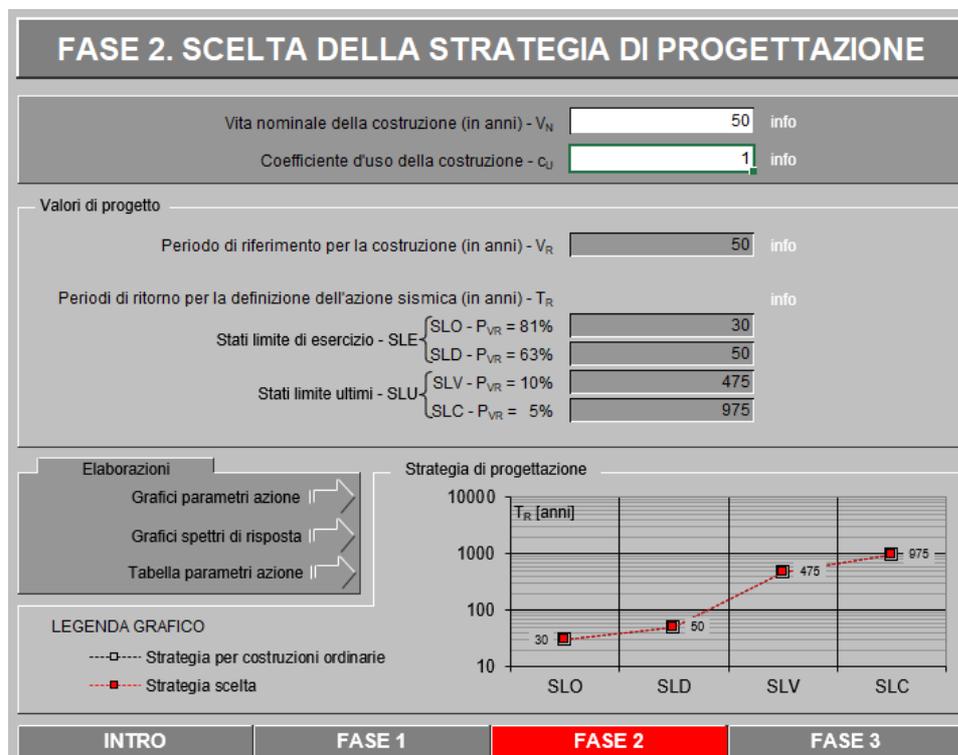


Fig. 5.14 Strategia di progettazione

Nel caso specifico si ha una struttura con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=1$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC 2018. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Codice	Titolo	Pag. 26 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

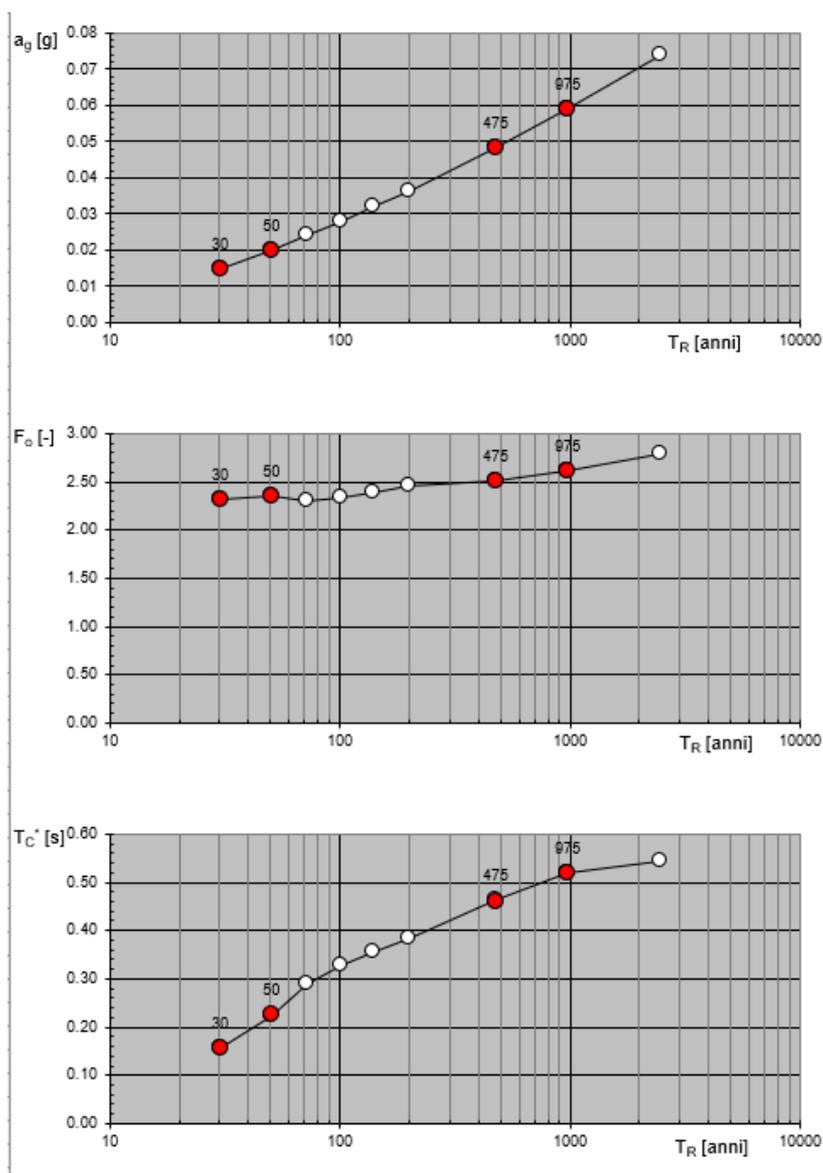


Fig. 5.15 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 27 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

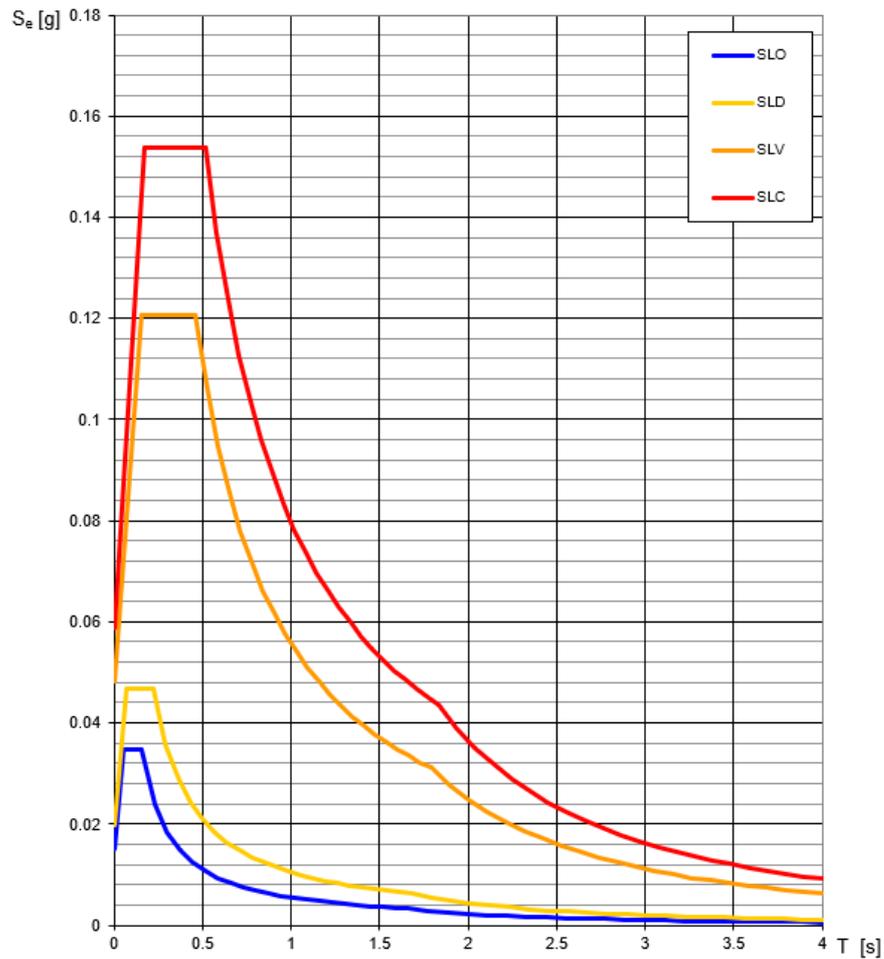


Fig. 5.16 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.015	2.317	0.157
SLD	50	0.020	2.351	0.225
SLV	475	0.048	2.505	0.462
SLC	975	0.059	2.614	0.519

Tab. 5.4 Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite

Codice	Titolo	Pag. 28 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

6 SINTESI DELLE RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Risultati indagine sismica con tecnica MASW

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità a cui stazione il bedrock roccioso o un suolo molto rigido (VS,eq) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione dei due siti, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), sono stati eseguiti n. 4 profili MASW, **MASW 01** e **MASW 02** nell’area in esame ricadente nel territorio di Brindisi, e **MASW 01** e **MASW 02** nell’area in esame ricadente nel territorio di Cellino San Marco, la cui ubicazione è mostrata nell’elaborato **PAGRVLTELAB10**.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell’andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software.

A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). È così possibile definire, con un’approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo “VS,eq”.

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 24 geofoni verticali a 4.5Hz, in un sismografo a 24 canali della “MAE” modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati, in corrispondenza di stendimenti lunghi 69 m e spaziatura intergeofonica di 3.0 m.

Nel seguito sono stati rappresentati per entrambi i siti, in tre grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo MASW e il sismogramma medio di tutte le interazioni, degli stendimenti svolti.

Il primo grafico, a partire dallo spettro P-F, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l’energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l’andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel grafico successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l’inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per “aggiustamenti” successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

Il grafico finale riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione NTC 2018 è stato calcolato il parametro $V_{s,eq}$, inteso come il valore medio delle velocità delle onde sismiche di taglio nel substrato, cioè per lo spessore di sottosuolo al di sopra del bedrock sismico. Appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla

Codice	Titolo	Pag. 29 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s, pertanto la profondità del bedrock varia di volta in volta a seconda dell'assetto geologico.

6.1.1 Risultati sito Brindisi

Basandosi sulle indagini sismiche svolte è stato calcolato il valore del Vs, eq, mediante la metodologia MASW ed è stato possibile individuare il bedrock sismico alla profondità di 15.60÷17.59 m nel caso MASW.01, quindi nella zona sud; mentre per il caso MASW.02, nella zona più a nord, non è stato possibile individuare il bedrock sismico, pertanto il calcolo del Vs,eq si è ricondotto al calcolo del vecchio Vs,30, cioè fino alla profondità di 30 metri di investigazione.

Nelle tabelle seguenti il calcolo dei Vs,eq e dei Vs,30.

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h ₁	STRATO 1	1.6	158.00	h ₁ /V ₁	0.010
h ₂	STRATO 2	2.6	275.00	h ₂ /V ₂	0.009
h ₃	STRATO 3	4.3	497.00	h ₂ /V ₃	0.009
h ₄	STRATO 4	7.1	561.00	h ₂ /V ₄	0.013
H		15.6		Σ hi/Vi	0.041

$$V_{S,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{382}$$

Tab. 6.1 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h ₁	STRATO 1	2.80	202.00	h ₁ /V ₁	0.014
h ₂	STRATO 2	3.80	363.00	h ₂ /V ₂	0.010
h ₃	STRATO 3	5.30	585.00	h ₂ /V ₃	0.009
h ₄	STRATO 4	5.69	707.00	h ₂ /V ₄	0.008
H		17.59		Σ hi/Vi	0.041

$$V_{S,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{424}$$

Tab. 6.2 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2

Codice	Titolo	Pag. 30 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Dalle elaborazioni MASW.01 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,eq} = 382 \text{ m/s}$ e $V_{s,eq} = 424 \text{ m/s}$, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.5).

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	2.9	279.00	h_1/V_1	0.010
h_2	STRATO 2	4.4	381.00	h_2/V_2	0.012
h_3	STRATO 3	6.7	533.00	h_2/V_3	0.013
h_4	STRATO 4	10.1	593.00	h_2/V_4	0.017
h_5	STRATO 5	5.9	605.00	h_2/V_5	0.010
H		30		$\Sigma h_i/V_i$	0.061

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = V_{s,30} \quad \text{m/s} \quad \mathbf{489}$$

Tab. 6.3 stima del $V_{s,30}$ - MASW 02 – scoppio 1

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	3.50	306.00	h_1/V_1	0.011
h_2	STRATO 2	4.60	392.00	h_2/V_2	0.012
h_3	STRATO 3	6.10	522.00	h_2/V_3	0.012
h_4	STRATO 4	8.00	571.00	h_2/V_4	0.014
h_5	STRATO 5	7.80	579.00	h_2/V_5	0.013
H		30.00		$\Sigma h_i/V_i$	0.062

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = V_{s,30} \quad \text{m/s} \quad \mathbf{481}$$

Tab. 6.4 stima del $V_{s,30}$ - MASW 02 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.02 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,30} = 489 \text{ m/s}$ e $V_{s,30} = 481 \text{ m/s}$, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.5).

Codice	Titolo	Pag. 31 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 6.5 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici rappresentativi delle indagini RE.MI svolte.

