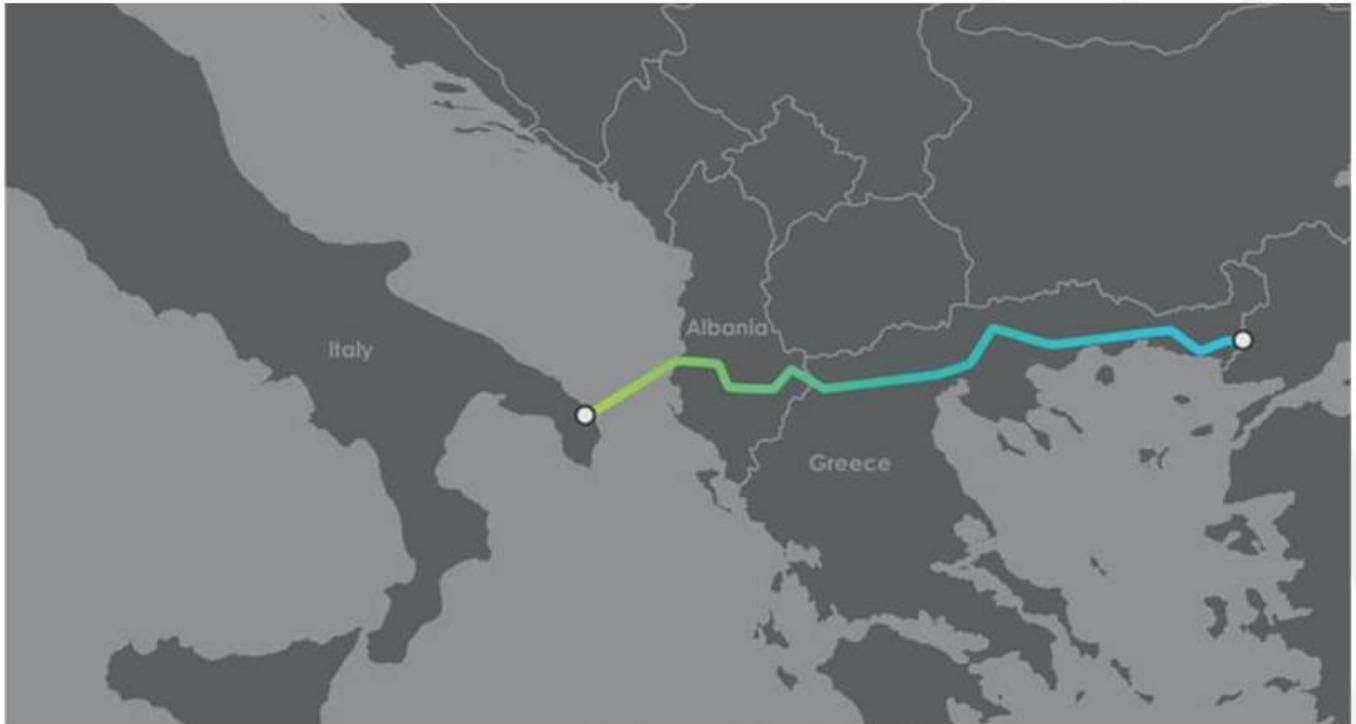




Trans Adriatic
Pipeline



Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto (Italia)

Doc. n° IPR01-URS-000-Q-TRG-0001

Rev. 01

Dicembre 2015

Trans Adriatic Pipeline AG Italia - Sede Secondaria
Via IV Novembre, 149 - 00187 Roma, Italia
Tel.: +39 06 69 76 501
Fax: +39 06 69 76 50 32
tapitalia@tap-ag.com
www.tap-ag.it

Tutti i diritti di proprietà intellettuale relativi al presente documento sono riservati. La riproduzione, la diffusione o la messa a disposizione di terzi dei contenuti del presente documento sono vietate, se non sono preventivamente autorizzate da TAP AG.
La versione aggiornata del documento è disponibile nel database del Progetto TAP.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

URS

TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

Preparato per:
E.ON Technologies
GmbH

Dicembre 2015

Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del gasdotto - ITALIA



PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

VERSIONE	NOME	FIRMA	DATA	POSIZIONE
Preparato da	A. Passero		Dicembre 2015	Geologo Senior
Controllato da	S. Conti		Dicembre 2015	Project Manager
Approvato da	G. Lucchini		Dicembre 2015	Direttore Tecnico

TITOLO:

STUDIO GEOTECNICO E
GEOFISICO NELL'AREA
DEL TERMINALE DI
RICEZIONE DEL
GASDOTTO - ITALIA

Progetto N.
46318-441

Contatto / Cliente:
Florian Guballa

Cliente:

E.ON Technologies GmbH
Alexander-von-Humboldt-
Straße 1
45896 Gelsenkirchen

Emesso da:

URS Italia S.p.A.
Via G. Watt, 27
20143 Milano (Italy)

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	17/06/2015	Bozza per revisioni
0B	01/07/2015	Verifiche della capacità portante e dei cedimenti di assestamento; Conclusioni e raccomandazioni
00	31/07/2015	Versione finale
01	18/12/2015	Emissione finale

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

INDICE

1	INTRODUZIONE	8
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
3	DESCRIZIONE DEL SITO	16
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
4.1	Geomorfologia	18
4.2	Geologia	19
4.3	Assetto strutturale	23
4.4	Pericolosità sismica	24
4.4.1	Classificazione sismica italiana	24
4.5	Idrologia ed idrogeologia	29
4.5.1	Idrologia	29
4.5.2	Idrogeologia	30
5	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO	32
5.1	Prospezioni geofisiche	32
5.2	Indagini geotecniche	34
6	ANALISI DEI RISULTATI	36
6.1	Prospezioni geofisiche	36
6.1.1	Campagna di indagine del 2013	36
6.1.2	Campagna di indagine del 2015	40
6.2	Indagini geotecniche	41
6.2.1	Caratterizzazione geologica	41
6.2.2	Caratterizzazione geotecnica	42
6.3	Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici	50
6.4	Azione sismica di progetto	52
6.4.1	Categorie di sottosuolo	52
6.4.2	Identificazione della pericolosità del sito	54
6.4.3	Scelta della strategia di progetto	56
6.4.4	Determinazione dell'azione sismica di progetto	57
7	VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE	62
7.1	Riferimenti Normativi	62
7.2	Stato Limite Ultimo (SLU)	62
7.3	Carico limite per il collasso del terreno di fondazione	65
7.4	Stato Limite di Esercizio (SLE)	69
8	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	71
8.1	Angolo d'attrito caratteristico 30.5° - Verifica M2+R2	72

Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP	IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA	

8.2	Angolo d'attrito caratteristico 30.5° - Verifica M1+R3	75
8.3	Angolo d'attrito caratteristico 32° - Verifica M2+R2	78
8.4	Angolo d'attrito caratteristico 32° - Verifica M1+R3	81
9	VERIFICA DEI CEDIMENTI	84
10	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	89
11	BIBLIOGRAFIA	90

ALLEGATI

ALLEGATO 1	Inquadramento geografico del sito
ALLEGATO 2	Ubicazione dei sondaggi geotecnici
ALLEGATO 3	Sezioni geologiche
ALLEGATO 4	Profili di Tomografia Elettrica in Superficie e di Sismica a Rifrazione del 2013
ALLEGATO 5	Profili di Tomografia Elettrica in Superficie e di Sismica a Rifrazione del 2015
ALLEGATO 6	Rapporto tecnico delle prospezioni geofisiche del 2015
ALLEGATO 7	Rapporti giornalieri della sorveglianza archeologica
ALLEGATO 8	Colonne stratigrafiche dei sondaggi geotecnici
ALLEGATO 9	Rapporti di prova del laboratorio geotecnico
ALLEGATO 10	Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici delle carote
ALLEGATO 11	Riepilogo degli esiti delle prove di laboratorio
ALLEGATO 12	Riepilogo delle prove SPT
ALLEGATO 13	Rilievo topografico dei sondaggi geotecnici

