



Comune di Taranto

Direzione Ambiente Salute Qualità della Vita

CIG: Z6926BF262

PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III

PROGETTO DEFINITIVO

RTP DI PROGETTAZIONE:

CAPOGRUPPO:



MANDANTE:

Dott. Agronomo A. Secreti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Geologia	Dott. Geol. G. Cerchiaro
Geotecnica	Ing. G. Civitate
Monitoraggio geotecnico	Dott. Geol. G. De Fazio
Rilievi e indagini	Dott. Geol. C. Leonetti
Idraulica	Ing. E. Barbieri
Idrologia	Ing. M. Iacucci
Interferenze e cantierizzazione	Ing. D. Chiera
Opere strutturali	Ing. F. Conte
Ambiente	Ing. V. Bonifati
Pesaggio	Arch. E. Bruno
Arredo urbano	Ing. D. Nucci
Stime e capitolati	Ing. F. Trovati
Responsabile unità di progettazione	Ing. V. Secreti

RESPONSABILE INTEGRAZIONI PRESTAZIONI SPECIALISTICHE E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. Vincenzo Secreti



RESPONSABILE GEOLOGIA:
Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro



RESPONSABILE INSERIMENTO NEL CONTESTO PAESAGGISTICO:
Arch. Edoardo Bruno



RESPONSABILE DELLE INDAGINI AGRONOMICHE:
Dott. Agr. Aldo Secreti



TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

CODICE ELABORATO: PD A 112 IV E 19 00 GG REL 02 A

SCALA:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	18/12/2019	EMISSIONE	G. De Fazio	C. Leonetti	G. Cerchiaro

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: *Dott.ssa A. Ferilli*



SOMMARIO

1	PREMESSA	3
1.1	OGGETTO E SCOPO	3
1.2	METODOLOGIE UTILIZZATE	4
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE	7
3	CARATTERI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI	8
3.1	CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	8
3.2	ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO STRUTTURALE DELL'AREALE DI PROGETTO	10
3.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
3.4	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	11
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
5	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	28
6	INQUADRAMENTO SISMICO	30
6.1	SISMICITA' E TETTONICA ATTIVA	30
6.2	MICROZONAZIONE SISMICA	30
6.3	SISMICITA' STORICA	31
6.4	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	34
7	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE	36
7.1	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	36
7.2	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	36
7.3	VITA NOMINALE	37
7.4	CLASSE D'USO	37
7.5	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	38
7.6	STATI LIMITE	38
7.7	AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	40
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	46
8.1	UNITA' GEOTECNICA A1: MATERIALE DI RIEMPIMENTO IMPIEGATO PER IL RIMODELLAMENTO DEL LUNGOMARE	46
8.2	UNITA' GEOTECNICA A2: CALCARENITE DI MONTE CASTIGLIONE	47
9	SEZIONI GEOTECNICHE	48
9.1	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	48
10	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEL PENDIO	51
10.1	INTRODUZIONE	51
10.2	INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ	52



10.3	METODO DELL'EQUILIBRIO LIMITE (LEM)	52
10.4	METODO DEI CONCI	53
10.5	METODO DI JANBU (1967)	54
10.6	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	54
10.7	RICERCA DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO CRITICA	55
10.8	STABILIZZAZIONE DI PENDII CON L'UTILIZZO DI PALI	55
▪	METODO DEL CARICO LIMITE DI BROMS	55
10.9	BACK ANALYSIS	56
10.10	ANALISI DI STABILITÀ IN PRESENZA DELLE OPERE STRUTTURALI	59
10.11	ANALISI DI STABILITÀ POST OPERAM	63
▪	CONDIZIONI STATICHE	63
▪	CONDIZIONI SISMICHE	69



1 PREMESSA

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione sismica dell'areale di progetto relativo alla progettazione definitiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per la realizzazione dei lavori di messa in sicurezza e di recupero ambientale della scarpata del lungomare Vittorio Emanuele III del Comune di Taranto. Per la redazione del presente documento sono stati consultati gli studi geologici ed i risultati scaturiti dalle indagini geognostiche eseguite la presente fase progettuale; nello specifico la suddetta campagna ha consistito nell'esecuzione di n.21 prove penetrometriche dinamiche (DPM), n. 3 prospezioni sismiche MASW (Multi-channels Analysis of Surface Waves) e n. 15 prospezioni sismiche a rifrazione. I risultati di tali indagini vengono riportati nel presente elaborato mentre per i report completi delle stesse si rimanda all'elaborato "relazione indagini geognostiche" appositamente redatto. Per quanto concerne l'ubicazione dei singoli punti di indagine si rimanda all'elaborato "planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche".

Si fa riferimento agli elaborati relativi alla geologia, geognostica e geotecnica redatti nel corso del progetto definitivo.

ELABORATI PROGETTO DEFINITIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
PDA112IVE1900RIPLA0200A	Planimetria con ubicazione indagini geognostiche	1:2000
PDA112IVE1900RIRELO200A	Relazione indagini geognostiche	-
PDA112IVE1900GGRELO100A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
PDA112IVE1900GGRELO200A	Relazione geotecnica	-
PDA112IVE1900GGRELO300A	Relazione sismica	-
PDA112IVE1900GGPLA0100A	Carta geologica	1:2000
PDA112IVE1900GGPLA0200A	Carta della pericolosità sismica del territorio	1:1000
PDA112IVE1900GGPLA0300A	Carta geomorfologica	1:2000
PDA112IVE1900GGSEZ0100A	Sezioni geo-litologiche	1:200
PDA112IVE1900GGSEZ0200A	Sezioni geotecniche	1:200

Figura 1.1 – Elaborati del progetto definitivo.

1.1 OGGETTO E SCOPO

Scopo della relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere; il presente documento, redatto attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- rappresentare ed illustrare le informazioni geologico-strutturali, stratigrafiche ed idrogeologiche;
- riconoscere eventuali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- illustrare gli esiti delle indagini geognostiche disponibili;
- fornire il modello stratigrafico, idrogeologico, geotecnico e sismico da porre a base della progettazione;
- eseguire la caratterizzazione geotecnica dei litotipi di interesse, fornendo i relativi parametri di resistenza e deformabilità;
- individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geotecnica;
- individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell'ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l'esecuzione dei lavori.



1.2 METODOLOGIE UTILIZZATE

Il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l'acquisizione di tutte le conoscenze significative sull'area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull'apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell'analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- la consultazione di documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree effettuate in passato.

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e morfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna di indagini geognostiche. È stato così possibile meglio definire la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi strutturali e morfologici, la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione geologico-geotecnica. Gli stessi rilievi di campagna sono stati svolti secondo successive fasi d'approfondimento.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra descritte per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

Indagine storica e bibliografica: è stata eseguita un'approfondita disamina dei dati di letteratura disponibili, la cui documentazione è stata correlata e confrontata secondo il seguente schema logico ed in specifico per ciascuna opera in progetto:

- analisi dei risultati della campagna di indagini geognostiche;
- analisi e confronto delle differenti cartografie ed elaborati tematici (geologia, geomorfologia, idrogeologia);
- analisi e confronto dei profili tecnici.

Le analisi hanno consentito di individuare le principali criticità ed incertezze residue da cui si è partiti per sviluppare le successive fasi di studio ed indagine. L'approfondimento delle conoscenze è stato eseguito mediante una ulteriore ricerca bibliografica, condotta presso gli istituti universitari e di ricerca e presso gli enti amministrativi e territoriali interessati dall'opera.

In particolare, per quanto concerne l'indagine bibliografica, il materiale consultato è stato reperito presso enti di ricerca (ISPRA, CNR) e Dipartimento Regionale dell'Ambiente (Regione Puglia); sono stati inoltre visionati gli elaborati del "Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PAI).

Tutte le informazioni sull'assetto geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e ambientale ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa: in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna preliminari, per una fascia significativamente ampia (circa 500m cavallo dell'opera), preceduti ed integrati dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello geologico-stratigrafico, l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto. Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

Indagini geognostiche: indagini geologiche, geotecniche e sismiche sono state eseguite allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione. L'ubicazione dei punti d'indagine stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo verificare il quadro informativo disponibile,



approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che presentavano maggiori difficoltà o lacune interpretative.

1.3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- L. 10/05/76 n. 319: "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";
- L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- L. 08/07/86 n. 349: "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale";
- D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...";
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "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".
- Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni 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".
- L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento al fine della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- D.P.R. 07/01/1992: "Programmazione attività conoscitive";
- D.P.R. 14/04/1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica";
- L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche";
- D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica (1997).
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";



- L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- D.P.C.M. 29/09/1998: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".
- D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- D.L. 18/08/2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99;
- L. 11/12/2000 n. 365: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamita' idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000";
- L. 23/03/2001 n. 93: "Disposizioni in campo ambientale";
- D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. 18/09/2001 n. 468: "Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
- D.G.R. 597/2004 riclassificazione delle zone sismiche rientranti nel proprio territorio;
- D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale";
- L.R. 11/05/2007 n. 9:" Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e finanziario (collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2007 Art. 3, comma 4, della Legge regionale n. 8/2002)";
- DM 14/01/2008: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP;
- D.G.R. n.1626 del 2009 ""
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- D.G.R n.1214 del 2011 Progettazione antisismica per gli edifici e per le opere infrastrutturali strategiche e rilevanti ai fini della protezione civile;
- DM 17/01/2018: "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni".



2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE

L'area in esame interessata dal progetto è situata subito a ridosso del centro abitato di Taranto, più specificatamente in corrispondenza del lungomare sito in via Vittorio Emanuele III.



Figura 2.1 – Stralcio ortofoto con ubicazione dell'area oggetto di studio (immagine da google earth).

Cartograficamente l'area ricade all'interno dell'elemento 493112 “Taranto Ponte Girevole” della Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia.



Figura 2.2 – Stralcio Carta Tecnica Regionale “Taranto Ponte Girevole” elemento 493112 – Scala 1:5000 (Regione Puglia) con ubicazione dell'area in esame.

3 CARATTERI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI

3.1 CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista geodinamico l'area oggetto di studio ricade nel margine occidentale dell'avampaese apulo. L'insieme degli studi più recenti permette di delineare uno schema geologico generale di questo territorio caratterizzato dalla presenza sulle rocce calcareo-dolomitiche di età mesozoica (Cretaceo sup.), costituenti il substrato geologico regionale, di lembi discontinui e di diverso spessore di depositi marini di età pliocenica e pleistocenica (Mastronuzzi & Sansò, 2003).

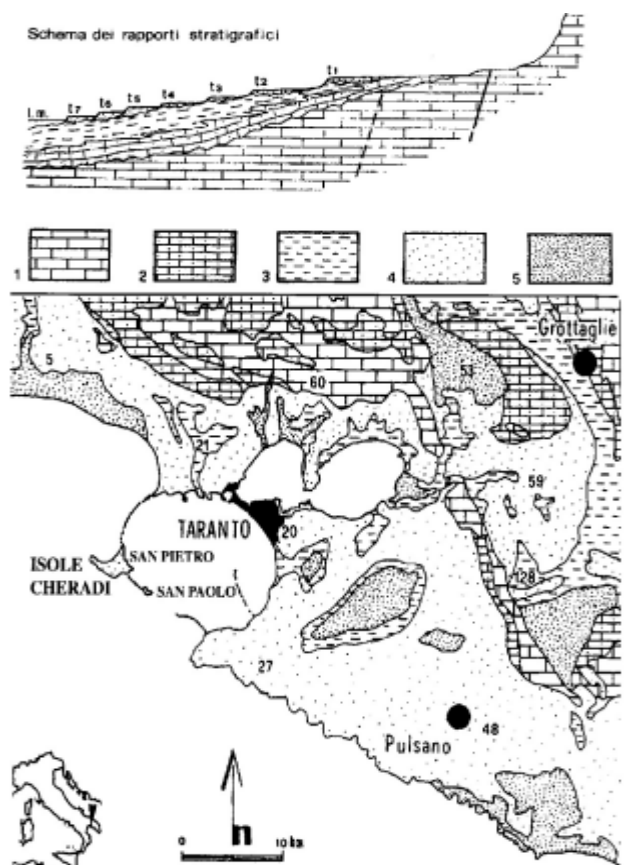


Figura 3.1 – Carta geologica schematica dell'area di Taranto; si riportano con i seguenti numero: 1 – Unità Cretacee; 2 – Unità PlioPleistoceniche (Calcareni di Gravina); 3 – Unità Plio-Pleistoceniche (Argille subappennine); 4 – Unità Pleistoceniche (Depositi dei Terrazzi Marini); 5 - depositi olocenici delle spiagge e delle aree alluvionali; t1-t7 superfici dei terrazzi marini. (da Mastronuzzi e Sansò, 1993)

Gli eventi che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica del territorio pugliese possono essere messi in relazione con la geodinamica di un esteso tratto crostale corrispondente con la parte settentrionale della Placca africana (Piastra apula sensu LORT, 1971 o Promontorio africano sensu CHANNEL et alii, 1979) a partire dal Paleozoico superiore. In particolare, a seguito delle fasi di rifting e di drifting del Permo-Mesozoico connesse con l'apertura dell'oceano della Neotetide, tale tratto crostale ha risentito degli effetti del progressivo block faulting che ha determinato la graduale strutturazione di un complesso sistema di piattaforme e bacini. Più in dettaglio, l'area pugliese presenta una struttura crostale uniforme con un basamento cristallino varisco ed una copertura sedimentaria spessa oltre 7 chilometri (RICCHETTI et alii, 1988). Tale successione è stratigraficamente contrassegnata da facies terrigene fluvio-deltizie (red beds) permo-triassiche (Verrucano), da evaporiti triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica di piattaforma di età giurassico-cretacea.

La successione carbonatica cretacea affiorante in corrispondenza del settore delle Murge faceva parte di un dominio di piattaforma carbonatica (Piattaforma apula sensu D'ARGENIO, 1974), soggetto a tassi di subsidenza sostanzialmente costanti in un contesto geodinamico di margine passivo. Durante il Cenomaniano superiore



ed il Turoniano la propagazione degli stress intraplacca indotti dall'orogenesi alpina ha prodotto l'emersione temporanea di ampi settori della Piattaforma apula (MINDSZENTY et alii, 1995). Le aree emerse sono state sede di intensa attività carsica che localmente ha prodotto l'accumulo di terre rosse bauxitiche intercalate alla serie cretacea (CRESCENTI & VIGHI, 1964). Una significativa variazione del regime geodinamico ha riguardato la microplacca adriatica in seguito alla collisione, a partire dall'Oligocene, tra la zolla africana e quella europea. In questo contesto ha avuto origine la tettonogenesi appenninico-dinarica nell'ambito della quale gran parte dell'attuale territorio pugliese (Gargano, Murge e Salento) ha svolto il ruolo di avampaese (Avampaese apulo) per le catene con opposta vergenza degli Appennini e delle Dinaridi- Albanidi-Ellenidi (e.g. RICCHETTI et alii, 1988; ARGNANI et alii, 1993; DE ALTERIIS & AIELLO, 1993).

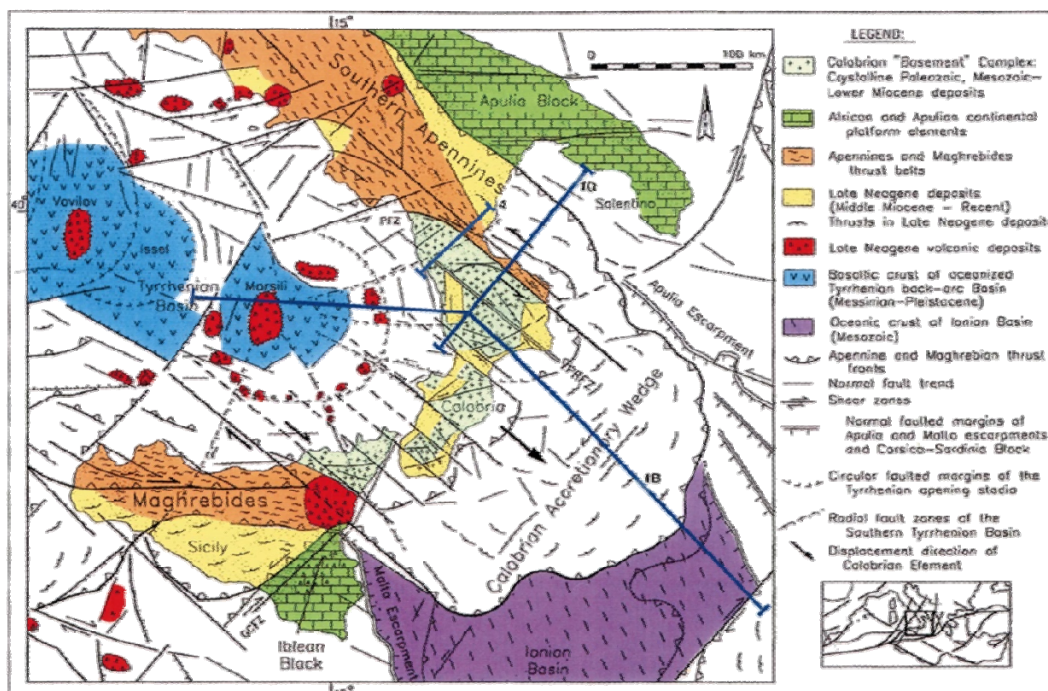


Figura 3.2 – Schema geologico-strutturale della regione mediterranea (Van Dijk et al. 2000).

In particolare, l'Avampaese apulo è costituito in prevalenza da una regione carbonatica autoctona poco deformata, che si riconosce sia in aree emerse (unità stratigrafici co-strutturale Murge-Gargano di D'ARGENIO et alii, 1973) che sommerse (Apulian swell di ROSSI & BORSETTI, 1974 e AUROUX et alii, 1985 verso SE e Rospo Mare di DOULCET et alii, 1990 verso NO). Fra il Miocene ed il Pleistocene inferiore la migrazione verso est del sistema sudappenninico produsse il progressivo inarcamento della placca adriatica che subì dei cedimenti sui margini appenninico e dinarico in relazione alla formazione di opposte gradinate di faglia (RICCHETTI & MONGELLI, 1980; RICCHETTI et alii, 1988). La migrazione verso est della catena coinvolse nella migrazione anche l'avanfossa appenninica plio-pleistocenica (CASNEDI et alii, 1982; CASNEDI, 1988) che, nel tratto pugliese, si differenzia rispetto alle restanti parti del bacino per essere delimitata ad ovest dai rilievi appenninici, e ad est da quelli dell'Avampaese apulo emerso (MIGLIORINI, 1937; SELLI, 1962b). Questo segmento dell'avanfossa plio-pleistocenica, noto come Fossa Bradanica, ha una storia tettonica e sedimentaria alquanto differente dal resto dell'avanfossa adriatica. Infatti, questo bacino, che dal punto di vista strutturale è assimilabile ad un foreland basin, si è sviluppato in gran parte sulla rampa regionale dell'avampaese migrando verso est per effetto dell'arretramento della rampa stessa che si immerge a gradinata al di sotto della catena appenninica (PIERI et alii, 1994; 1996 Tropeano et alii 2002a;b). Contestualmente, l'avanzamento delle strutture compressive appenniniche verso est consentì l'immissione nel bacino di enormi volumi di terreni alloctoni (CASNEDI et alii, 1982). Per tale ragione, la Fossa bradanica mostra in sezione trasversale un profilo asimmetrico per avere un margine occidentale (appenninico) molto acclive, e un margine orientale (di avampaese) caratterizzato da bassi gradienti (PIERI et alii, 1994; 1996). In un quadro paleogeografico così articolato la sedimentazione si è necessariamente differenziata per ambienti, facies e spessori. Relativamente alle aree marginali prospicienti le porzioni più sollevate ed emerse dell'Avampaese apulo (rilievi del Gargano,



delle Murge alte e delle Serre Salentine), la sedimentazione si è propagata su un substrato carbonatico subsidente, su cui si sono depositati sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali che terrigeni, questi ultimi rappresentati dal materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici mesozoici. In tali condizioni si è avuta la sedimentazione delle calcareniti e calciruditi di ambiente costiero (Calcarenite di Gravina), che rappresentano i depositi trasgressivi che marcano l'inizio del ciclo della Fossa bradanica in aree di avampaese; successivamente, con l'approfondimento del bacino, la sedimentazione carbonatica è stata sostituita da quella terrigena, per l'arrivo di abbondanti apporti silicoclastici di provenienza appenninica (argille subappennine) che coprono stratigraficamente in continuità di sedimentazione i carbonati della Calcarenite di Gravina (IANNONE & PIERI, 1979; Tropeano & Sabato, 2000; TROPEANO et alii, 2002a). A partire dal tardo Pleistocene inferiore, l'evoluzione dell'Avampaese apulo è stata caratterizzata da un drastico mutamento geodinamico: l'avampaese, unitamente all'avanfossa, da area subsidente ha incominciato un lento e continuo sollevamento (CIARANFI et alii, 1983; DOGLIONI et alii, 1994; 1996). Tale sollevamento regionale ha causato il graduale ritiro del mare in seguito al quale le aree a sedimentazione marina sono state sostituite da terre emerse. In tale contesto, l'interferenza tra il sollevamento regionale e le oscillazioni glacio-eustatiche avrebbe determinato la successione di numerose fasi sedimentarie, distinte nel tempo e nello spazio, ciascuna delle quali testimoniata da un deposito di ambiente costiero con trend regressivo (depositi marini terrazzati sensu CIARANFI et alii, 1988). Inoltre, tali depositi regressivi sono disposti in terrazzi a quote progressivamente più basse procedendo verso mare, in modo tale che i depositi posti a quote più elevate corrispondono a quelli più antichi, mentre quelli posti a quote più basse a quelli più recenti. In base a tali indicazioni, è possibile ipotizzare che l'età dei depositi regressivi sia verosimilmente compresa fra il Siciliano terminale ed il Tirreniano (PIERI, 1975; PIERI, 1980; CIARANFI et alii, 1988).

3.2 ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO STRUTTURALE DELL'AREALE DI PROGETTO

L'assetto geologico-stratigrafico-strutturale generale dell'area in esame è stato ricostruito grazie ai dati bibliografici reperiti attraverso la consultazione del Foglio 202 "Taranto" della Carta Geologica di Stato in scala 1:100.000. L'assetto geologico della porzione di territorio in esame vede la presenza di un substrato costituito da rocce calcaree e calcareo dolomitiche, che costituiscono l'ossatura delle aree pedemurgiane e murgiane. Su tale substrato poggia una copertura costituita da rocce calcarenitiche di età pliopleistocenica.



Figura 3.3 – Stralcio della Carta geologica "Taranto" in scala 1:100.000.



L'areale di progetto è caratterizzato dalla presenza di due formazioni che costituiscono l'ossatura della porzione oggetto di studio, ovvero le argille del Bradano e le Calcareniti di monte Castiglione entrambe di età Plio-pleistocenica. Le argille del Bradano, comunemente note come argille subappenniniche sono costituite da argille marnose e silteose, marne argillose, talora decisamente sabbiose. Il colore prevalente è grigio-azzurro o grigio-verdino, ma in superficie la colorazione assume sfumature bianco-giallastre, che connota i campi coltivati in questi areali d'affioramento. Tale Formazione non è sempre presente come continuità stratigrafica, essendo eteropica con la Calcarenite di Gravina. In corrispondenza dei punti in cui le argille calabriere risultano assenti, si ha la sovrapposizione diretta delle Calcareniti di M. Castiglione sulla Calcarenite di Gravina, dando quindi luogo ad affioramenti calcarenitici particolarmente vasti.

Solitamente, nella parte bassa della Formazione prevalgono i litotipi più argillosi e plastici, mentre verso l'alto prevalgono quelli marnosi, spesso contenenti concrezioni calcaree biancastre. Verso la sommità è spesso presente un sottile livello di alternanze argilloso-marnose e sabbioso-calcaree. Nelle argille calabriere la stratificazione è spesso assente o dà luogo a banchi di notevole spessore; solo quando compaiono le intercalazioni sabbiose o marnose, è possibile individuare strati di spessore vario. Questa Formazione costituisce in genere un livello ininterrotto con spessore che tendenzialmente aumenta dagli affioramenti settentrionali verso quelli meridionali, passando da circa 40 a 100 m.

Per quanto concerne la successione calcarenitica invece, ha inizio con la Calcarenite di Gravina, che in genere è al tetto del Calcarea di Altamura, sul quale si è deposta in trasgressione, e viene chiusa dalla Calcarenite di Monte Castiglione. Quest'ultima si presenta tipicamente terrazzata e localmente si possono distinguere fino a 11 ordini di terrazzi.

La parte basale del ciclo sedimentario, rappresentata dalla Calcarenite di Gravina, è costituita da termini organogeni, variamente cementati, porosi, biancastri, grigi e giallognoli, costituiti da depositi clastici derivati dalla degradazione dei calcari cretaci, nonché da frammenti di Briozoi, Echinoidi, Crostacei e Molluschi. Talvolta nella parte basale di questa Formazione, a contatto con il calcarea, si ha la presenza di un livello conglomeratico a ciottoli calcarei più o meno arrotondati, con matrice calcarea bianca, gialla o rossastra.

La parte superiore della successione invece rappresentata dalla Calcareniti di M. Castiglione; si tratta prevalentemente di calcareniti grossolane, con subordinate calcareniti farinose e calcari grossolani con talora brecce calcaree. Il colore è grigio-giallastro, giallo-rosato, grigiastro o rossastro in superficie. Tali depositi rappresentano i litotipi intercettati durante l'esecuzione della campagna di indagini geognostiche.

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La differente natura delle rocce affioranti nel territorio posto a ridosso della città di Taranto si riflette sulla circolazione idrica profonda condizionata essenzialmente dalla permeabilità. La scarsità delle precipitazioni meteoriche, raggruppate nei mesi che vanno da ottobre a marzo e la permeabilità medio-alta dei litotipi affioranti, concorrono nel ridurre e nel circoscrivere la circolazione idrica di superficie a sporadici episodi di corrivazione; tali episodi sono successivi agli eventi meteorici più importanti e più concentrati nel tempo.

È da rimarcare come l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo sia favorita rispetto al ruscellamento anche dalle pendenze lievi della superficie topografica, che facilitano il ristagno ed ostacolano un rapido deflusso di superficie. Tuttavia durante l'esecuzione delle indagini geognostiche non è stato intercettato il livello di falda fino a 3.00 metri circa dal piano campagna, profondità in cui le prove penetrometriche medie (DPM) sono andate a rifiuto.