Codice	Titolo	Pag. 32 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

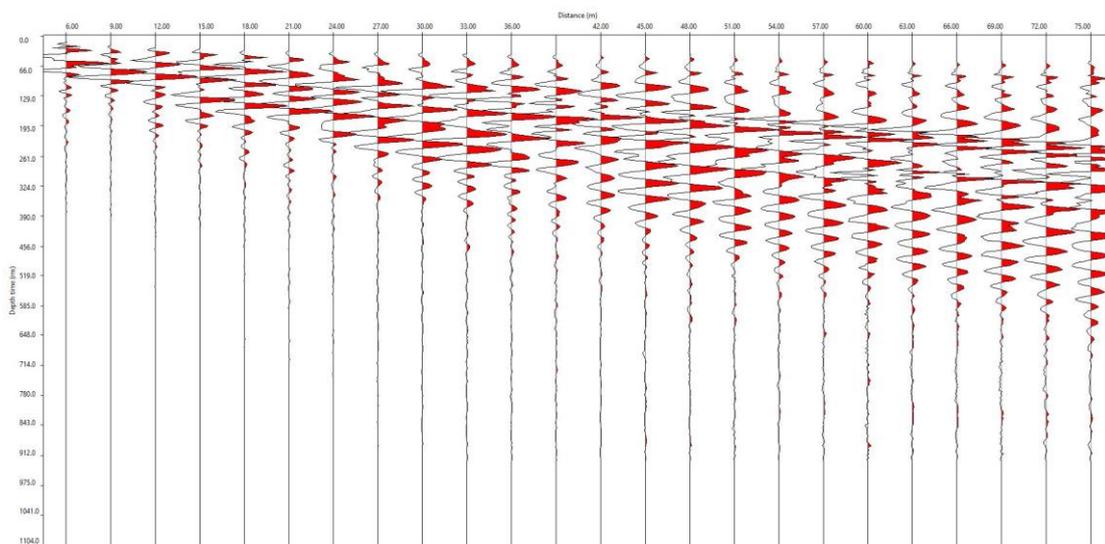
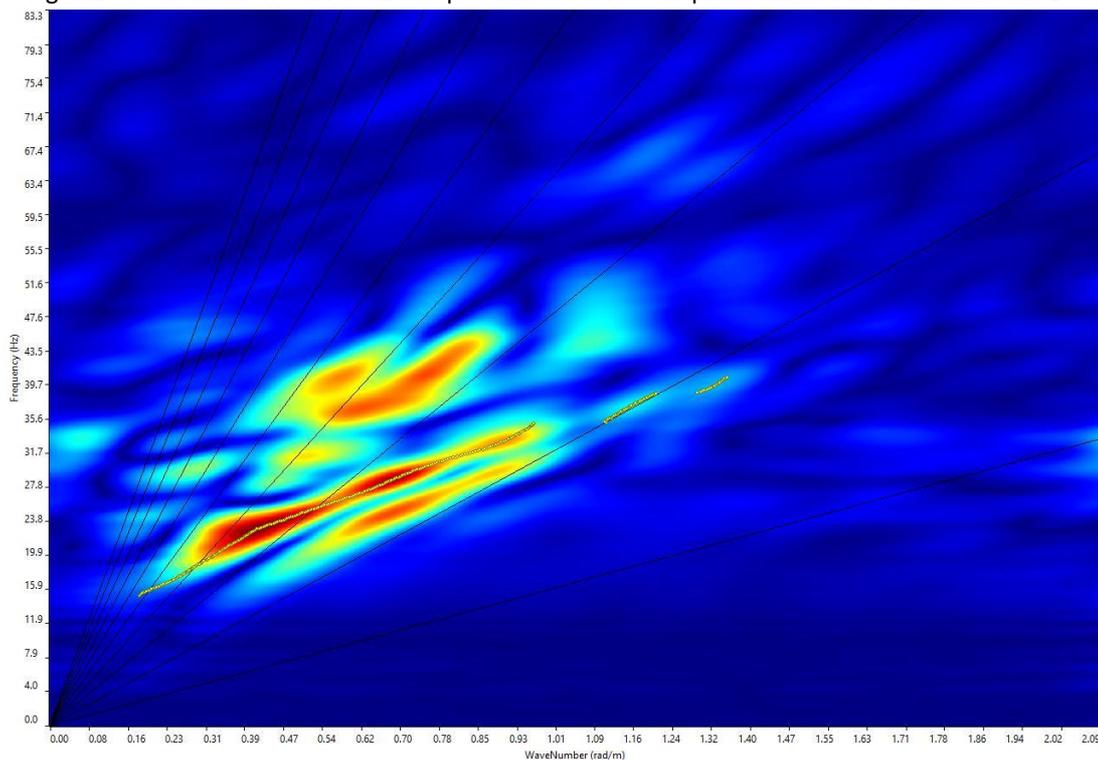


Fig. 6.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 33 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

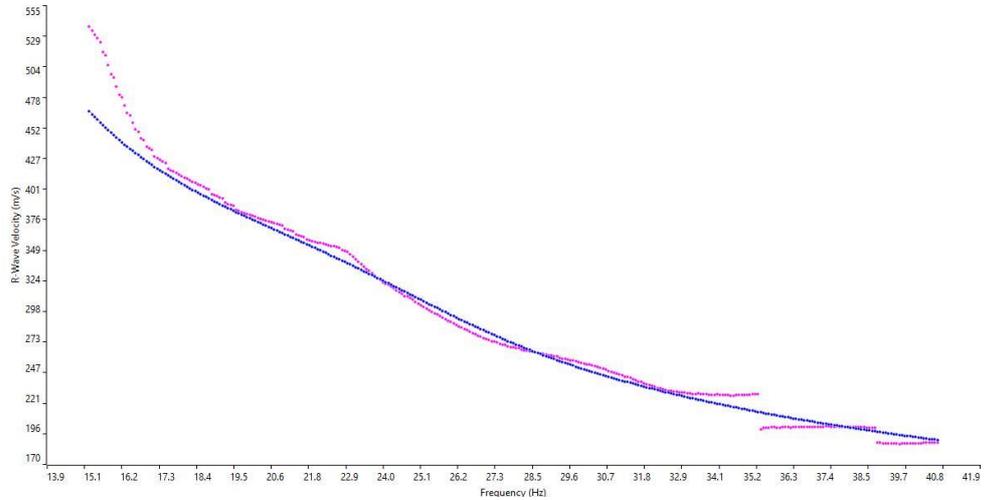
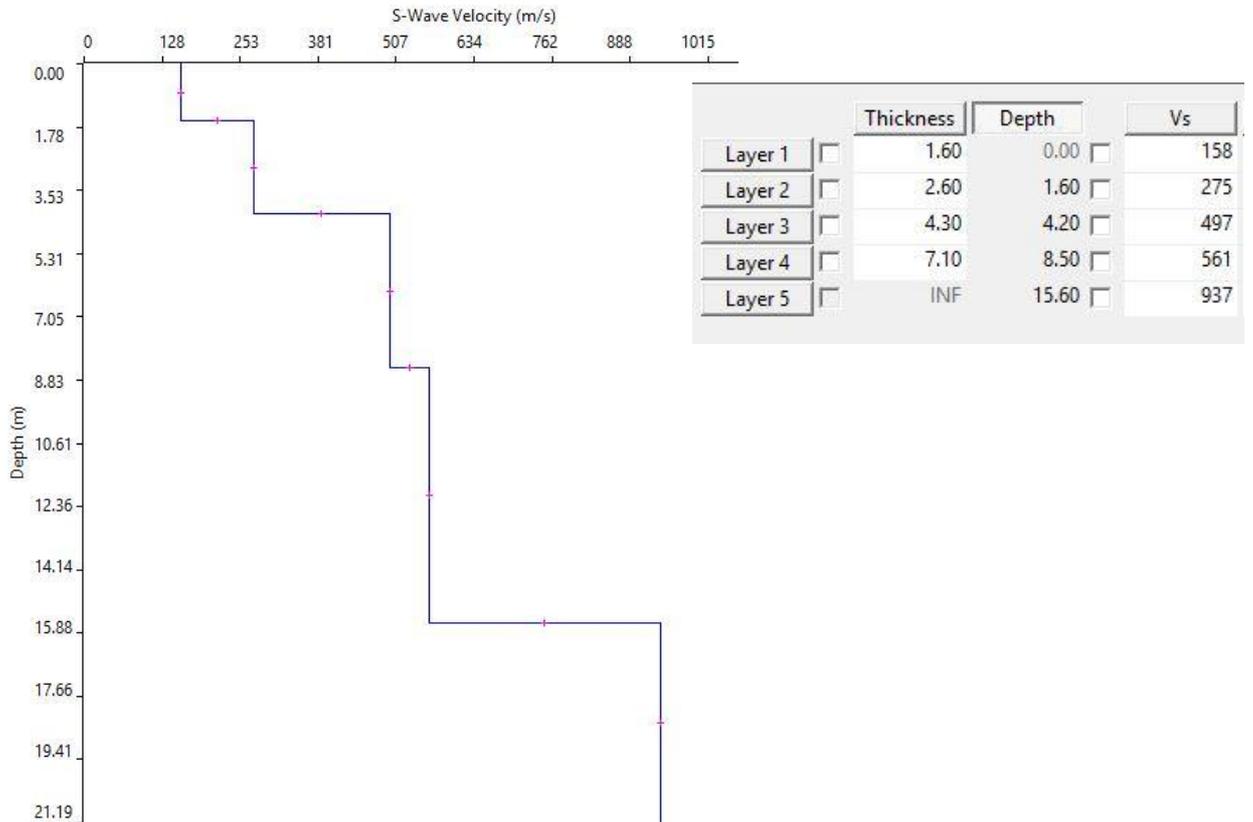


Fig. 6.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 34 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

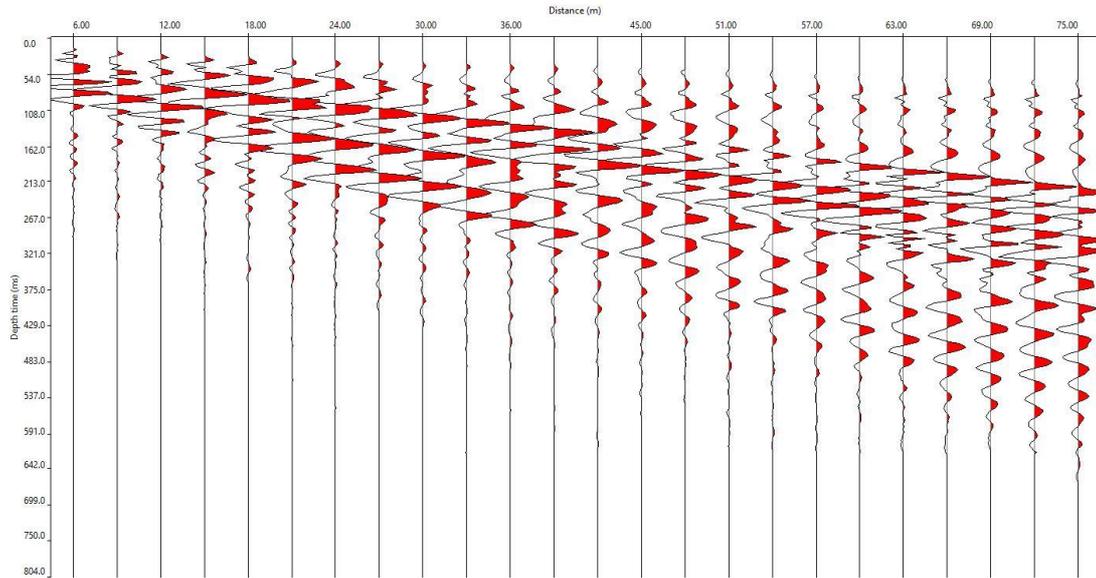
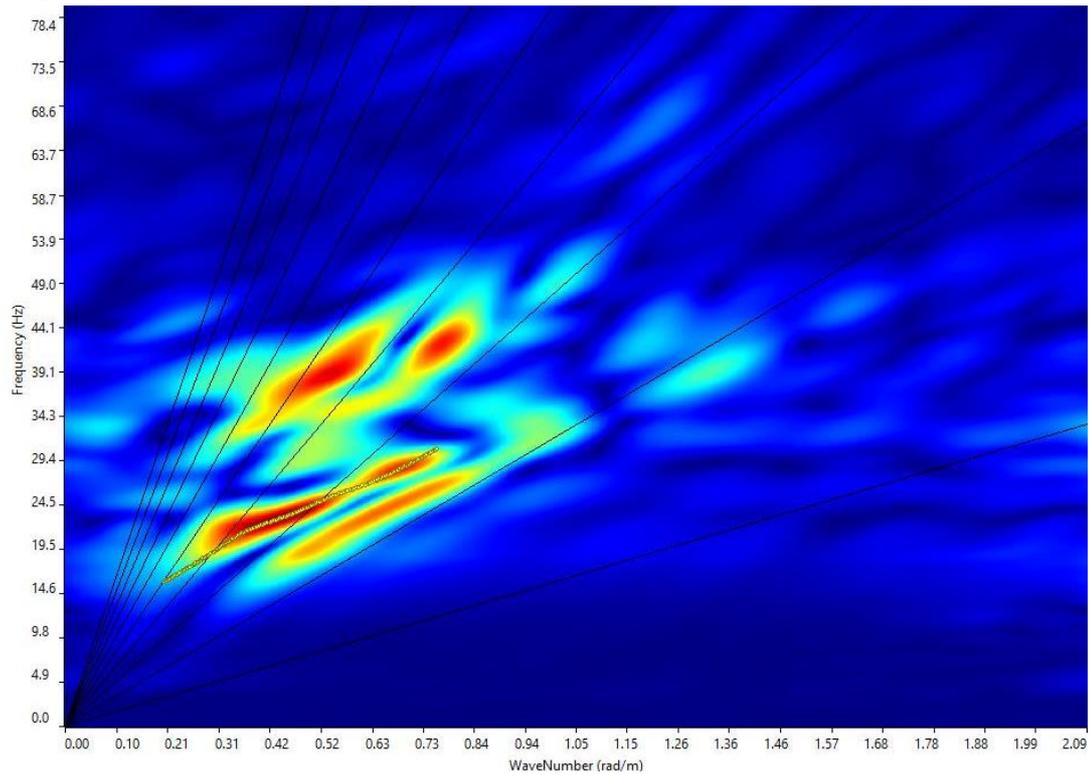


Fig. 6.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 35 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