FIGURE NEL TESTO

Figura 2-1	Trans Adriatic Pipeline – schema generale	9
Figura 2-2:	Modello tridimensionale del PRT – Vista da Nord <i>Fonte: TAP AG (May 2013)</i>	10
Figura 2-3:	Modello tridimensionale del PRT – dettagli degli edifici	11
Figura 2-4:	Ubicazione e sezione degli edifici di generazione di energia	12
Figura 2-5:	Ubicazione e sezione degli edifici principali	13
Figura 2-6:	Ubicazione e sezione della centrale termica	14
Figura 2-7:	Ubicazione e sezione dell'impianto di monitoraggio di gas e zolfo	15
Figura 3-1:	Ubicazione del sito (estratto da ESIA Italy – Annex 7 Baseline Data and Maps)	16
Figura 3-2:	PRT – Vista da Sud, <i>Fonte: ERM (April 2013)</i>	17
Figura 4-1:	F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.	21
Figura 4-2:	Carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); (2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); (3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, (4) calcilutite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); (5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); (6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; (7)	

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

calcarei e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.	22
Figura 4-3: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)	23
Figura 4-4: Classificazione Sismica Italiana.	26
Figura 4-5: Pericolosità Sismica	27
Figura 4-6: Principali terremoti registrati (Scala MCS)	28
Figura 4-7: Estratto dal Foglio 512 della Carta Idrogeomorfologica: il cerchio rosso indica il bacino endoreico nell'area di indagine, il riquadro rosso indica la relativa descrizione nella legenda.	29
Figura 4-8: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce.	31
Figura 6-1: Layout dei profili MASW nell'area del PRT. Errore. Il segnalibro non è definito.	
Figura 6-2: MASW profile BH5B and BH10B	54
Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- INGV– linea tratteggiata)	55
Figure 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	56
Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite	57
Figura 6-6: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	58
Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV	59
Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV	60
Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV	61
Figura 7-1: Schemi di rottura (da Bond & Harris, 2008)	64

	Pagina 7 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

LIMITAZIONI

URS ha preparato il presente Rapporto per l'uso esclusivo di E.ON Technologies GmbH (ENT) in conformità al Contratto di fornitura dei servizi. Non si concedono altre garanzie, né esplicite né implicite, in merito alle consulenze professionali ricomprese nel presente Rapporto né a qualsiasi altro servizio fornito da URS. Il presente Rapporto è riservato e non può essere divulgato a terzi dal Cliente né usato da altri senza il previo ed esplicito consenso scritto di URS.

Le conclusioni e le raccomandazioni contenute nel presente Rapporto si fondano su informazioni fornite da terzi e si basano sull'ipotesi che tutte le informazioni pertinenti siano state fornite dai terzi ai quali sono state richieste e che tali informazioni siano accurate. Le informazioni ottenute da URS non sono state sottoposte a una verifica indipendente, salvo quando altrimenti dichiarato nel Rapporto.

La metodologia adottata e le fonti di informazione usate da URS per la fornitura dei suoi servizi sono descritte nel presente Rapporto. Il lavoro descritto nel presente Rapporto, eseguito tra il 02/07/2013 e il 01/08/2013 si basa sulle condizioni riscontrate e le informazioni a disposizione nel corso del suddetto periodo di tempo. Lo scopo del presente Rapporto e i servizi sono pertanto limitati per ragioni di fatto da tali circostanze.

Qualora siano formulate valutazioni dei lavori o costi identificati nel presente Rapporto, tali valutazioni si fondano sulle informazioni disponibili all'epoca e, ove appropriato, sono soggette a ulteriori indagini o dipendono da ulteriori informazioni che possono divenire disponibili.

URS non si assume alcun impegno od obbligo di informare qualsiasi persona in merito a eventuali variazioni di qualunque aspetto che influisce sul Rapporto, le quali possono essere portate o segnalate all'attenzione di URS dopo la data del Rapporto.

Alcune dichiarazioni rese nel Rapporto che non sono fatti storici possono costituire stime, proiezioni o altre dichiarazioni riguardo il futuro e sebbene siano fondate su ipotesi ragionevoli alla data del Rapporto, tali dichiarazioni riguardo il futuro sono associate per loro propria natura a rischi e incertezze che potrebbero causare un discostamento sostanziale dei risultati effettivi rispetto ai risultati previsti. Nello specifico, URS non garantisce alcuna stima o proiezione contenuta nel presente Rapporto.

Qualora siano state eseguite indagini sul campo, queste ultime si sono limitate al livello di dettaglio richiesto al fine di realizzare gli obiettivi dichiarati dei servizi. I risultati di eventuali misurazioni effettuate possono variare a seconda dello spazio o del tempo e si consigliano ulteriori misurazioni di conferma dopo eventuali ritardi significativi nella distribuzione del presente Rapporto.

COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è protetto dal diritto d'autore di URS. Eventuali riproduzioni o impieghi non autorizzati da parte di terzi diversi dal destinatario sono rigorosamente vietati.

	Pagina 8 di 90				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA				
					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

1 INTRODUZIONE

Questo documento è la relazione tecnica che descrive le indagini geotecniche e le prospezioni geofisiche eseguite da URS preliminarmente alla costruzione del Terminale di Ricezione del gasdotto (di seguito PRT) Trans Adriatic Pipeline (di seguito indicato come TAP) nell'area del Microtunnel, nel territorio comunale di Melendugno (LE).

URS è stata incaricata dell'esecuzione delle indagini di cui sopra da E.ON New Build and Technology GmbH (di seguito indicato come ENT), che all'epoca era componente di TAP AG con STATOIL e AXPO, a seguito di aggiudicazione della gara per tale progetto di indagini.

La documentazione tecnica di riferimento per la presente relazione è elencata di seguito:

1. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1006 Rev. 00 ESIA Italia: Capitolo 6 Quadro di riferimento ambientale e sociale;
2. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1000 ESIA Italia: Allegato 7
3. 2012_10_TAP_Addendum_URS_Proposal_3116048_rev00;
4. IAL00-ENT-000-Q-TSX-0001_00-Description of Area PRT and Pipeline Corridor;
5. IAL00-ENT-000-Q-TLX-0001_00-at01-Soil Investigation Italy - Bill of Quantities;
6. 2012_09_TAP_TSP_Italy_URS_Proposal_3116048_rev00;
7. IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 - Geophysical Investigation Italy;

I documenti sopra menzionati sono stati utilizzati per definire:

- l'ubicazione dei punti di indagine;
- le procedure esecutive di perforazione, rilievi geofisici e prove in sito;
- la profondità di investigazione;
- le procedure di prelievo dei campioni e di consegna al laboratorio;
- le prove geotecniche da eseguire in laboratorio.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

TAP trasporterà il gas fino all'Europa occidentale attraversando la Grecia, l'Albania ed il Mare Adriatico. Attraversando il Mare Adriatico in un gasdotto da 36" dall'Albania centro-occidentale, il gasdotto approderà in Puglia, nell'Italia Sud-Orientale e si collegherà alla esistente rete italiana di Snam Rete Gas.

Il progetto è finalizzato ad accrescere la sicurezza e la diversificazione delle fonti di approvvigionamento di gas per i mercati europei. TAP ha anche previsto in progetto di gestire il flusso inverso. La lunghezza totale del gasdotto è di circa 871 km.

L'approdo del gasdotto avverrà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri nel Comune di Melendugno in provincia di Lecce. L'approdo sarà realizzato impiegando la tecnologia del "microtunnelling" per ridurre al minimo gli impatti visivi ed ambientali lungo la costa.