3.4 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Da un punto di vista geomorfologico l'area in esame è situata in corrispondenza del Lungomare di Taranto in prossimità della spiaggia, pertanto essa ricade a grande scala in un contesto geomorfologico "sub-pianeggiante".



In linea generale, il territorio di Taranto fino alle pendici dell’altopiano murgiano, è caratterizzato dalla presenza di terrazzi marini, esso è contraddistinto inoltre dalla presenza di alcune superfici disposte a gradinata degradante verso mare e verso esso debolmente inclinate. Queste superfici sono distinte per quota, età e caratteri del deposito che le costituisce. I versanti che le separano hanno andamento circa parallelo alla linea di riva attuale e sono appena percettibili dove modellati in formazioni argillose e sabbiose o piuttosto ripidi ed a gradoni, alti fino a qualche metro, dove modellati su calcari o calcareniti. L’andamento delle scarpate e la natura dei depositi che costituiscono i terrazzi sono la prova dell’origine marina degli stessi. I terrazzi, infatti, si sono originati per la interazione fra le oscillazioni glacioeustatiche del livello del mare ed i sollevamenti legati alla tettonica regionale verificatisi nel corso del Pleistocene medio e superiore.

L’area di interesse situata in corrispondenza del Lungomare Vittorio Emanuele III del Comune di Taranto è caratterizzata da un decremento delle quote da Nord verso Sud, da un massimo di 16 m circa s.l.m. fino alla scogliera a ridosso del livello del mare. Nonostante a grande scala l’area in esame sia impostata in un contesto geomorfologico pianeggiante, l’area in esame è caratterizzata da pendenze elevate dell’ordine del 35 % circa.

Il contesto in cui ricade il lungomare di Taranto infatti è contraddistinto dalla presenza di un terrazzamento che originato dall’abrasione marina degrada in direzione sub-parallela dall’entroterra fino alla linea di costa, conferendo al territorio un profilo a “gradinata”. Tali terrazzamenti sono delimitati da scarpate di modesta entità che, modellate dai processi erosivi, si dispongono subparallele alla linea di costa con sviluppo discontinuo. Dette scarpate costituiscono uno dei principali connotati morfologici del territorio in esame. Si fa presente che la morfologia della suddetta scarpata è stata nel corso del tempo rimodellata dall’uomo mediante l’impiego di materiale eterogeneo, classificato da un punto di vista granulometrico nelle pagine seguenti. Alle condizioni attuali inoltre, sono presenti in corrispondenza delle scarpate del lungomare interventi di ingegneria naturalistica, danneggiati dai processi di weathering e talora dislocati a causa dei fenomeni di instabilità. I versanti ricoperti da coltri detritiche superficiali spesso sono interessate da movimenti lenti in grado di agire anche su pendii con inclinazione blanda. Il movimento, che interessa le porzioni più superficiali di terreno fino a profondità raramente superiori a pochi metri agisce in modo tendenzialmente omogeneo su superfici vaste.

A valle dei sopralluoghi eseguiti e dell’interpretazione delle forme individuate nell’area in esame, è possibile affermare che i fenomeni sono riconducibili a processi di reptazione e/o soil slip. Nel primo caso si tratta del risultato dello spostamento complessivo di singole particelle, derivante da un insieme di piccoli movimenti parziali, dovuti alla incessante e ciclica azione di cause diverse, che si sommano all’azione della gravità, quali: circolazione di acqua nel terreno, dilatazioni e contrazioni termiche, umidificazione ed essiccazione. La velocità in genere è di mm l’anno, tuttavia essa è strettamente dipendente dal tasso di acclività del versante. Tale fenomeno risulta troppo lento per essere osservato direttamente ma è possibile osservarne le evidenze grazie a staccionate e piante inclinate verso valle.



Figura 3.4 – Le immagini sovrastanti mostrano l’inclinazione verso valle delle staccionate e degli alberi, atte ad indicare fenomeni di creep superficiali.



Per quanto concerne i fenomeni di soil-slip invece, essi coinvolgono porzioni di terreno superficiali causati da processi di sovrassaturazione; pertanto in corrispondenza di particolari condizioni meteorologiche, porzioni di materiale si mobilizzano lungo una superficie sub-lineare per effetto di gravità. In un areale così ridotto, tali fenomeni non mostrano evidenze eclatanti ma semplici scivolamenti delle particelle verso valle che interessano la coltre eluvio-colluviale.



Figura 3.5 – Lo scivolamento dei materiali ha interessato la strada interna al lungomare provocando smottamenti di piccole dimensioni,.

Il movimento risulta di natura essenzialmente laminare, come se la massa coinvolta fosse suddivisibile in numerose lamine di spessore irrisorio, ciascuna delle quali si muove con velocità propria che decresce all'aumentare della profondità.

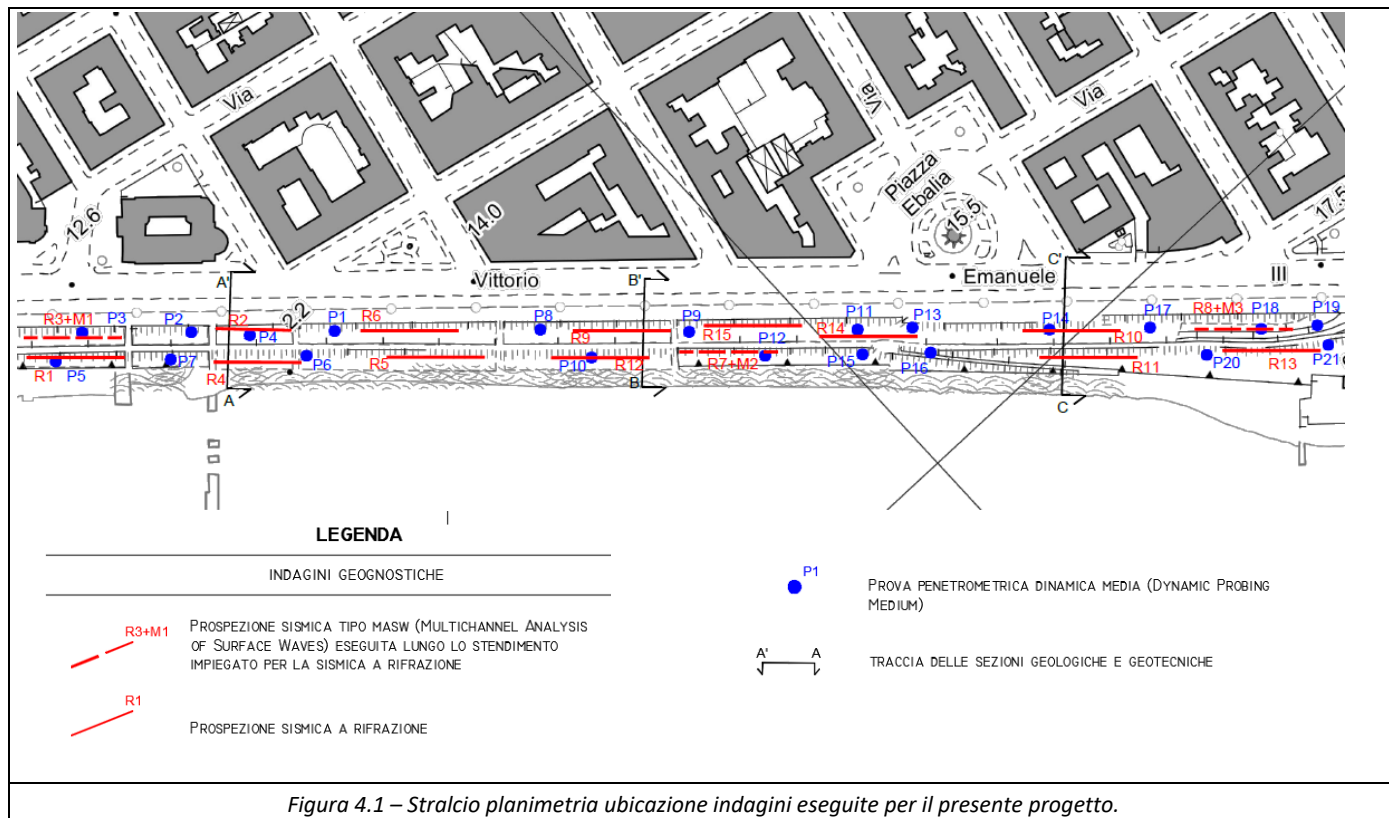
Nello specifico, le indagini eseguite hanno messo in evidenza la presenza di un primo livello costituito da materiale incoerente di natura ghiaiosa, sabbiosa e sabbioso-limoso dello spessore massimo di 5 metri circa che diminuisce man mano che si scende verso la scogliera. Il secondo strato invece è caratterizzato da depositi calcarenitici afferenti la Formazione di Monte Castiglione.; questi sono contraddistinti da una coltre di alterazione superficiale impostata sul materiale più litoide.

I fenomeni sopradescritti interessano esclusivamente la porzione superficiale costituita da materiale eterogeneo di riempimento impiegato per la modellizzazione del versante, come anticipato precedentemente infatti, tali processi tendono a ridursi fino ad annullarsi all'aumentare della profondità.

Tali processi sono strettamente legati alle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi presenti, i terreni granulari infatti risultano particolarmente soggetti a fenomeni di soil-slip e reptazione per via degli elevati tassi di permeabilità. Tuttavia tale tematismo verrà approfondito nei capitoli seguenti.

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati della campagna di indagini geognostiche eseguite per la progettazione definitiva; l'ubicazione dei punti di indagine è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da verificare il quadro informativo disponibile ed approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che evidenziano le maggiori difficoltà o lacune interpretative.



La campana geognostica è stata eseguita nel mese di giugno 2019 ed ha previsto l'esecuzione di:

- n.21 prove penetrometriche medie (Dynamic Probing Medium);
- n.3 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 15 prospezioni sismiche a rifrazione.

Le indagini sono state finalizzate ad ottenere un quadro conoscitivo esaustivo, riguardante il modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ovvero tutte le informazioni necessarie a determinare il comportamento dei terreni su svilupperanno le opere in progetto. La predisposizione del piano di indagini è stata preceduta dall'analisi dei dati di letteratura disponibili per l'area in esame e da sopralluoghi mirati al fine di verificare la copertura dell'area di progetto, anche in relazione alla distribuzione dei litotipi.

Le prove penetrometriche sono state finalizzate alla ricostruzione dell'assetto geologico-stratigrafico, all'individuazione di eventuali disomogeneità areali ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti.

Le prospezioni sismiche MASW sono state eseguite con lo scopo di caratterizzare sismicamente il sottosuolo e definire la categoria di sottosuolo in ottemperanza con la normativa vigente (NTC 2018)

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono state finalizzate:

- alla ricostruzione dei rapporti latero-verticali tra le unità geologiche, ovvero del profilo litostratigrafico;
- alla ricostruzione dell'andamento del substrato roccioso sepolto;
- al reperimento di informazioni sulle caratteristiche elasto-meccaniche dei litotipi indagati.

Per quanto concerne le indagini sismiche utili alla caratterizzazione sismica dell'areale di progetto ed alla misurazione del profilo di velocità delle onde di taglio si riportano sinteticamente i risultati ottenuti, per un quadro completo ed esaustivo delle stesse si rimanda all'elaborato relazione indagini geognostiche.



Nello specifico, la campagna di indagini geofisiche ha previsto l'esecuzione di n.3 prospezioni sismiche tipo MASW e n.15 prospezioni sismiche a rifrazione

SISMICHE A RIFRAZIONE

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono considerate le metodologie di indagine indiretta più efficaci per la ricostruzione della stratigrafia di un'area e per la caratterizzazione fisico-meccanica dei materiali presenti nel sottosuolo, in alternativa o ad integrazione dei classici metodi di indagine diretta.

Cenni sulle procedure sperimentali

La tecnica consiste nel generare artificialmente, tramite maglio o cariche esplosive, onde elastiche longitudinali e trasversali in un punto della superficie e nel misurare il tempo impiegato dalle onde prodotte per propagarsi dal punto sorgente a dei sensori opportunamente disposti sul terreno a distanze crescenti dal punto di energizzazione.

Il concetto base di tale metodologia di investigazione si basa sul fatto che le velocità e le direzioni di propagazione dell'onda sismica dipende strettamente dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei diversi materiali attraversati e sono, quindi, influenzate dalla presenza di eventuali superfici di discontinuità tra strati che presentano diverso comportamento elasto-meccanico.

Dal punto di vista operativo, tramite l'energizzazione artificiale, si determina la propagazione di una serie di onde sismiche che vengono rilevate dai sensori (geofoni) allineati sulla superficie e visualizzate come tracce sismiche (sismogrammi).

Poiché le velocità sismiche sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche fisico-meccaniche e geotecniche del materiale attraversato dalle onde, al termine dell'elaborazione della prova è possibile correlare gli stati individuati mediante la prospezione sismica con i livelli litologici caratterizzati da condizioni geomeccaniche omogenee (grado di compattezza, stato di fratturazione e/o di degradazione, grado di addensamento, ecc.). Con tale procedimento si ottiene, quindi, un quadro completo dell'assetto stratigrafico locale.

Modello sismico: La profondità investigata è stata calcolata ricostruendo la geometria del raggio sismico, considerando come distanza in superficie quella che intercorre tra lo scoppio più esterno ed il penultimo geofono; inoltre sono state considerate le distorsioni che ha il raggio sismico passando da un mezzo ad un altro.

I risultati ottenuti degli stendimenti sismici eseguiti vengono di seguito sintetizzati.



Stendimento sismico Sr1

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 214.59 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 0.50 m e massimo 3 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1014.90 m/s, ed uno spessore medio di circa 28 metri.

Stendimento sismico Sr2

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 310.84 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 1 m e massimo 3 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1700.76 m/s, con uno spessore medio di circa 27 metri.

Stendimento sismico Sr3

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 366.51 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 2 m e massimo 5 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 2190.44 m/s, con uno spessore medio di circa 25 metri.

Stendimento sismico Sr4

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 437.80 m/s, con uno spessore minimo di pochi decimetri e massimo di circa 2 metri.
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1256.87 m/s, con uno spessore medio pari a 28 metri circa.

Stendimento sismico Sr5

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 562.65 m/s, con uno spessore minimo di pochi decimetri e massimo 3 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1242.05 m/s, con uno spessore medio pari a 28 metri.

Stendimento sismico Sr6

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 402.92 m/s, con uno spessore medio di circa 4.5 metri.
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1869.26 m/s, con uno spessore medio di circa 25 metri.

Stendimento sismico Sr7

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 542.26 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 2 m e massimo 5 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1871.67 m/s, con uno spessore medio pari a 26 metri.

Stendimento sismico Sr8

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 609.21 m/s, con uno spessore minimo pari a pochi decimetri e massimo di circa 3.5 metri.
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 2295.82 m/s, con uno spessore medio pari a 27 metri.



Stendimento sismico Sr9

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 581.62 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 0.50 m e massimo 4.5 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 2692.97 m/s, con uno spessore medio di circa 25 metri.

Stendimento sismico Sr10

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 433.46 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 2.5 m e massimo 5 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 2203.02 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 25 m e massimo 27.5 m circa;

Stendimento sismico Sr11

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 251.39 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 1 m e massimo 3 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1158.40 m/s, con uno spessore medio di circa 27 metri.

Stendimento sismico Sr12

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 300.90 m/s, con uno spessore minimo pari a pochi decimetri e massimo pari a 3 metri circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1167.02 m/s, con uno spessore medio di 27 metri circa.

Stendimento sismico Sr13

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 289.00 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 1 m e massimo 3 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1176.29 m/s, con uno spessore medio di circa 28 metri.

Stendimento sismico Sr14

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 212.71 m/s, con uno spessore minimo pari a circa 1.5 m e massimo 4.5 m circa;
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 1155.09 m/s, con uno spessore medio di circa 25 metri.

Stendimento sismico Sr15

- Il primo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 232.18 m/s, con uno spessore medio di 4 metri circa.
- Il secondo sismostrato presenta una velocità media V_p pari a 992.91 m/s, con uno spessore medio pari di 26 metri.



Si riporta di seguito la sezione sismostratigrafica scaturita dalle prospezioni sismiche sopra indicate.