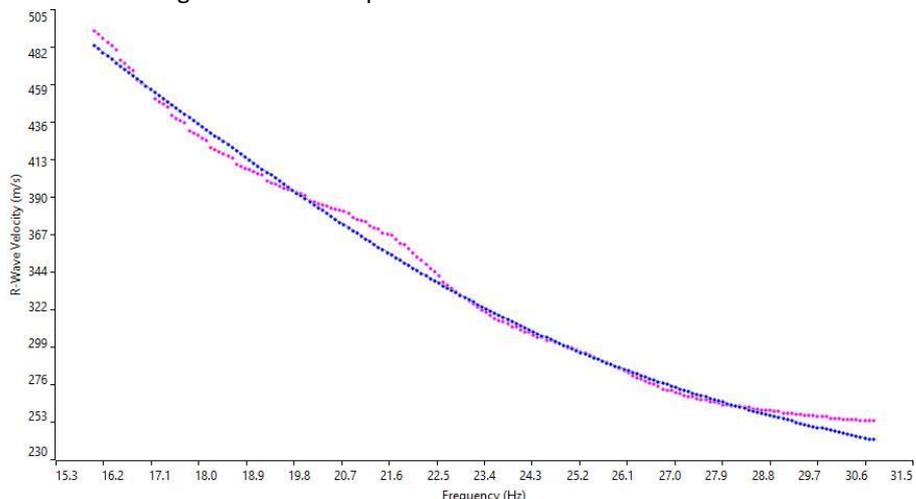
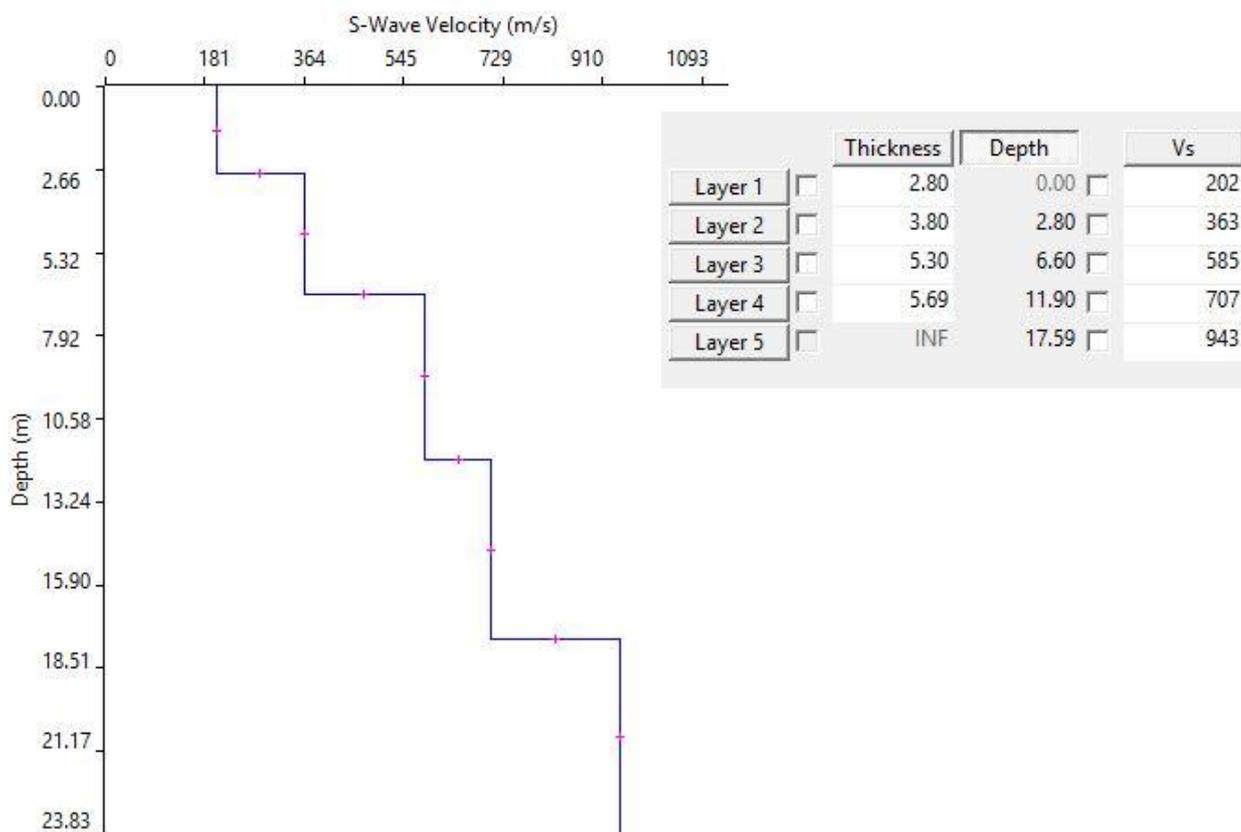


Fig. 6.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 36 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

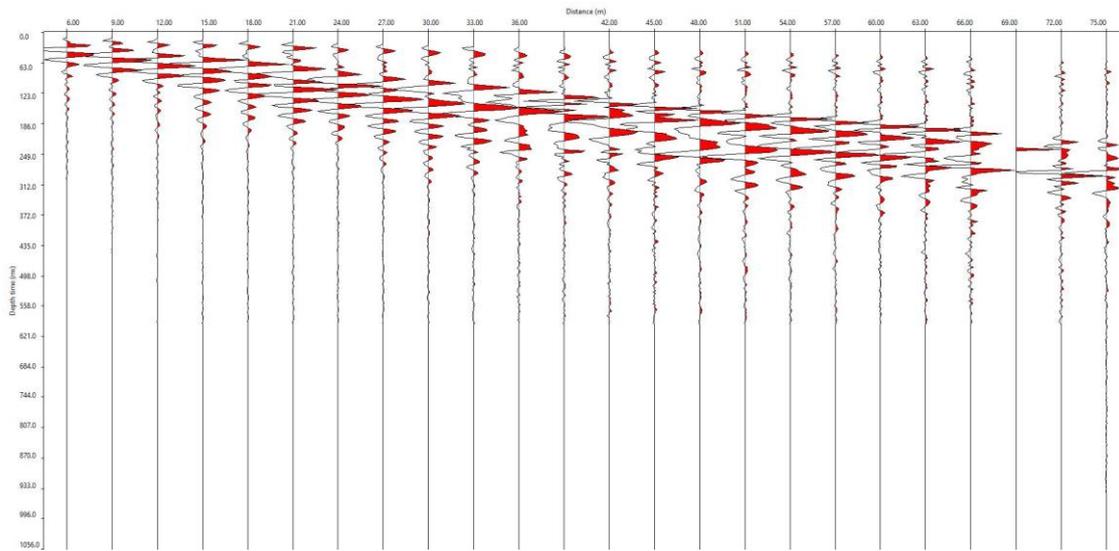
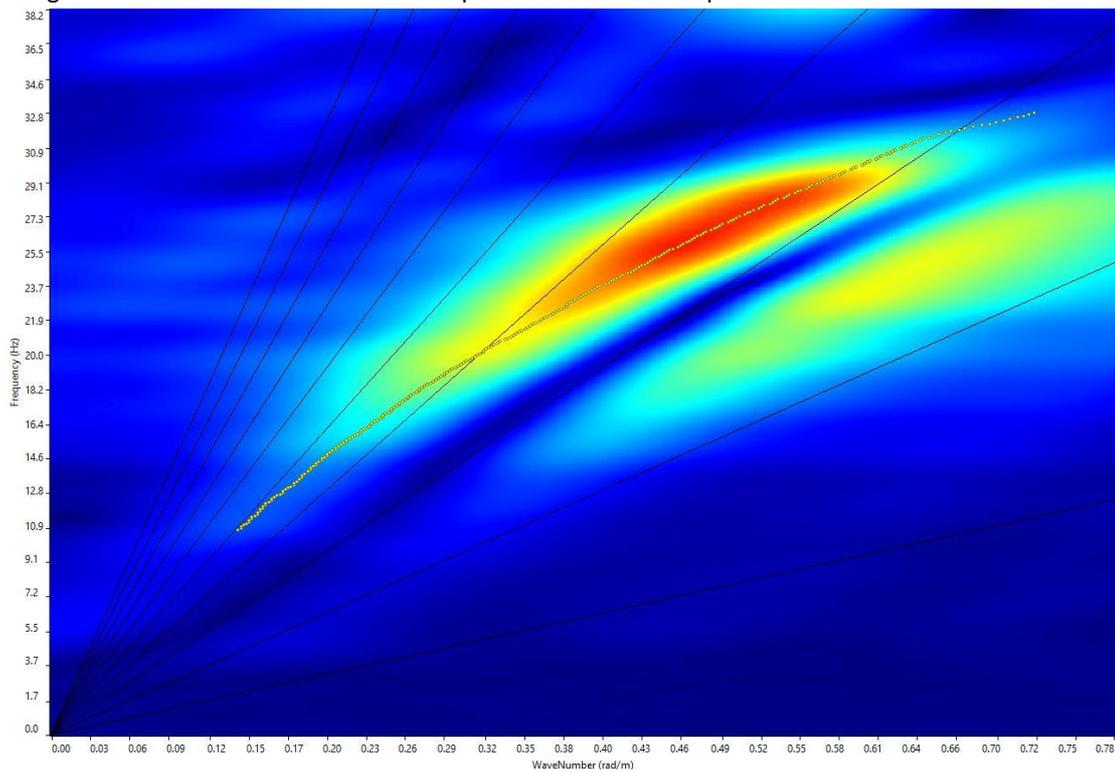


Fig. 6.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 37 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

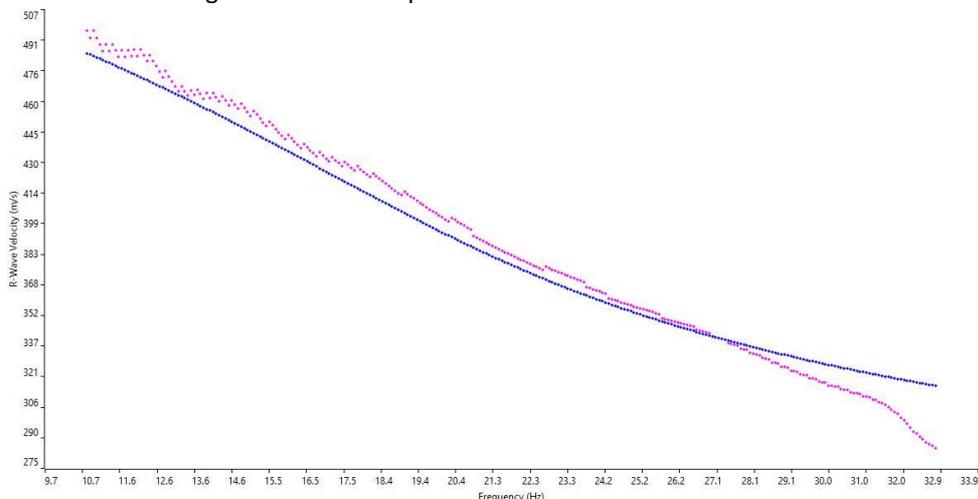
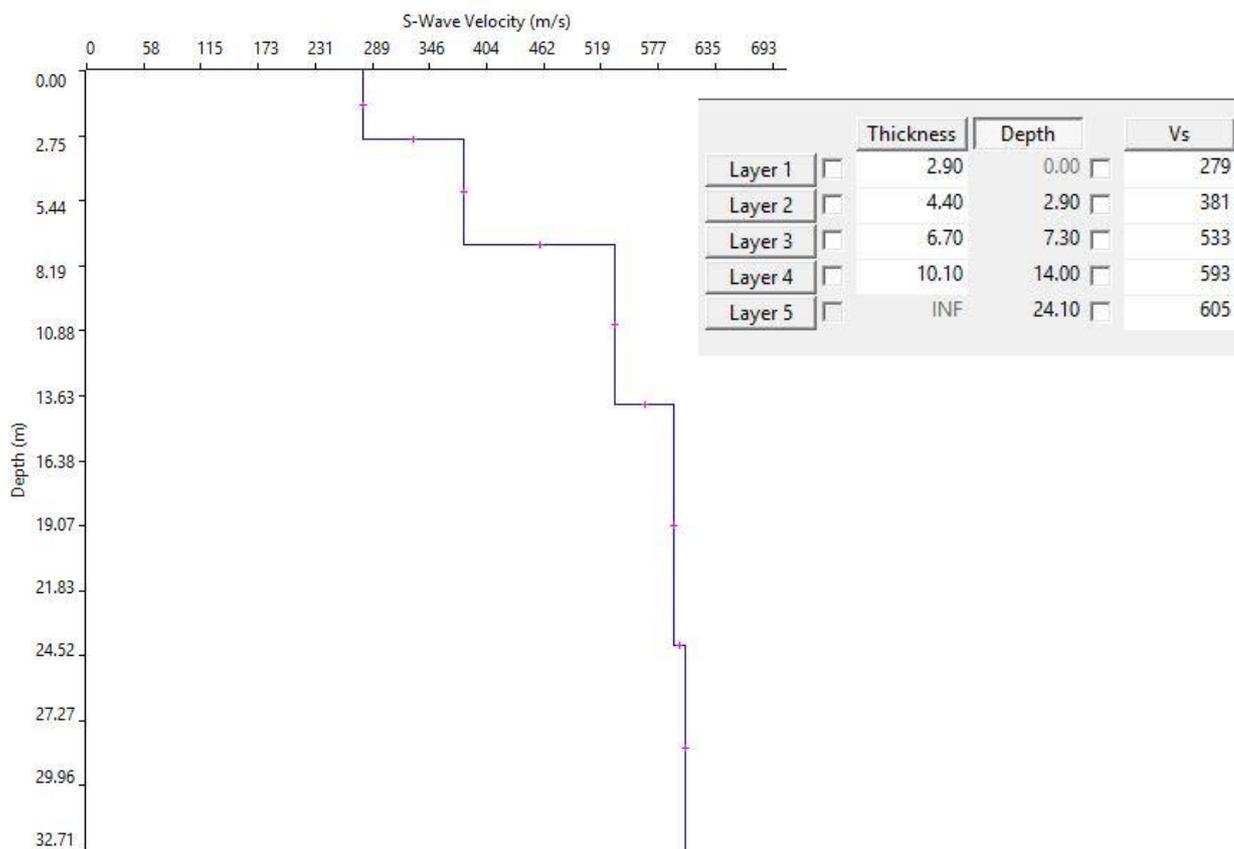


Fig. 6.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 38 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