La Figura 2-1 mostra lo schema generale del TAP. Il gasdotto in Italia consisterà di:

- circa 45 km di condotta sottomarina, dalla linea mediana del Mar Adriatico alla costa italiana,
- un microtunnel in approdo lungo circa 1.485 m, di cui 600 m sulla terraferma,
- circa 8.2 km di condotta terrestre, dal punto chilometrico (Kp) 0, dove il microtunnel si innesta sulla condotta terrestre, al Kp 8.203, dove raggiunge il Terminale di Ricezione del gasdotto (Pipeline Receiving Terminal di seguito indicato come PRT),

ed avrà una capacità iniziale di 10 BCM (espandibile a 20 BCM) di gas naturale all'anno (circa 1.190.000 metri cubi standard all'ora).

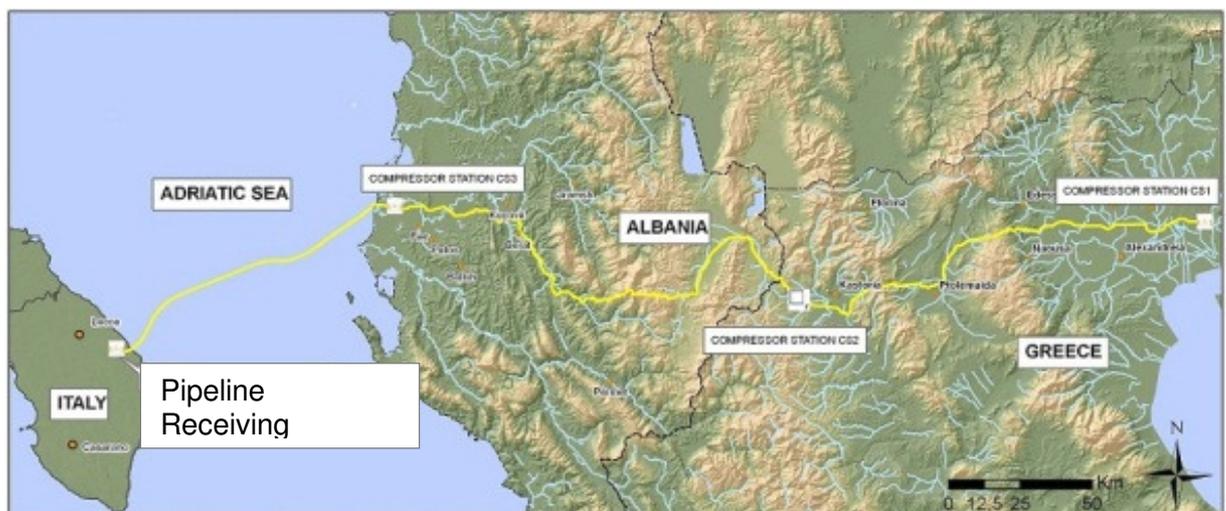


Figura 2-1 Trans Adriatic Pipeline – schema generale

Il progetto includerà anche l'installazione di un cavo a fibra ottica per permettere le comunicazioni tra il PRT, dove sarà posizionato il centro di controllo e di vigilanza, le centrali di compressione in Albania e Grecia e le valvole di intercettazione (Block Valve Stations, di seguito BVS) installate lungo gli 871 km di gasdotto. Tale cavo sarà steso parallelamente al gasdotto, lungo l'intero

	Pagina 10 di 90				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA				
					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

percorso (tratto su terraferma e tratto sottomarino) e costituirà il principale mezzo di comunicazione tra le stazioni del gasdotto.

Il PRT costituirà il punto finale del gasdotto TAP pipeline e la connessione con la rete italiana posseduta e gestita da Snam Rete Gas S.p.A (SRG). Le principali funzioni del PT saranno:

- Ricevere il gas e gli equipaggiamenti di manutenzione della linea (Pipeline Inspection Gauge – PIG. dispositivi utilizzati per l'ispezione e la pulizia delle condotte);
- Controllare che portata, pressione e temperatura rispettino i requisiti di SRG;
- Misurare la portata per motivi fiscali;
- Consegnare il gas a SRG;
- Garantire uno sfiato in condizioni di sicurezza in caso di emergenza o necessità di manutenzione;
- Controllare il funzionamento dell'intero gasdotto, incluse le valvole di intercettazione, stazioni di compressione (realizzate in Albania e Grecia), e del PRT stesso.

La Figura 2-2 mostra il modello 3D del PRT.



Figura 2-2: Modello tridimensionale del PRT – Vista da Nord Fonte: TAP AG (May 2013)

L'area del PRT rappresenterà anche il cantiere base per la costruzione dell'intera condotta su terraferma e l'unica area di stoccaggio tubi per tutte le attività di costruzione della stessa.

La portata massima di gas del terminale TAP sarà di 10 Bmc/anno per le attrezzature inizialmente installate. L'aumento della capacità fino a 20 Bmc/anno verrà realizzato aggiungendo ulteriori attrezzature (pompe, impianti di riscaldamento, linee di processo, ecc.). Lo scopo della stazione di misurazione del gas naturale è effettuare misurazioni fiscali della quantità e della qualità del gas trasportato dal terminale TAP alla rete SRG.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Lo scopo della sezione in ingresso al terminale è quello di ricevere il gas in entrata e fungere da punto di isolamento (e di arresto di emergenza) tra la BVS prossima alla costa e il terminale stesso. Inoltre, gli impianti di ingresso prevedono la trappola di ricezione del PIG.



Figura 2-3: Modello tridimensionale del PRT – dettagli degli edifici

La Figura 2-3 mostra la restituzione 3D degli edifici del PRT, mentre l'ubicazione e la sezione degli edifici per la generazione di energia, degli edifici principali, dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto di monitoraggio di gas e zolfo sono indicate rispettivamente in Figura 2-4, Figura 2-5, Figura 2-6 e Figura 2-7.

Per ragioni di disponibilità, il terminale verrà realizzato secondo un progetto a blocchi, ciascuno dei quali corrisponde alle diverse unità di processo (filtro, due caldaie elettriche e due caldaie a gas, scambiatori di calore, sistema di controllo e misurazione della pressione e del flusso) con 3 unità di trattamento del gas identiche, ognuna delle quali alimentata da un unico collettore ubicato appena al di sotto degli impianti di ingresso del terminale. Tra tutte le unità di trattamento, il gas verrà raccolto in un unico collettore e successivamente sarà suddiviso per le diverse unità di processo.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

 System Zero =00 m ü. NN

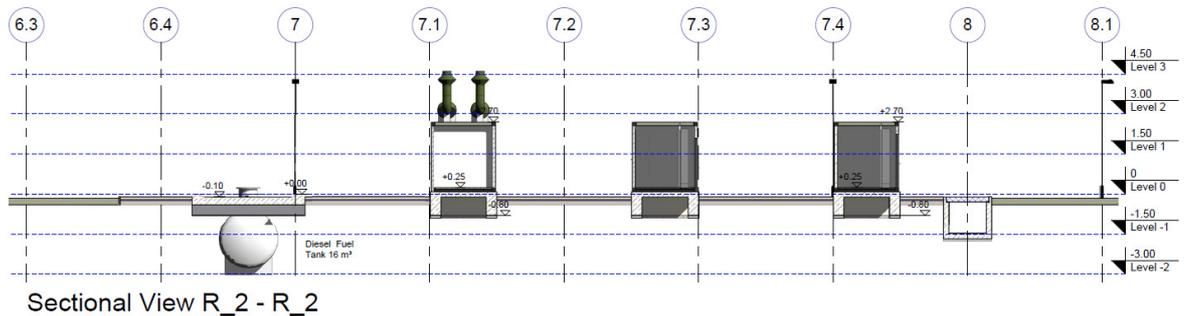
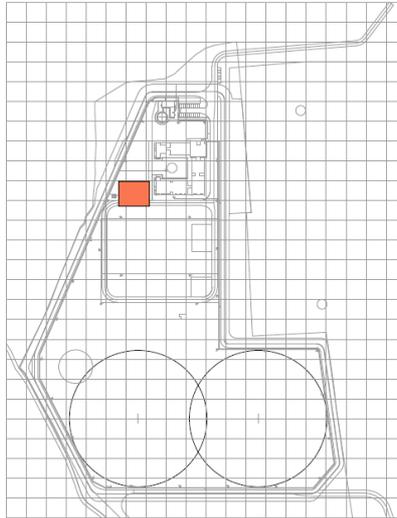