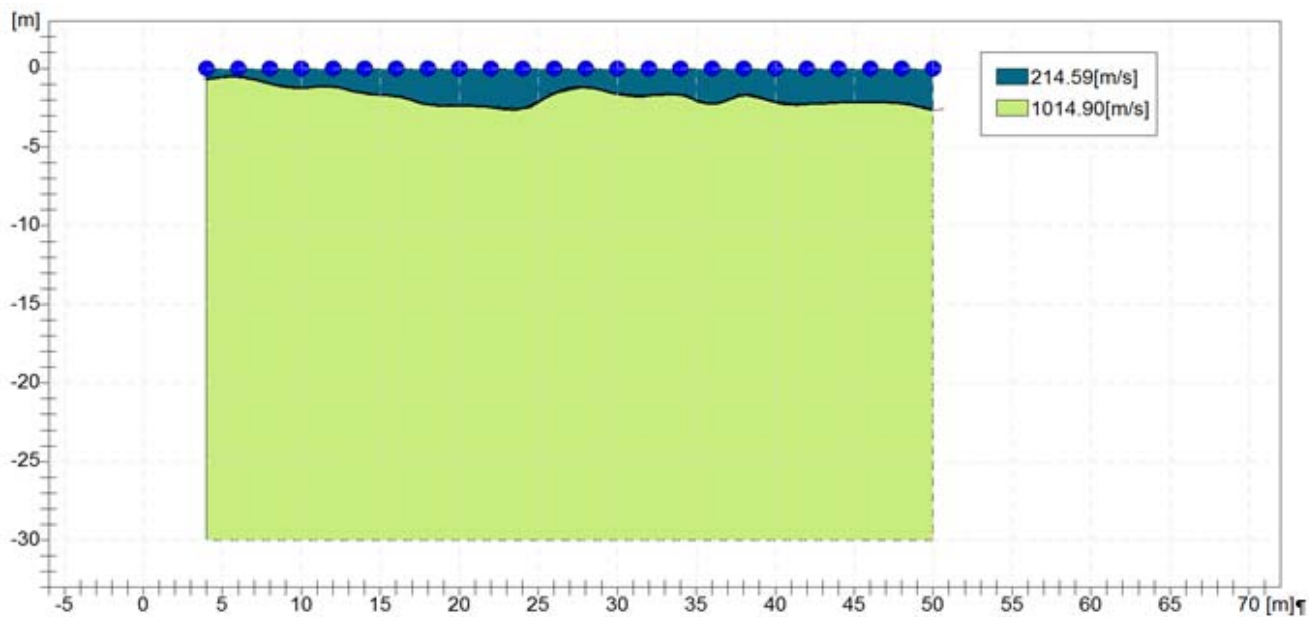


Figura 4.2 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR1

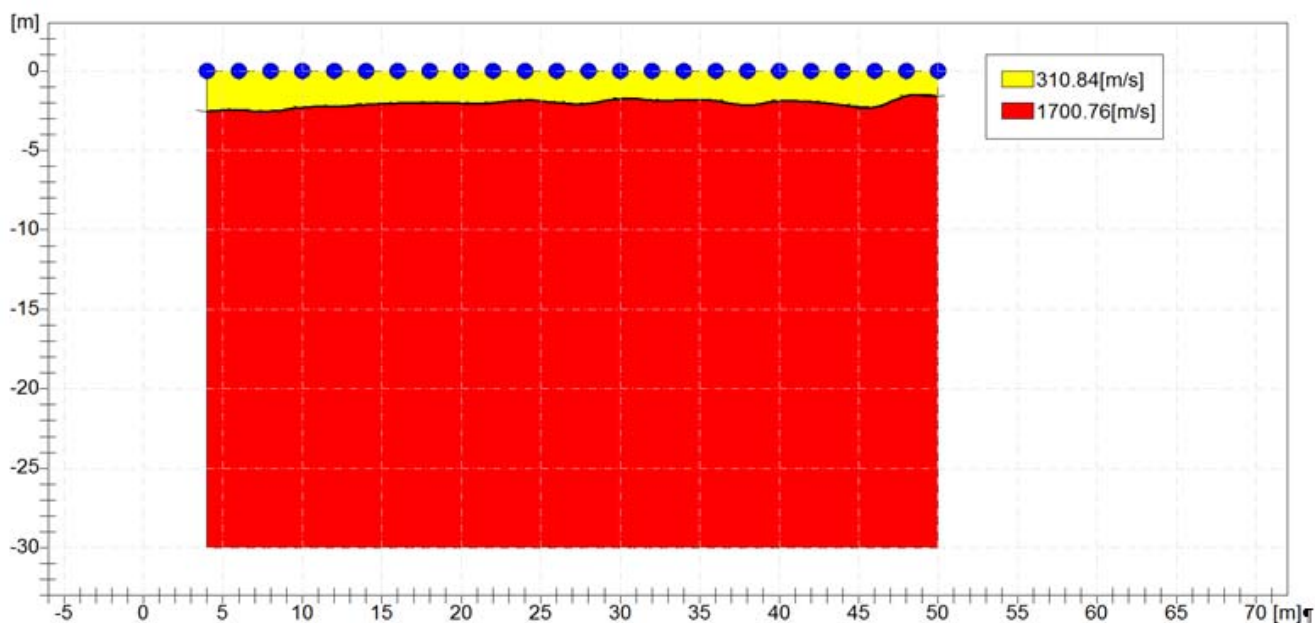


Figura 4.3 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR2

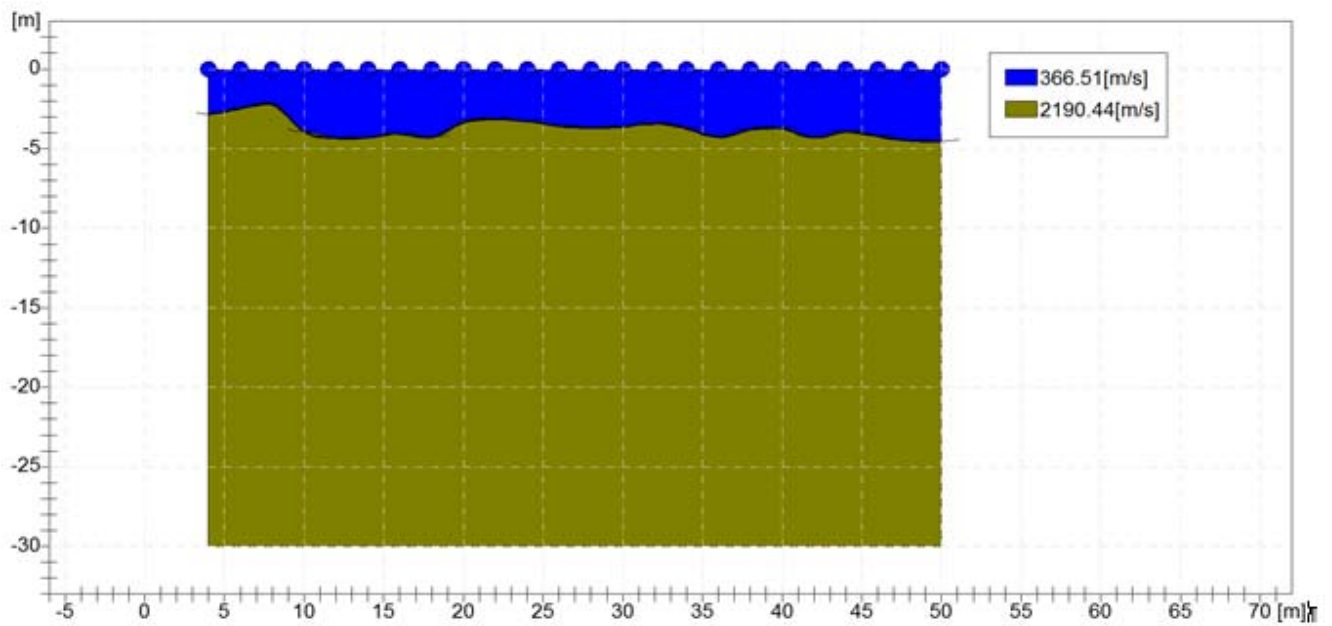


Figura 4.4 – Stralcio sezione sismostratigrafica standimento sismico SR3

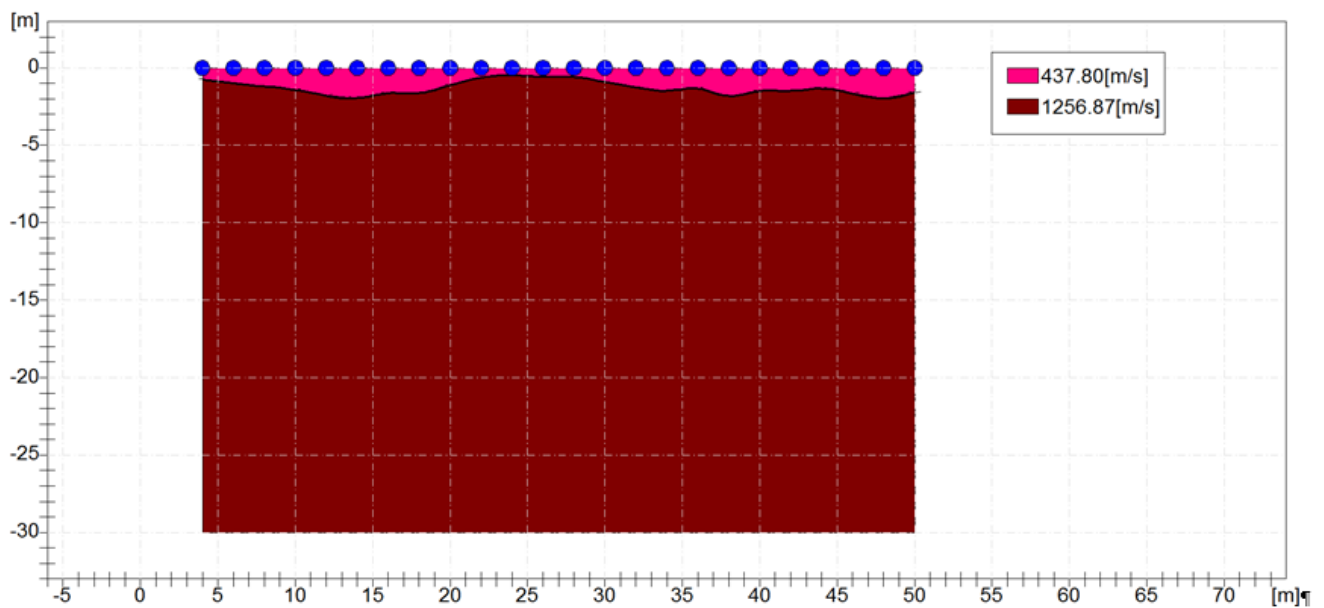


Figura 4.5 – Stralcio sezione sismostratigrafica standimento sismico SR4

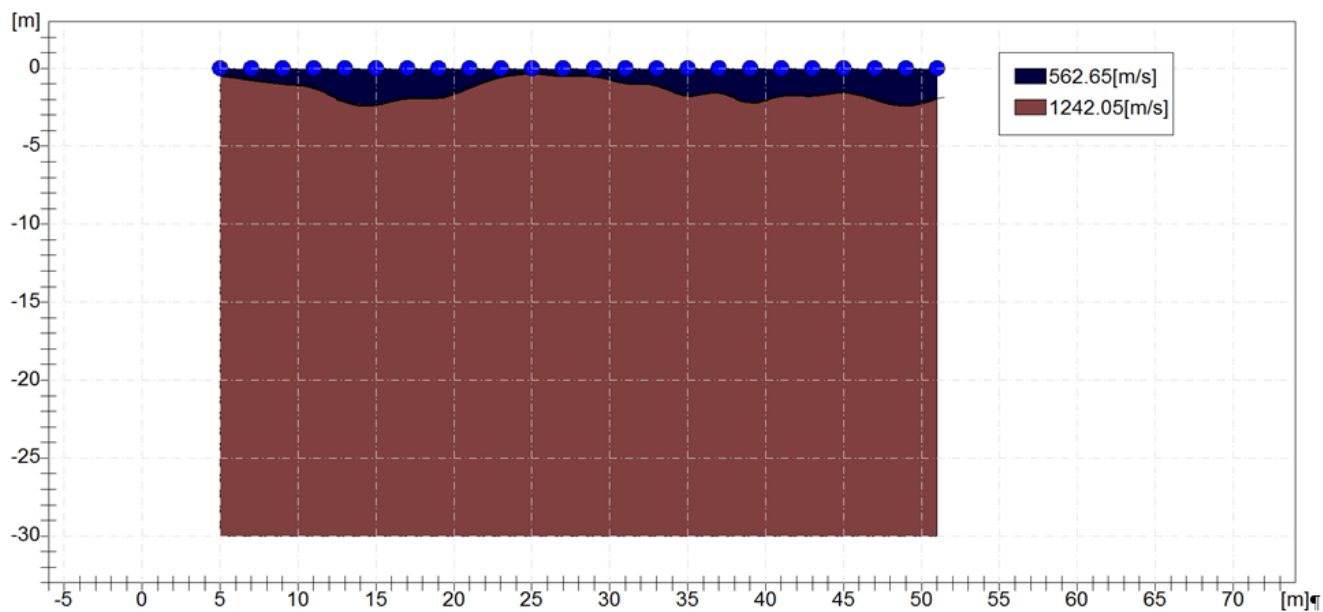


Figura 4.6 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR5

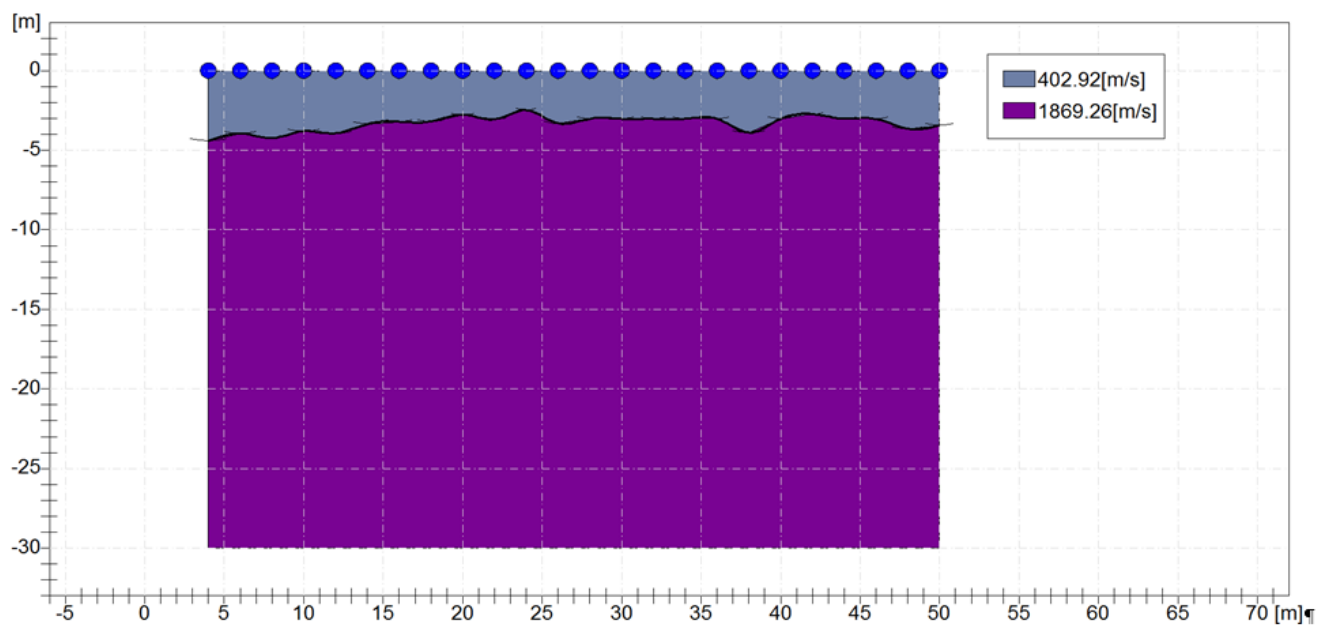


Figura 4.7 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR6

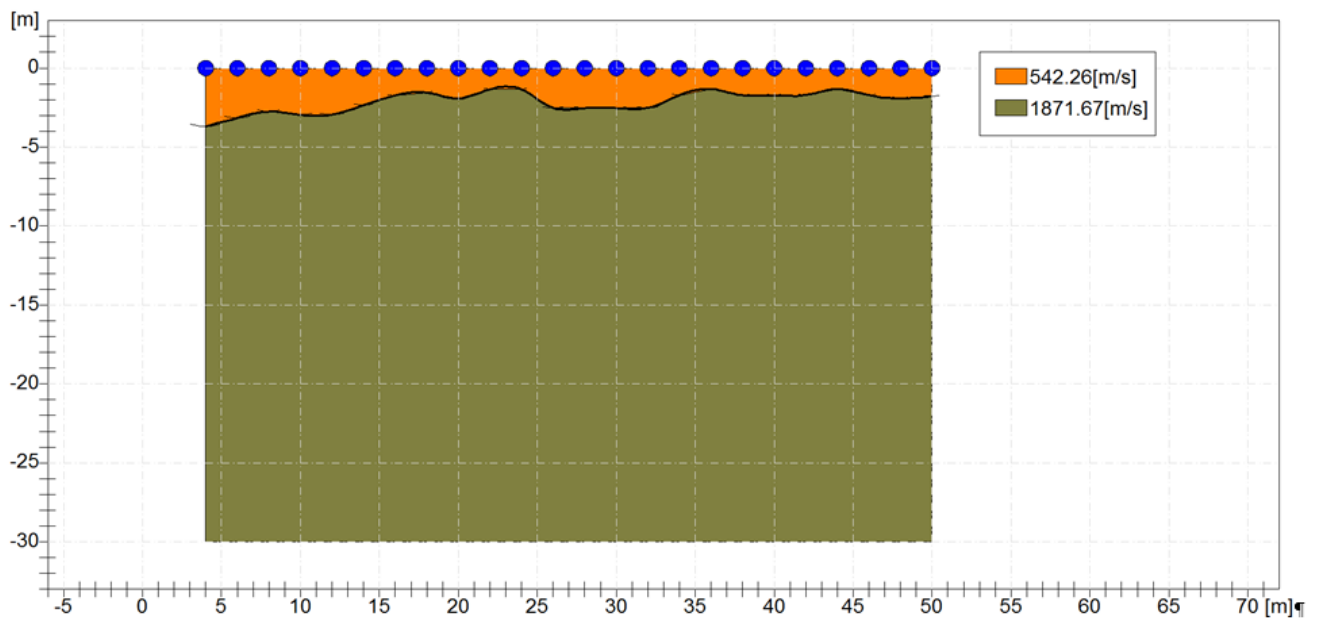


Figura 4.8 – Stralcio sezione sismostratigrafica standimento sismico SR7

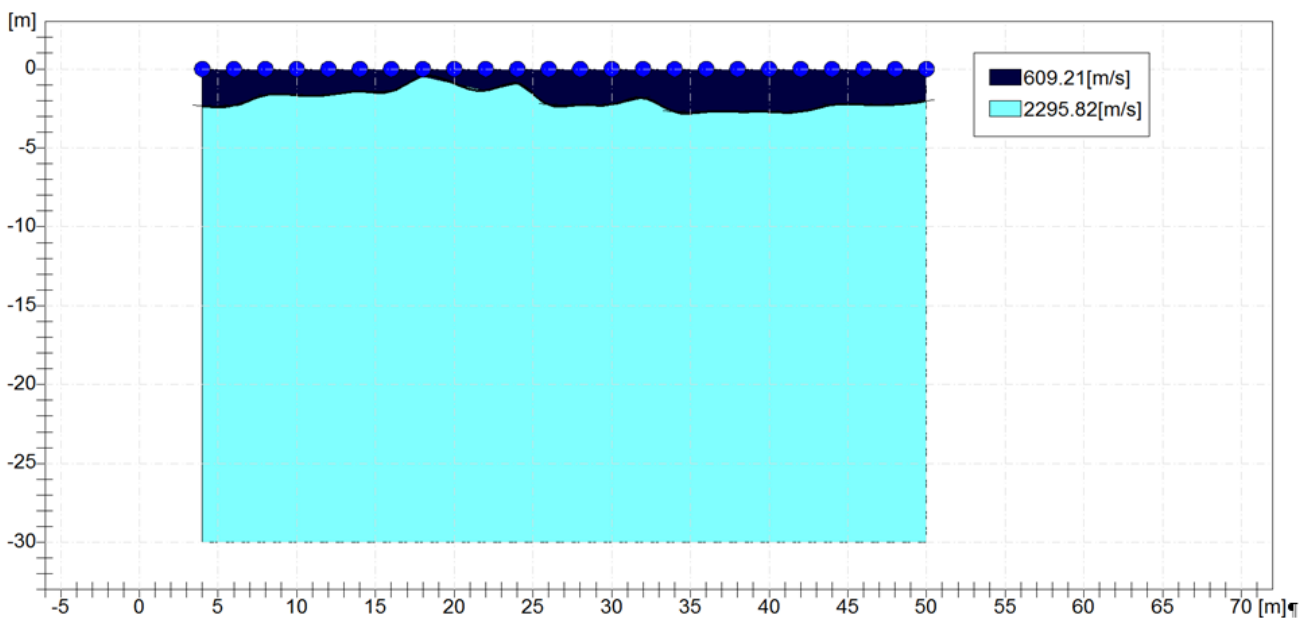


Figura 4.9 – Stralcio sezione sismostratigrafica standimento sismico SR8

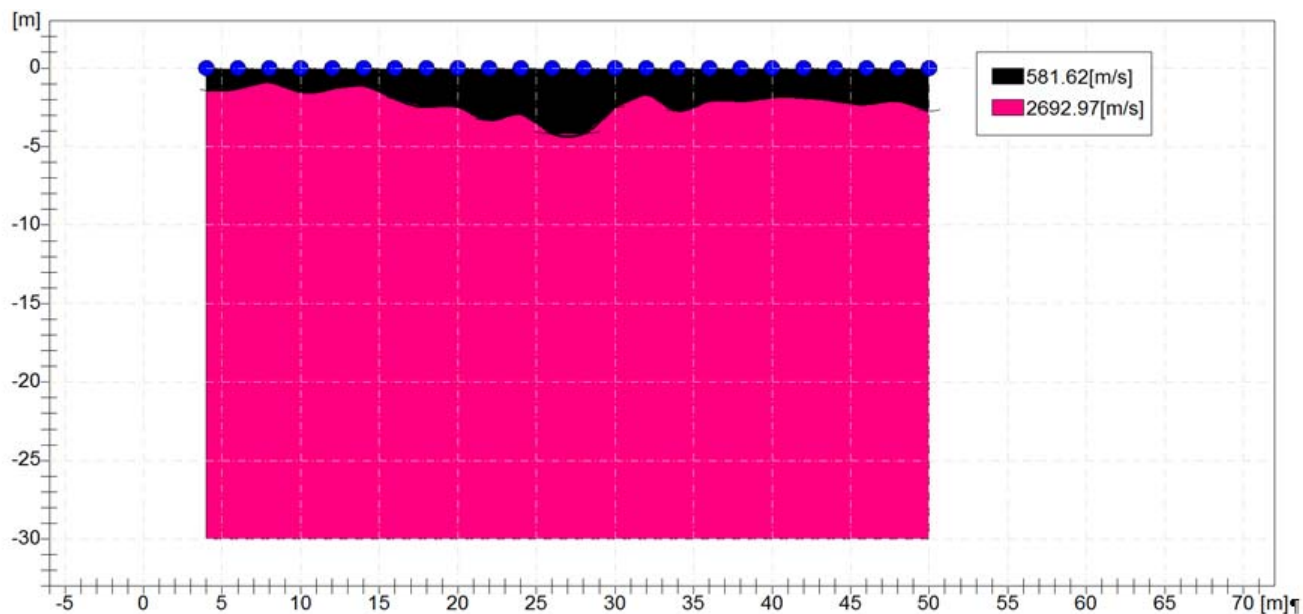


Figura 4.10 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR9

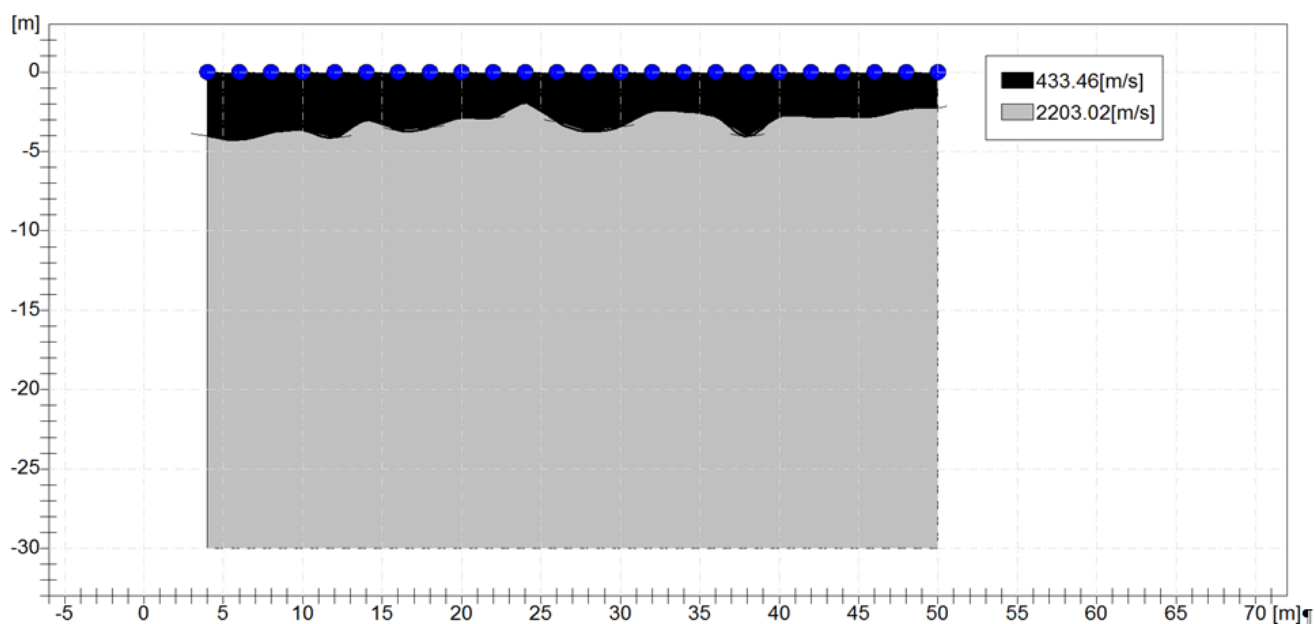


Figura 4.11 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR10

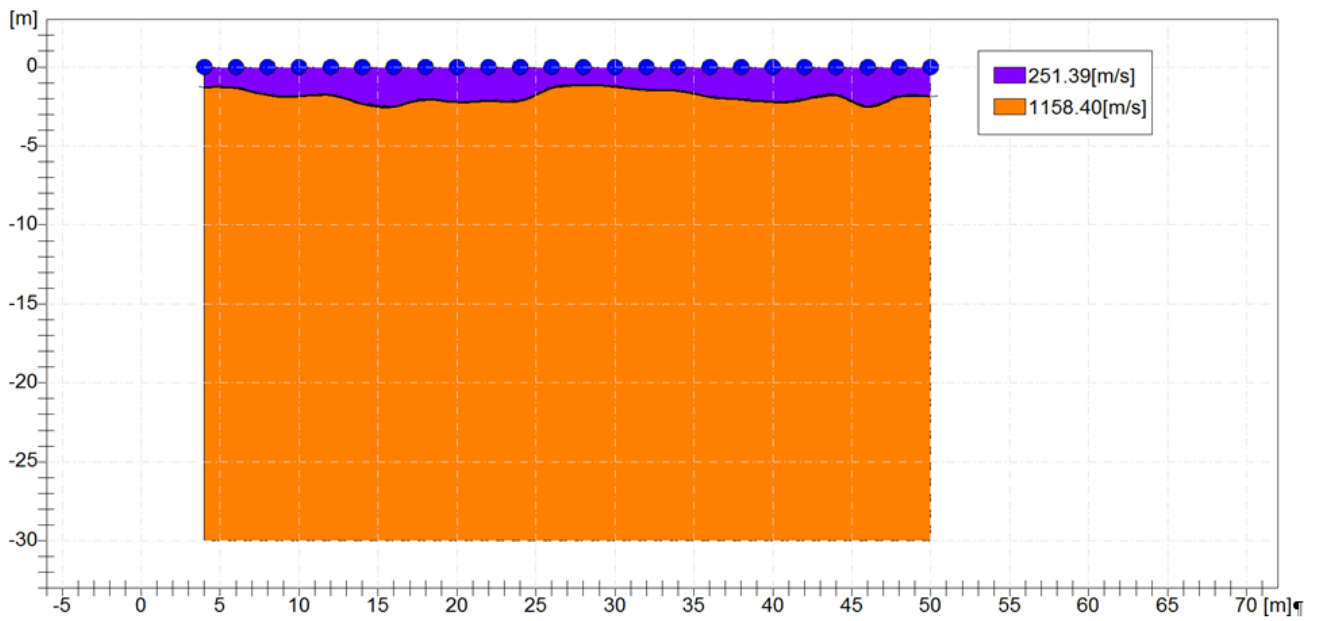


Figura 4.12 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR11

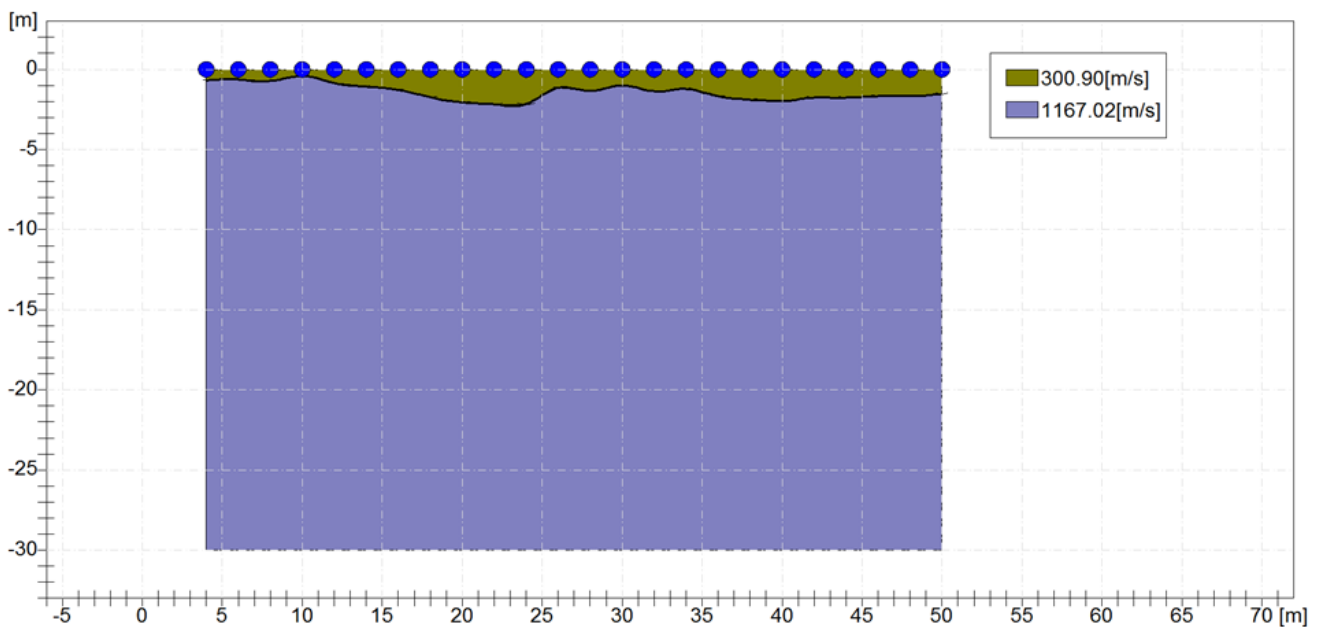


Figura 4.13 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR12

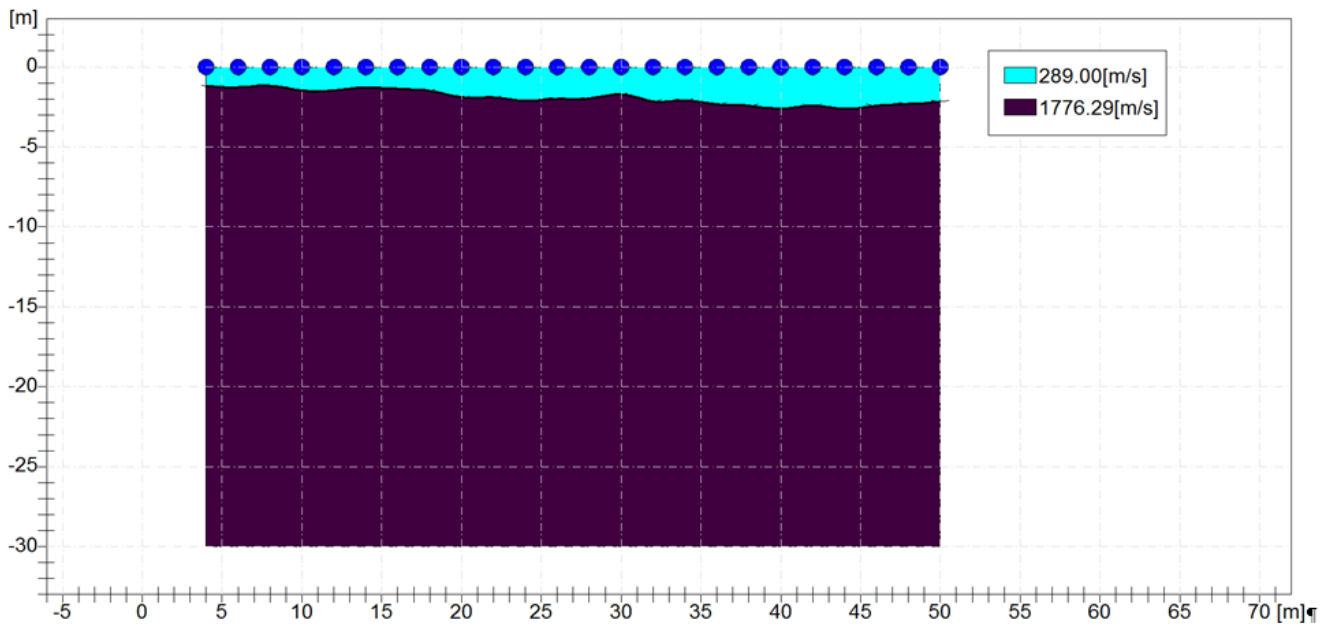


Figura 4.14 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR13

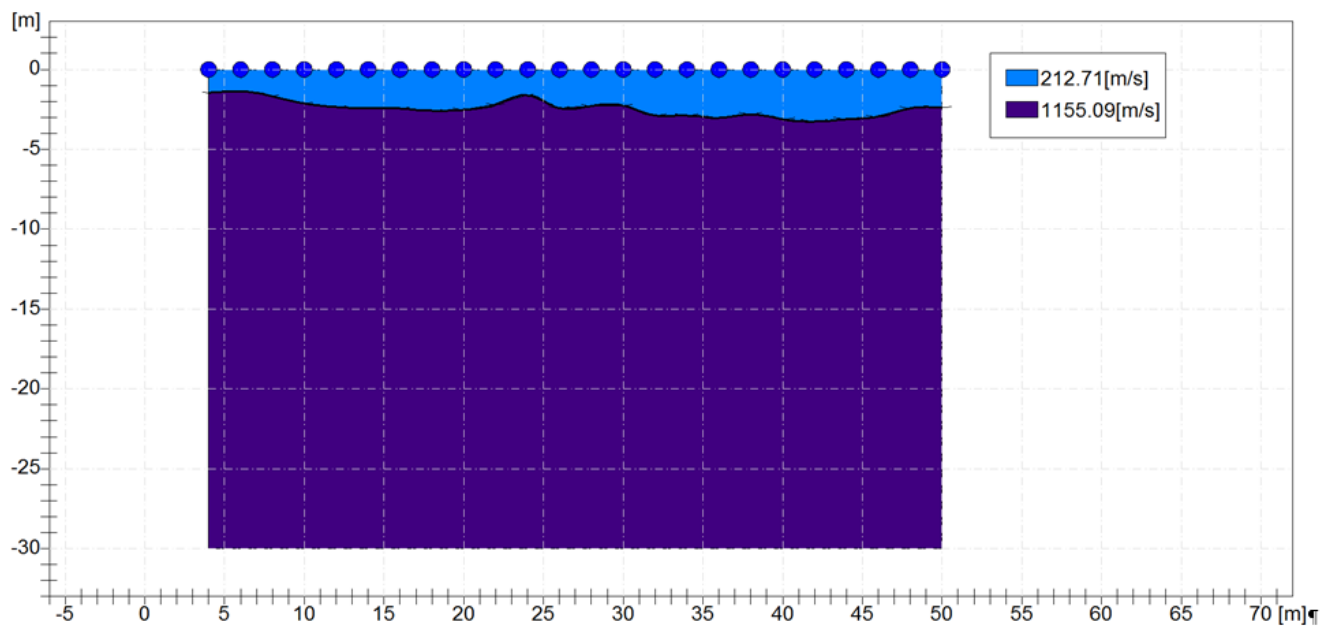


Figura 4.15 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR14

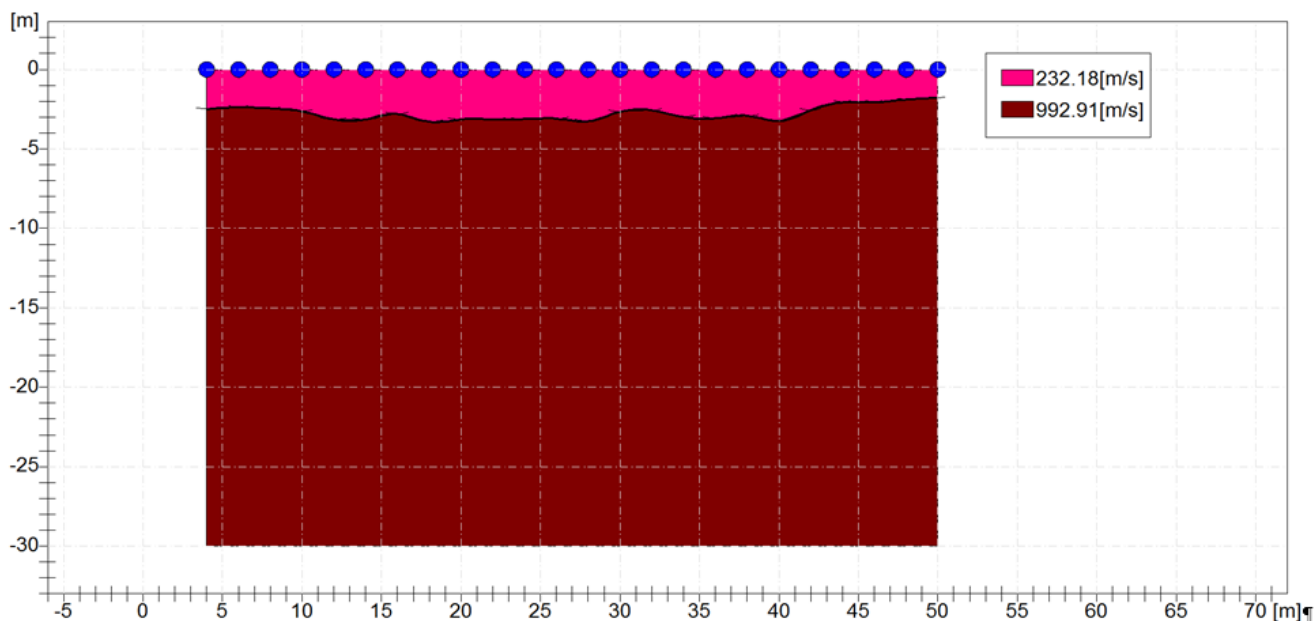


Figura 4.16 – Stralcio sezione sismostratigrafica stendimento sismico SR15

MASW

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle velocità delle onde di taglio V_s sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo