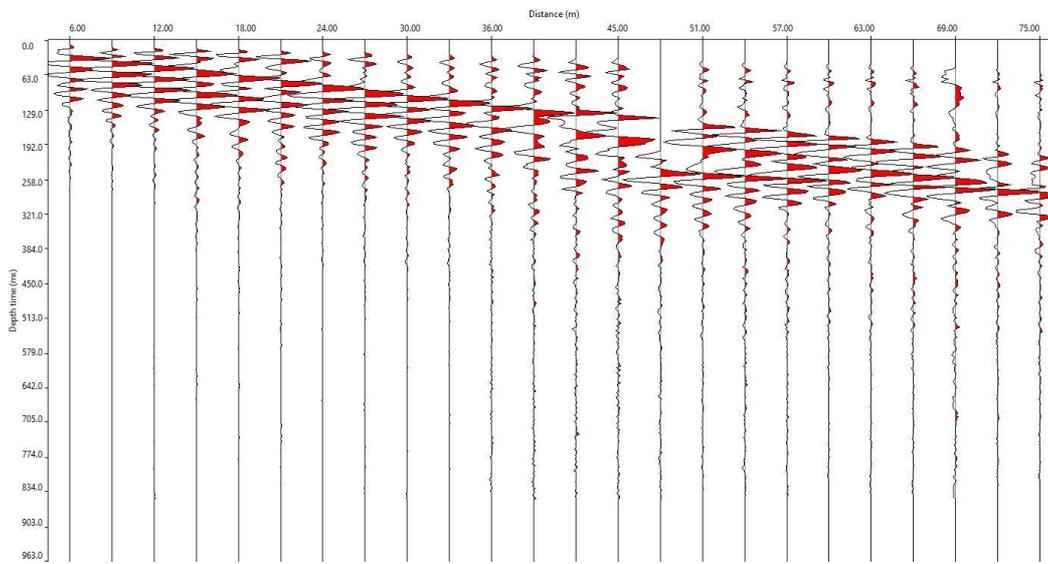
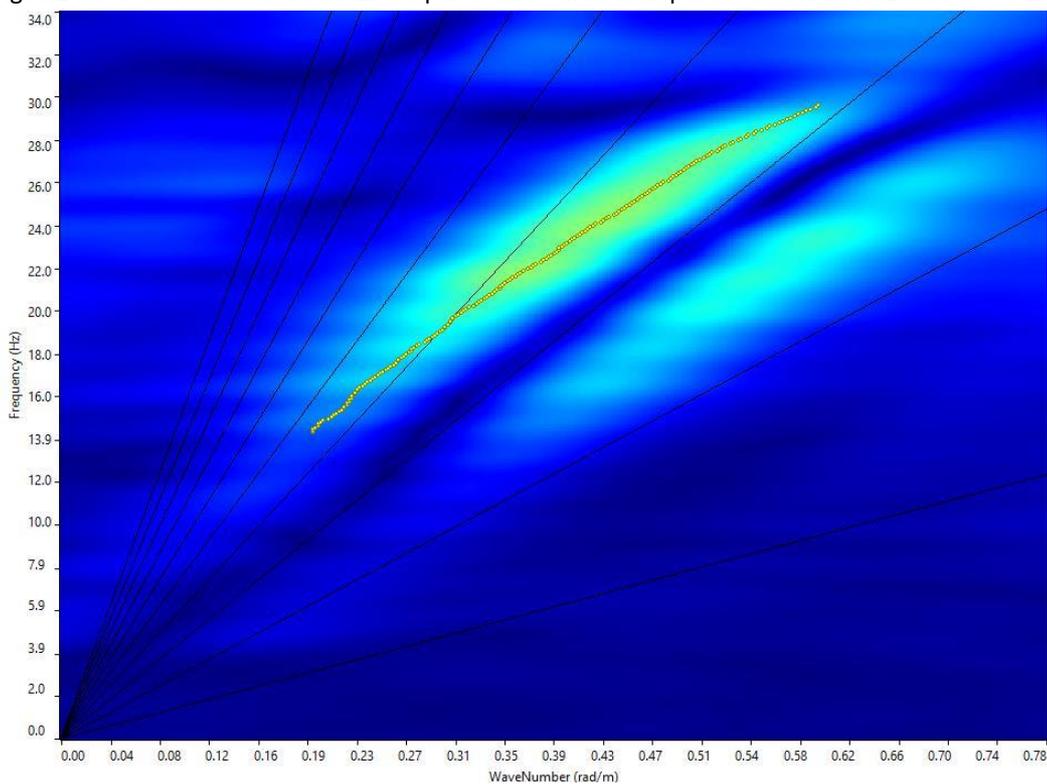


Fig. 6.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 39 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

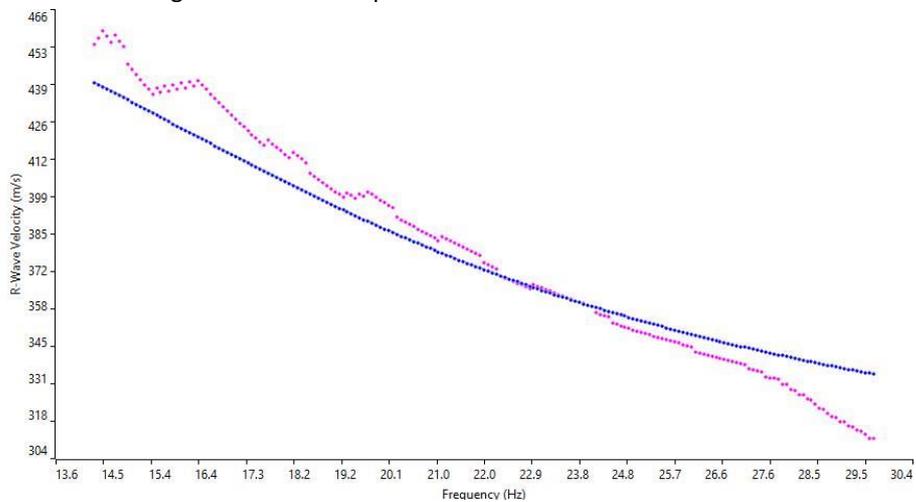
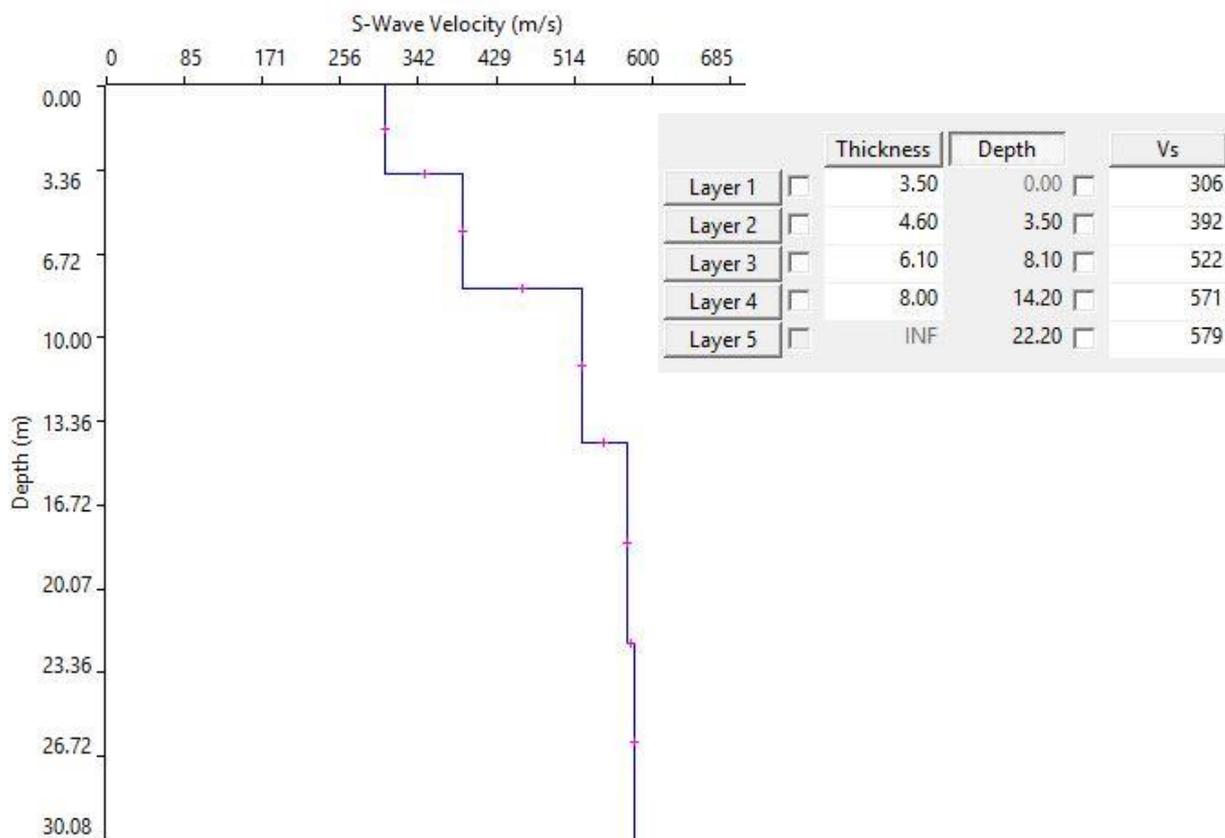


Fig. 6.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 40 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

6.1.2 Risultati sito Cellino San Marco

Basandosi sulle indagini sismiche svolte è stato calcolato il valore del $V_{s,eq}$, mediante la metodologia MASW ED è stato possibile individuare il bedrock sismico alla profondità di poco più di 15 metri nel caso MASW.01, quindi l'area a nord; mentre per il caso MASW.02, nella zona a sud, è stato possibile individuare il bedrock sismico ad una profondità compresa tra 20 e 25 metri.

Nelle tabelle seguenti il calcolo dei $V_{s,eq}$.

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	2.1	193.00	h_1/V_1	0.011
h_2	STRATO 2	3.0	308.00	h_2/V_2	0.010
h_3	STRATO 3	4.2	531.00	h_2/V_3	0.008
h_4	STRATO 4	5.8	515.00	h_2/V_4	0.011
H		15.1		$\Sigma h_i/V_i$	0.040

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{379}$$

Tab. 6.6 stima del $V_{s,30}$ - MASW 01 – scoppio 1

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	1.50	168.00	h_1/V_1	0.009
h_2	STRATO 2	2.30	279.00	h_2/V_2	0.008
h_3	STRATO 3	3.30	397.00	h_2/V_3	0.008
h_4	STRATO 4	8.36	648.00	h_2/V_4	0.013
H		15.46		$\Sigma h_i/V_i$	0.038

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{403}$$

Tab. 6.7 stima del $V_{s,30}$ - MASW 01 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.01 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,eq} = 379$ m/s e $V_{s,eq} = 403$ m/s, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.10).

Codice	Titolo	Pag. 41 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h ₁	STRATO 1	1.6	273.00	h ₁ /V ₁	0.006
h ₂	STRATO 2	3.0	358.00	h ₂ /V ₂	0.008
h ₃	STRATO 3	5.6	365.00	h ₂ /V ₃	0.015
h ₄	STRATO 4	10.5	477.00	h ₂ /V ₄	0.022
H		20.7		Σ hi/Vi	0.052

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{401}$$

Tab. 6.8 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h ₁	STRATO 1	1.90	242.00	h ₁ /V ₁	0.008
h ₂	STRATO 2	3.60	378.00	h ₂ /V ₂	0.010
h ₃	STRATO 3	6.90	395.00	h ₂ /V ₃	0.017
h ₄	STRATO 4	13.10	577.00	h ₂ /V ₄	0.023
H		25.50		Σ hi/Vi	0.058

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{443}$$

Tab. 6.9 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.02 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente **Vs,30= 401 m/s** e **Vs,30= 443 m/s**, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria “**B**” (vedi Tab. 6.10).

Codice	Titolo	Pag. 42 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 6.10 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici rappresentativi delle indagini RE.MI svolte.

Codice	Titolo	
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	Pag. 43 di 65

Fig. 6.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

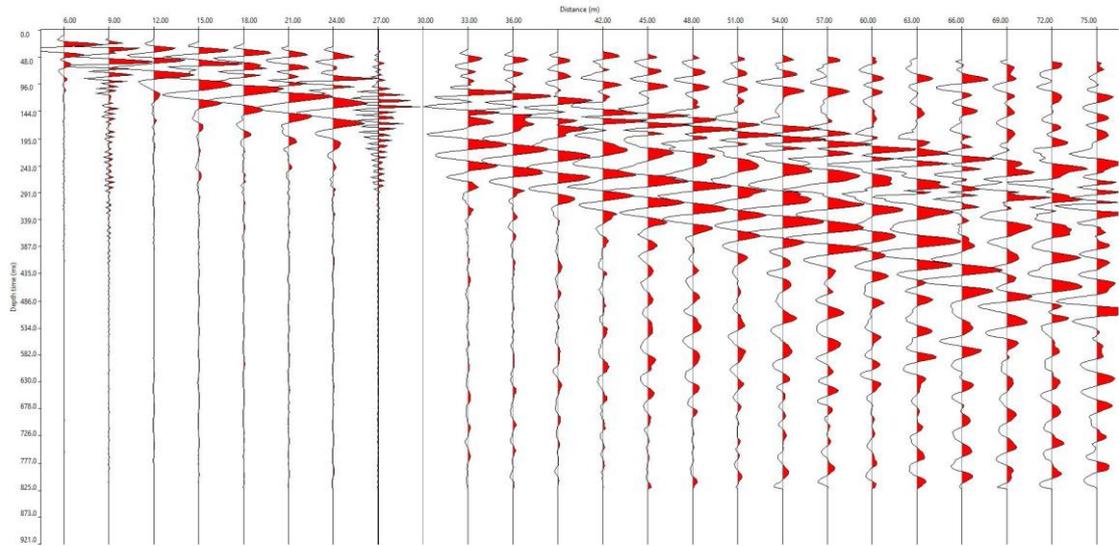
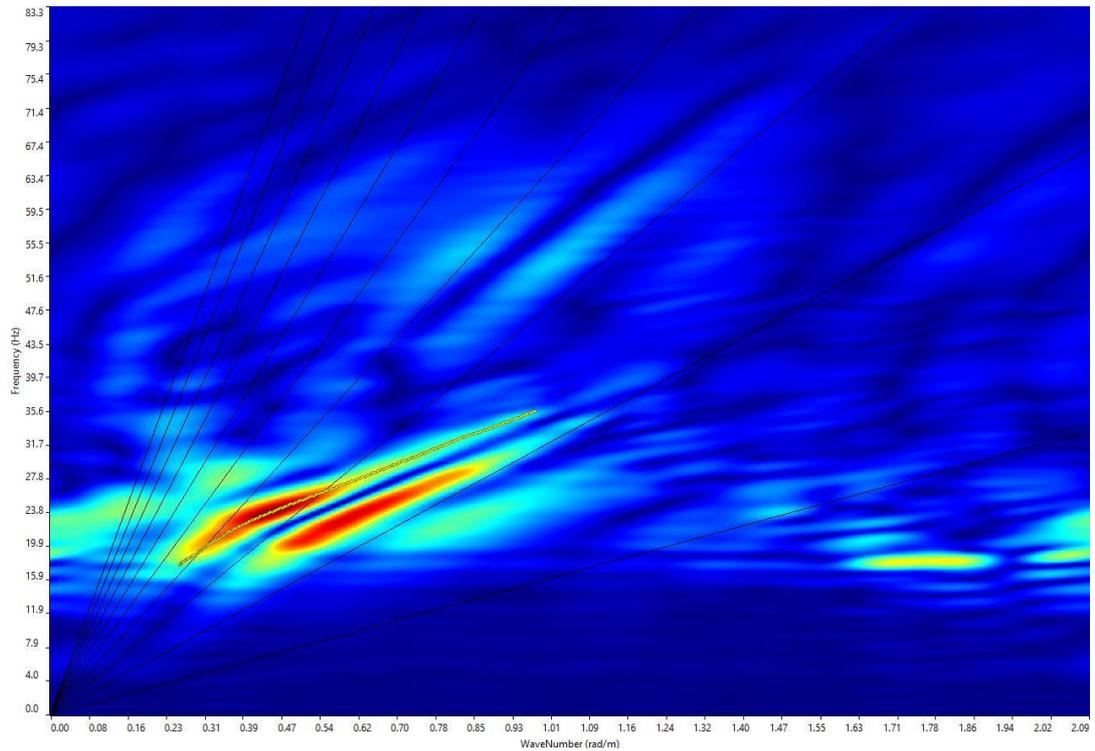


Fig. 6.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 44 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