Figura 2-4: Ubicazione e sezione degli edifici di generazione di energia

(Fonte: IPR01 - ENT - 810 - Z - DZP – 0001)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

System Zero =00 m ü. NN

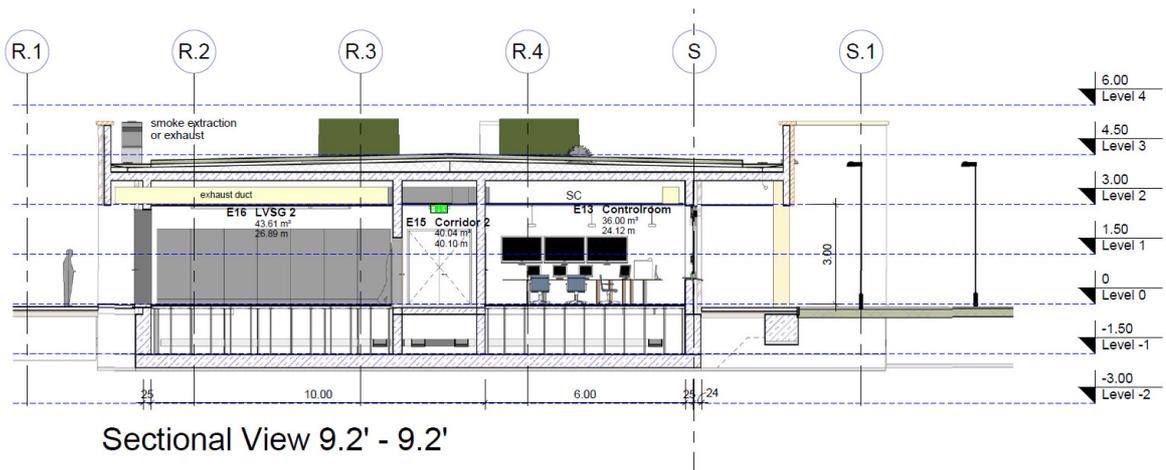
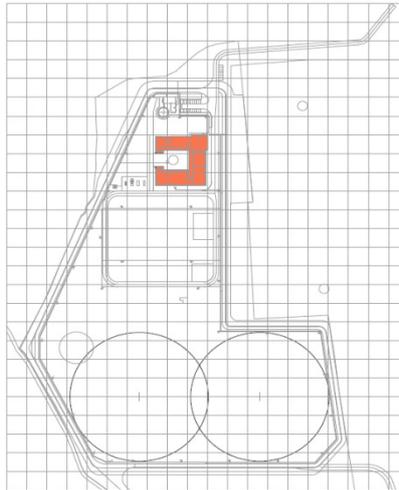


Figura 2-5: Ubicazione e sezione degli edifici principali

(Source IPR01 - ENT - 950 - Z - DZP - 0008)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

System Zero =00 m ü. NN

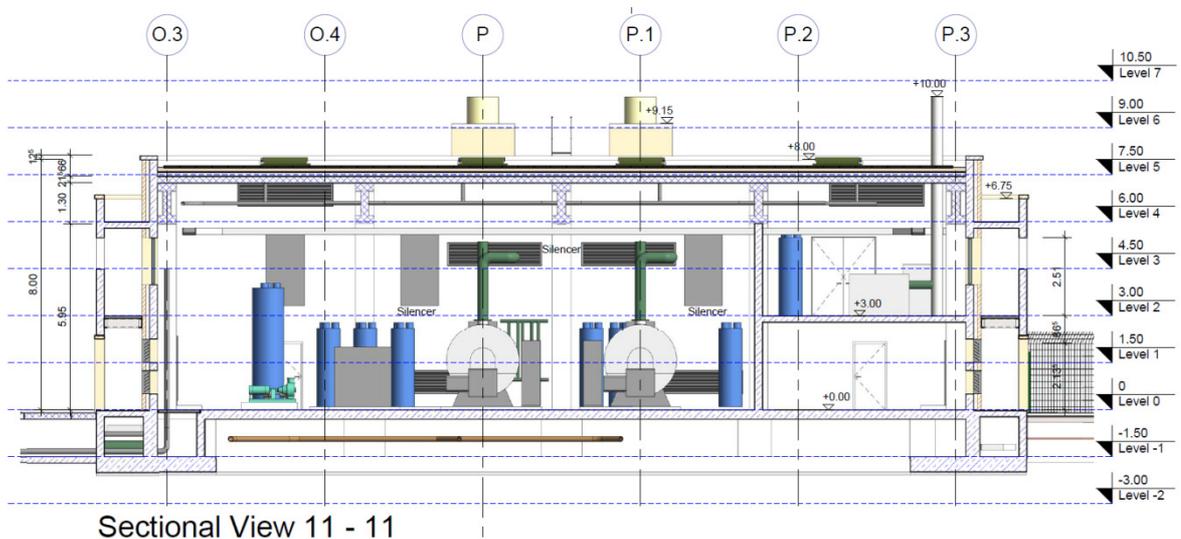
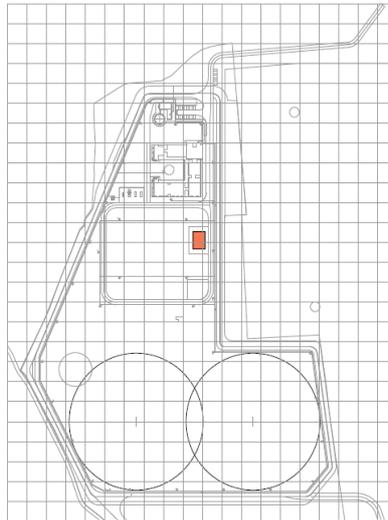


Figura 2-6: Ubicazione e sezione della centrale termica
 (Source IPR01 - ENT - 962 - Z - DZP – 0001)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

 System Zero =00 m ü. NN

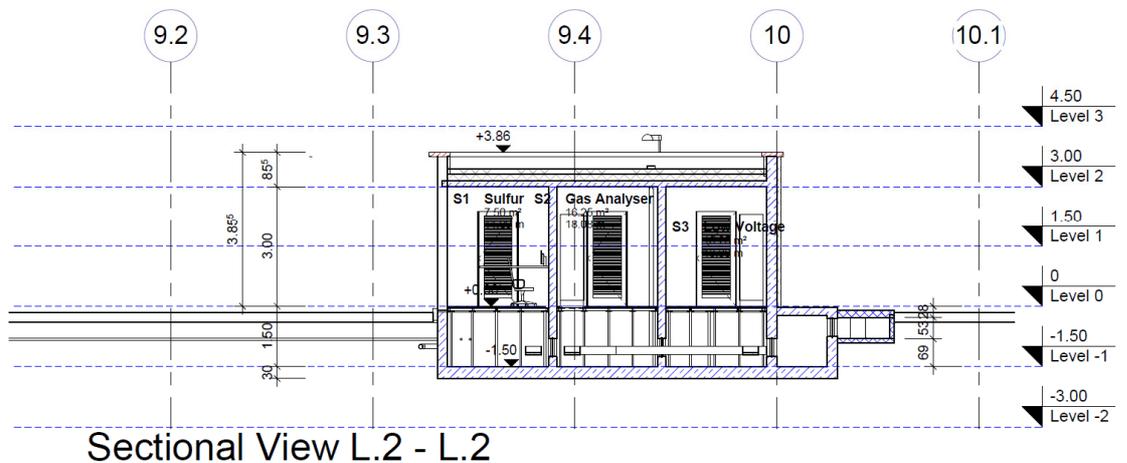
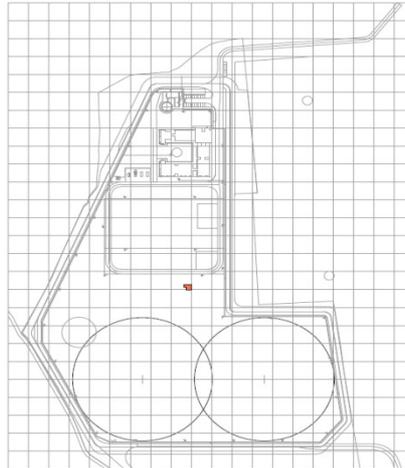


Figura 2-7: Ubicazione e sezione dell'impianto di monitoraggio di gas e zolfo

(Source IPR01 - ENT - 954 - Z - DZP - 0001)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

3 DESCRIZIONE DEL SITO

L'area prevista per la costruzione del PRT è ubicata in prossimità del confine tra i Comuni di Melendugno e Vernole, a SE di Lecce, circa 8.2 km nell'interno a partire dalla costa.