Con questa tecnica è possibile ottenere risultati particolarmente precisi ed affidabili per la ricostruzione sismo stratigrafica del sottosuolo e per la progettazione antisismica. Inoltre è possibile identificare le caratteristiche dinamiche dei suoli, il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , la stima delle V_s eq/ V_s 30 e successiva assegnazione della categoria di sottosuolo, analisi dell'attenuazione per la determinazione dello smorzamento e l'analisi della risposta sismica locale al fine di progettare e/o prevedere il comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche (sisma, vento, vibrazioni, ecc.). Le indagini MASW eseguite per la caratterizzazione del sottofondo del comparto oggetto di studio hanno permesso di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s), così come riassunto di seguito:

MASW 1:

- Dal piano campagna, fino ad una profondità di circa 4.21 metri, le velocità delle onde di taglio (V_s) sono pari a 372.70 m/s.

MASW 2:

- Dal piano campagna, fino ad una profondità di circa 5.00 metri, le velocità delle onde di taglio (V_s) sono pari a 342.10 m/s.

MASW 3:

- Dal piano campagna, fino ad una profondità di circa 5.00 metri, le velocità delle onde di taglio (V_s) sono pari a 317.10 m/s.

Si riportano di seguito i grafici scaturiti dall'elaborazione della prospezione sismica tipo MASW.



Profilo di velocità

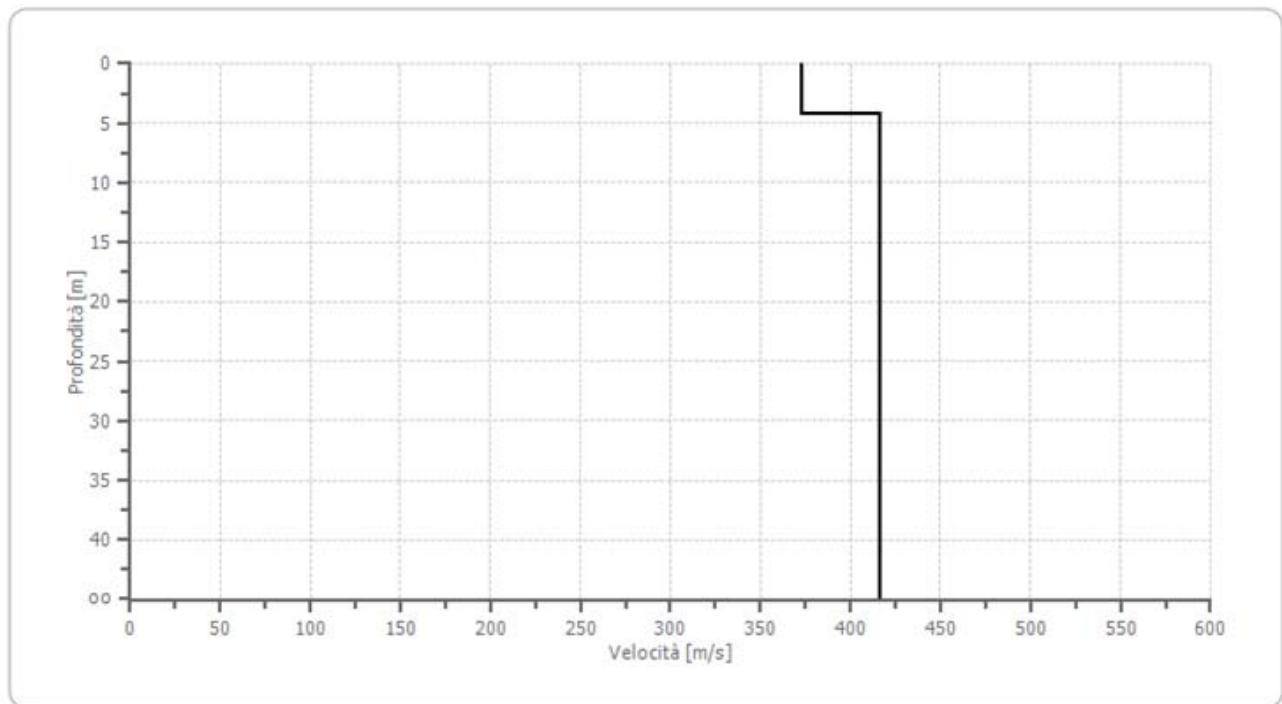


Figura 4.17 – Profilo di velocità delle onde S nei primi 30 metri relativo alla MASW 1

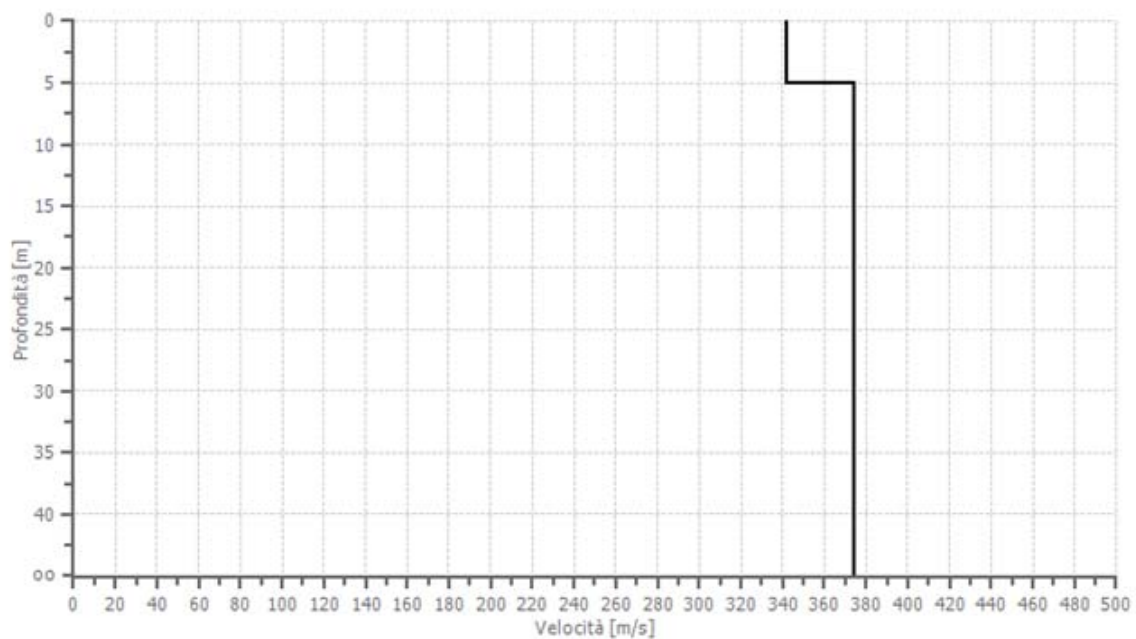


Figura 4.18 – Profilo di velocità delle onde S nei primi 30 metri relativo alla MASW 2

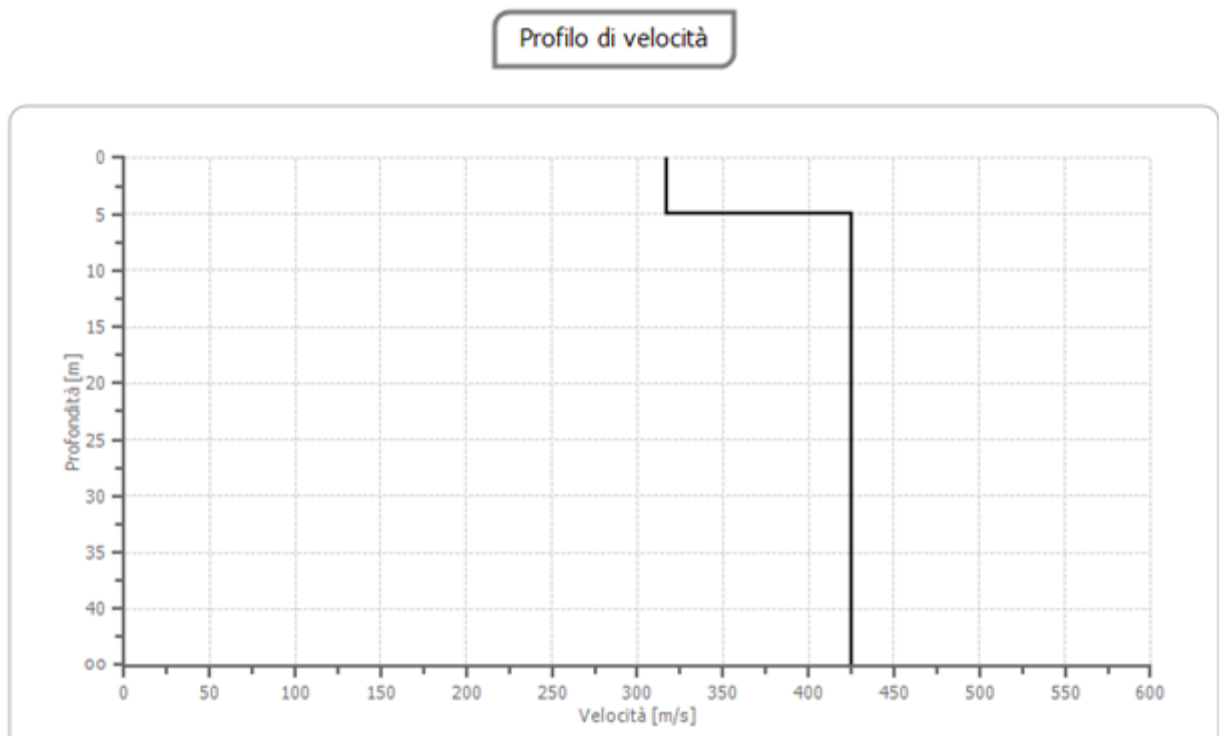


Figura 4.19 – Profilo di velocità delle onde S nei primi 30 metri relativo alla MASW 3



5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio “VS”. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.



Categoria	Descrizione
A	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
B	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.
C	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.
D	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
E	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.

Alla luce delle indagini geofisiche si evince che l'areale di progetto è caratterizzato dalla categoria di sottosuolo: **B** “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”.



6 INQUADRAMENTO SISMICO

6.1 SISMICITA' E TETTONICA ATTIVA

L'archivio DISS 3.1 (INGV) raccoglie le sorgenti sismotettoniche del territorio nazionale catalogandole come sorgenti singole o in zone complesse, sulla base di tale archivio il territorio in esame si trova a ridosso di una zona tettonica molto attiva.

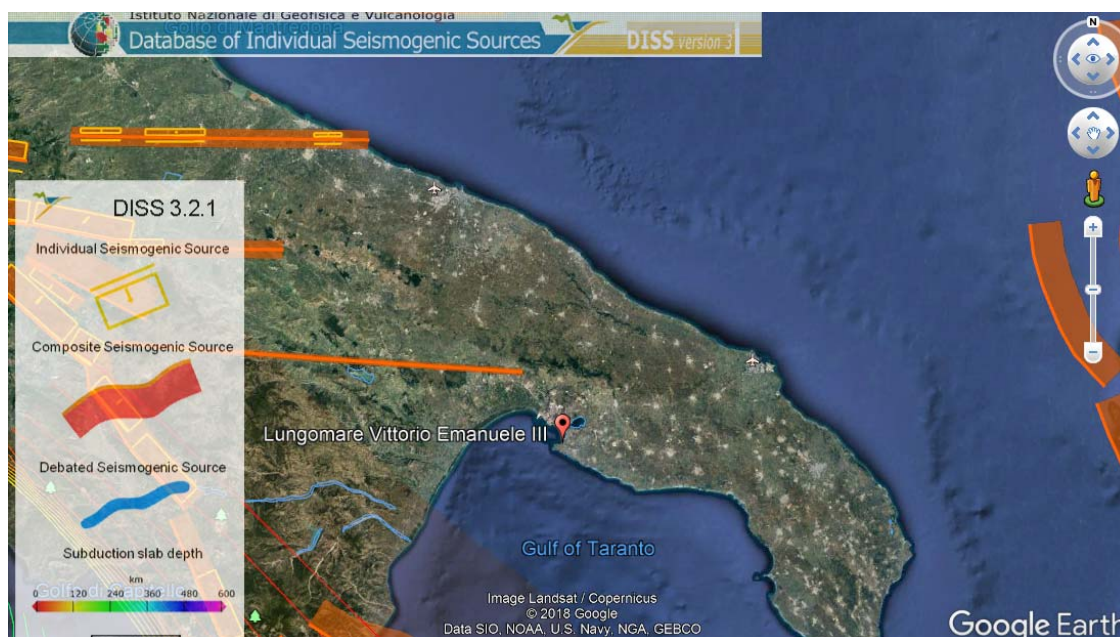


Figura 6.1 – Schema delle strutture tettoniche sismogenetiche composite e singole presenti in Puglia, con indicazione dell'area di interesse (fonte INGV).

L'area in esame è situata a debita distanza dalla zona sismogenetica IT CS 005 Baragianello-Palagianello,

Le immagini realizzate per i settori sopra menzionati riportano le tracce delle espressioni superficiali delle faglie attive o possibilmente attive; in generale le linee tracciate interpolano le evidenze geologico-strutturali e geomorfologiche di attività recente, talora molto discontinue lungo una determinata struttura. Pertanto, per motivi di scala, la rappresentazione della geometria di superficie delle faglie risulta semplificata rispetto a quella, anche molto complessa, derivabile dalle osservazioni sul campo.

La semplificazione in parte è lo specchio del livello di conoscenze disponibili per i vari settori. Nel caso in cui i dati disponibili consentano di formulare ipotesi attendibili, sarà possibile rappresentare segmenti di faglia continui che approssimano l'emergenza delle strutture sismogenetiche. Informazioni più lacunose hanno fatto preferire una rappresentazione del dato più prossima all'osservazione di campagna; l'espressione del segmento di faglia riportato può essere in questi casi notevolmente frammentata.

6.2 MICROZONAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 1996) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana. Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione. Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche ed alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali oggetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.



Come si evince dalla figura seguente, l'area in esame ricade nella zona terminale della zona sismogenetica 926, caratterizzata da una fascia con orientazione E-W in base all'allineamento di terremoti medio bassa tra cui gli eventi di Potenza del 1990 e 1991 (Fracassi et al., 2003).

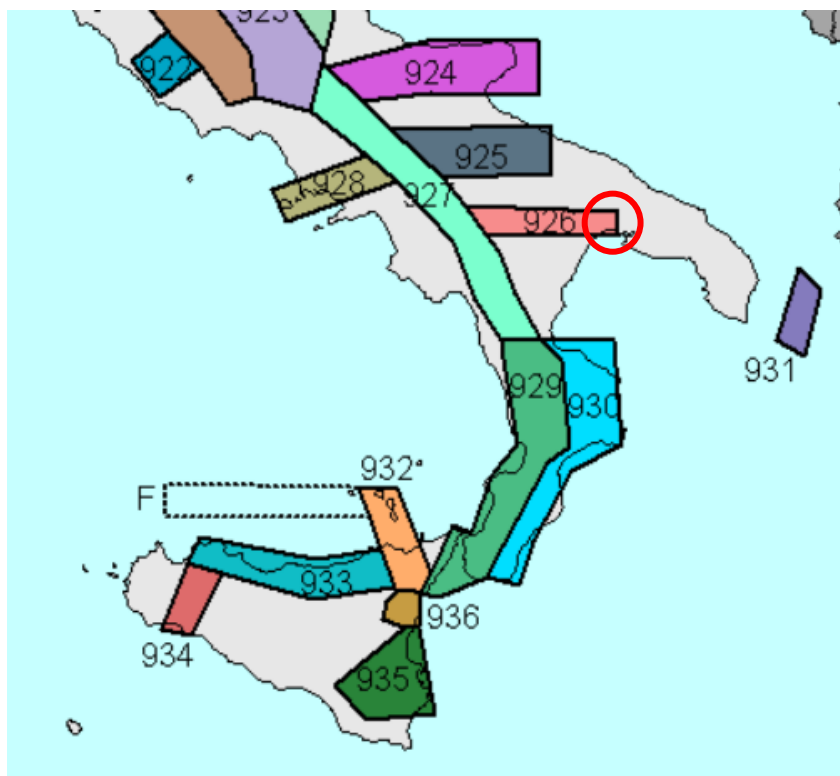


Figura 6.2 – Zonazione sismogenetica ZS9 con ubicazione dell'area in esame. Le diverse zone sono individuate da un numero.

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli delle misurazioni strumentali effettuate con riferimento alla zona 934.

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace
934	85	55	15	5.0	12-20	13

Figura 6.3 – Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 926.

6.3 SISMICITA' STORICA

Nella tabella seguente sono riepilogati i dati sulla sismicità storica desunti dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2015) relativi al sito in esame. Gli eventi sono attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta. Sono indicati: il tempo origine del terremoto (anno, mese, giorno ed ora) espresso come tempo medio di Greenwich, l'intensità epicentrale (Io), l'intensità al sito (I) espressa in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg, la magnitudo (Mw) e l'epicentro inteso come definizione geografica della zona in cui ricade.

SISMICITA' STORICA DI TARANTO				
Is	Anno/mese/giorno/ora	Area epicentrale	Io	Mw
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	11	7.19
3	1638 03 27 15 05	Calabria centrale	11	7.09
5	1710 12 13 21	Salento	5	4.16
F	1716 11	Adriatico meridionale		
8	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6.68
5	1833 01 19 03 15	Albania		
6-7	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7.12
4-5	1875 12 06	Gargano	8	5.86
NF	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	8	5.55



SISMICITA' STORICA DI TARANTO				
4	1889 12 08	Gargano	7	5.47
2-3	1894 05 28 20 15	Pollino	7	5.01
4	1897 02 11 23 33 07.00	Ionio meridionale	5	5.03
F	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	6	5.46
4-5	1901 12 13 00 10 22.00	Calabria	5	4.81
F	1904 04 08 08 22	Gargano	6	4.75
4	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	10-11	6.95
2-3	1905 11 26	Irpinia	7-8	5.18
2	1907 10 23 20 28 19.00	Aspromonte	8-9	5.96
2	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	11	7.1
4	1909 01 20 19 58	Salento	5	4.51
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	8	5.76
F	1910 10 03 11 04	Basilicata meridionale	5-6	4.62
2	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	5	4.55
2	1913 06 28 08 53 02.00	Calabria settentrionale	8	5.64
2	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	11	7.08
3	1917 06 12 18 44	Golfo di Taranto	4-5	5.35
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.67
2	1930 11 06 21 56	Alta Murgia	5	4.41
2	1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie	6	4.59
3	1932 01 02 23 36	Ionio settentrionale	5	5.52
4	1932 03 30 09 56 26.00	Bassa Murgia	5	4.54
2	1933 03 07 14 39	Irpinia	6	4.96
2	1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale	8	5.7
4	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	7-8	5.55
3	1951 01 16 01 11	Gargano	7	5.22
4	1953 02 25 00 07 46.00	Vibonese	5-6	4.88
2	1955 02 09 10 06	Gargano	6-7	5.05
3	1956 01 09 00 44	Materano	6	4.72
4	1962 08 21 18 19	Irpinia	9	6.15
NF	1967 12 09 03 09 56.00	Adriatico centrale		4.36
F	1974 10 20 11 25 50.33	Ionio settentrionale		5.02
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	6	5.02
3	1977 08 15 21 10 32.51	Calabria centrale		5.21
4	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	6	4.75
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	10	6.81
4	1982 03 21 09 44 01.59	Golfo di Policastro	7-8	5.23
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	7	5.62
4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		5.77
2-3	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	6	5.15

Figura 6.4 – Sismicità storica di Taranto.

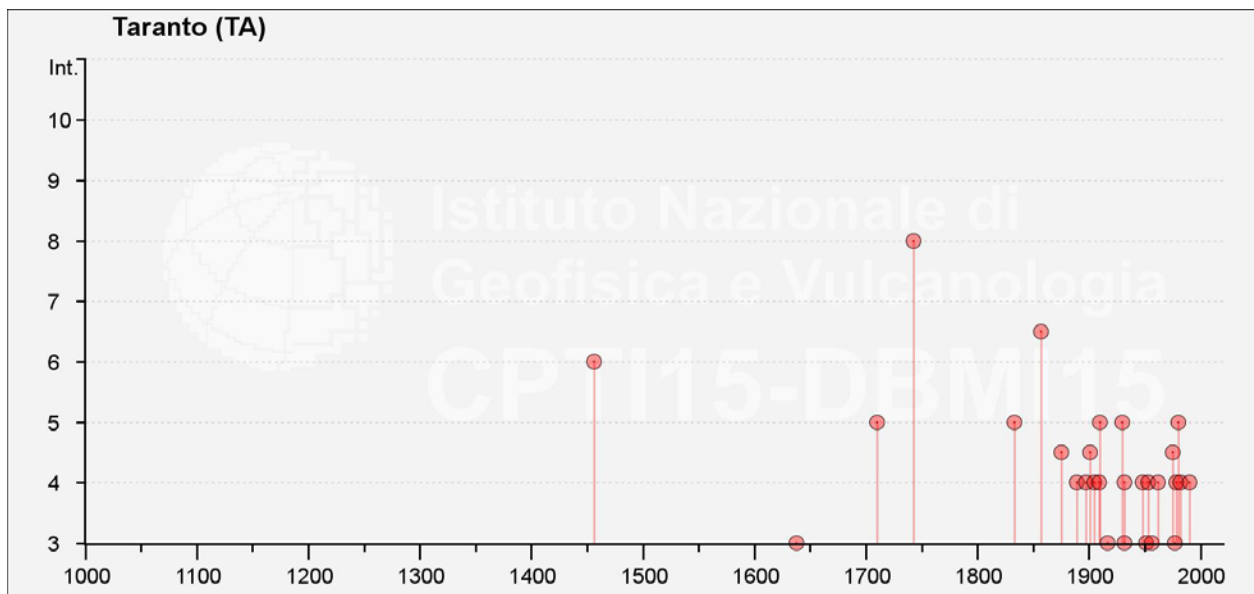


Figura 6.5 – Storia sismica di Taranto; in ordinata intensità al sito (is); in ascissa gli anni.

In conclusione l'area in studio si inserisce in un contesto di elevata pericolosità sismica, così come si evince anche dalla figura seguente tratta dalla carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, la quale conferma che il Comune di Taranto ha subito storicamente risentimenti superiori al grado VIII della scala MCS.