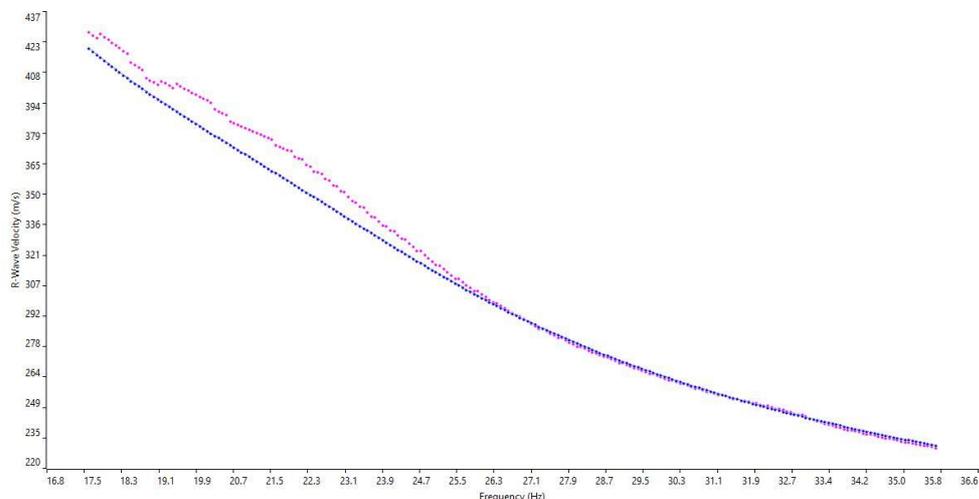
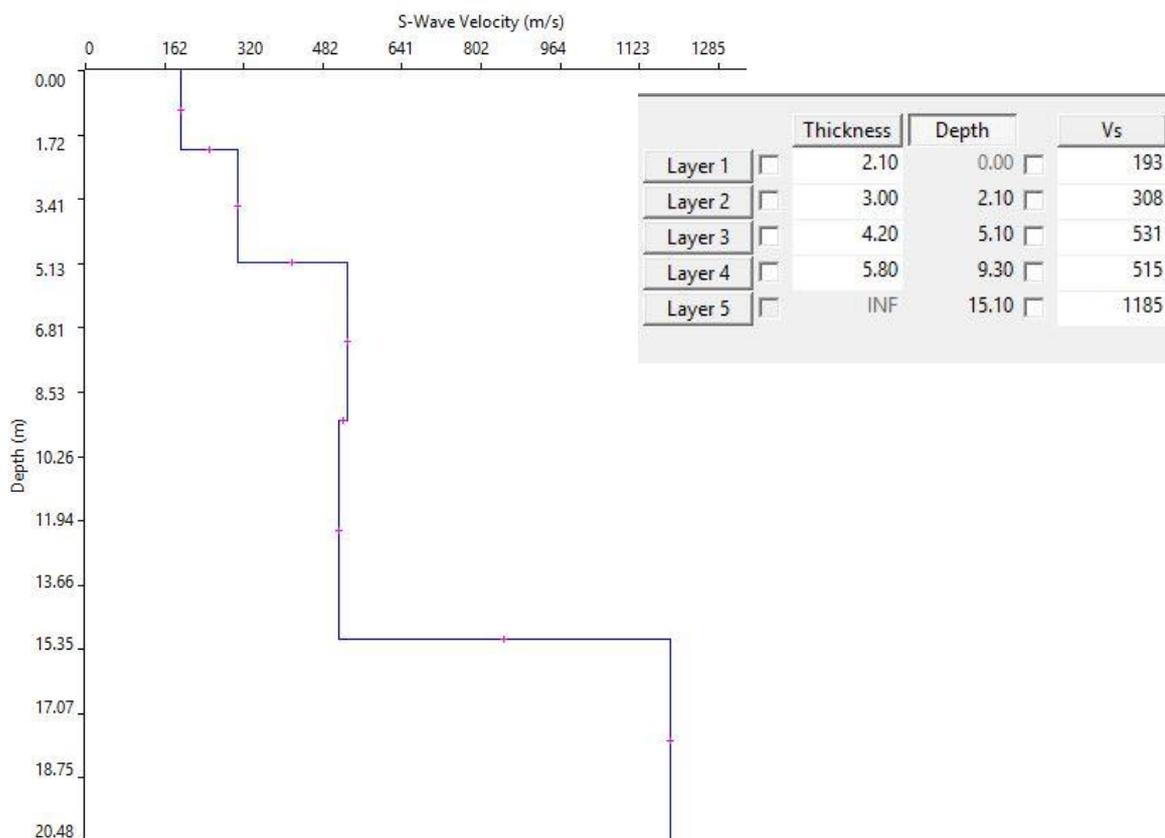


Fig. 6.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 45 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

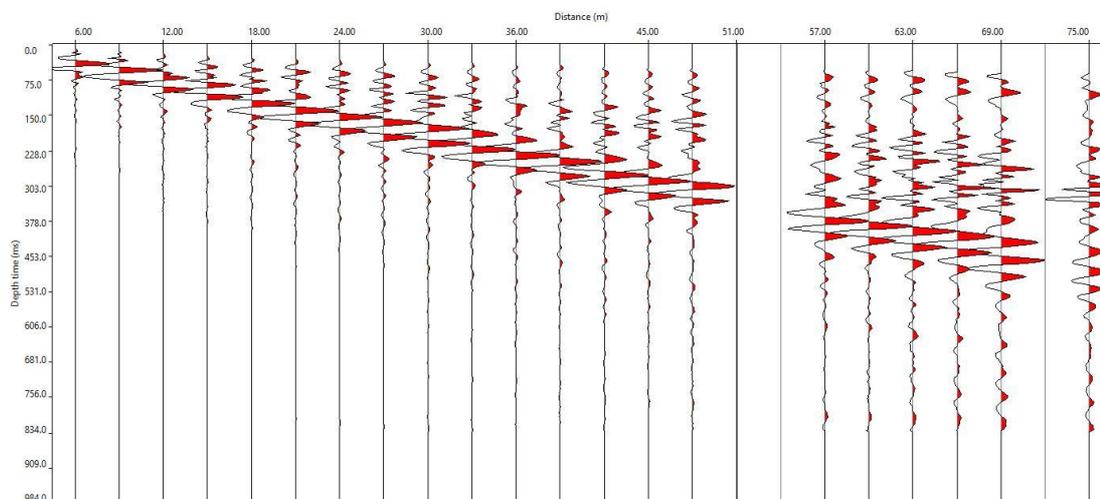
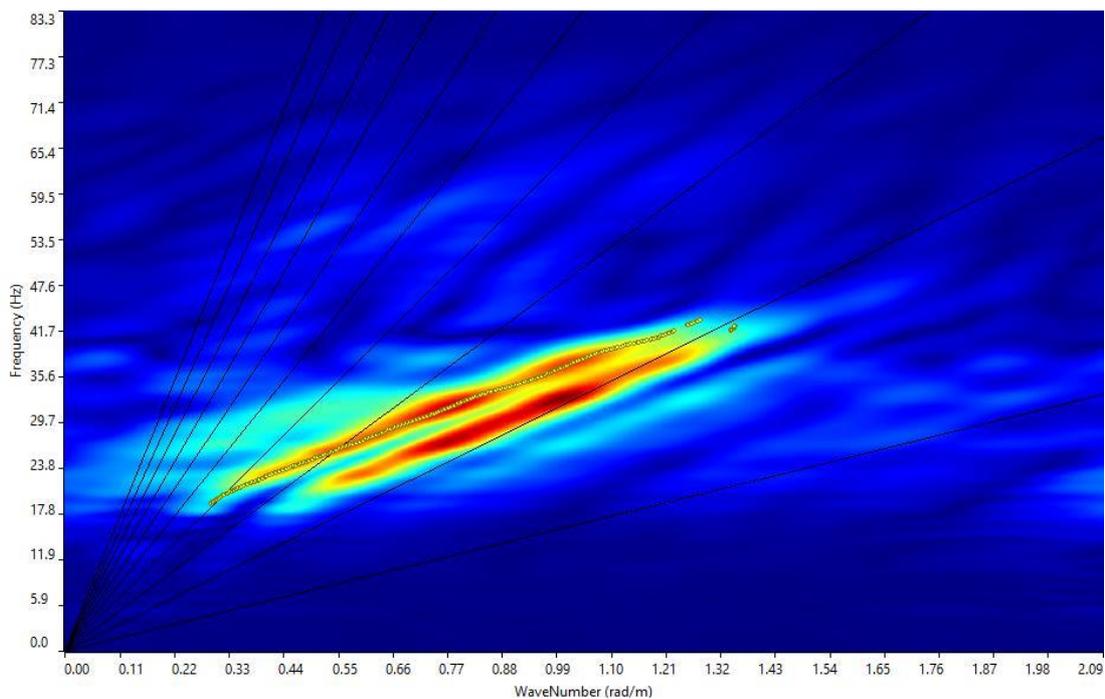


Fig. 6.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 46 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

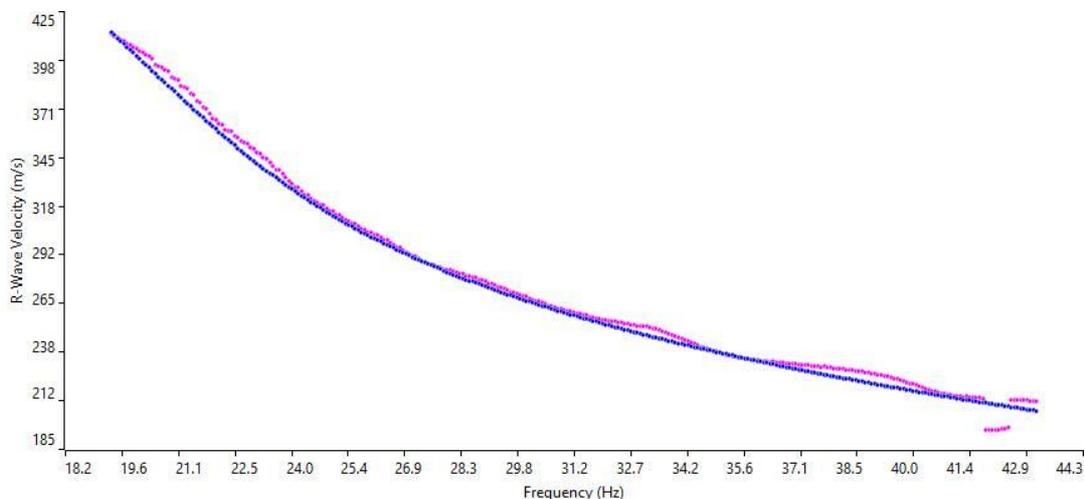
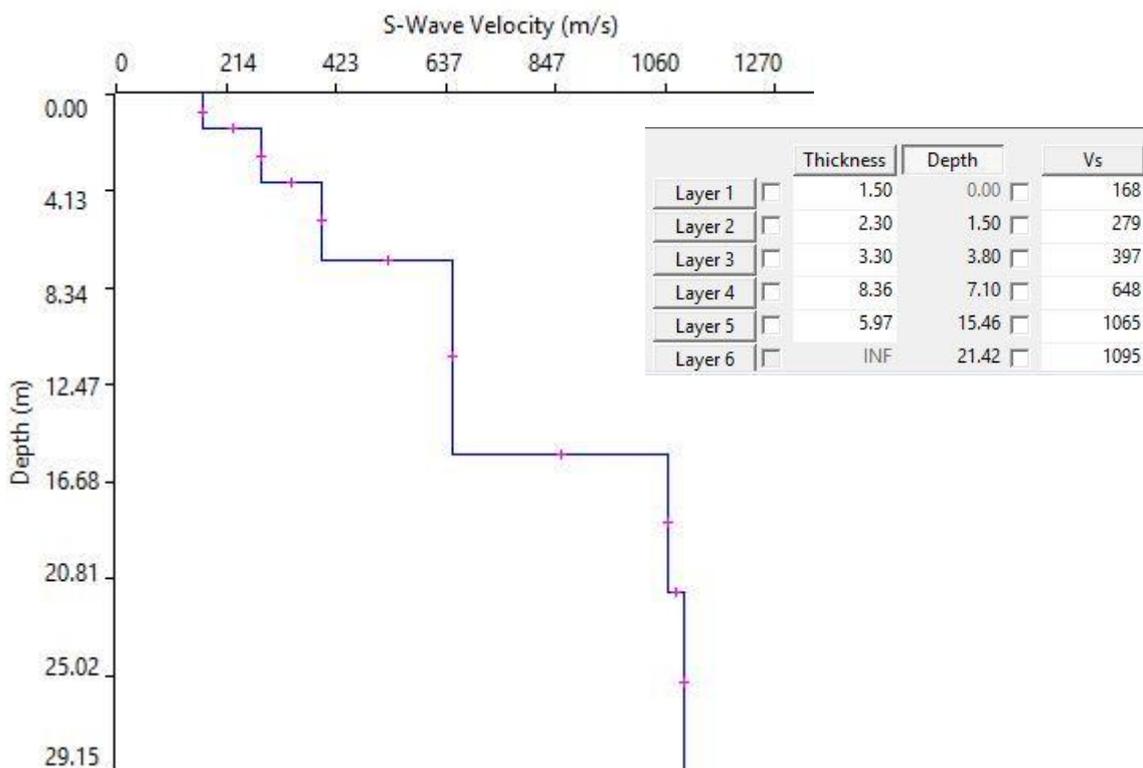


Fig. 6.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 47 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