Il PRT sarà costruito in un vasto campo a seminativo non irriguo di superficie in cui è presente una "pagghiara" (tipica costruzione del Salento). Esso è circondato quasi esclusivamente da uliveti delimitati da muretti a secco e da strade poderali ad eccezione della parte Sud, dove confina con altre aree a seminativo.

La "pagghiara" sarà conservata e diventerà il punto centrale del cortile esterno del corpo principale del PRT. La Figura 3-1 e la Figura 3-2 mostrano la posizione del PRT.

Il PRT sarà anche il principale cantiere per tutte le attività di costruzione del tratto su terraferma e coprirà un'area di circa 12 ettari.



Figura 3-1: Ubicazione del sito (estratto da ESIA Italy – Annex 7 Baseline Data and Maps).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale
di Ricezione del Gasdotto - ITALIA****IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Figura 3-2: PRT – Vista da Sud, Fonte: ERM (April 2013)

	Pagina 18 di 90				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA				

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 Geomorfologia

Il paesaggio salentino è caratterizzato da una serie di piane lievemente ondulate di varia estensione e forma, in genere estese in direzione NW-SE, and caratterizzate da differenti quote (Allegato 01). I versanti che congiungono le piane rappresentano principalmente superfici di faglia or antiche scarpate costiere (Sansò et al., 2004).

I più importanti rilievi sono le “Serre”, bassi crinali tabulari nel settore occidentale del Salento, con andamento NNW – SSE and NW – SE, che di norma tagliano i calcari cretaceo–paleogenici e raggiungono quote di 200 m s.l.m. Esse hanno una complessa origine strutturale, rappresentando porzioni di un’antica (pre–miocenica) superficie di erosione tropicale (etchplain, Sansò et al., 2004) modellata da doline riempite di depositi residuali bauxitici e da piccoli rilievi a forma di cupola.

Verso la costa adriatica il rilievo è meno marcato e le creste tabulari meno estese. Lungo la costa, a n di Otranto, dei bacini lacustri occupano delle depressioni a forma romboidale allineate in direzione N-S e probabilmente associate a recente attività tettonica (Sansò et al., 2004).

A causa dell’estesa presenza di rocce carbonatiche, il Salento è particolarmente interessato dal carsismo, che è esteso dai calcari e le dolomie del Mesozoico alle unità più recenti, coinvolgendo anche i depositi pleistocenici delle Calcareniti di Gravina.

Secondo Sansò et al. (2004), si possono riconoscere quattro fasi di sviluppo del carsismo:

1. la prima ha età paleogenica e si è sviluppata sui calcari mesozoici, producendo un paesaggio tabulare in un clima tropicale, con intensi processi di dissoluzione;
2. la seconda ha avuto luogo nel Pliocene: si possono osservare solo poche forme carsiche di questa fase, nei depositi della Pietra Leccese, forse a causa dell’intensa erosione che ha colpito il paesaggio;
3. la terza ha età infra-medio-pleistocenica ed è connessa ad un livello di base del mare più basso di quello attuale. Gran parte delle forme carsiche attuali appartengono a questa fase;
4. l’ultima fase è datata Pleistocene medio-superiore. Solo poche forme sotterranee rinvenute nella Calcarenite di Gravina possono essere attribuite a questa fase.

Nel Salento settentrionale il carsismo sotterraneo è principalmente caratterizzato da grotte ipogee di varia grandezza, di solito a sviluppo sub-orizzontale 1) vicino a dislocazioni tettoniche e/o 2) lungo i giunti di stratificazione delle formazioni calcaree o 3) come carsismo di contatto tra i calcari mesozoici e le meno solubili formazioni cenozoiche. Queste grotte possono occasionalmente collassare e quindi formare delle doline, particolarmente diffuse nelle aree costiere sia dello Ionio che dell’Adriatico (Parise et al., 2008).

Altro tipico carattere del paesaggio salentino, in relazione con il carsismo, è l’assenza di un reticolo idrografico ben sviluppato e la presenza di bacini endoreici in cui si trovano depressioni e doline che costituiscono i punti di recapito del ruscellamento. In questi tipi di bacini non è possibile definire un’efficace rete di drenaggio; il ruscellamento è normalmente disperso e solo localmente incanalato in vie preferenziali nei dintorni di depressioni più ripide.

	Pagina 19 di 90				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA				
					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

In particolare l'area del PRT è caratterizzata da una morfologia sostanzialmente pianeggiante, con quote dell'ordine dei 40 m slm, interrotta da un rilievo allungato in direzione NW-SE e delimitante il PRT, che si attesta a quota 46 m slm circa, e da una depressione situata a SE del PRT, probabilmente di natura carsica, ricoperta sul fondo, a quote variabili tra 36 e 35 m slm, da vegetazione erbacea.

4.2 Geologia

Il Salento appartiene alla Piattaforma Apula, la quale rappresenta l'avampaese dell'Appennino Campano-Lucano, ed è formato da una spessa sequenza stratigrafica carbonatica di età mesozoica, ricoperta in trasgressione da depositi organogenici e/o calcarenitici paleogenico-oligocenici e da una sottile successione carbonatico-terrigena di età quaternaria.

La successione stratigrafica, definita da Largaiolli et al. (1969) nella Carta Geologica d'Italia ("F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000") e da Ciaranfi et al. (1988) nella "Carta geologica delle Murge e del Salento", è stata recentemente modificata da studi dettagliati di Bossio et al. (2005, 2006), svolti nell'area di Lecce e nella regione costiera del Salento da Otranto a Santa Maria di Leuca.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle unità stratigrafiche del Salento, dalla più antica alla più recente.

Calcari di Altamura (Calcari di Melissano e Dolomie di Galatina) – Cretacico superiore

La sequenza carbonatica mesozoica affiora nella parte interna del Salento formando i rilievi più elevate della regione. Essa consiste di un'alternanza di strati a spessore variabile di calcari micritici compatti e calcari dolomitici bianchi/grigi (Bossio et al., 2006). Lo spessore complessivo è considerevole, raggiungendo almeno 1000 m. L'ambiente deposizionale è tipico di un'estesa piattaforma carbonatica interna, con rinvenimento di successioni cicliche *tidali (di marea, Ndr)*.

Nel Foglio "F 214 – Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia, Largaiolli et al. (1969) hanno istituito due formazioni mesozoiche, le Dolomie di Galatina e i calcari di Melissano. In seguito Ciaranfi (1988), ha chiamato "Calcari di Altamura" la sequenza mesozoica del Salento. Tale denominazione è stata mantenuta da alcuni autori (Margiotta et al., 2006, Bruno et al., 2008), mentre Bossio (2006) ha ripreso la precedente denominazione "Calcari di Melissano".