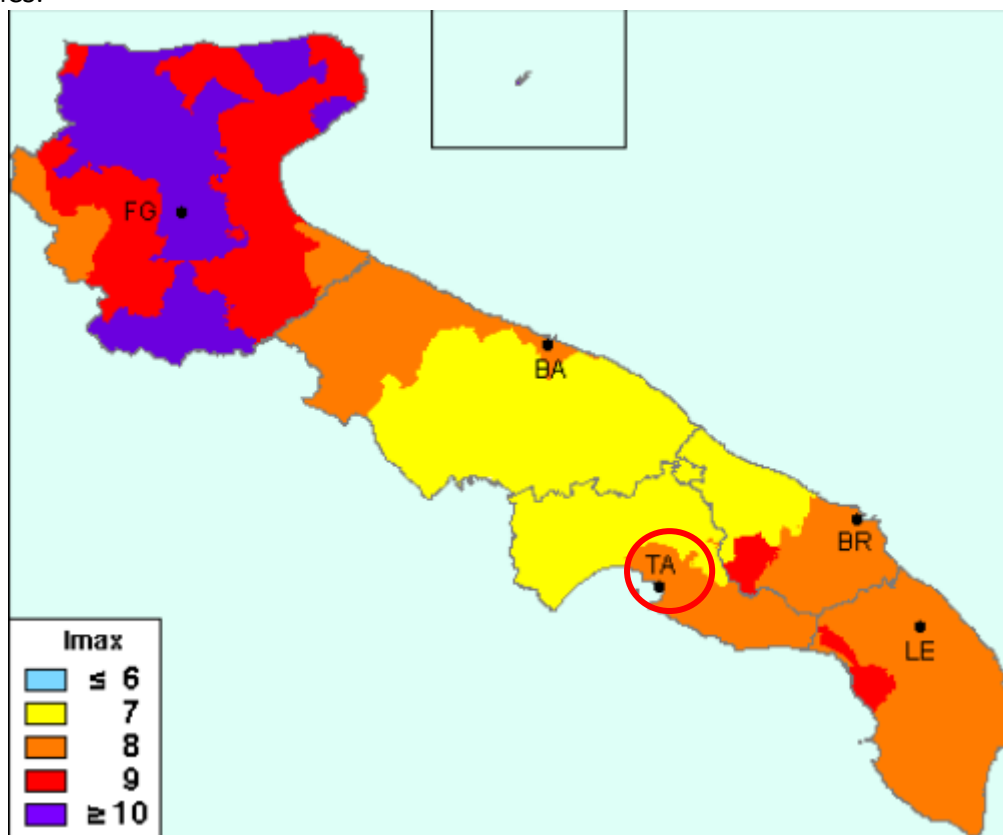


Figura 6.6 – Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, [ingvhttp://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html)), con indicazione dell'area di studio.



6.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni”. La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro a_g , che rappresenta accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. Con l’OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0.025. La figura successiva è ripresa dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, Cat. A). Come si può notare dall’immagine sottostante, il valore di a_g max atteso per l’area in esame varia da valori minimi di 0.50 a valori massimi di 0.100 g.

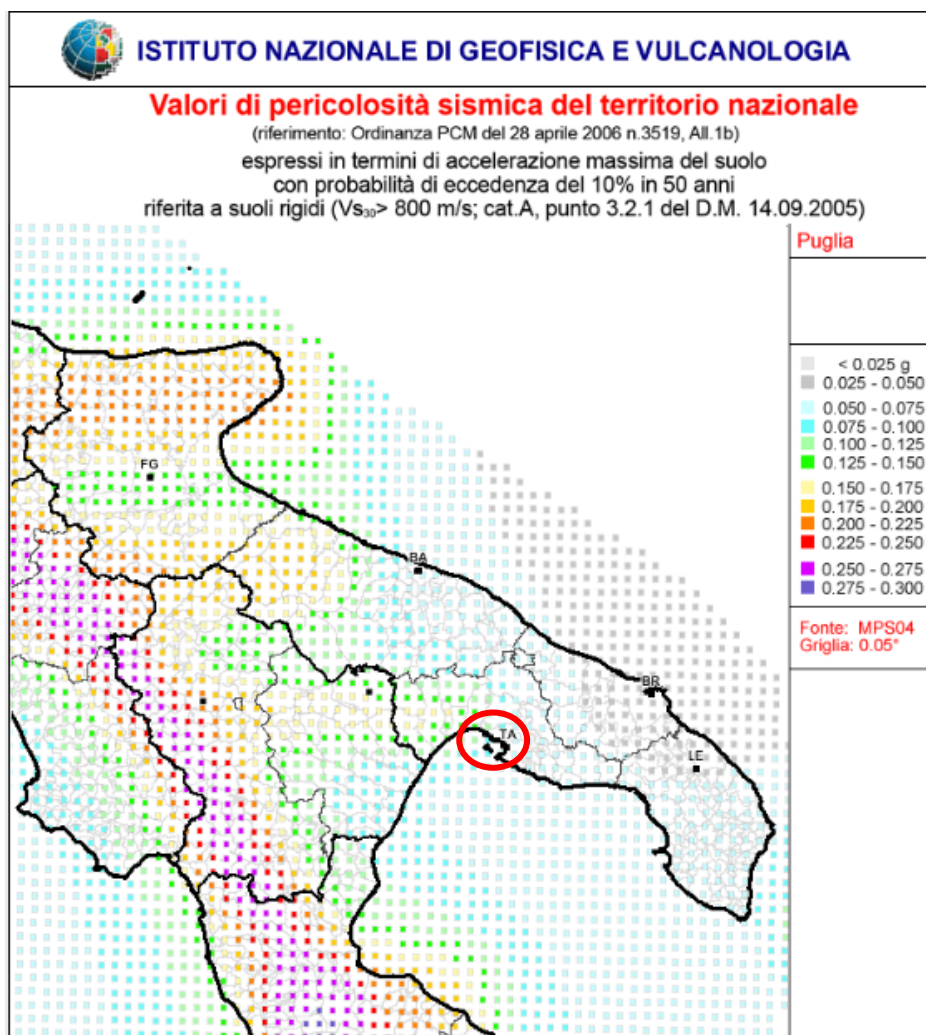


Figura 6.7 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM n.3519/2006), con indicazione dell’area di studio (fonte INGV).

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Il territorio di Taranto ricade all’interno della zona sismica 3, indicata nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Puglia n. 153 del 2.03.2004. Tale dato viene confermato dalla consultazione della tavola 5 del Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Taranto. Si riportano di seguito i livelli di pericolosità delle zone sismiche suddivisi in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido.



Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Figura 6.8 – Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/2006)..

Più in dettaglio per l'area di studio, dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo) siano compreso nel range 0.075 – 0.100.

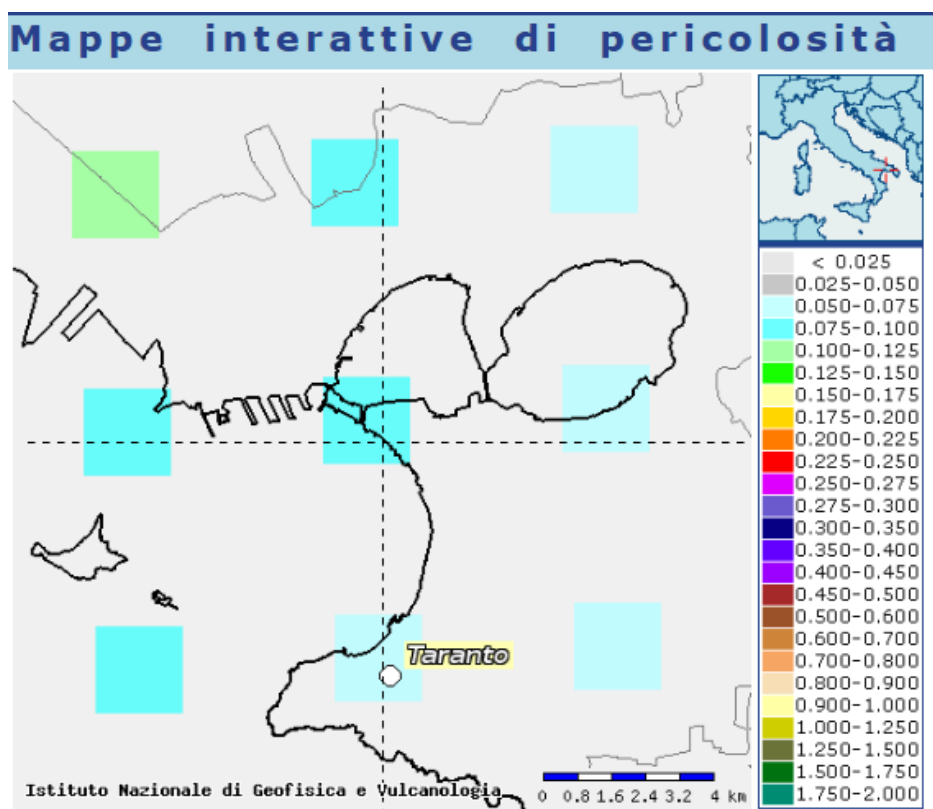


Figura 6.9 – Mappa interattiva di pericolosità sismica (fonte INGV).



7 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

7.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario.

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

Figura 7.1 – Categoria topografiche (N.T.C. 2018).

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	ST
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Figura 7.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove $ST=1,0$).

Nello specifico, nonostante le NTC 2018 per le categorie topografiche si riferiscano a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate che devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica solo se di altezza maggiore di 30 metri, al sito in esame è stato attribuita la categoria topografica T1.

7.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e TC^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella seguente, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e TC^* è espresso in secondi.

Categoria di sottosuolo	SS	CC
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (TC^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (TC^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (TC^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (TC^*)^{-0.40}$

Figura 7.3 – Valori dei coefficienti SS e CC , per ciascuna categoria di sottosuolo.



Nel caso in esame si considerano i valori relativi alla categoria di sottosuolo B.

7.3 VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella seguente; tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di VN (anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 7.4 –Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni.

Nel caso del presente intervento si considera “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”;

VN =50 anni.

7.4 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso Cu per la definizione dell'azione sismica; in particolare, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise nelle classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO				
Classe	I	II	III	IV
Coefficiente Cu	0.7	1	1.5	2

Figura 7.5 –Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (Cu).



All’opera in oggetto viene assegnato una Classe d’uso II “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”, a cui corrisponde un coefficiente d’uso:

$$Cu = 1.0$$

7.5 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d’uso CU; pertanto, con riferimento a quanto esposto ai paragrafi precedenti risulta che:

$$VR = Vn \text{ (Vita nominale)} \times Cu \text{ (Coefficiente d’uso)} = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

7.6 STATI LIMITE

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti;

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d’uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell’interruzione d’uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente.

Stati limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 7.6 – Probabilità di superamento PVR in funzione dello stato limite considerato



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR si ricava il periodo di ritorno TR del sisma utilizzando la relazione:

$$TR = - VR / \ln (1- PVR) = - CU VN / \ln (1- PVR)$$



7.7 AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Per descrivere la pericolosità sismica in un sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle NTC, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* dell'area in esame sono stati calcolati adoperando il programma “Spettri di risposta-NTC. ver.1.03.” e sono di seguito esposti in funzione del relativo periodo di ritorno (T_r).

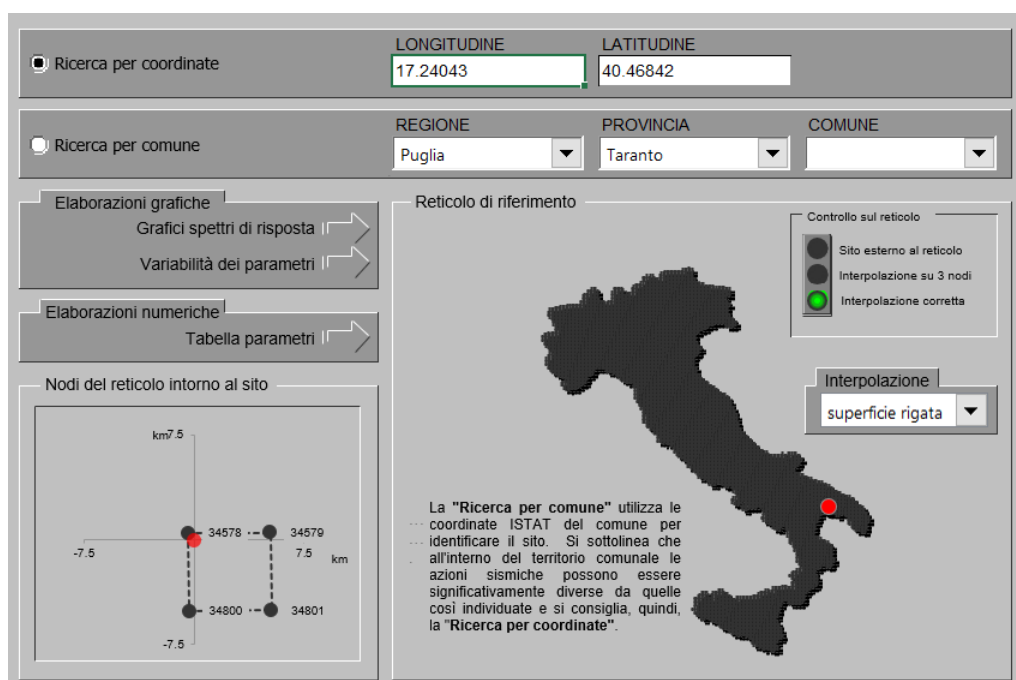


Figura 7.7 – Schermata del programma Spettri-NTC.ver.1.03



Pericolosità sismica			
TR [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc [S]
30	0.026	2.394	0.232
50	0.034	2.410	0.292
72	0.039	2.461	0.322
101	0.046	2.444	0.342
140	0.052	2.473	0.354
201	0.059	2.560	0.361
475	0.080	2.620	0.373
975	0.101	2.635	0.382
2475	0.133	2.707	0.389

Figura 7.8 – Valori dei parametri ag, Fo, Tc: variabilità col periodo di ritorno TR.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

I valori dei parametri ag, F0 e Tc* sono successivamente esposti in nella tabella seguente per i diversi stati limite (SL) e relativo periodo di ritorno (Tr).

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo (-)	T*c (s)
SLO	30	0.026	2.394	0.232
SLD	50	0.034	2.411	0.293
SLV	475	0.080	2.620	0.373
SCL	975	0.101	2.635	0.382

Figura 7.9 – Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.

Coefficienti Sismici

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato), riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima ag su un sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR. Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

La funzione dello spettro di risposta elastico in accelerazione assume le seguenti espressioni:

1) Componente Orizzontale

$$0 \leq T \leq TB: \quad Se(T) = ag \times S \times \eta \times Fo \times \left\{ \left[\frac{T}{TB} \right] + 1 / (\eta \times Fo) \right\} \times \left[1 - \left(\frac{T}{TB} \right) \right]$$

$$TB \leq T \leq TC: \quad Se(T) = ag \times S \times \eta \times Fo$$

$$TC \leq T \leq TD: \quad Se(T) = ag \times S \times \eta \times Fo \times (TC/T)$$

$$TD \leq T: \quad Se(T) = ag \times S \times \eta \times Fo \times \left[(TC \times TD) / (T^2) \right]$$

Dove:

T e Se: sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale;

S: coefficiente che tiene conto della Categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, mediante la relazione $S = SS \times ST$,

essendo SS il coefficiente di amplificazione stratigrafica e ST il coefficiente di amplificazione topografica;



η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi

convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$;

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e: dipende dal terreno di fondazione;

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, sul sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

TC: periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $TC = CC \times T^*C$, dove T^*C è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e CC è un coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo);

TB: periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato da $TB = TC/3$;

TD: periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione $TD = (4,0 \times ag/g) + 1,6$.

2) Componente Verticale

$0 \leq T \leq TB$: $Sve(T) = ag \times S \times \eta \times F_0 \times \{[(T/TB) + 1/(\eta \times F_v)] \times [(1 - (T/TB))]\}$

$TB \leq T \leq TC$: $Sve(T) = ag \times S \times \eta \times F_v$

$TC \leq T \leq TD$: $Sve(T) = ag \times S \times \eta \times F_v \times (TC/T)$

$TD \leq T$: $Sve(T) = ag \times S \times \eta \times F_v \times [(TC \times TD)/(T^2)]$

Dove:

T e Sve: sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale;

F_v : è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag , su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione: $F_v = 1,35 \times F_0 \times (ag/g)^{0,5}$.

I valori di ag , F_0 , S , η sono uguali a quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali; mentre i valori di SS , TB , TC e TD , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente.

Componente orizzontale

Stato limite SLO			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
ag	0.026	S	1.200
F0	2.394	η	1.000
Tc* [s]	0.232	TB	0.114
Ss	1.200	TC	0.342
Cc	1.473	TD	1.704
St	1.000		
q	1.000		

Figura 7.10 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO.

Stato limite SLD			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
ag	0.034	S	1.200
F0	2.411	η	1.000
Tc* [s]	0.293	TB	0.137



Ss	1.200	TC	0.412
Cc	1.406	TD	1.736
St	1.000		
q	1.000		

Figura 7.11 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD.

Stato limite SLV			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
ag	0.080	S	1.200
FO	2.620	η	1.000
Tc* [s]	0.373	TB	0.167
Ss	1.200	TC	0.500
Cc	1.340	TD	1.919
St	1.000		
q	1.000		

Figura 7.12 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV.

Stato limite SLC			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
ag	v	S	1.200
FO	2.488	η	1.000
Tc* [s]	0.310	TB	0.170
Ss	1.140	TC	0.510
Cc	1.390	TD	2.004
St	1.179		
q	1.000		

Figura 7.13 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC.

Componente verticale

Stato limite SLO			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
agv	0.006	Fv	0.522
Ss	1.000	S	1.000
St	1.000	η	0.667
q	1.500		
Tb	0.050		
Tb	0.150		
TC	1.000		

Figura 7.14 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO.

Stato limite SLD			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
agv	0.008	Fv	0.599
Ss	1.000	S	1.000
St	1.000	η	0.667



q	1.500
Tb	0.050
Tb	0.150
TC	1.000

Figura 7.15 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD.

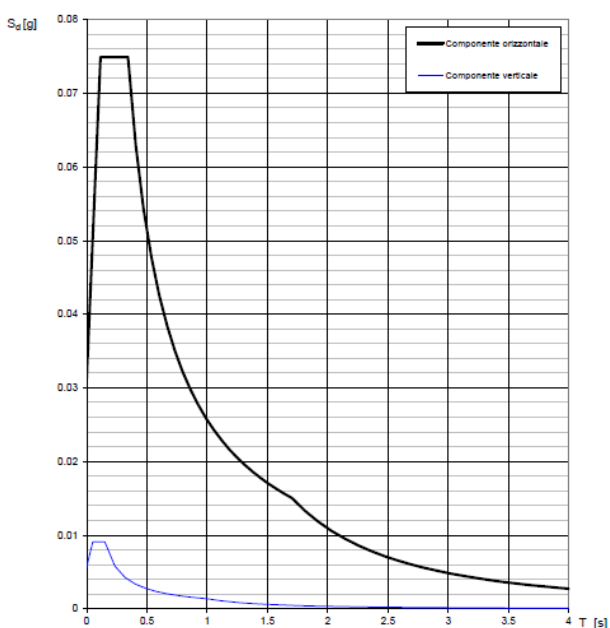
Stato limite SLV			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
agv	0.030	Fv	0.999
Ss	1.000	S	1.000
St	1.000	η	0.667
q	1.500		
Tb	0.050		
Tb	0.150		
TC	1.000		

Figura 7.16 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV.

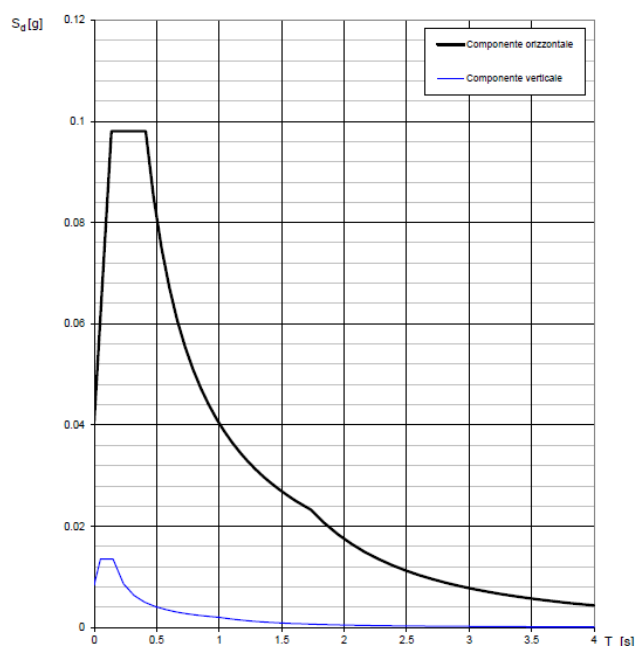
Stato limite SLC			
Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
agv	v	Fv	1.131
Ss	1.000	S	1.000
St	1.179	η	0.667
q	1.500		
Tb	0.050		
Tb	0.150		
TC	1.000		

Figura 7.17 –Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO

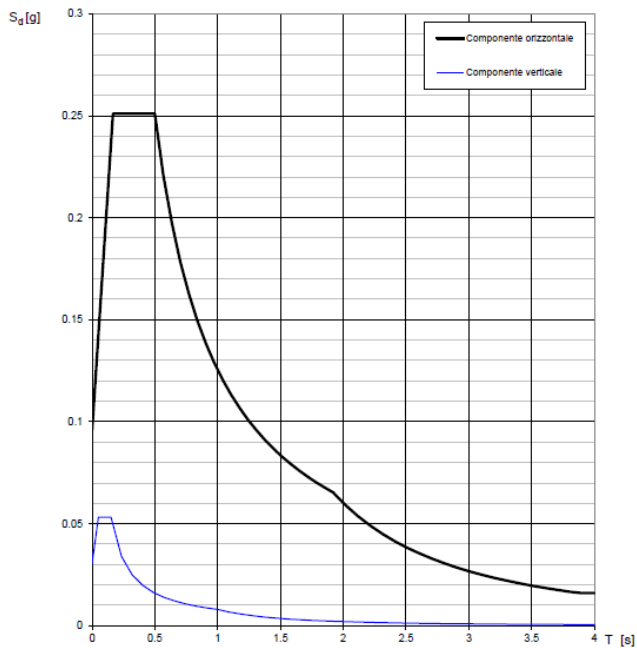


Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD





Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC

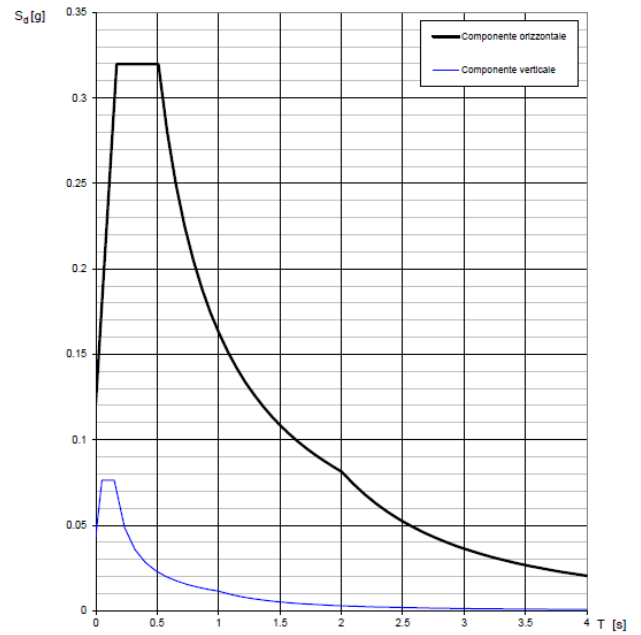


Figura 7.18 – Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali degli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC



8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base dei risultati della campagna di indagini geognostica precedentemente descritta e del rilevamento litotecnico di campagna, è stata predisposta la caratterizzazione geotecnica dei terreni attesi in corrispondenza delle opere e lungo il lungomare soggetto a fenomeni di instabilità, opportunamente accorpati in unità geotecniche distinte dalle sigle A1, ed A2

Graficamente il modello geotecnico di riferimento trova riscontro nelle sezioni geotecniche allegare al progetto.

Come si evince dalla cartografia allegata al progetto, nel comparto di interesse affiorano principalmente depositi calcarenitici afferenti la Formazione di Monte Castiglione e materiali eterogenei impiegati nel corso degli anni per la rimodulazione del lungomare. Nello specifico, i depositi calcarenitici sono impostati al di sotto dell’abitato di Taranto fino al marciapiede antistante il lungomare, punto in cui in direzione mare, si passa a materiali rimaneggiati impiegati nel corso degli anni per il rimodellamento del versante. Quest’ultimi sono costituiti principalmente da sabbie, sabbie limose e ghiaie.

Si fa presente che le indagini sono state eseguite in corrispondenza del lungomare pertanto le stesse hanno indagato in primis i depositi eterogenei, mentre le calcareniti in senso stretto sono state indagate soltanto nella porzione superficiale ed a piccole profondità (punto in cui alcune le prove penetrometriche sono andate a rifiuto). La caratterizzazione geotecnica dei depositi eterogenei è stata definita mediante l’elaborazione delle DPM mentre per i parametri attribuiti alle calcareniti di Monte Castiglione, si è fatto riferimento a dati di letteratura disponibili per il litotipo in esame.

L’esecuzione delle indagini geognostiche eseguite nel corso della presente fase progettuale, hanno permesso di definire un modello geologico-tecnico correlabile alla geologia del sito in esame. In particolare, a seguito dell’elaborazione ed interpretazione dei dati a disposizione, i depositi sono stati distinti nelle seguenti unità geotecniche:

- Unità geotecnica A1: Materiale di riempimento per rimodellamento del versante;
- Unità geotecnica A2: Calcareniti di Monte Castiglione.

L’attribuzione dei parametri assegnati alle Unità Geotecniche è stata eseguita in funzione delle istruzioni in vigore (Norme tecniche per le costruzioni) del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Nei paragrafi che seguono, vengono riportate le parametrizzazioni geotecniche associate alle unità precedentemente definite.

8.1 UNITA’ GEOTECNICA A1: MATERIALE DI RIEMPIMENTO IMPIEGATO PER IL RIMODELLAMENTO DEL LUNGOMARE

Rappresenta la sede dei fenomeni di instabilità riscontrati in corrispondenza del lungomare, questi risultano superficiali fino ad una profondità massima di 1.20 metri circa dal piano campagna.

Tale unità geotecnica è costituita principalmente da ghiaie, sabbie e sabbie-limose di colore da marrone a giallo ocra. All’interno del deposito si rinvengono inclusi litici eterometrici di dimensioni centimetriche.