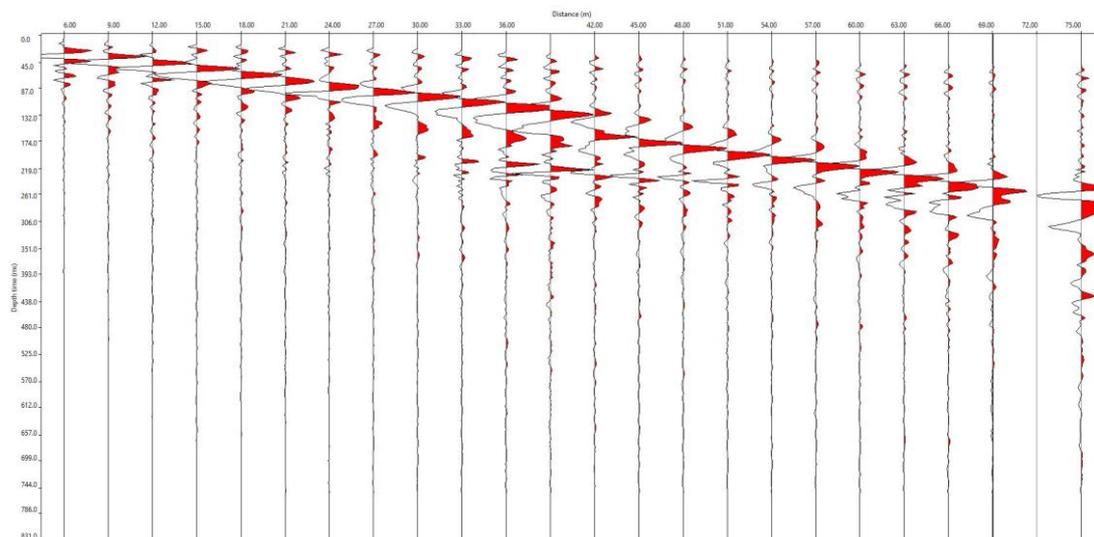
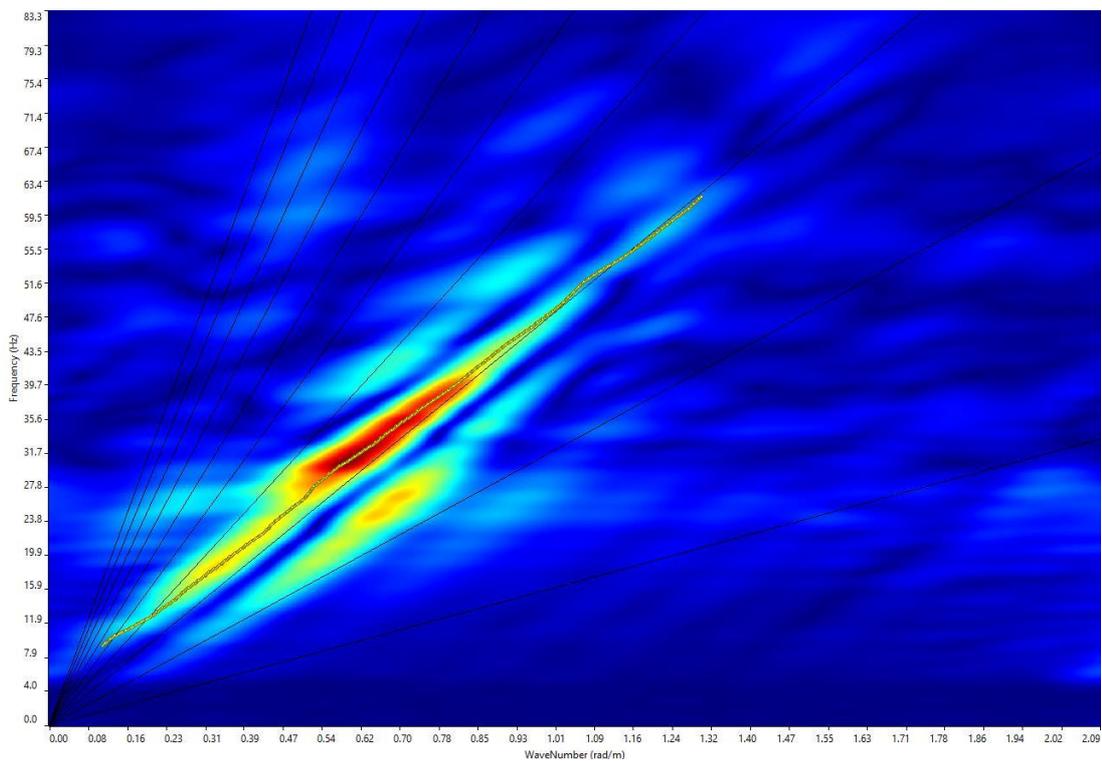


Fig. 6.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 48 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

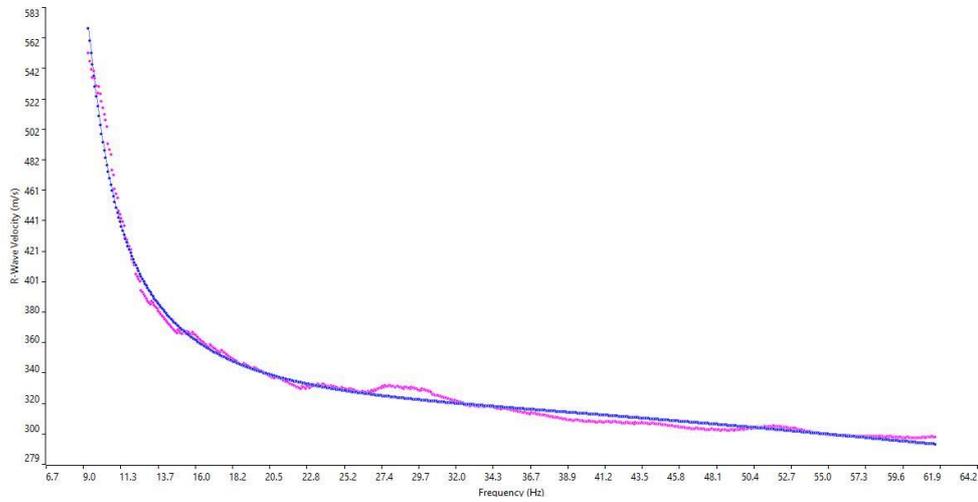
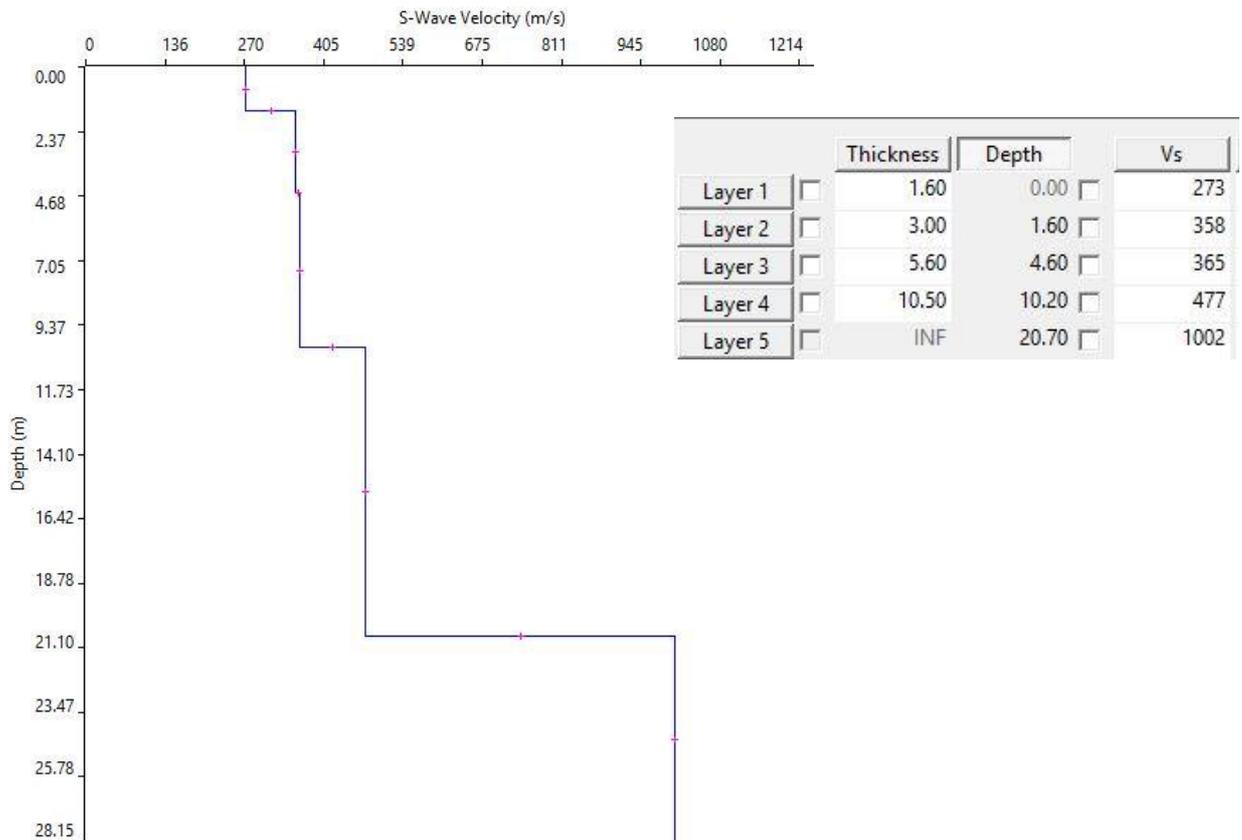


Fig. 6.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 49 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