Formazione di Galatone (Oligocene superiore) e Formazione di Lecce (Oligocene Superiore - Miocene Inferiore)

Tali formazioni affiorano a sud-ovest di Lecce. La Formazione di Galatone è composta da calcari micritici compatti grigi-bianchi, marne e depositi sabbioso-argillosi (Bossio et al., 2006), di spessore modesto (tra 10 e 70 m). La Formazione di Lecce è caratterizzata da calcareniti di colore da bianco a marrone chiaro e spessore pari approssimativamente a 60 m.

Pietra Leccese - Burdigaliano-Tortoniano (Messiniano)

Affiorante estesamente intorno a Lecce ed in un'area delimitata da Strudà, Vernole e Acaia, questa formazione costituita da due successioni leggermente differenti (Calò et al., 2005): la successione inferiore è rappresentata da una biomicrite marnosa detritica giallo pallido a tessitura compatta,

	Pagina 20 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

quella superiore è costituita da calcari glauconitici, frequentemente con tessitura tenera e porosa. Il calcare glauconitico è chiamato localmente “Piromafo” (Ciaranfi et al., 1988).

La sequenza litologica indica un ambiente da litorale a piattaforma aperta. Lo spessore Massimo è di 80 m.

Calcarenite di Andrano - Messiniano

Ampiamente affiorante ad Est e Sud-Est di Lecce, tale formazione rappresenta la sequenza regressiva di chiusura del ciclo miocenico dovuta all'emersione dell'intera penisola salentina (Bossio et al., 2006). È composta da calcari bioclastici, calcari detritici o oolitici, con calcari marnosi e marne in subordine. Tali depositi sono in alternanza teneri/porosi e compatti.

L'associazione di facies indica un ambiente deposizionale vicino al limite della zona neritica nella sequenza basale, con evidenza di una progressiva diminuzione della profondità nella successione sommitale (Bossio et al., 2006). Lo spessore totale raggiunge i 50 metri.

Formazione di Leuca– Pliocene inferiore (Miocene superiore)

Spessa solo pochi metri, la Formazione di Leuca forma una striscia continua tra la Calcarenite di Andrano e la Formazione di Uggiano la Chiesa. È costituita da breccie, conglomerati e, in subordine, da biomicriti glauconitiche (Bossio et al., 2006). La fauna bentonica ritrovata suggerisce un ambiente di posizione di mare basso.

Formazione di Uggiano la Chiesa– Pliocene inferiore

Forma una larga striscia che marca la linea di costa del Mare Adriatico e consiste di calcari stratificati e fossiliferi biodetritici, in genere teneri, e sabbie calcaree, il tutto di spessore pari a circa 50 meters. La base della successione è caratterizzata da uno strato conglomeratico, costituito da ciottoli fosfatici in una matrice calcareo-fosfatica di colore chiaro. La sequenza basale è di norma a grana fine e localmente ha composizione marnosa, mentre la sequenza sommitale è rappresentata da sedimenti calcarei a grana da media a grossolana. Nell'area di Lecce, l'ambiente deposizionale è rappresentato dalla zona neritica, interna o esterna (Bossio et al., 2006).

Calcarenite di Gravina (Calcarenite del Salento) – Plio-Pleistocene

Affiora ad E di Calimera e ad O di Vernole, fino a Borgagne ed è caratterizzata da una considerevole variabilità litologica, includendo infatti calcareniti marnose poco coerenti di grana da media a fine; calcareniti fossilifere grossolane; sabbie calcaree grossolane; sabbie limose o limi sabbiosi più o meno cementate; in genere la calcarenite è di colore giallastro o grigiastro, mentre gli altri litotipi possono essere ricoperte da una crosta superficiale gialla o rossastra. L'ambiente di deposizione è litorale. Corrisponde alla facies calcarenitica plio-pleistocenica della Calcarenite del Salento nel “F° 214 – Gallipoli della Carta geologica d'Italia”.

Argille subappenniniche - Pleistocene

Le Argille subappenniniche non affiorano nell'area costiera ma sono riconosciute nel sottosuolo, in alcune colonne stratigrafiche di pozzi. L'unità è composta principalmente da argille e argille marnoso-siltose stratificate con rare intercalazioni sabbiose (Ciaranfi et al., 1988). Lo spessore può raggiungere 250 m sul lato occidentale del Salento.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Depositi Continentali Recenti

Presenti lungo la costa, comprendono sedimenti limosi e argillosi con strati torbosi, di ambiente lagunare o di palude, e sabbie eoliche che formano dune costiere.

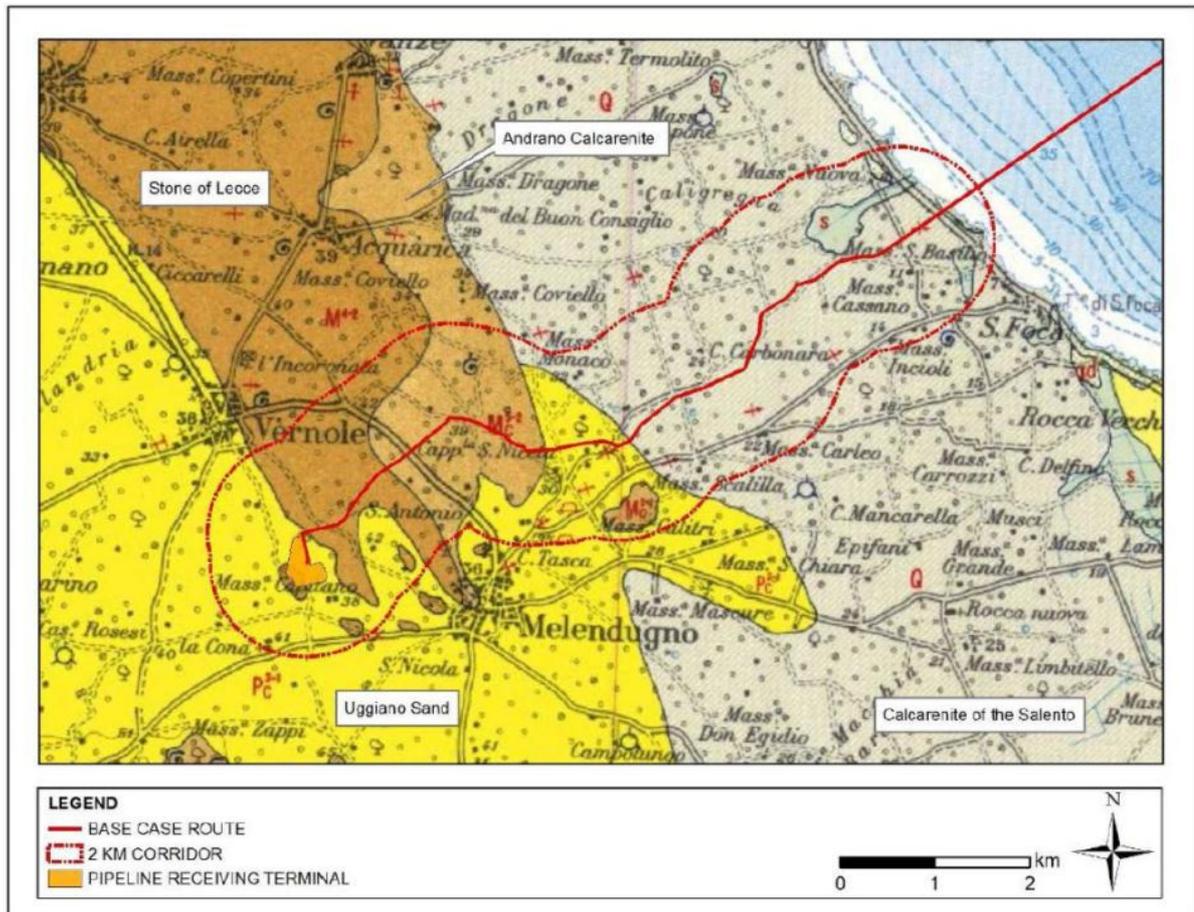


Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Il PRT è situato su terreni appartenenti alle unità calcarenitiche mioceniche (Calcarenti di Andrano, Pietra Leccese) e pleistoceniche (Calcarente di Gravina) (Figura 4-2).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