Nonostante l’eterogeneità dei litotipi ed i “fenomeni franosi” caratterizzanti il deposito, i parametri geotecnici determinati mediante l’esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche risultano buoni in termini di resistenza, la resistenza alla penetrazione registrata durante le indagini dirette ha mostrato un notevole incremento subito dopo i primi 10 cm circa di approfondimento della punta, atta a dimostrare un buon grado di addensamento del materiale.



I parametri geotecnici di riferimento, così come riportati nelle sezioni geotecniche allegate al progetto sono i seguenti:

Unità	Descrizione litologica	γ t/m ³	C kPa	Φ °	V
A1	Materiale di riempimento per rimodellamento del versante	1.65-1.75	0	26-29	0.30

Figura 8.1 – Parametrizzazione geotecnica dell'unità A1.

8.2 UNITA' GEOTECNICA A2: CALCARENITE DI MONTE CASTIGLIONE

Tale unità rappresenta il basamento geologico dell'area in esame, costituito da depositi grossolani subordinati a calcarenite farinose con talora breccie calcaree di colore grigio-giallastro. Il deposito è costituito da una coltre alteritica superficiale di spessore non indagato ma comunque con ottimi valori in termini di parametri geotecnici, ciò è avvalorato dal notevole incremento di resistenza alla penetrazione e successiva interruzione della prova riscontrata in corrispondenza di tale litotipo.

La parametrizzazione geotecnica di tale unità è stata definita mediante la consultazione dei dati di letteratura disponibili considerandone i parametri minimi e pertanto a vantaggio di sicurezza. Tuttavia considerato il contesto geologico in cui si ricade è possibile affermare aspettarsi un miglioramento graduale delle proprietà meccaniche all'aumentare della profondità

I parametri geotecnici di riferimento, così come riportati nella relazione geotecnica, sono i seguenti.:

Unità	Descrizione litologica	γ t/m ³	C kPa	Φ °	V
A2	Calcarenite di Monte Castiglione	1.90-2.10	10-30	30-34	0.27

Figura 8.2 – Parametrizzazione geotecnica dell'unità A2.

Si riporta di seguito in formato tabellare la comparazione dei parametri geotecnici definiti per ogni unità.

Unità	Descrizione litologica	γ t/m ³	C kPa	Φ °	V
A1	Materiale di riempimento per rimodellamento del versante	1.65-1.75	0	26-29	0.30
A2	Calcarenite di Monte Castiglione	1.90-2.10	10-30	30-34	0.27

Figura 8.3 – Sintesi dei parametri geotecnici di riferimento impiegati per la progettazione definitiva.



9 SEZIONI GEOTECNICHE

Per la progettazione delle opere sono state elaborate delle sezioni geotecniche che derivano dal modello geologico di riferimento, a fronte di un accorpamento dei litotipi in unità geotecniche sulla base del comportamento geotecnico atteso.

Ciascun profilo geotecnico contiene le seguenti informazioni:

- Indicazione delle quote del terreno;
- Limiti delle unità geotecniche di riferimento;
- Verticali delle indagini geotecniche eseguite in fase di PD;
- Parametri geotecnici;

Nello specifico sono state elaborate n.3 sezioni geotecniche, disposte trasversalmente al lungomare al fine di ricostruire l'andamento ed i rapporti geometrici delle unità geotecniche e definire un modello di riferimento. Si riporta di seguito lo stralcio dell'elaborato “planimetria con ubicazione indagini” all'interno del quale sono riportate le tracce delle sezioni.

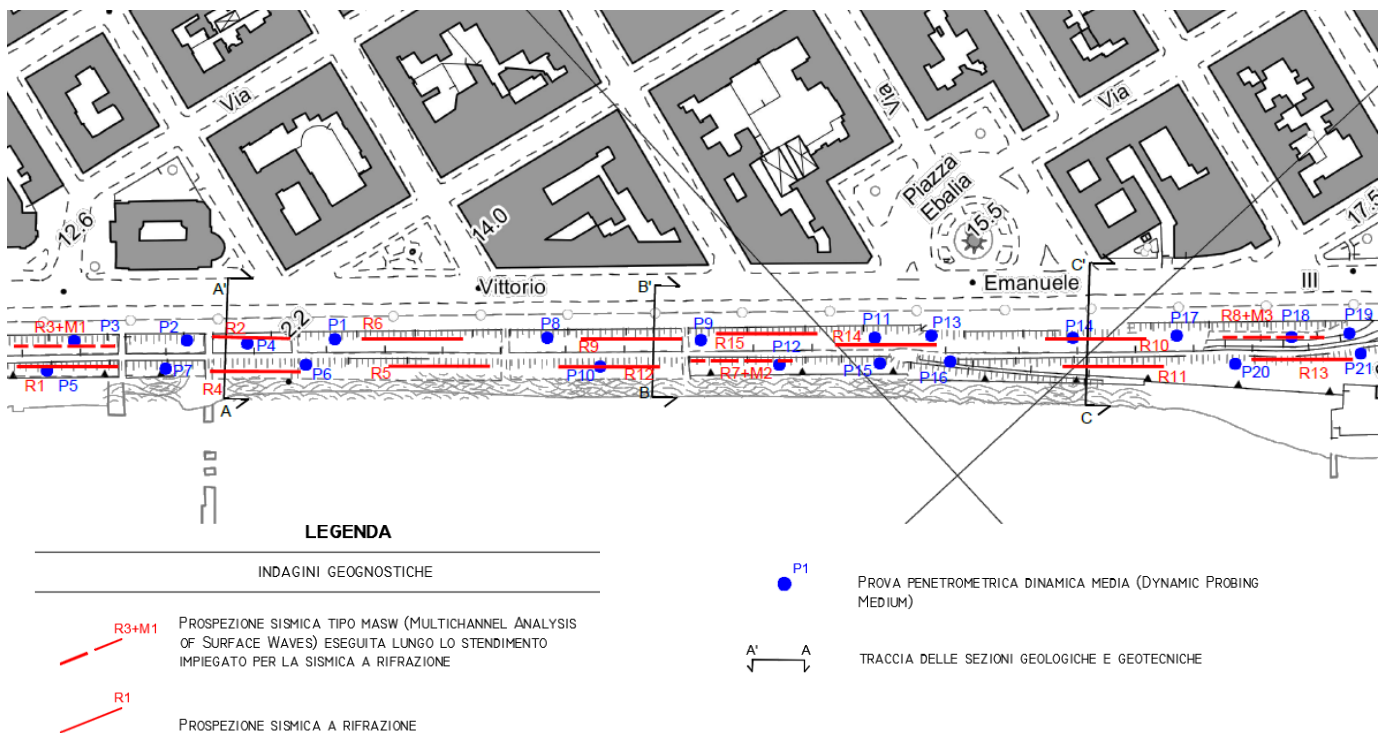


Figura 9.1 – Stralcio planimetria ubicazione indagini su cui sono riportate le tracce delle sezioni geologiche e geotecniche per il presente progetto.

9.1 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Come evince dalle sezioni geotecniche e dalla cartografia allegata allo studio geologico, nell'area in esame a grande scala si rinvencono depositi calcarenitici afferenti la Formazione di Monte Castiglione impostati al di sotto del centro abitato di Taranto fino alla strada che costeggia il lungomare. Da qui in poi sono stati intercettati depositi eterogenei costituiti da sabbie, sabbie limose e ghiaie utilizzati nel corso degli anni per il rimodellamento del versante che costeggia il lungomare. Tale deposito rappresenta la sede di fenomeni di instabilità superficiali caratterizzati da processi di soil-slip e reptazione. Le sezioni geologico-tecniche mostrano elevati tassi di inclinazione del versante che unitamente alla permeabilità dei litotipi ed all'azione eolica favoriscono l'innesco e l'evoluzione di questi movimenti prevalentemente lenti.



SEZIONE A' - A

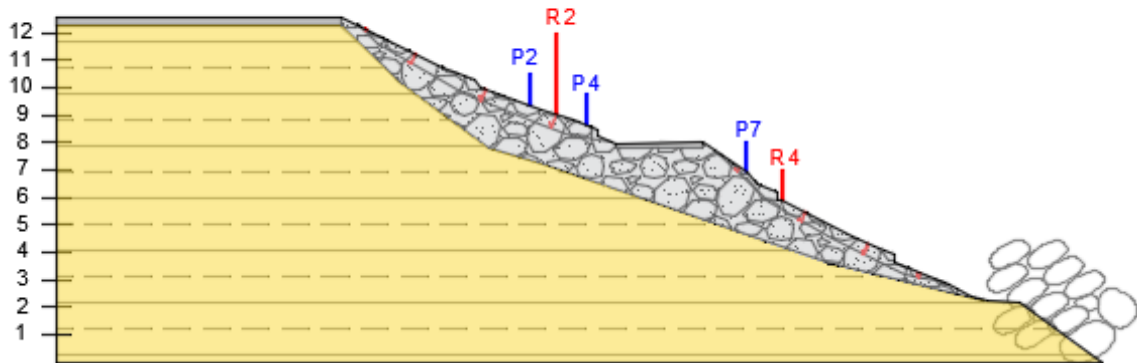


Figura 9.2 – Stralcio sezione geotecnica A-A' in cui sono riportate le indagini geognostiche impiegate per la determinazione della stessa.

SEZIONE B' - B

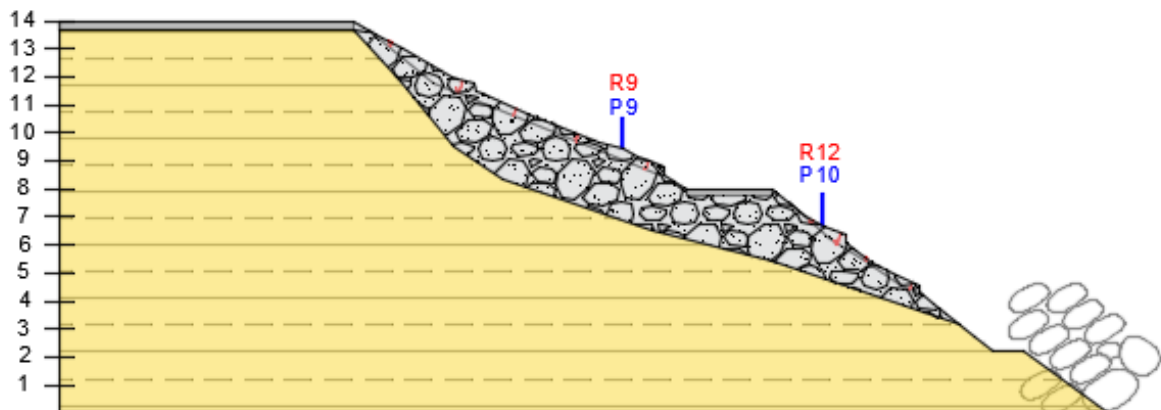


Figura 9.3 – Stralcio sezione geotecnica B-B' in cui sono riportate le indagini geognostiche impiegate per la determinazione della stessa.



SEZIONE C' - C

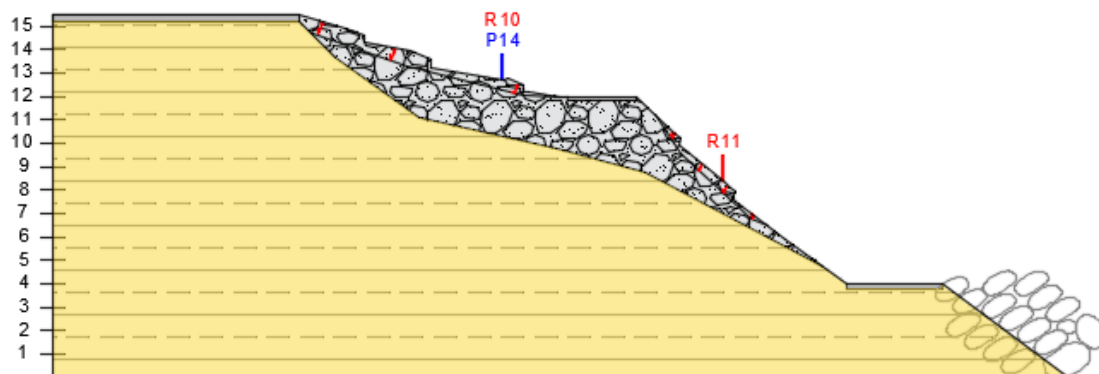


Figura 9.4 – Stralcio sezione geotecnica C-C' in cui sono riportate le indagini geognostiche impiegate per la determinazione della stessa.

Come si evince dalle sezioni sopra-riportate, il lungomare risulta omogeneo in termini litologici e geotecnici per tutta la sua estensione, si può apprezzare infatti che esso è costituito geologicamente e geotecnicamente dalle stesse unità, variabili tendenzialmente nello spessore.



10 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEL PENDIO

Il presente capitolo riguarda le verifiche di stabilità globale del pendio condotte in accordo con le NTC 2018. Il programma di calcolo impiegato è SLOPE, sviluppato dalla GeoStru, all'interno del quale sono implementati i tradizionali metodi dell'equilibrio limite.

10.1 INTRODUZIONE

Per pendio si intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Le analisi condotte con i metodi dell'equilibrio limite consentono lo studio dei meccanismi franosi noti come frane da scivolamento, ossia fenomeni di rottura in cui una porzione di pendio, sotto l'azione essenzialmente del peso proprio, tende a scivolare verso valle lungo una ben definita superficie di scivolamento. Questi meccanismi di incipiente rottura, sebbene non rappresentino la tipologia di collasso più frequente né tantomeno quella più drammatica, hanno in genere una grande incidenza sui fenomeni di instabilità che interessano i fronti di scavo, i rilevati, le dighe, ecc.

Nell'esecuzione delle analisi di stabilità è fondamentale avere chiara consapevolezza della natura del problema geotecnico, e definire correttamente lo studio dei possibili fattori che possono generare la rottura del terreno, le forze in gioco e le proprietà fisiche e meccaniche dei materiali studiati.

Occorre altresì conoscere le potenzialità e i limiti dei metodi di analisi adoperati, dei modelli di rappresentazione del terreno (nel caso specifico modello elasto-plastico perfetto alla Mohr-Coulomb), e delle approssimazioni che da tali semplificazioni possono scaturire. Serve infine conoscere il codice di calcolo utilizzato, analizzare i risultati di calcolo e saggiarne la loro ragionevolezza in riferimento al problema trattato.

Una limitazione evidente dei metodi di analisi all'equilibrio limite è data dal fatto che la superficie critica è ricercata per tentativi, per cui in questa fase di ricerca, l'ingegnere deve essere guidato dall'esperienza e dalla valutazione dei meccanismi di rottura avvenuti in zone limitrofe all'area di studio o relativi a materiali dalle stesse caratteristiche meccaniche di quelli analizzati.

Per quanto concerne la forma e l'ubicazione della superficie di rottura è importante analizzare il modello geotecnico di calcolo che nel caso in questione vede la sovrapposizione di una serie di strati di terreno con differenti caratteristiche geotecniche.

La sezione geotecnica oggetto di studio nel presente paragrafo è quella con massima pendenza.

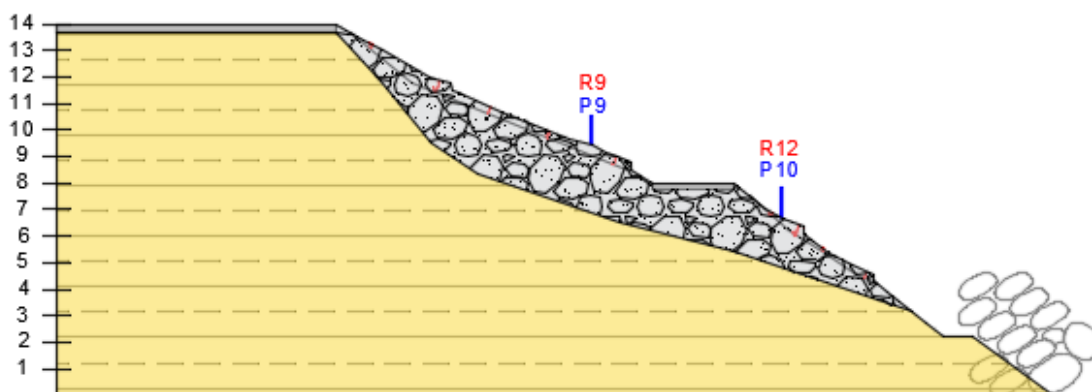


Figura 10.1 – Stralcio sezione geotecnica impiegata nelle analisi di stabilità



Le analisi di stabilità condotte sono le seguenti:

- Back Analysis nella situazione pre-frana per ricostruire i possibili meccanismi, e di conseguenza le cause, che hanno portato al dissesto dell'area oggetto di studio anche sulla base delle evidenze morfologiche riscontrate sul pendio e dalle considerazioni di carattere geologico e geotecnico presenti in tale relazione.
- Sulla scorta di quanto ottenuto nella back analysis vengono posizionate le opere di consolidamento in grado di contrastare il fenomeno franoso tale che venga rispettata la combinazione A2+M2+R2 come imposto dalle NTC 2018.
- Verifiche di stabilità globale post operam per valutare l'effetto dell'opera di nuova realizzazione sul pendio in esame secondo l'approccio 2 combinazione A2+M2+R2 sia in condizioni statiche e sia in condizioni sismiche.

Dunque, per quanto concerne gli approcci di progetto, si è utilizzato l'Approccio 2 Combinazione A2-M2-R2 considerando lo stato limite ultimo GEO legato al raggiungimento della massima resistenza del terreno applicando i coefficienti di riduzione dei parametri meccanici del terreno ed un coefficiente di riduzione della resistenza del complesso terreno-struttura pari ad 1,1. Nelle analisi con il sisma, invece, sono stati considerati coefficienti parziali pari a 1 poiché si considera che il collasso avvenga esclusivamente per la forza sismica (par. 7.11.1 NTC 2018).

Per la definizione del sisma, le analisi sono state eseguite considerando i seguenti parametri:

- Tipo di Opera: Opera ordinaria;
- Vita nominale: $V_n = 50$ anni;
- Vita di riferimento: $V_r = 50$ anni;
- Categoria sottosuolo: B;
- Categoria topografica: T2;

10.2 INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate. Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

10.3 METODO DELL'EQUILIBRIO LIMITE (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale

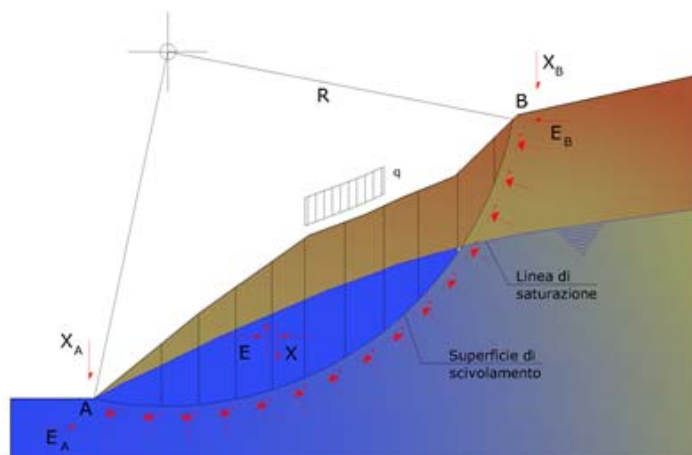


equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



10.4 METODO DEI CONCI

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

10.5 METODO DI JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

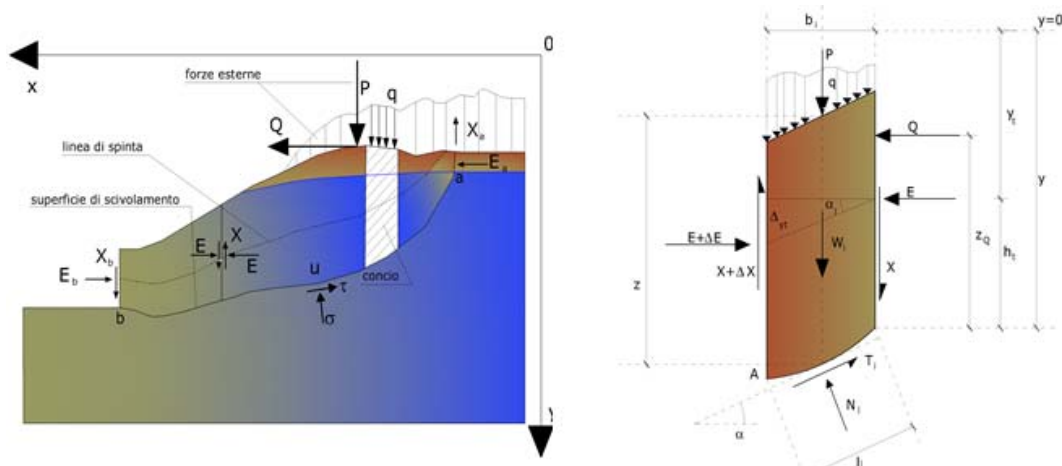
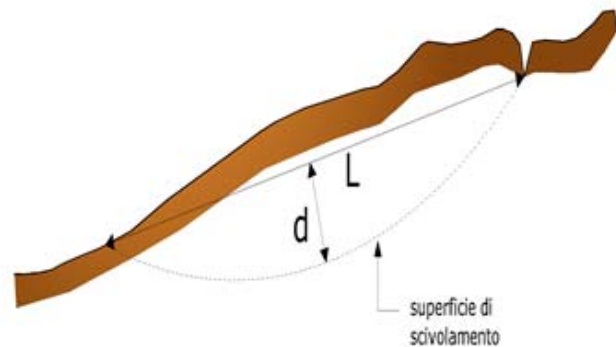
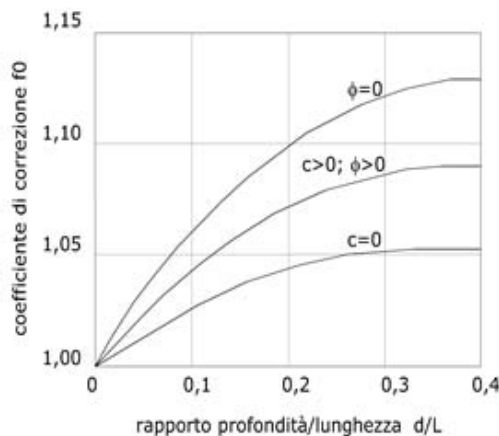


Figura 10.2 - Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



$$F_{\text{sm}} = F_{\text{sf}}$$

10.6 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:



$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

10.7 RICERCA DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO CRITICA

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

10.8 STABILIZZAZIONE DI PENDII CON L'UTILIZZO DI PALI

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra “sbarramento” e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

- conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
- essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

▪ METODO DEL CARICO LIMITE DI BROMS

Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).