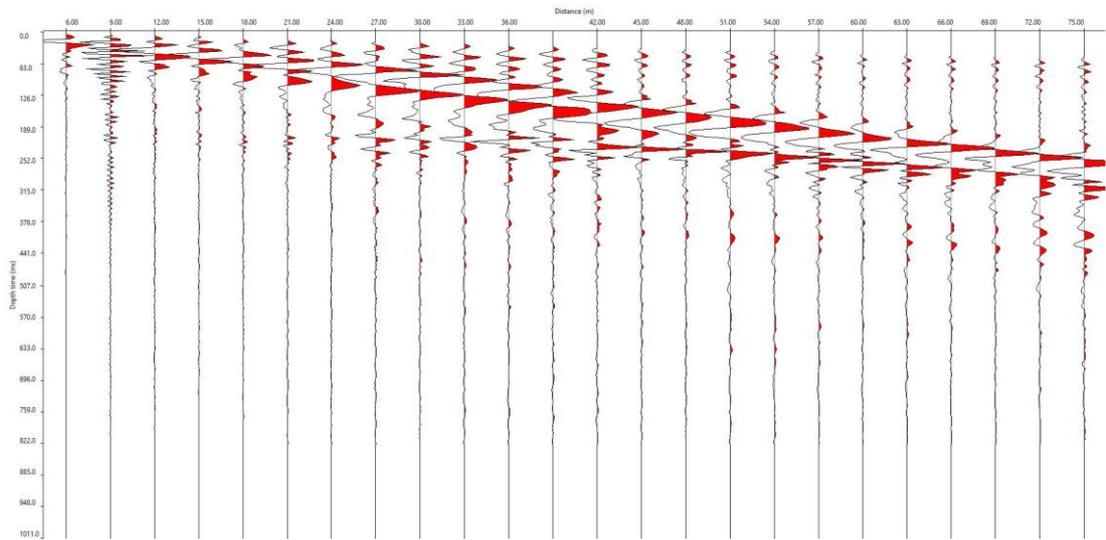


Fig. 6.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

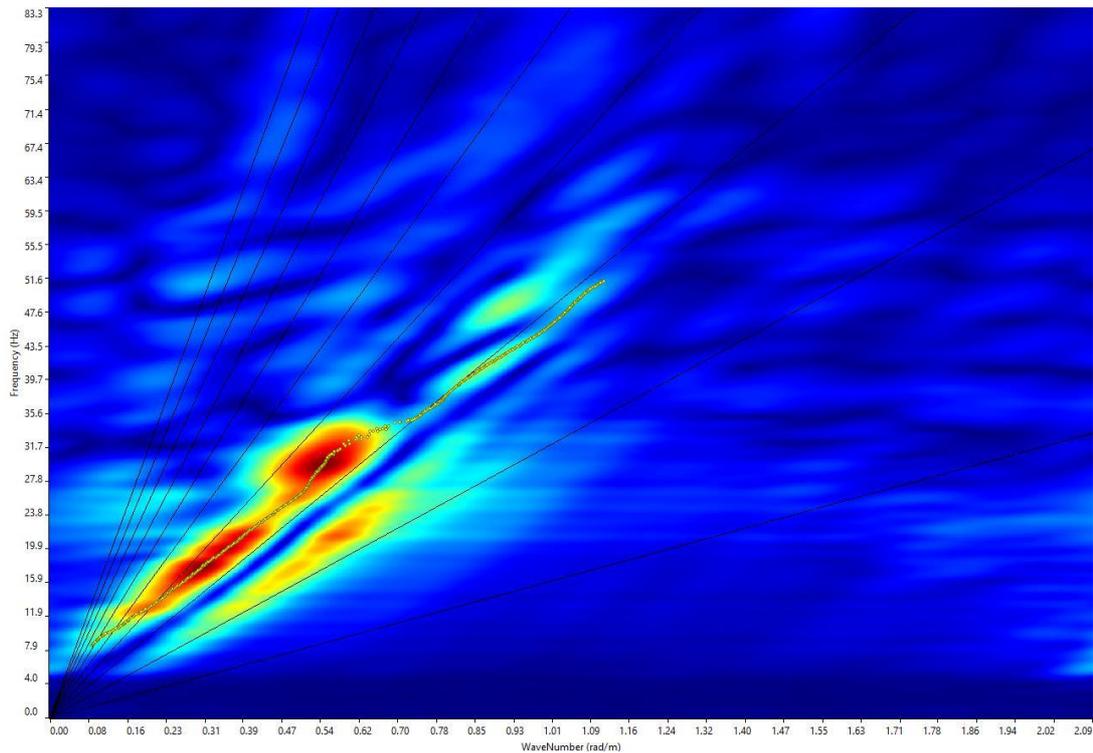


Fig. 6.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

Codice	Titolo	Pag. 50 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

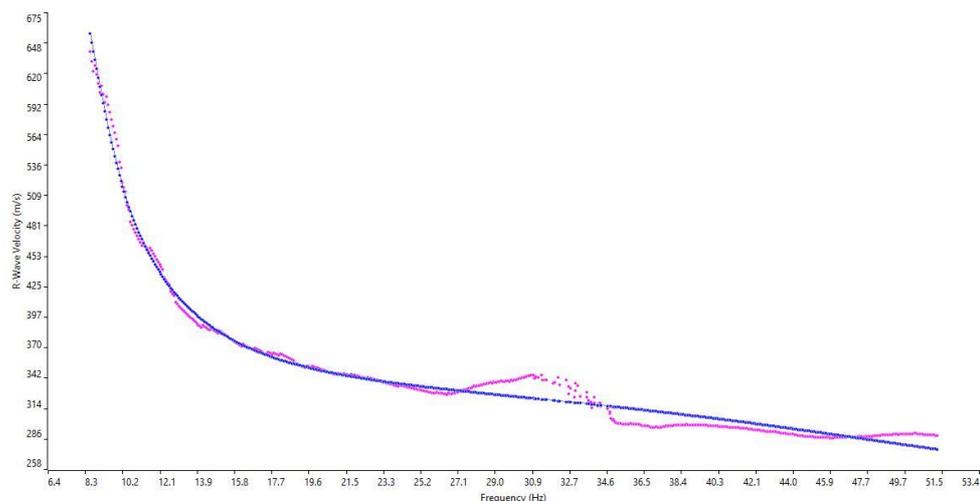
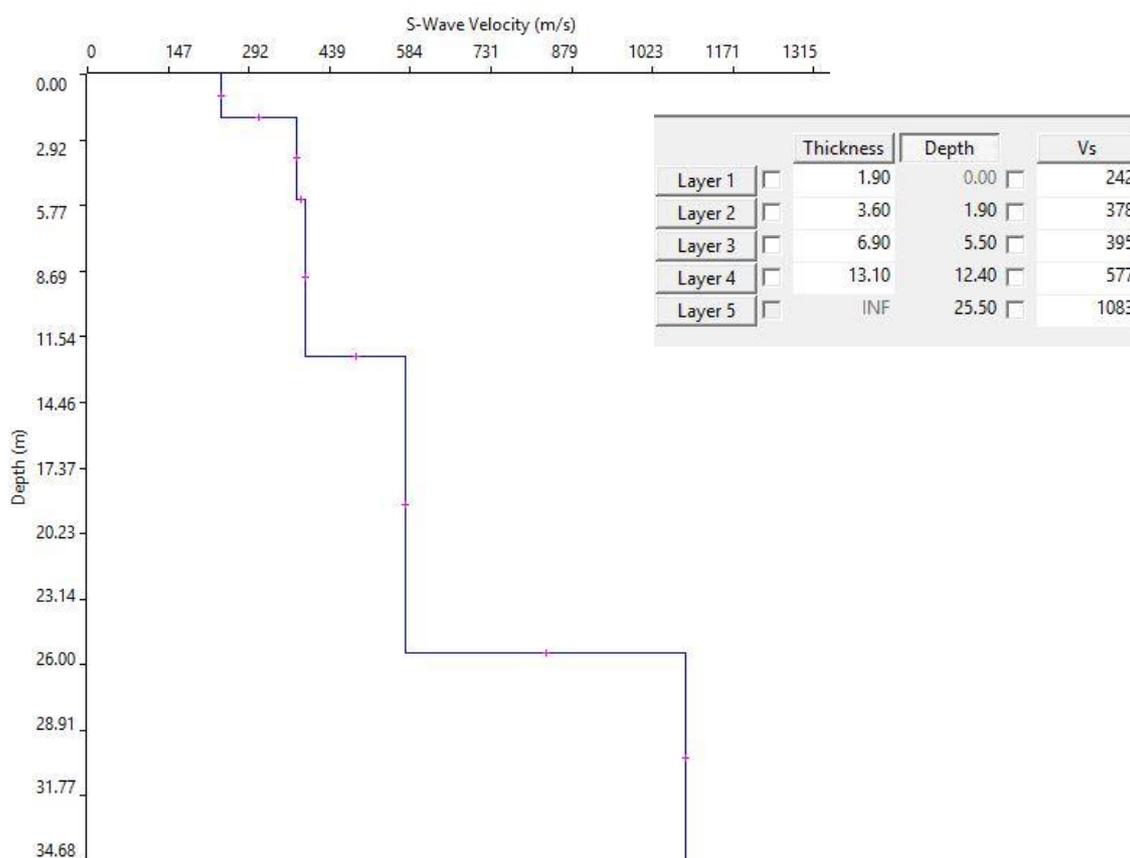


Fig. 6.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 51 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

6.2 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari; sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette, inoltre, di individuare con un buon grado di precisione lo spessore delle coltri dal substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette, facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più efficaci e vantaggiosi economicamente per ricavare informazioni circa la natura litologica e la condizione geologica del sottosuolo, occorre correlare i risultati delle due prove, quella in foro (Standard Penetration Test) e quella eseguita a partire dalla superficie (Prova Penetrometrica Dinamica); ciò risulta possibile utilizzando la seguente equazione:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

dove

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Codice	Titolo	
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	Pag. 52 di 65

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili e alquanto attendibili ai fini della progettazione. In particolare tale metodologia consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici;
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche;
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

Le prove DPSH eseguite, hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo fino ad una profondità massima di 10m (DPSH.01) e 1.40m (DPSH.02) nel caso dell'area in esame situata nel territorio di **Brindisi** e una profondità massima di 3.2m (DPSH.01) e 9.40m (DPSH.02) nel caso dell'area in esame situata nel territorio di **Cellino San Marco**, discretizzandolo in una serie di superfici a differente comportamento in funzione del numero di colpi misurati durante le fasi di avanzamento con un passo di 0.20m. I valori ottenuti del numero di colpi e dell'Rpd sono rappresentati in maniera grafica nelle pagine seguenti.

Si segnala che nel corso della prova DPSH.01 effettuata nel comune di Brindisi, è stata rilevata una piccola lente a profondità 3.0m da piano campagna.

Data la natura dei terreni presenti nelle zone in esame, sono stati considerati i parametri relativi sia a terreni coesivi che incoerenti. In particolare sono state utilizzate le seguenti correlazioni per la determinazione dei parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONI
Densità relativa D_r (%)	<i>Meyerhof 1957</i>
Angolo di resistenza al taglio φ°	<i>De Mello</i>
Modulo di Young E_y (MPa)	<i>Bowles (1982)</i>
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	<i>Menzenbach e Malcev</i>
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>
Peso unità di volume γ (kN/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m^3)	<i>Terzaghi-Peck 1948-1967</i>
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	<i>Ohsaki</i>
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>
Resistenza alla punta Q_c (MPa)	<i>Robertson 1983</i>

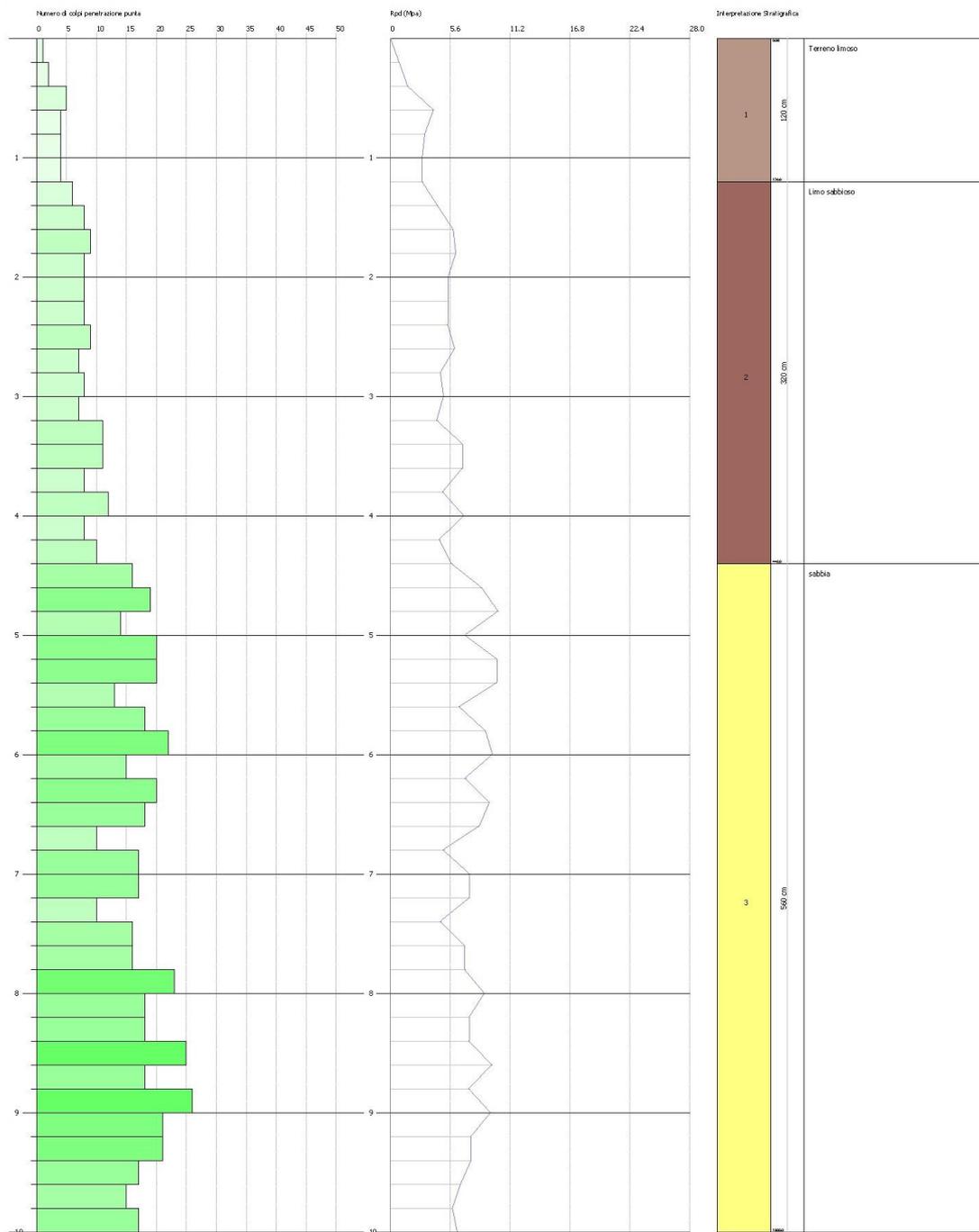
Tab. 6.11 Correlazioni empiriche utilizzate per l'elaborazione dei DPSH

L'ubicazione delle prove penetrometriche eseguite in situ è riportata nell'elaborato **PAGRVLTELAB10**.

Codice	Titolo	Pag. 53 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

6.2.1 DPSH in agro di Brindisi

Fig. 6.33 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01



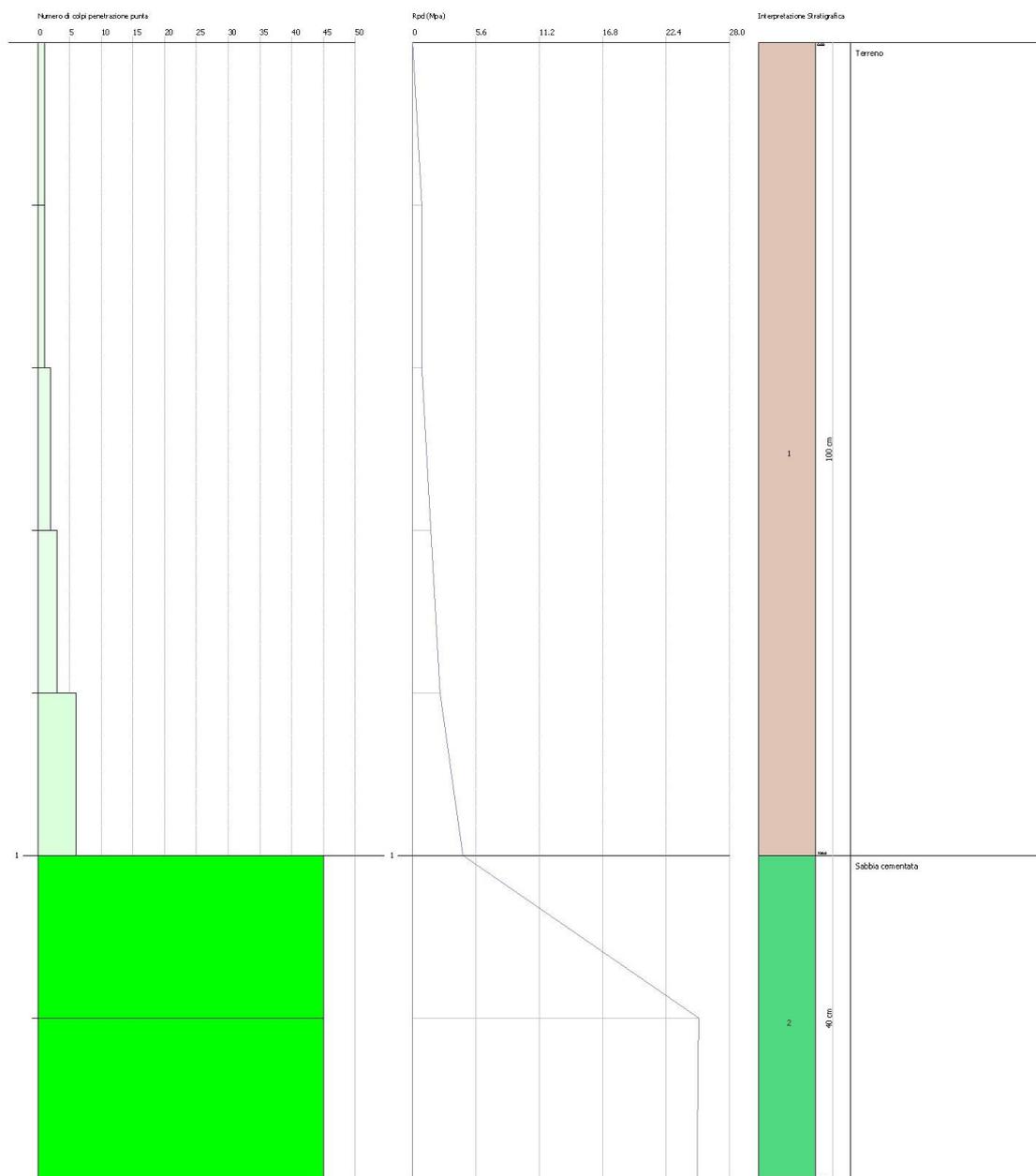
Codice	Titolo	Pag. 54 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Parametri geotecnici terreni incoerenti	Strato 1	Strato 2	Strato 3
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Limo sabbioso</i>	<i>Sabbia compatta</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷1.20</i>	<i>1.20÷4.40</i>	<i>4.40÷10.0</i>
Densità relativa D_r (%)	52.37	67.95	74.19
Angolo di resistenza al taglio φ°	32.67	39.32	42.21
Modulo di Young E_y (MPa)	3.65	12.62	20.53
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	5.19	13.14	15.47
Classificazione AGI	<i>Moderatamente consistente</i>	<i>Consistente</i>	<i>Molto addensato</i>
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	17.26	20.01	20.59
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³)	18.44	21.97	19.81
Modulo di Poisson σ	0.34	0.33	0.30
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	28.99	70.84	140.54
Modulo di reazione K_0	0.99	2.72	5.16
<i>Resistenza alla punta Q_c (MPa)</i>	<i>0.98</i>	<i>2.54</i>	<i>5.27</i>

Tab. 6.12 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

Codice	Titolo	Pag. 55 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.34 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



Codice	Titolo	Pag. 56 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Parametri geotecnici	Strato 1	Strato 2
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Sabbia cementata</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷1.00</i>	<i>1.00÷1.40</i>
Densità relativa D_r (%)	46.88	100
Angolo di resistenza al taglio φ°	30.58	54.97
Modulo di Young E_y (MPa)	2.41	40.54
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	4.09	33.33
Classificazione AGI	<i>Poco consistente</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	16.57	23.24
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³)	18.34	21.48
Modulo di Poisson σ	0.35	0.22
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	22.97	335.02
Modulo di reazione K_0	0.73	11.93
<i>Resistenza alla punta Q_c (MPa)</i>	<i>0.77</i>	<i>13.27</i>