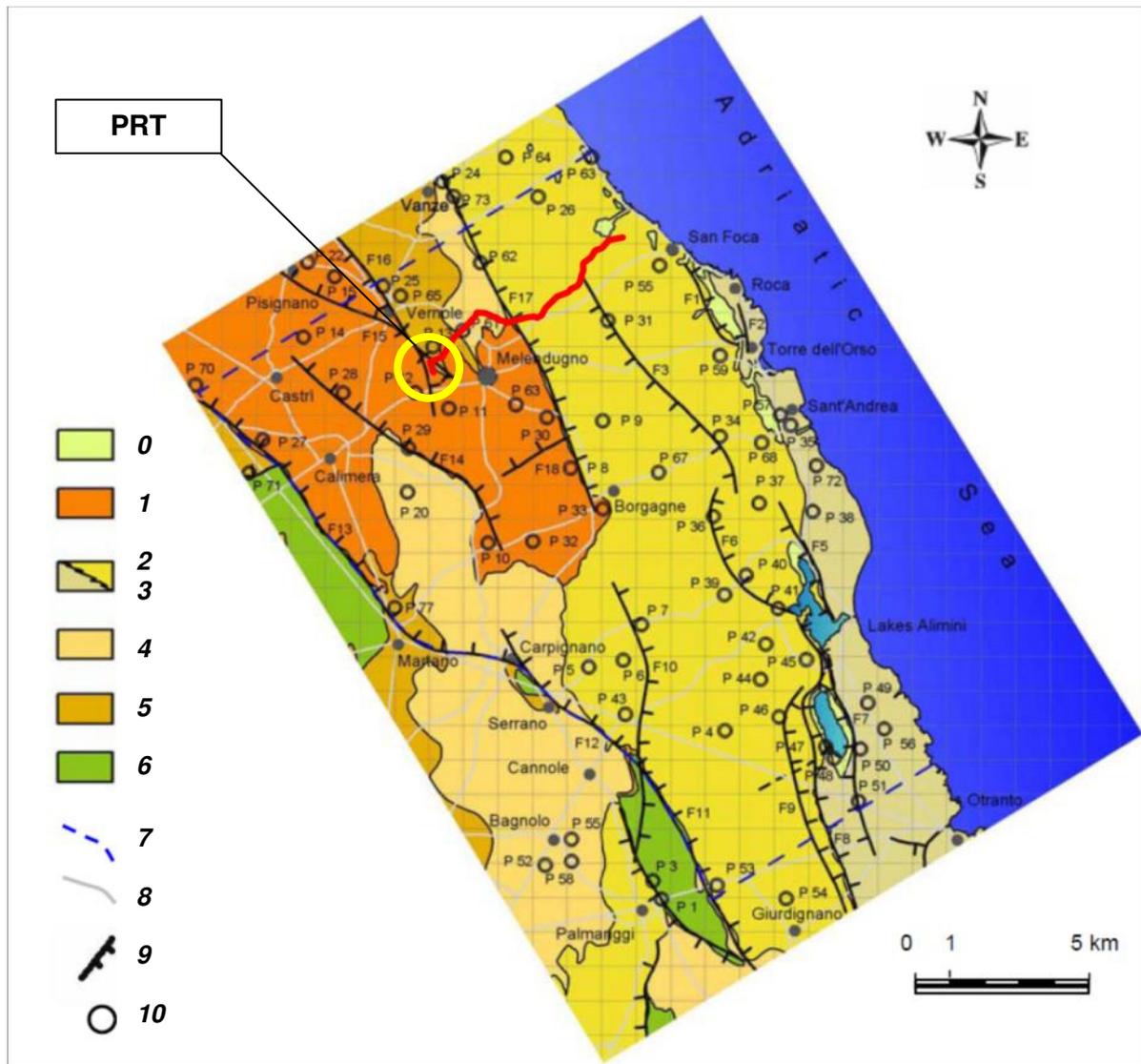
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 4-2: Carta geologica dell'area circostante il tracciato del gasdotto (linea rossa). Da Bruno et al., 2008, modificato. LEGENDA: 1) sabbie e sedimenti alluvionali (recente); 2) arenarie a grana grossa, formazione delle "Calcareniti di Gravina" (Plio-Pleistocene); 3) sabbia detritica con strati di calcarenite intercalati, 4) calcilitite glauconitica, Formazione delle "Sabbie di Uggiano" (Pliocene); 5) calcarenite a grana media con strati di calcari marnosi intercalati, Formazione della "Calcarenite di Andrano" (Miocene sup.); 6) calcareniti marnose a grana fine (Miocene sup.), Formazione della "Pietra Leccese"; 7) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

4.3 Assetto strutturale

L'Avampaese Pugliese è deformato da un'ampia piega antiforme con direzione ONO – ESE, estesa dalla Fossa Bradanica al Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996).

La struttura del Salento meridionale è dissecata da faglie normali con direzione NO – SE, di età variabile (dal tardo Cretacico al Pleistocene), formanti una serie di rilievi (horst) and depressioni (graben) strutturali estese lungo i piani assiali aventi direzione NO-SE.

A scala regionale, l'antiforme pugliese mostra i blocchi fagliati più grandi immergenti verso la Fossa Bradanica ed il Mar Adriatico (Doglioni et al., 1996). A causa di questa struttura le formazioni mesozoiche affiorano nel settore interno della regione.

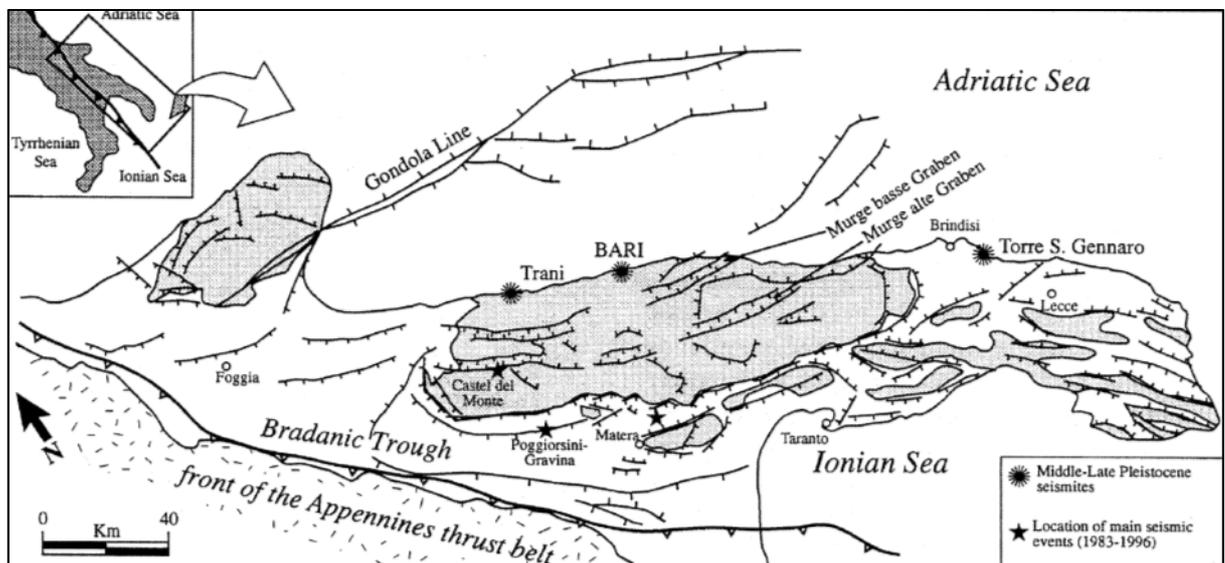


Figura 4-3: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)

Nell'area in studio, la struttura ha un assetto monoclinale con una leggera immersione verso la costa ionica (Ciaranfi et al., 1988).