10.9 BACK ANALYSIS

In base alle considerazioni esposte nella presente relazione e facendo variare l'angolo di resistenza al taglio, si sono ottenuti i seguenti cinatismi critici ai quali corrispondono valori del Fattore di Sicurezza prossimi all'unità (condizione di incipiente collasso).

$$F_s = 0,77 \text{ Sup...2}$$

$$F_s = 1,01 \text{ Sup...1}$$

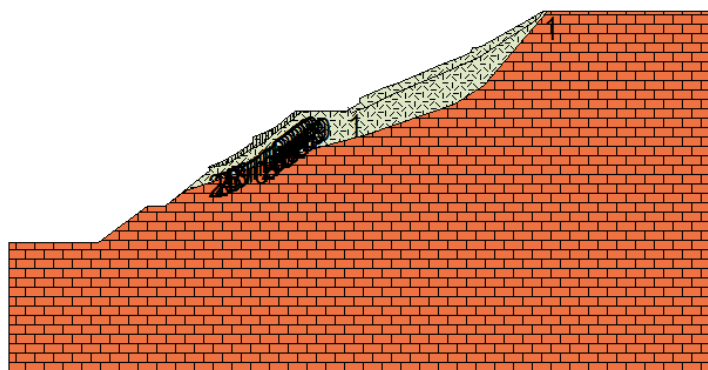


Figura 10.3 – Back analysis

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

===== Normativa	NTC 2018
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	
=====	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1510,75	1168,73
4	1513,75	1170,93
5	1514,84	1170,95
6	1515,54	1171,48
7	1516,97	1172,63
8	1517,51	1173,04
9	1517,51	1173,32
10	1518,32	1173,62
11	1519,17	1174,12
12	1519,8	1174,55
13	1520,17	1174,85
14	1520,17	1175,12
15	1520,97	1175,43
16	1521,61	1175,77
17	1522,75	1176,73
18	1525,85	1176,73
19	1526,62	1177,21
20	1526,63	1177,49



21	1527,15	1177,72
22	1527,62	1177,9
23	1528,12	1178,15
24	1529,01	1178,39
25	1531,52	1179,45
26	1533,13	1180,12
27	1533,4	1180,24
28	1533,45	1180,52
29	1533,74	1180,57
30	1534,05	1180,65
31	1534,26	1180,75
32	1536,02	1181,72
33	1536,71	1182,12
34	1537,75	1182,73
35	1548,32	1182,73

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1505,34	1168,73
4	1505,34	1168,73
5	1510,75	1168,73
6	1513,75	1170,93
7	1514,84	1170,95
8	1516,04	1171,88
9	1522,8	1174,17
10	1527,1	1175,29
11	1532,42	1177,09
12	1534,17	1178,27
13	1538,01	1182,73
14	1548,32	1182,73

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	1525,96	1176,91
2	1526,12	1176,58
3	1526,55	1176,74
4	1527,18	1176,97
5	1528,93	1177,86
6	1531,51	1178,88
7	1533,93	1180,0
8	1537,18	1182,09
9	1537,57	1182,39
10	1537,84	1182,8

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	1517,49	1173,28
2	1518,47	1173,43
3	1519,89	1174,25
4	1520,8	1174,75
5	1521,64	1175,49
6	1522,59	1176,19
7	1523,24	1176,79



Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		26	17	17	riporto
2	15		32	19	20	calcare

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,01

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,39	-19,3	0,42	1,27	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,6	0,8
2	0,39	19,6	0,42	2,89	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,6	1,3
3	0,39	21,0	0,42	4,91	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	4,4	2,3
4	0,39	27,3	0,44	4,86	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	4,4	2,4
5	0,39	25,9	0,44	4,68	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	4,2	2,3
6	0,39	27,3	0,44	4,58	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	4,1	2,2
7	0,39	25,9	0,44	3,99	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,6	1,9
8	0,39	24,6	0,43	3,48	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,1	1,7
9	0,39	21,5	0,42	3,4	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,1	1,6
10	0,39	21,5	0,42	3,47	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,1	1,6
11	0,39	21,5	0,42	3,54	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,2	1,7
12	0,39	21,5	0,42	3,61	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,3	1,7
13	0,39	21,5	0,42	3,68	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,3	1,7
14	0,39	21,5	0,42	3,75	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,4	1,8
15	0,39	25,7	0,44	3,7	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,3	1,8
16	0,39	24,5	0,43	3,57	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,2	1,7
17	0,39	24,5	0,43	3,47	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,1	1,7
18	0,39	24,5	0,43	3,37	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,0	1,6
19	0,39	24,5	0,43	3,29	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,0	1,6
20	0,39	25,9	0,44	4,57	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	4,1	2,2
21	0,39	30,9	0,46	3,77	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,4	1,9
22	0,39	32,5	0,47	3,49	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,2	1,8
23	0,39	33,7	0,47	3,24	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	3,0	1,7
24	0,39	32,5	0,47	2,99	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,7	1,5
25	0,39	32,5	0,47	2,78	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,5	1,4
26	0,39	32,5	0,47	2,57	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,3	1,3
27	0,39	33,7	0,47	2,36	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,1	1,2
28	0,39	32,5	0,47	2,15	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	2,0	1,1
29	0,39	34,9	0,48	1,94	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,8	1,0
30	0,39	50,6	0,62	0,98	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,0	0,7

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=0,77

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
-----	--------	-------------	---------	------------	---------------	---------------	---------------------------	-----------	------------	-------------	------------



1	0,19	10,5	0,19	0,16	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,1	0,1
2	0,19	7,2	0,19	0,31	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,3	0,2
3	0,19	10,8	0,19	0,45	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,4	0,3
4	0,19	7,2	0,19	0,6	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,6	0,4
5	0,19	11,2	0,19	0,79	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,7	0,5
6	0,19	29,8	0,22	0,91	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
7	0,19	32,5	0,22	0,9	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
8	0,19	29,8	0,22	0,89	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
9	0,19	29,8	0,22	0,9	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
10	0,19	29,8	0,22	0,96	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
11	0,19	29,8	0,22	1,02	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,9	0,6
12	0,19	29,8	0,22	1,09	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,9	0,7
13	0,19	29,3	0,21	1,2	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,0	0,7
14	0,19	27,0	0,21	1,35	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,1	0,8
15	0,19	29,8	0,22	2,18	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,8	1,4
16	0,19	29,8	0,22	2,09	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,8	1,3
17	0,19	29,8	0,22	1,99	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,7	1,2
18	0,19	37,3	0,24	1,84	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,6	1,2
19	0,19	41,7	0,25	1,62	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,4	1,2
20	0,19	41,7	0,25	1,39	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,2	1,0
21	0,19	41,7	0,25	1,17	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,0	0,9
22	0,19	40,2	0,25	0,96	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,7
23	0,19	35,0	0,23	0,98	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,8	0,6
24	0,19	37,4	0,24	1,05	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,9	0,7
25	0,19	35,0	0,23	1,12	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,9	0,7
26	0,19	37,4	0,24	1,18	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,0	0,8
27	0,19	37,3	0,24	1,23	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,0	0,8
28	0,19	41,7	0,25	1,24	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1,1	0,9
29	0,19	41,7	0,25	0,82	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,7	0,6
30	0,19	42,9	0,26	0,28	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,2	0,2

10.10 ANALISI DI STABILITÀ IN PRESENZA DELLE OPERE STRUTTURALI

In questo paragrafo viene valutato l'effetto della presenza dell'opera strutturale prevista in progetto sul Fattore di Sicurezza al quale corrisponde la superficie critica ottenuta dalla back analysis. Tale analisi viene condotta in accordo con la combinazione A2+M2+R2 allo SLU, come previsto dalle NTC 2018.

Fs=1,57 Sup...2
Fs=1,47 Sup...1

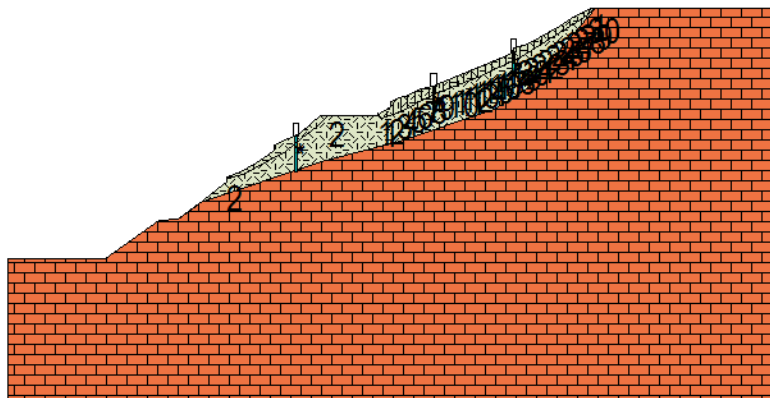


Figura 10.4 – Analisi di stabilità in presenza delle opere strutturali



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2018 – A2+M2+R2 (Condizioni statiche)
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1510,75	1168,73
4	1513,75	1170,93
5	1514,84	1170,95
6	1515,54	1171,48
7	1516,97	1172,63
8	1517,51	1173,04
9	1517,51	1173,32
10	1518,32	1173,62
11	1519,17	1174,12
12	1519,8	1174,55
13	1520,17	1174,85
14	1520,17	1175,12
15	1520,97	1175,43
16	1521,61	1175,77
17	1522,75	1176,73
18	1525,85	1176,73
19	1526,62	1177,21
20	1526,63	1177,49
21	1527,15	1177,72
22	1527,62	1177,9
23	1528,12	1178,15
24	1529,01	1178,39
25	1531,52	1179,45
26	1533,13	1180,12
27	1533,4	1180,24
28	1533,45	1180,52
29	1533,74	1180,57
30	1534,05	1180,65
31	1534,26	1180,75
32	1536,02	1181,72
33	1536,71	1182,12
34	1537,75	1182,73
35	1548,32	1182,73

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1505,34	1168,73
4	1505,34	1168,73
5	1510,75	1168,73
6	1513,75	1170,93



7	1514,84	1170,95
8	1516,04	1171,88
9	1522,8	1174,17
10	1527,1	1175,29
11	1532,42	1177,09
12	1534,17	1178,27
13	1538,01	1182,73
14	1548,32	1182,73

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	1525,96	1176,91
2	1526,12	1176,58
3	1526,55	1176,74
4	1527,18	1176,97
5	1528,93	1177,86
6	1531,51	1178,88
7	1533,93	1180,0
8	1537,18	1182,09
9	1537,57	1182,39
10	1537,84	1182,8

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	1517,49	1173,28
2	1518,47	1173,43
3	1519,89	1174,25
4	1520,8	1174,75
5	1521,64	1175,49
6	1522,59	1176,19
7	1523,24	1176,79

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		26	17	17	riporto
2	15		32	19	20	calcare

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	1533,411	1180,284	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
2	1528,974	1178,38	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)



3	1521,317	1175,613	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
---	----------	----------	-----	---	----	-----	----	------------------------------------

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,47

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,39	-19,3	0,42	1,27	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,5	0,4
2	0,39	19,6	0,42	2,89	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,8	0,8
3	0,39	21,0	0,42	4,91	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	4,8	1,4
4	0,39	27,3	0,44	4,86	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	4,8	1,4
5	0,39	25,9	0,44	4,68	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	4,6	1,4
6	0,39	27,3	0,44	4,58	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	4,5	1,4
7	0,39	25,9	0,44	3,99	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,9	1,2
8	0,39	24,6	0,43	3,48	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,4	1,0
9	0,39	21,5	0,42	3,4	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,3	0,9
10	0,39	21,5	0,42	3,47	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,4	1,0
11	0,39	21,5	0,42	3,54	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,4	1,0
12	0,39	21,5	0,42	3,61	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,5	1,0
13	0,39	21,5	0,42	3,68	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,6	1,0
14	0,39	21,5	0,42	3,75	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,6	1,0
15	0,39	25,7	0,44	3,7	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,6	1,1
16	0,39	24,5	0,43	3,57	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,5	1,0
17	0,39	24,5	0,43	3,47	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,4	1,0
18	0,39	24,5	0,43	3,37	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,3	1,0
19	0,39	24,5	0,43	3,29	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,2	0,9
20	0,39	25,9	0,44	4,57	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	4,5	1,3
21	0,39	30,9	0,46	3,77	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,8	1,2
22	0,39	32,5	0,47	3,49	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,5	1,1
23	0,39	33,7	0,47	3,24	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,3	1,1
24	0,39	32,5	0,47	2,99	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	3,0	1,0
25	0,39	32,5	0,47	2,78	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,8	0,9
26	0,39	32,5	0,47	2,57	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,6	0,8
27	0,39	33,7	0,47	2,36	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,4	0,8
28	0,39	32,5	0,47	2,15	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,2	0,7
29	0,39	34,9	0,48	1,94	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,0	0,6
30	0,39	50,6	0,62	0,98	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,2	0,5

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,57

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,19	10,5	0,19	0,16	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,2	0,0
2	0,19	7,2	0,19	0,31	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,3	0,1
3	0,19	10,8	0,19	0,45	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,4	0,1
4	0,19	7,2	0,19	0,6	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,6	0,1
5	0,19	11,2	0,19	0,79	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,8	0,2
6	0,19	29,8	0,22	0,91	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,9	0,3
7	0,19	32,5	0,22	0,9	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,9	0,3
8	0,19	29,8	0,22	0,89	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,9	0,3
9	0,19	29,8	0,22	0,9	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,9	0,3
10	0,19	29,8	0,22	0,96	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,0	0,3
11	0,19	29,8	0,22	1,02	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,0	0,3
12	0,19	29,8	0,22	1,09	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,1	0,3
13	0,19	29,3	0,21	1,2	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,2	0,3
14	0,19	27,0	0,21	1,35	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,3	0,4
15	0,19	29,8	0,22	2,18	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,2	0,6
16	0,19	29,8	0,22	2,09	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,1	0,6
17	0,19	29,8	0,22	1,99	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	2,0	0,6



18	0,19	37,3	0,24	1,84	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,9	0,6
19	0,19	41,7	0,25	1,62	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,8	0,6
20	0,19	41,7	0,25	1,39	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,5	0,5
21	0,19	41,7	0,25	1,17	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,3	0,4
22	0,19	40,2	0,25	0,96	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,0	0,3
23	0,19	35,0	0,23	0,98	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,0	0,3
24	0,19	37,4	0,24	1,05	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,1	0,3
25	0,19	35,0	0,23	1,12	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,2	0,4
26	0,19	37,4	0,24	1,18	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,3	0,4
27	0,19	37,3	0,24	1,23	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,3	0,4
28	0,19	41,7	0,25	1,24	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,4	0,5
29	0,19	41,7	0,25	0,82	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,9	0,3
30	0,19	42,9	0,26	0,28	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,3	0,1

10.11 ANALISI DI STABILITÀ POST OPERAM

Si ricercano ulteriori superfici di scorrimento in condizioni statiche e sismiche, considerando, nelle analisi, i parametri geotecnici indicati nella presente relazione.

▪ CONDIZIONI STATICHE

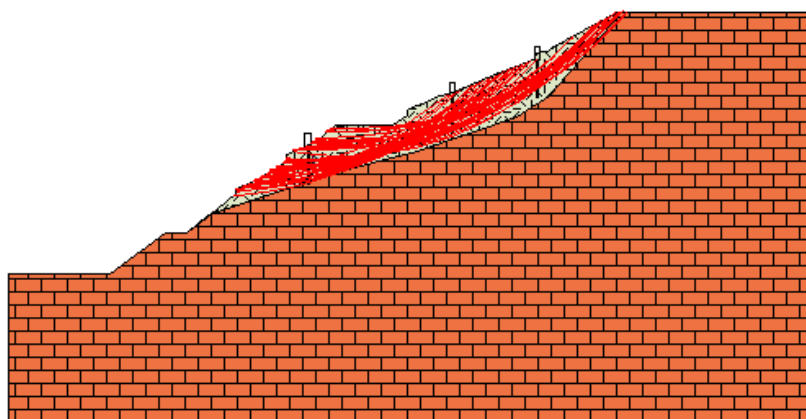


Figura 10.5 – Potenziali superfici di scorrimento FS = 1.12-1.40

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====	
Normativa	NTC 2018 – A2+M2+R2 Condizioni statiche
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1515,46 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1189,62 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1523,72 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1198,91 m
Passo di ricerca	10,0



Numero di celle lungo x 10,0
Numero di celle lungo y 10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1510,75	1168,73
4	1513,75	1170,93
5	1514,84	1170,95
6	1515,54	1171,48
7	1516,97	1172,63
8	1517,51	1173,04
9	1517,51	1173,32
10	1518,32	1173,62
11	1519,17	1174,12
12	1519,8	1174,55
13	1520,17	1174,85
14	1520,17	1175,12
15	1520,97	1175,43
16	1521,61	1175,77
17	1522,75	1176,73
18	1525,85	1176,73
19	1526,62	1177,21
20	1526,63	1177,49
21	1527,15	1177,72
22	1527,62	1177,9
23	1528,12	1178,15
24	1529,01	1178,39
25	1531,52	1179,45
26	1533,13	1180,12
27	1533,4	1180,24
28	1533,45	1180,52
29	1533,74	1180,57
30	1534,05	1180,65
31	1534,26	1180,75
32	1536,02	1181,72
33	1536,71	1182,12
34	1537,75	1182,73
35	1548,32	1182,73

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1505,34	1168,73
4	1505,34	1168,73
5	1510,75	1168,73
6	1513,75	1170,93
7	1514,84	1170,95
8	1516,04	1171,88
9	1522,8	1174,17
10	1527,1	1175,29
11	1532,42	1177,09
12	1534,17	1178,27
13	1538,01	1182,73
14	1548,32	1182,73



Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		29	17	17	riporto
2	15		32	19	20	calcare

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	1533,47	1180,141	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
2	1528,944	1178,242	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
3	1521,262	1175,539	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,11
Ascissa centro superficie	1523,31 m
Ordinata centro superficie	1196,59 m
Raggio superficie	20,19 m

Numero di superfici esaminate....(220)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	1515,5	1189,6	15,8	1,51
2	1515,9	1190,1	22,8	1,59
3	1516,3	1189,6	15,6	1,56
4	1516,7	1190,1	22,9	1,53
5	1517,1	1189,6	22,6	1,53
6	1517,5	1190,1	23,0	1,49
7	1517,9	1189,6	22,7	1,48
8	1518,4	1190,1	23,1	1,47
9	1518,8	1189,6	22,8	1,46
10	1519,2	1190,1	23,3	1,44
11	1519,6	1189,6	23,0	1,43
12	1520,0	1190,1	20,6	1,64
13	1520,4	1189,6	23,0	1,44
14	1520,8	1190,1	22,8	1,57
15	1521,2	1189,6	22,5	1,58



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

16	1521,7	1190,1	22,3	1,56
17	1522,1	1189,6	21,8	1,65
18	1522,5	1190,1	24,2	1,62
19	1522,9	1189,6	21,1	1,62
20	1523,3	1190,1	23,5	1,56
21	1523,7	1189,6	13,3	1,43
22	1515,5	1190,5	23,1	1,61
23	1515,9	1191,0	23,5	1,57
24	1516,3	1190,5	23,2	1,55
25	1516,7	1191,0	23,6	1,53
26	1517,1	1190,5	23,3	1,51
27	1517,5	1191,0	23,7	1,59
28	1517,9	1190,5	23,4	1,48
29	1518,4	1191,0	23,8	1,45
30	1518,8	1190,5	23,5	1,44
31	1519,2	1191,0	24,0	1,52
32	1519,6	1190,5	23,7	1,52
33	1520,0	1191,0	23,7	1,45
34	1520,4	1190,5	23,2	1,57
35	1520,8	1191,0	23,0	1,55
36	1521,2	1190,5	22,7	1,56
37	1521,7	1191,0	22,5	1,65
38	1522,1	1190,5	22,1	1,61
39	1522,5	1191,0	24,5	1,55
40	1522,9	1190,5	21,3	1,68
41	1523,3	1191,0	15,9	1,29
42	1523,7	1190,5	15,8	1,67
43	1515,5	1191,5	23,8	1,58
44	1515,9	1191,9	24,2	1,56
45	1516,3	1191,5	23,9	1,54
46	1516,7	1191,9	24,3	1,50
47	1517,1	1191,5	24,0	1,50
48	1517,5	1191,9	24,4	1,47
49	1517,9	1191,5	24,1	1,46
50	1518,4	1191,9	24,5	1,52
51	1518,8	1191,5	24,2	1,52
52	1519,2	1191,9	24,6	1,44
53	1519,6	1191,5	24,2	1,44
54	1520,0	1191,9	24,0	1,57
55	1520,4	1191,5	23,5	1,55
56	1520,8	1191,9	17,4	1,42
57	1521,2	1191,5	17,3	1,61
58	1521,7	1191,9	22,7	1,62
59	1522,1	1191,5	25,0	1,62
60	1522,5	1191,9	16,7	1,42
61	1522,9	1191,5	24,2	1,65
62	1523,3	1191,9	16,1	1,30
63	1523,7	1191,5	15,9	1,19
64	1515,5	1192,4	24,5	1,57
65	1515,9	1192,9	20,0	1,37
66	1516,3	1192,4	24,6	1,52
67	1516,7	1192,9	25,0	1,50
68	1517,1	1192,4	24,7	1,48
69	1517,5	1192,9	25,1	1,52
70	1517,9	1192,4	24,8	1,52
71	1518,4	1192,9	25,2	1,55
72	1518,8	1192,4	24,9	1,44
73	1519,2	1192,9	25,0	1,45
74	1519,6	1192,4	24,5	1,57
75	1520,0	1192,9	18,4	1,42
76	1520,4	1192,4	17,9	1,27
77	1520,8	1192,9	23,5	1,62
78	1521,2	1192,4	25,9	1,46



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

79	1521,7	1192,9	25,7	1,55
80	1522,1	1192,4	17,2	1,45
81	1522,5	1192,9	17,0	1,64
82	1522,9	1192,4	16,4	1,56
83	1523,3	1192,9	24,3	1,64
84	1523,7	1192,4	16,1	1,37
85	1515,5	1193,3	20,3	1,23
86	1515,9	1193,8	25,7	1,52
87	1516,3	1193,3	20,2	1,16
88	1516,7	1193,8	20,4	1,19
89	1517,1	1193,3	20,0	1,30
90	1517,5	1193,8	20,3	1,15
91	1517,9	1193,3	19,9	1,50
92	1518,4	1193,8	25,9	1,45
93	1518,8	1193,3	25,6	1,45
94	1519,2	1193,8	19,5	1,26
95	1519,6	1193,3	19,0	1,26
96	1520,0	1193,8	24,5	1,64
97	1520,4	1193,3	24,0	1,65
98	1520,8	1193,8	23,8	1,67
99	1521,2	1193,3	17,5	1,66
100	1521,7	1193,8	26,0	1,57
101	1522,1	1193,3	25,6	1,64
102	1522,5	1193,8	25,4	1,62
103	1522,9	1193,3	22,1	1,82
104	1523,3	1193,8	21,9	1,85
105	1523,7	1193,3	24,1	1,70
106	1515,5	1194,3	20,9	1,35
107	1515,9	1194,7	21,1	1,42
108	1516,3	1194,3	20,8	1,28
109	1516,7	1194,7	21,0	1,31
110	1517,1	1194,3	20,6	1,19
111	1517,5	1194,7	20,8	1,22
112	1517,9	1194,3	20,5	1,17
113	1518,4	1194,7	20,5	1,26
114	1518,8	1194,3	20,0	1,26
115	1519,2	1194,7	25,6	1,57
116	1519,6	1194,3	25,1	1,67
117	1520,0	1194,7	24,9	1,63
118	1520,4	1194,3	27,2	1,47
119	1520,8	1194,7	24,1	1,74
120	1521,2	1194,3	26,5	1,56
121	1521,7	1194,7	23,5	1,77
122	1522,1	1194,3	25,9	1,62
123	1522,5	1194,7	23,0	1,83
124	1522,9	1194,3	25,2	1,65
125	1523,3	1194,7	19,5	1,63
126	1523,7	1194,3	19,1	1,71
127	1515,5	1195,2	21,5	1,20
128	1515,9	1195,7	27,1	1,59
129	1516,3	1195,2	21,4	1,50
130	1516,7	1195,7	27,2	1,48
131	1517,1	1195,2	21,2	1,35
132	1517,5	1195,7	21,4	1,41
133	1517,9	1195,2	21,1	1,26
134	1518,4	1195,7	29,7	1,47
135	1518,8	1195,2	26,2	1,56
136	1519,2	1195,7	26,0	1,68
137	1519,6	1195,2	25,4	1,63
138	1520,0	1195,7	28,2	1,61
139	1520,4	1195,2	24,6	1,72
140	1520,8	1195,7	27,4	1,57
141	1521,2	1195,2	26,8	1,64



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

142	1521,7	1195,7	20,8	1,19
143	1522,1	1195,2	20,5	1,69
144	1522,5	1195,7	20,5	1,52
145	1522,9	1195,2	20,0	1,62
146	1523,3	1195,7	19,8	1,40
147	1523,7	1195,2	19,3	1,44
148	1515,5	1196,1	22,1	1,50
149	1515,9	1196,6	27,9	1,51
150	1516,3	1196,1	27,5	1,50
151	1516,7	1196,6	27,9	1,48
152	1517,1	1196,1	27,6	1,47
153	1517,5	1196,6	27,8	1,57
154	1517,9	1196,1	27,3	1,58
155	1518,4	1196,6	30,0	1,59
156	1518,8	1196,1	26,5	1,67
157	1519,2	1196,6	29,3	1,47
158	1519,6	1196,1	25,7	1,68
159	1520,0	1196,6	22,5	1,52
160	1520,4	1196,1	22,0	1,47
161	1520,8	1196,6	21,8	1,20
162	1521,2	1196,1	21,2	1,20
163	1521,7	1196,6	21,0	1,34
164	1522,1	1196,1	20,8	1,22
165	1522,5	1196,6	20,8	1,12
166	1522,9	1196,1	20,4	1,31
167	1523,3	1196,6	20,2	1,11
168	1523,7	1196,1	19,6	1,20
169	1515,5	1197,1	28,2	1,53
170	1515,9	1197,5	28,6	1,51
171	1516,3	1197,1	28,3	1,49
172	1516,7	1197,5	28,7	1,57
173	1517,1	1197,1	28,3	1,57
174	1517,5	1197,5	28,2	1,57
175	1517,9	1197,1	27,6	1,58
176	1518,4	1197,5	27,4	1,64
177	1518,8	1197,1	26,9	1,64
178	1519,2	1197,5	23,6	1,47
179	1519,6	1197,1	23,1	1,53
180	1520,0	1197,5	25,9	1,79
181	1520,4	1197,1	22,3	1,20
182	1520,8	1197,5	22,1	1,39
183	1521,2	1197,1	21,6	1,36
184	1521,7	1197,5	21,4	1,45
185	1522,1	1197,1	21,0	1,23
186	1522,5	1197,5	26,9	1,84
187	1522,9	1197,1	20,7	1,13
188	1523,3	1197,5	20,6	1,61
189	1523,7	1197,1	20,0	1,54
190	1515,5	1198,0	29,0	1,53
191	1515,9	1198,4	29,4	1,61
192	1516,3	1198,0	29,0	1,61
193	1516,7	1198,4	29,3	1,58
194	1517,1	1198,0	28,7	1,57
195	1517,5	1198,4	31,5	1,60
196	1517,9	1198,0	31,0	1,66
197	1518,4	1198,4	24,8	1,45
198	1518,8	1198,0	24,2	1,44
199	1519,2	1198,4	24,0	1,19
200	1519,6	1198,0	23,4	1,20
201	1520,0	1198,4	23,2	1,44
202	1520,4	1198,0	22,7	1,41
203	1520,8	1198,4	22,5	1,69
204	1521,2	1198,0	21,9	1,55



205	1521,7	1198,4	27,9	1,76
206	1522,1	1198,0	24,3	1,92
207	1522,5	1198,4	27,3	1,84
208	1522,9	1198,0	26,8	1,86
209	1523,3	1198,4	20,9	20,00
210	1523,7	1198,0	26,1	1,92
211	1515,5	1198,9	29,7	1,53
212	1516,3	1198,9	29,7	1,59
213	1517,1	1198,9	32,1	1,60
214	1517,9	1198,9	25,3	1,42
215	1518,8	1198,9	24,6	1,19
216	1519,6	1198,9	26,9	1,82
217	1520,4	1198,9	29,2	1,65
218	1521,2	1198,9	28,5	1,75
219	1522,1	1198,9	24,7	2,00
220	1523,7	1198,9	23,7	2,01

▪ CONDIZIONI SISMICHE

L'azione sismica è stata valutata mediante il metodo pseudo-statico in cui tale azione è rappresentata da una forza statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Nelle verifiche allo SLU, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s a_{\max}/g = 0.0285$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.0140$$

con

$$\beta_s = \text{coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito} = 0.20 \text{ (tab.7.11.1)}$$

$$a_{\max} = \text{accelerazione massima attesa al sito} = a_g S_s S_t = 0.97 \cdot 1.20 \cdot 1.20 = 1.40 \text{ m/s}^2$$

g = accelerazione di gravità

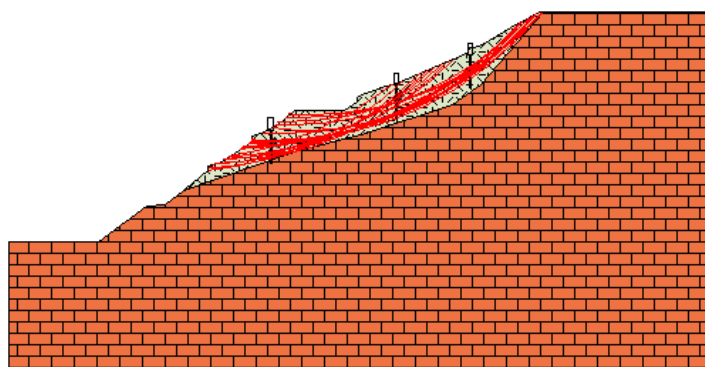


Figura 10.6 – Potenziali superfici di scorrimento sisma verticale positivo $FS = 1.26-1.50$