Tab. 6.13 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

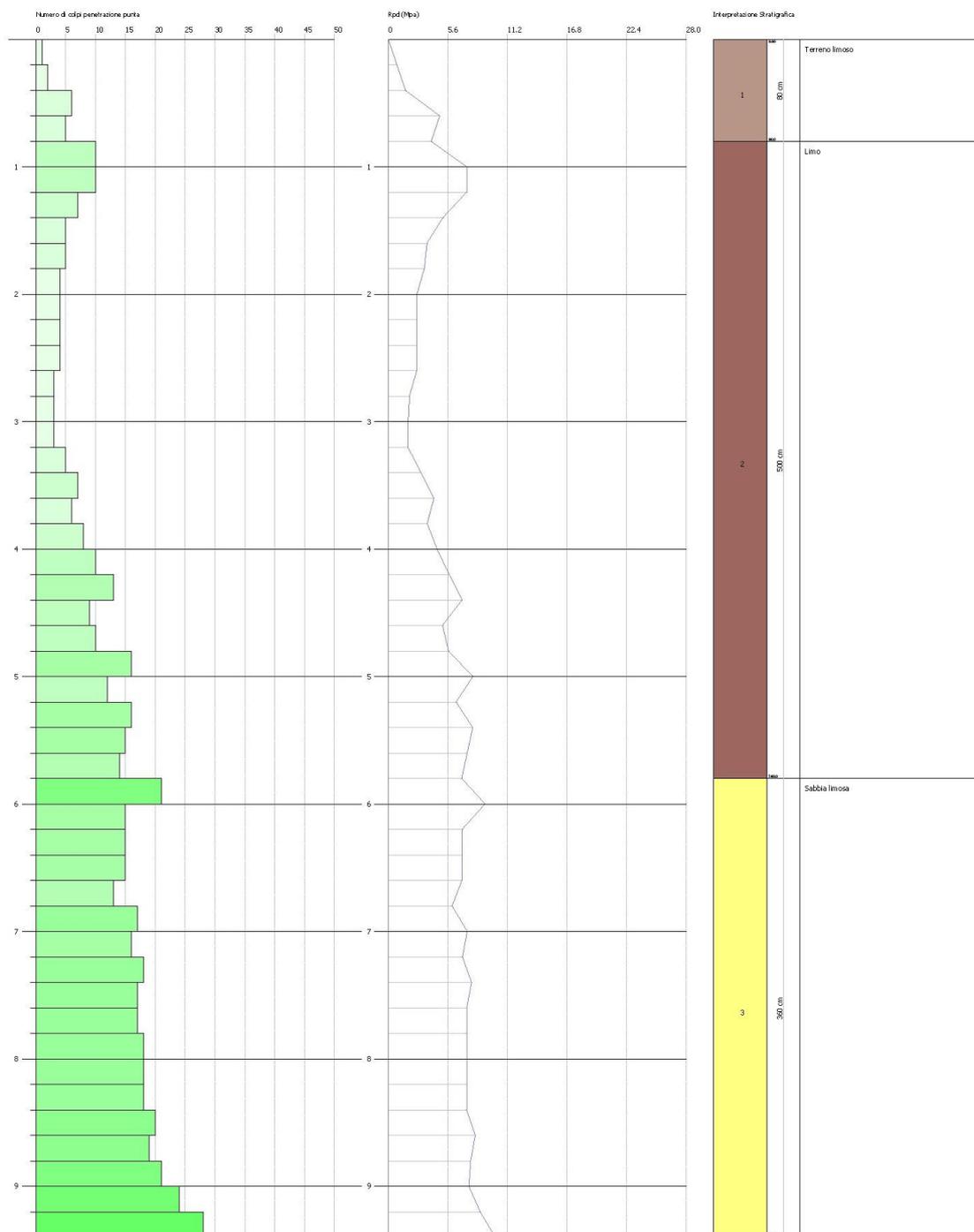
Codice	Titolo	Pag. 57 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Parametri geotecnici	Strato 1	Strato 2
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale a matrice sabbiosa</i>	<i>Sabbia limosa addensata</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷0.80</i>	<i>0.80÷3.20</i>
Densità relativa D_r (%)	71.52	100
Angolo di resistenza al taglio φ°	37.9	50
Modulo di Young E_y (MPa)	8.17	28.13
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	7.67	22.26
Classificazione AGI	<i>Poco addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	16.67	21.67
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³)	18.73	20.79
Modulo di Poisson σ	0.34	0.27
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	50.39	215.71
Modulo di reazione K_0	1.89	7.18
<i>Resistenza alla punta Q_c (MPa)</i>	<i>1.77</i>	<i>8.31</i>

Tab. 6.14 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

Codice	Titolo	Pag. 59 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Fig. 6.36 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



Codice	Titolo	Pag. 60 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Parametri geotecnici terreni incoerenti	Strato 1	Strato 2	Strato 3
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Limo sabbioso</i>	<i>Sabbia limosa</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷0.80</i>	<i>0.80÷5.80</i>	<i>5.80÷9.40</i>
Densità relativa D_r (%)	54.86	63.23	73.82
Angolo di resistenza al taglio φ°	33.22	38.39	42.14
Modulo di Young E_y (MPa)	3.93	13.34	20.87
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	6.03	9.07	15.78
Classificazione AGI	<i>Poco addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>	<i>Molto addensato</i>
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	15.20	17.65	20.69
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³)	18.53	18.93	19.91
Modulo di Poisson σ	0.34	0.33	0.30
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	30.35	66.98	144.03
Modulo di reazione K_0	1.05	2.57	5.26
<i>Resistenza alla punta Q_c (MPa)</i>	<i>1.03</i>	<i>2.39</i>	<i>5.41</i>

Tab. 6.15 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

Codice	Titolo	Pag. 61 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI SITI

7.1 SITO COMPRESO NEL TERRITORIO DI BRINDISI

L'area oggetto di studio è discretamente vasta, circa 18 ettari, che si sviluppano nel territorio di Brindisi, al confine con Mesagne, San Donaci e Cellino San Marco, in un territorio che presenta peculiari connotazioni geologiche e stratigrafiche, già riscontrate nello studio geologico della zona ed evidenziate dalle risultanze delle indagini eseguite in loco, come di seguito riassunte.

Come si evince dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche, il terreno di fondazione è costituito sostanzialmente da un primo strato sciolto formato per lo più da terreno vegetale ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi molto compatti e cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareni del Salento.

Dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite mediante metodologia MASW è stato possibile calcolare il valore del $V_{s,eq}$ e classificare il suolo di fondazione nella categoria "B" così come definita dalle NTC 2018. Si fa presente che nella zona a sud, in corrispondenza della prova MASW.01 il bedrock sismico è stato rinvenuto alla profondità di 15.60÷17.59 m; mentre per il caso MASW.02, nella zona più a nord, non è stato possibile individuare il bedrock sismico, pertanto il calcolo del $V_{s,eq}$ si è ricondotto al calcolo del vecchio $V_{s,30}$. In ogni caso i valori del $V_{s,eq}$ sono risultati compresi tra 382 e 489 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

Pertanto, lo studio geotecnico si baserà su un modello di sottosuolo costituito essenzialmente da un unico litotipo: *deposito sabbioso molto compatto e cementato*; le cui caratteristiche fisico-meccaniche sono desunte sulla base delle indagini effettuate in situ, sia dai dati ricavati dalla letteratura esistente.

Depositi sabbioso addensato a luoghi ben cementato

Angolo di resistenza al taglio φ°	32° ÷ 55°
Modulo di Young E_y (MPa)	10 ÷ 40
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	12 ÷ 33
Peso unità di volume γ (kN/m^3)	18.0 ÷ 23.0
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m^3)	19.0 ÷ 22.0
Modulo di Poisson ν	0.30 ÷ 0.33
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	30 ÷ 335
Coesione c (kg/cm^2)	0.1 ÷ 1.0

Tab. 7.1 Tabella parametri geotecnici noti in letteratura

Codice	Titolo	Pag. 62 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

A titolo indicativo si riportano di seguito alcune considerazioni circa la capacità portante dei terreni oggetto di studio. Nelle analisi sono stati presi in riferimento i parametri geotecnici più bassi, a favore di sicurezza. Ad ogni modo, si lascia ai progettisti l'esatta calcolazione anche in base alle esatte dimensioni delle opere strutturali.

Calcolo della Capacità Portante di una fondazione superficiale			
1 - Caratteristiche e tipologia fondale:			
Base=	1.00 [m]	H =	0.00 [kg]
Lungh=	1.00 [m]	V =	0.00 [kg]
Profond=	1.00 [m]	Hparallelo	B
ecc _a =	0.00 [m]	a L o B	
ecc _L =	0.00 [m]		
α =	0.00 [°]		
			
2 - Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione:			
γ =	1800.00 [kg / m ³]	Falda Z =	6.5 [m]
φ =	32 [°]	Presenza della falda:	SI
δ =	21 [°]	Fattore di sicurezza =	2.3
c =	0.10 [kg / cm ²]		
Kp =	3.255		
ca =	0.00 [kg / cm ²]		
β =	0.00 [°]		
3 - Metodo di calcolo proposto da Terzaghi (1943): Fond. Tipo: Quadrata			
N _q =	28.517	Q =	128,496.92 [kg] capacità portante
N _c =	44.036	Qult =	12.85 [kg / cm ²]
N _γ =	36.888	Qamm =	5.59 [kg / cm ²]
4 - Metodo di calcolo proposto da Meyerhof (1963):			
N _q =	23.177	Q =	176,013.55 [kg] capacità portante
N _c =	35.490	Qult =	17.60 [kg / cm ²]
N _γ =	22.022	Qamm =	7.65 [kg / cm ²]
5 - Metodo di calcolo proposto da Brinch - Hansen :			
N _q =	23.177	Q =	182,111.67 [kg] capacità portante
N _c =	35.490	Qult =	18.21 [kg / cm ²]
N _γ =	30.215	Qamm =	7.92 [kg / cm ²]
6 - Metodo di calcolo secondo l' Eurocodice 7 (Metodo EC7) :			
N _q =	23.177	Q =	183,280.04 [kg] capacità portante
N _c =	35.490	Qult =	18.33 [kg / cm ²]
N _γ =	27.715	Qamm =	7.97 [kg / cm ²]
			

Tab. 7.2 Verifica preliminare di capacità portante

Codice	Titolo	Pag. 63 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

7.2 SITO COMPRESO NEL TERRITORIO DI CELLINO SAN MARCO

L'area oggetto di studio è discretamente vasta, circa 16 ettari, che si sviluppano nel territorio di Cellino San Marco, al confine con San Donaci e Brindisi, in un territorio che presenta peculiari connotazioni geologiche e stratigrafiche, già riscontrate nello studio geologico della zona ed evidenziate dalle risultanze delle indagini eseguite in loco, come di seguito riassunte.

Come si evince dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche, il terreno di fondazione è costituito sostanzialmente da un primo strato sciolto formato per lo più da terreno vegetale e sabbie limose, ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi compatti e cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareni del Salento.

Dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite mediante metodologia MASW è stato possibile calcolare il valore del $V_{s,eq}$ e classificare il suolo di fondazione nella categoria "B" così come definita dalle NTC 2018. Si fa presente che nella zona a nord, in corrispondenza della prova MASW.01 il bedrock sismico è stato rinvenuto alla profondità di poco più di 15 metri; mentre per il caso MASW.02, nella zona a sud, è stato possibile individuare il bedrock sismico ad una profondità compresa tra 20 e 25 metri. In ogni caso i valori del $V_{s,eq}$ sono risultati compresi tra 379 e 443 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

Pertanto, lo studio geotecnico si baserà su un modello di sottosuolo costituito essenzialmente da un unico litotipo: *deposito sabbioso compatto a luoghi ben cementato*; le cui caratteristiche fisico-meccaniche sono desunte sulla base delle indagini effettuate in situ, sia dai dati ricavati dalla letteratura esistente.

Depositi sabbioso addensato a luoghi ben cementato

Angolo di resistenza al taglio φ°	25° ÷ 40°
Modulo di Young E_y (MPa)	10 ÷ 30
Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	8 ÷ 21
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	17.0 ÷ 20.0
Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³)	19.0 ÷ 21.0
Modulo di Poisson ν	0.27 ÷ 0.34
Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)	30 ÷ 200
Coesione c (kg/cm ²)	0.1 ÷ 1.0

Tab. 7.3 Tabella parametri geotecnici noti in letteratura

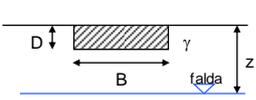
A titolo indicativo si riportano di seguito alcune considerazioni circa la capacità portante dei terreni oggetto di studio. Nelle analisi sono stati presi in riferimento i parametri geotecnici più bassi, a favore di sicurezza. Ad ogni modo, si lascia ai progettisti l'esatta calcolazione anche in base alle esatte dimensioni delle opere strutturali.

Codice	Titolo	Pag. 64 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	

Calcolo della Capacità Portante di una fondazione superficiale

1 - Caratteristiche e tipologia fondale:

Base=	1.00	[m]	H =	0.00	[kg]	H parallelo	B
Lungh =	1.00	[m]	V =	0.00	[kg]	a Lo B	
Profond =	1.00	[m]					
ecc _B =	0.00	[m]					
ecc _L =	0.00	[m]					
α =	0.00	[°]					



2 - Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione:

γ =	1700.00	[kg / m ³]	Falda Z =	0	[m]
φ =	25	[°]	Presenza della falda:	NO	
δ =	17	[°]	Fattore di sicurezza =	2.3	
c =	0.10	[kg / cm ²]			
Kp =	2.464				
ca =	0.00	[kg / cm ²]			
β =	0.00	[°]			

3 - Metodo di calcolo proposto da **Terzaghi** (1943): Fond. Tipo: **Quadrata**

N _q =	12.720		Q =	60.825.46	[kg]	capacità portante
N _c =	25.135		Q _{ult} =	6.08	[kg / cm ²]	
N _γ =	12.796		Q _{amm} =	2.64	[kg / cm ²]	

4 - Metodo di calcolo proposto da **Meyerhof** (1963): Fond. Tipo: **Quadrata**

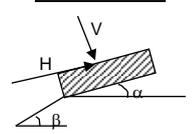
N _q =	10.662		Q =	75.072.22	[kg]	capacità portante
N _c =	20.721		Q _{ult} =	7.51	[kg / cm ²]	
N _γ =	6.766		Q _{amm} =	3.26	[kg / cm ²]	

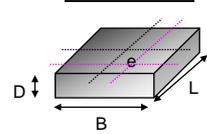
5 - Metodo di calcolo proposto da **Brinch - Hansen** :

N _q =	10.662		Q =	82.681.46	[kg]	capacità portante
N _c =	20.721		Q _{ult} =	8.27	[kg / cm ²]	
N _γ =	10.876		Q _{amm} =	3.59	[kg / cm ²]	

6 - Metodo di calcolo secondo l'**Eurocodice 7** (**Metodo EC7**):

N _q =	10.662		Q =	82.388.85	[kg]	capacità portante
N _c =	20.721		Q _{ult} =	8.24	[kg / cm ²]	
N _γ =	9.011		Q _{amm} =	3.58	[kg / cm ²]	





Tab. 7.4 Verifica preliminare di capacità portante

Codice	Titolo	Pag. 65 di 65
DOCSPEC09	RELAZIONE GEOTECNICA	