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2018 – Condizioni sismiche (componente verticale verso il basso)
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0



Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma circolare

=====

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1515,46 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1189,62 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1523,72 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1198,91 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
=====	
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0285
Coefficiente azione sismica verticale	0,014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1510,75	1168,73
4	1513,75	1170,93
5	1514,84	1170,95
6	1515,54	1171,48
7	1516,97	1172,63
8	1517,51	1173,04
9	1517,51	1173,32
10	1518,32	1173,62
11	1519,17	1174,12
12	1519,8	1174,55
13	1520,17	1174,85
14	1520,17	1175,12
15	1520,97	1175,43
16	1521,61	1175,77
17	1522,75	1176,73
18	1525,85	1176,73
19	1526,62	1177,21
20	1526,63	1177,49
21	1527,15	1177,72
22	1527,62	1177,9
23	1528,12	1178,15
24	1529,01	1178,39
25	1531,52	1179,45
26	1533,13	1180,12
27	1533,4	1180,24
28	1533,45	1180,52
29	1533,74	1180,57
30	1534,05	1180,65
31	1534,26	1180,75
32	1536,02	1181,72
33	1536,71	1182,12
34	1537,75	1182,73
35	1548,32	1182,73

Vertici strato1

N	X	y
---	---	---



	(m)	(m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1505,34	1168,73
4	1505,34	1168,73
5	1510,75	1168,73
6	1513,75	1170,93
7	1514,84	1170,95
8	1516,04	1171,88
9	1522,8	1174,17
10	1527,1	1175,29
11	1532,42	1177,09
12	1534,17	1178,27
13	1538,01	1182,73
14	1548,32	1182,73

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		29	17	17	riporto
2	15		32	19	20	calcare

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	1533,47	1180,141	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
2	1528,944	1178,242	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
3	1521,262	1175,539	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,26
Ascissa centro superficie	1523,31 m
Ordinata centro superficie	1196,59 m
Raggio superficie	20,19 m

Numero di superfici esaminate....(220)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

1	1515,5	1189,6	15,8	1,67
2	1515,9	1190,1	22,8	1,83
3	1516,3	1189,6	15,6	1,72
4	1516,7	1190,1	22,9	1,76
5	1517,1	1189,6	22,6	1,77
6	1517,5	1190,1	23,0	1,72
7	1517,9	1189,6	22,7	1,71
8	1518,4	1190,1	23,1	1,70
9	1518,8	1189,6	22,8	1,69
10	1519,2	1190,1	23,3	1,66
11	1519,6	1189,6	23,0	1,65
12	1520,0	1190,1	20,6	1,88
13	1520,4	1189,6	23,0	1,66
14	1520,8	1190,1	22,8	1,81
15	1521,2	1189,6	22,5	1,81
16	1521,7	1190,1	22,3	1,80
17	1522,1	1189,6	13,9	1,82
18	1522,5	1190,1	24,2	1,86
19	1522,9	1189,6	21,1	1,87
20	1523,3	1190,1	23,5	1,80
21	1523,7	1189,6	13,3	1,61
22	1515,5	1190,5	23,1	1,85
23	1515,9	1191,0	23,5	1,81
24	1516,3	1190,5	23,2	1,78
25	1516,7	1191,0	23,6	1,76
26	1517,1	1190,5	23,3	1,74
27	1517,5	1191,0	23,7	1,83
28	1517,9	1190,5	23,4	1,71
29	1518,4	1191,0	23,8	1,68
30	1518,8	1190,5	23,5	1,67
31	1519,2	1191,0	24,0	1,75
32	1519,6	1190,5	23,7	1,75
33	1520,0	1191,0	23,7	1,67
34	1520,4	1190,5	23,2	1,80
35	1520,8	1191,0	23,0	1,79
36	1521,2	1190,5	22,7	1,79
37	1521,7	1191,0	22,5	1,89
38	1522,1	1190,5	22,1	1,85
39	1522,5	1191,0	24,5	1,78
40	1522,9	1190,5	21,3	1,93
41	1523,3	1191,0	15,9	1,46
42	1523,7	1190,5	15,8	1,91
43	1515,5	1191,5	23,8	1,82
44	1515,9	1191,9	24,2	1,79
45	1516,3	1191,5	23,9	1,78
46	1516,7	1191,9	24,3	1,73
47	1517,1	1191,5	24,0	1,73
48	1517,5	1191,9	24,4	1,70
49	1517,9	1191,5	24,1	1,69
50	1518,4	1191,9	24,5	1,75
51	1518,8	1191,5	24,2	1,75
52	1519,2	1191,9	24,6	1,66
53	1519,6	1191,5	24,2	1,66
54	1520,0	1191,9	24,0	1,81
55	1520,4	1191,5	23,5	1,78
56	1520,8	1191,9	17,4	1,59
57	1521,2	1191,5	17,3	1,84
58	1521,7	1191,9	22,7	1,86
59	1522,1	1191,5	25,0	1,86
60	1522,5	1191,9	16,7	1,59
61	1522,9	1191,5	24,2	1,89
62	1523,3	1191,9	16,1	1,46
63	1523,7	1191,5	15,9	1,35



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

64	1515,5	1192,4	24,5	1,81
65	1515,9	1192,9	20,0	1,56
66	1516,3	1192,4	24,6	1,75
67	1516,7	1192,9	25,0	1,72
68	1517,1	1192,4	24,7	1,71
69	1517,5	1192,9	25,1	1,75
70	1517,9	1192,4	24,8	1,75
71	1518,4	1192,9	25,2	1,78
72	1518,8	1192,4	24,9	1,66
73	1519,2	1192,9	25,0	1,68
74	1519,6	1192,4	24,5	1,80
75	1520,0	1192,9	18,4	1,59
76	1520,4	1192,4	17,9	1,43
77	1520,8	1192,9	17,6	1,83
78	1521,2	1192,4	25,9	1,68
79	1521,7	1192,9	25,7	1,78
80	1522,1	1192,4	17,2	1,62
81	1522,5	1192,9	17,0	1,82
82	1522,9	1192,4	16,4	1,73
83	1523,3	1192,9	24,3	1,88
84	1523,7	1192,4	16,1	1,53
85	1515,5	1193,3	20,3	1,39
86	1515,9	1193,8	25,7	1,76
87	1516,3	1193,3	20,2	1,31
88	1516,7	1193,8	20,4	1,35
89	1517,1	1193,3	20,0	1,48
90	1517,5	1193,8	20,3	1,31
91	1517,9	1193,3	19,9	1,71
92	1518,4	1193,8	25,9	1,67
93	1518,8	1193,3	25,6	1,67
94	1519,2	1193,8	19,5	1,42
95	1519,6	1193,3	19,0	1,42
96	1520,0	1193,8	24,5	1,88
97	1520,4	1193,3	26,9	1,90
98	1520,8	1193,8	23,8	1,92
99	1521,2	1193,3	17,5	1,83
100	1521,7	1193,8	26,0	1,80
101	1522,1	1193,3	25,6	1,88
102	1522,5	1193,8	25,4	1,86
103	1522,9	1193,3	22,1	2,08
104	1523,3	1193,8	21,9	2,11
105	1523,7	1193,3	24,1	1,94
106	1515,5	1194,3	20,9	1,52
107	1515,9	1194,7	21,1	1,58
108	1516,3	1194,3	20,8	1,44
109	1516,7	1194,7	21,0	1,47
110	1517,1	1194,3	20,6	1,35
111	1517,5	1194,7	20,8	1,38
112	1517,9	1194,3	20,5	1,33
113	1518,4	1194,7	20,5	1,42
114	1518,8	1194,3	20,0	1,43
115	1519,2	1194,7	25,6	1,80
116	1519,6	1194,3	25,1	1,91
117	1520,0	1194,7	24,9	1,87
118	1520,4	1194,3	27,2	1,69
119	1520,8	1194,7	24,1	1,99
120	1521,2	1194,3	26,5	1,79
121	1521,7	1194,7	23,5	2,03
122	1522,1	1194,3	25,9	1,85
123	1522,5	1194,7	23,0	2,09
124	1522,9	1194,3	25,2	1,89
125	1523,3	1194,7	19,5	1,85
126	1523,7	1194,3	19,1	1,95



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

127	1515,5	1195,2	21,5	1,36
128	1515,9	1195,7	27,1	1,82
129	1516,3	1195,2	21,4	1,67
130	1516,7	1195,7	27,2	1,71
131	1517,1	1195,2	21,2	1,51
132	1517,5	1195,7	21,4	1,58
133	1517,9	1195,2	21,1	1,43
134	1518,4	1195,7	29,7	1,70
135	1518,8	1195,2	26,2	1,80
136	1519,2	1195,7	26,0	1,92
137	1519,6	1195,2	25,4	1,87
138	1520,0	1195,7	28,2	1,84
139	1520,4	1195,2	24,6	1,97
140	1520,8	1195,7	27,4	1,80
141	1521,2	1195,2	26,8	1,88
142	1521,7	1195,7	20,8	1,35
143	1522,1	1195,2	20,5	1,93
144	1522,5	1195,7	20,5	1,73
145	1522,9	1195,2	20,0	1,85
146	1523,3	1195,7	19,8	1,60
147	1523,7	1195,2	19,3	1,64
148	1515,5	1196,1	22,1	1,67
149	1515,9	1196,6	27,9	1,74
150	1516,3	1196,1	27,5	1,72
151	1516,7	1196,6	27,9	1,71
152	1517,1	1196,1	27,6	1,69
153	1517,5	1196,6	27,8	1,80
154	1517,9	1196,1	27,3	1,81
155	1518,4	1196,6	30,0	1,83
156	1518,8	1196,1	26,5	1,91
157	1519,2	1196,6	29,3	1,69
158	1519,6	1196,1	25,7	1,92
159	1520,0	1196,6	22,5	1,74
160	1520,4	1196,1	22,0	1,69
161	1520,8	1196,6	21,8	1,36
162	1521,2	1196,1	21,2	1,36
163	1521,7	1196,6	21,0	1,51
164	1522,1	1196,1	20,8	1,39
165	1522,5	1196,6	20,8	1,28
166	1522,9	1196,1	20,4	1,49
167	1523,3	1196,6	20,2	1,26
168	1523,7	1196,1	19,6	1,36
169	1515,5	1197,1	28,2	1,76
170	1515,9	1197,5	28,6	1,74
171	1516,3	1197,1	28,3	1,72
172	1516,7	1197,5	28,7	1,81
173	1517,1	1197,1	28,3	1,80
174	1517,5	1197,5	28,2	1,81
175	1517,9	1197,1	27,6	1,81
176	1518,4	1197,5	27,4	1,88
177	1518,8	1197,1	26,9	1,88
178	1519,2	1197,5	23,6	1,68
179	1519,6	1197,1	23,1	1,75
180	1520,0	1197,5	25,9	2,05
181	1520,4	1197,1	22,3	1,36
182	1520,8	1197,5	22,1	1,56
183	1521,2	1197,1	21,6	1,53
184	1521,7	1197,5	21,4	1,62
185	1522,1	1197,1	21,0	1,39
186	1522,5	1197,5	26,9	2,09
187	1522,9	1197,1	20,7	1,29
188	1523,3	1197,5	20,6	1,78
189	1523,7	1197,1	20,0	1,71



190	1515,5	1198,0	29,0	1,76
191	1515,9	1198,4	29,4	1,85
192	1516,3	1198,0	29,0	1,85
193	1516,7	1198,4	29,3	1,82
194	1517,1	1198,0	28,7	1,80
195	1517,5	1198,4	31,5	1,83
196	1517,9	1198,0	31,0	1,90
197	1518,4	1198,4	24,8	1,66
198	1518,8	1198,0	24,2	1,65
199	1519,2	1198,4	24,0	1,35
200	1519,6	1198,0	23,4	1,36
201	1520,0	1198,4	23,2	1,61
202	1520,4	1198,0	22,7	1,58
203	1520,8	1198,4	22,5	1,86
204	1521,2	1198,0	21,9	1,72
205	1521,7	1198,4	27,9	2,01
206	1522,1	1198,0	24,3	2,19
207	1522,5	1198,4	27,3	2,10
208	1522,9	1198,0	26,8	2,11
209	1523,3	1198,4	20,9	20,00
210	1523,7	1198,0	26,1	2,18
211	1515,5	1198,9	29,7	1,76
212	1516,3	1198,9	29,7	1,82
213	1517,1	1198,9	32,1	1,83
214	1517,9	1198,9	25,3	1,62
215	1518,8	1198,9	24,6	1,35
216	1519,6	1198,9	26,9	2,08
217	1520,4	1198,9	29,2	1,89
218	1521,2	1198,9	28,5	2,00
219	1522,1	1198,9	24,7	2,28
220	1523,7	1198,9	23,7	2,28

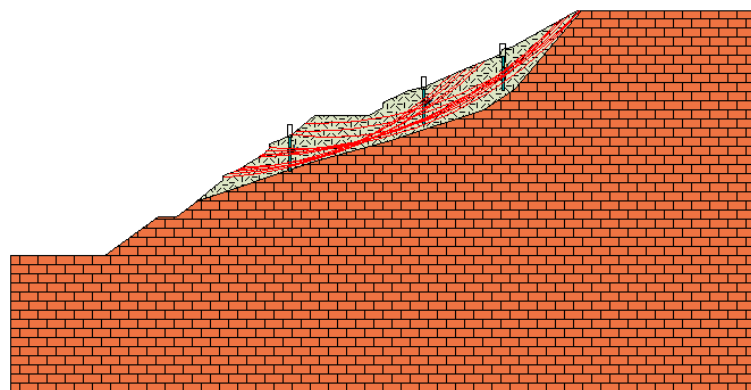


Figura 10.7 – Potenziali superfici di scorrimento sisma verticale negativo $FS = 1.30 - 1.50$

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2018 – Condizioni sismiche (componente verticale verso l'alto)
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	



Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1515,46 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1189,62 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1523,72 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1198,91 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0285
Coefficiente azione sismica verticale	- 0,014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73
3	1510,75	1168,73
4	1513,75	1170,93
5	1514,84	1170,95
6	1515,54	1171,48
7	1516,97	1172,63
8	1517,51	1173,04
9	1517,51	1173,32
10	1518,32	1173,62
11	1519,17	1174,12
12	1519,8	1174,55
13	1520,17	1174,85
14	1520,17	1175,12
15	1520,97	1175,43
16	1521,61	1175,77
17	1522,75	1176,73
18	1525,85	1176,73
19	1526,62	1177,21
20	1526,63	1177,49
21	1527,15	1177,72
22	1527,62	1177,9
23	1528,12	1178,15
24	1529,01	1178,39
25	1531,52	1179,45
26	1533,13	1180,12
27	1533,4	1180,24
28	1533,45	1180,52
29	1533,74	1180,57
30	1534,05	1180,65
31	1534,26	1180,75
32	1536,02	1181,72
33	1536,71	1182,12
34	1537,75	1182,73
35	1548,32	1182,73

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1505,34	1164,87
2	1505,34	1168,73



3	1505,34	1168,73
4	1505,34	1168,73
5	1510,75	1168,73
6	1513,75	1170,93
7	1514,84	1170,95
8	1516,04	1171,88
9	1522,8	1174,17
10	1527,1	1175,29
11	1532,42	1177,09
12	1534,17	1178,27
13	1538,01	1182,73
14	1548,32	1182,73

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		29	17	17	riporto
2	15		32	19	20	calcare

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	1533,47	1180,141	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
2	1528,944	1178,242	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)
3	1521,262	1175,539	0,1	2	90	1,5	18	Carico limite Broms & (1964)

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,3
Ascissa centro superficie	1523,31 m
Ordinata centro superficie	1196,59 m
Raggio superficie	20,19 m

Numero di superfici esaminate....(220)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	1515,5	1189,6	15,8	1,74
2	1515,9	1190,1	22,8	1,89
3	1516,3	1189,6	15,6	1,79
4	1516,7	1190,1	22,9	1,82



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

5	1517,1	1189,6	22,6	1,82
6	1517,5	1190,1	23,0	1,78
7	1517,9	1189,6	22,7	1,77
8	1518,4	1190,1	23,1	1,75
9	1518,8	1189,6	22,8	1,74
10	1519,2	1190,1	23,3	1,71
11	1519,6	1189,6	23,0	1,70
12	1520,0	1190,1	20,6	1,94
13	1520,4	1189,6	23,0	1,72
14	1520,8	1190,1	22,8	1,86
15	1521,2	1189,6	22,5	1,87
16	1521,7	1190,1	22,3	1,85
17	1522,1	1189,6	13,9	1,88
18	1522,5	1190,1	24,2	1,91
19	1522,9	1189,6	21,1	1,92
20	1523,3	1190,1	23,5	1,85
21	1523,7	1189,6	13,3	1,66
22	1515,5	1190,5	23,1	1,91
23	1515,9	1191,0	23,5	1,86
24	1516,3	1190,5	23,2	1,84
25	1516,7	1191,0	23,6	1,82
26	1517,1	1190,5	23,3	1,79
27	1517,5	1191,0	23,7	1,88
28	1517,9	1190,5	23,4	1,76
29	1518,4	1191,0	23,8	1,73
30	1518,8	1190,5	23,5	1,72
31	1519,2	1191,0	24,0	1,80
32	1519,6	1190,5	23,7	1,81
33	1520,0	1191,0	23,7	1,72
34	1520,4	1190,5	23,2	1,86
35	1520,8	1191,0	23,0	1,84
36	1521,2	1190,5	22,7	1,85
37	1521,7	1191,0	22,5	1,95
38	1522,1	1190,5	22,1	1,91
39	1522,5	1191,0	24,5	1,84
40	1522,9	1190,5	21,3	1,98
41	1523,3	1191,0	15,9	1,50
42	1523,7	1190,5	15,8	1,97
43	1515,5	1191,5	23,8	1,88
44	1515,9	1191,9	24,2	1,85
45	1516,3	1191,5	23,9	1,83
46	1516,7	1191,9	24,3	1,79
47	1517,1	1191,5	24,0	1,79
48	1517,5	1191,9	24,4	1,75
49	1517,9	1191,5	24,1	1,74
50	1518,4	1191,9	24,5	1,80
51	1518,8	1191,5	24,2	1,80
52	1519,2	1191,9	24,6	1,71
53	1519,6	1191,5	24,2	1,72
54	1520,0	1191,9	24,0	1,86
55	1520,4	1191,5	23,5	1,84
56	1520,8	1191,9	17,4	1,64
57	1521,2	1191,5	17,3	1,89
58	1521,7	1191,9	22,7	1,92
59	1522,1	1191,5	25,0	1,91
60	1522,5	1191,9	16,7	1,64
61	1522,9	1191,5	24,2	1,95
62	1523,3	1191,9	16,1	1,51
63	1523,7	1191,5	15,9	1,39
64	1515,5	1192,4	24,5	1,87
65	1515,9	1192,9	20,0	1,61
66	1516,3	1192,4	24,6	1,80
67	1516,7	1192,9	25,0	1,78



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

68	1517,1	1192,4	24,7	1,76
69	1517,5	1192,9	25,1	1,80
70	1517,9	1192,4	24,8	1,80
71	1518,4	1192,9	25,2	1,83
72	1518,8	1192,4	24,9	1,72
73	1519,2	1192,9	25,0	1,73
74	1519,6	1192,4	24,5	1,85
75	1520,0	1192,9	18,4	1,64
76	1520,4	1192,4	17,9	1,48
77	1520,8	1192,9	17,6	1,89
78	1521,2	1192,4	25,9	1,74
79	1521,7	1192,9	25,7	1,84
80	1522,1	1192,4	17,2	1,68
81	1522,5	1192,9	17,0	1,88
82	1522,9	1192,4	16,4	1,79
83	1523,3	1192,9	24,3	1,93
84	1523,7	1192,4	16,1	1,59
85	1515,5	1193,3	20,3	1,43
86	1515,9	1193,8	25,7	1,81
87	1516,3	1193,3	20,2	1,35
88	1516,7	1193,8	20,4	1,39
89	1517,1	1193,3	20,0	1,52
90	1517,5	1193,8	20,3	1,35
91	1517,9	1193,3	19,9	1,76
92	1518,4	1193,8	25,9	1,72
93	1518,8	1193,3	25,6	1,72
94	1519,2	1193,8	19,5	1,46
95	1519,6	1193,3	19,0	1,46
96	1520,0	1193,8	24,5	1,94
97	1520,4	1193,3	26,9	1,95
98	1520,8	1193,8	23,8	1,97
99	1521,2	1193,3	17,5	1,90
100	1521,7	1193,8	26,0	1,85
101	1522,1	1193,3	25,6	1,94
102	1522,5	1193,8	25,4	1,92
103	1522,9	1193,3	22,1	2,14
104	1523,3	1193,8	21,9	2,17
105	1523,7	1193,3	24,1	2,00
106	1515,5	1194,3	20,9	1,57
107	1515,9	1194,7	21,1	1,64
108	1516,3	1194,3	20,8	1,49
109	1516,7	1194,7	21,0	1,52
110	1517,1	1194,3	20,6	1,39
111	1517,5	1194,7	20,8	1,43
112	1517,9	1194,3	20,5	1,37
113	1518,4	1194,7	20,5	1,46
114	1518,8	1194,3	20,0	1,47
115	1519,2	1194,7	25,6	1,86
116	1519,6	1194,3	25,1	1,97
117	1520,0	1194,7	24,9	1,93
118	1520,4	1194,3	27,2	1,74
119	1520,8	1194,7	24,1	2,05
120	1521,2	1194,3	26,5	1,85
121	1521,7	1194,7	23,5	2,09
122	1522,1	1194,3	25,9	1,91
123	1522,5	1194,7	23,0	2,15
124	1522,9	1194,3	25,2	1,94
125	1523,3	1194,7	19,5	1,91
126	1523,7	1194,3	19,1	2,01
127	1515,5	1195,2	21,5	1,40
128	1515,9	1195,7	27,1	1,88
129	1516,3	1195,2	21,4	1,73
130	1516,7	1195,7	27,2	1,76



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

131	1517,1	1195,2	21,2	1,56
132	1517,5	1195,7	21,4	1,63
133	1517,9	1195,2	21,1	1,47
134	1518,4	1195,7	29,7	1,75
135	1518,8	1195,2	26,2	1,85
136	1519,2	1195,7	26,0	1,98
137	1519,6	1195,2	25,4	1,92
138	1520,0	1195,7	28,2	1,89
139	1520,4	1195,2	24,6	2,03
140	1520,8	1195,7	27,4	1,86
141	1521,2	1195,2	26,8	1,94
142	1521,7	1195,7	20,8	1,40
143	1522,1	1195,2	20,5	1,98
144	1522,5	1195,7	20,5	1,78
145	1522,9	1195,2	20,0	1,90
146	1523,3	1195,7	19,8	1,65
147	1523,7	1195,2	19,3	1,69
148	1515,5	1196,1	22,1	1,73
149	1515,9	1196,6	27,9	1,79
150	1516,3	1196,1	27,5	1,78
151	1516,7	1196,6	27,9	1,76
152	1517,1	1196,1	27,6	1,74
153	1517,5	1196,6	27,8	1,86
154	1517,9	1196,1	27,3	1,87
155	1518,4	1196,6	30,0	1,88
156	1518,8	1196,1	26,5	1,97
157	1519,2	1196,6	29,3	1,74
158	1519,6	1196,1	25,7	1,98
159	1520,0	1196,6	22,5	1,79
160	1520,4	1196,1	22,0	1,73
161	1520,8	1196,6	21,8	1,41
162	1521,2	1196,1	21,2	1,41
163	1521,7	1196,6	21,0	1,56
164	1522,1	1196,1	20,8	1,43
165	1522,5	1196,6	20,8	1,32
166	1522,9	1196,1	20,4	1,54
167	1523,3	1196,6	20,2	1,30
168	1523,7	1196,1	19,6	1,41
169	1515,5	1197,1	28,2	1,81
170	1515,9	1197,5	28,6	1,79
171	1516,3	1197,1	28,3	1,77
172	1516,7	1197,5	28,7	1,86
173	1517,1	1197,1	28,3	1,86
174	1517,5	1197,5	28,2	1,86
175	1517,9	1197,1	27,6	1,87
176	1518,4	1197,5	27,4	1,93
177	1518,8	1197,1	26,9	1,94
178	1519,2	1197,5	23,6	1,73
179	1519,6	1197,1	23,1	1,80
180	1520,0	1197,5	25,9	2,11
181	1520,4	1197,1	22,3	1,40
182	1520,8	1197,5	22,1	1,62
183	1521,2	1197,1	21,6	1,58
184	1521,7	1197,5	21,4	1,68
185	1522,1	1197,1	21,0	1,44
186	1522,5	1197,5	26,9	2,15
187	1522,9	1197,1	20,7	1,33
188	1523,3	1197,5	20,6	1,86
189	1523,7	1197,1	20,0	1,78
190	1515,5	1198,0	29,0	1,81
191	1515,9	1198,4	29,4	1,91
192	1516,3	1198,0	29,0	1,90
193	1516,7	1198,4	29,3	1,88



COMUNE DI
TARANTO
Direzione Ambiente
Salute Qualità della
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE
DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

194	1517,1	1198,0	28,7	1,86
195	1517,5	1198,4	31,5	1,88
196	1517,9	1198,0	31,0	1,96
197	1518,4	1198,4	24,8	1,71
198	1518,8	1198,0	24,2	1,70
199	1519,2	1198,4	24,0	1,39
200	1519,6	1198,0	23,4	1,40
201	1520,0	1198,4	23,2	1,67
202	1520,4	1198,0	22,7	1,63
203	1520,8	1198,4	22,5	1,93
204	1521,2	1198,0	21,9	1,78
205	1521,7	1198,4	27,9	2,07
206	1522,1	1198,0	24,3	2,26
207	1522,5	1198,4	27,3	2,16
208	1522,9	1198,0	26,8	2,17
209	1523,3	1198,4	20,9	20,00
210	1523,7	1198,0	26,1	2,24
211	1515,5	1198,9	29,7	1,81
212	1516,3	1198,9	29,7	1,88
213	1517,1	1198,9	32,1	1,89
214	1517,9	1198,9	25,3	1,67
215	1518,8	1198,9	24,6	1,39
216	1519,6	1198,9	26,9	2,14
217	1520,4	1198,9	29,2	1,94
218	1521,2	1198,9	28,5	2,06
219	1522,1	1198,9	24,7	2,35
220	1523,7	1198,9	23,7	2,35

=====