	Pagina 24 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

4.4 Pericolosità sismica

4.4.1 Classificazione sismica italiana

Secondo la normativa italiana (Decreto Legislativo n. 122 del 1998, Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), l'intero territorio nazionale è stato classificato come segue:

- Zona 1 – la classe più pericolosa, dove possono accadere i terremoti più forti.
- Zona 2 – i Comuni in questa classe possono essere colpiti da terremoti piuttosto forti.
- Zona 3 - – i Comuni in questa classe possono essere soggetti a modesti eventi sismici.
- Zona 4 – la meno pericolosa: i Comuni in questa classe hanno una bassa probabilità di danni sismici.

Il Governo italiano ha compilato un elenco di Comuni con la zona cui ciascuno di essi appartiene, con un grado decrescente di pericolosità.

Le aree in precedenza “non classificate” adesso rientrano nella zona 4 qui descritta, all'interno della quale le Regioni hanno il potere di rendere obbligatoria la pianificazione anti-sismica. Inoltre, ogni zona ha un valore di azione sismica utile per la pianificazione di cui sopra, espressa in termini di massima accelerazione in roccia (zona 1=0,35 g, zona 2=0,25 g, zona 3=0,15 g, zona 4=0,05 g).

Un nuovo studio, allegato al OPCM n. 3519/06, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione territoriale, introducendo intervalli di accelerazione con una probabilità di eccedenza dell'accelerazione di picco (ag) uguale a 10% in 50 anni, da assegnare alle quattro zone sismiche.

Tabella 4-1: Suddivisione in zone sismiche secondo l'accelerazione di picco su suolo rigido (ag) (OPCM 3519/06)

Seismic zone	Acceleration with probability of exceeding equal to 10% in 50 years (ag)
1	ag >0,25
2	0,15 <ag≤ 0,25
3	0,05 <ag≤ 0,15
4	ag ≤ 0,05

In base agli indirizzi ed ai criteri istituiti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il loro territorio in quattro zone, come descritto in Tabella 4-1, ed altri adottando tre zone ed introducendo, in alcuni casi, anche delle sub-zone, per meglio adattare la normativa ai caratteri di sismicità.

I dettagli ed i significati della zonazione secondo ogni Regione sono contenuti nelle norme regionali. A prescindere dalla scelta della singola regione, ogni zona o subzona ha un valore fondamentale di pericolosità, espresso in termini di massima accelerazione su suolo rigido (ag).

	Pagina 25 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA	IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01					

La vigente normativa tecnica per le costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 January 2008), infatti, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica ha avuto per gli scopi di pianificazione: per ciascuna zona – e perciò per il territorio comunale – è stato fornito un valore di accelerazione di picco e di conseguenza uno spettro di risposta elastica per calcolare le azioni sismiche. A partire dal 1 Luglio 2009, le Norme Tecniche per le costruzioni 2008 sono entrate in vigore: ogni edificio ha la propria accelerazione, secondo le coordinate geografiche dell'area di progetto e secondo la vita nominale di progetto dell'edificio: il grado di pericolosità di base può quindi essere definito per ciascun punto del territorio nazionale, entro un'area di 5 m², a prescindere dai confini amministrativi locali. La classificazione sismica (alla cui zona sismica appartiene un Comune) è perciò utile solo per la gestione della pianificazione ed il controllo del territorio da parte degli organi competenti.

Il Salento è classificato come “Zona 4”. I Comuni di quest'area hanno una scarsa probabilità di danni sismici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

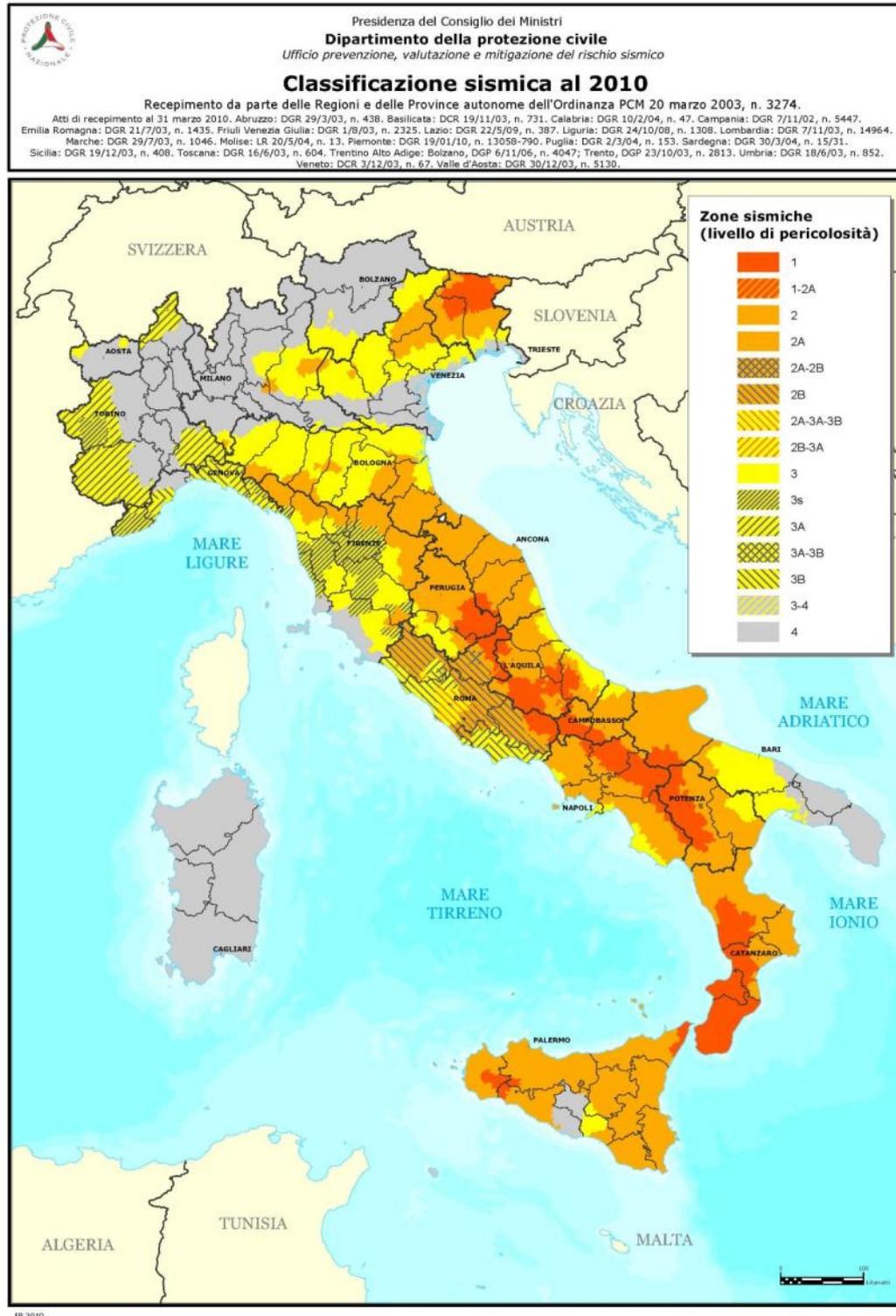


Figura 4-4: Classificazione Sismica Italiana.

Tuttavia il DGR della Regione Puglia n. 153 del 2 Marzo 2004 – “*Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti: approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi*” richiede

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

che la progettazione anti-sismica di nuovi edifici ed infrastrutture definiti come strategici e rilevanti per la protezione civile e classificati in Zona 4 (come ad esempio il Microtunnel), deve essere realizzata secondo i parametri definiti per la Zona 3.

Pochi terremoti storici sono stati registrati in Salento. La distribuzione dei loro epicentri assieme alla vigente mappa della pericolosità sismica in Italia (Ordinanza PCM, 2006), in cui la Puglia meridionale è caratterizzata da valori compresi tra 0.050-0.075 g dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g (Figura 4-5) permette di classificare quest'area come a bassa pericolosità.

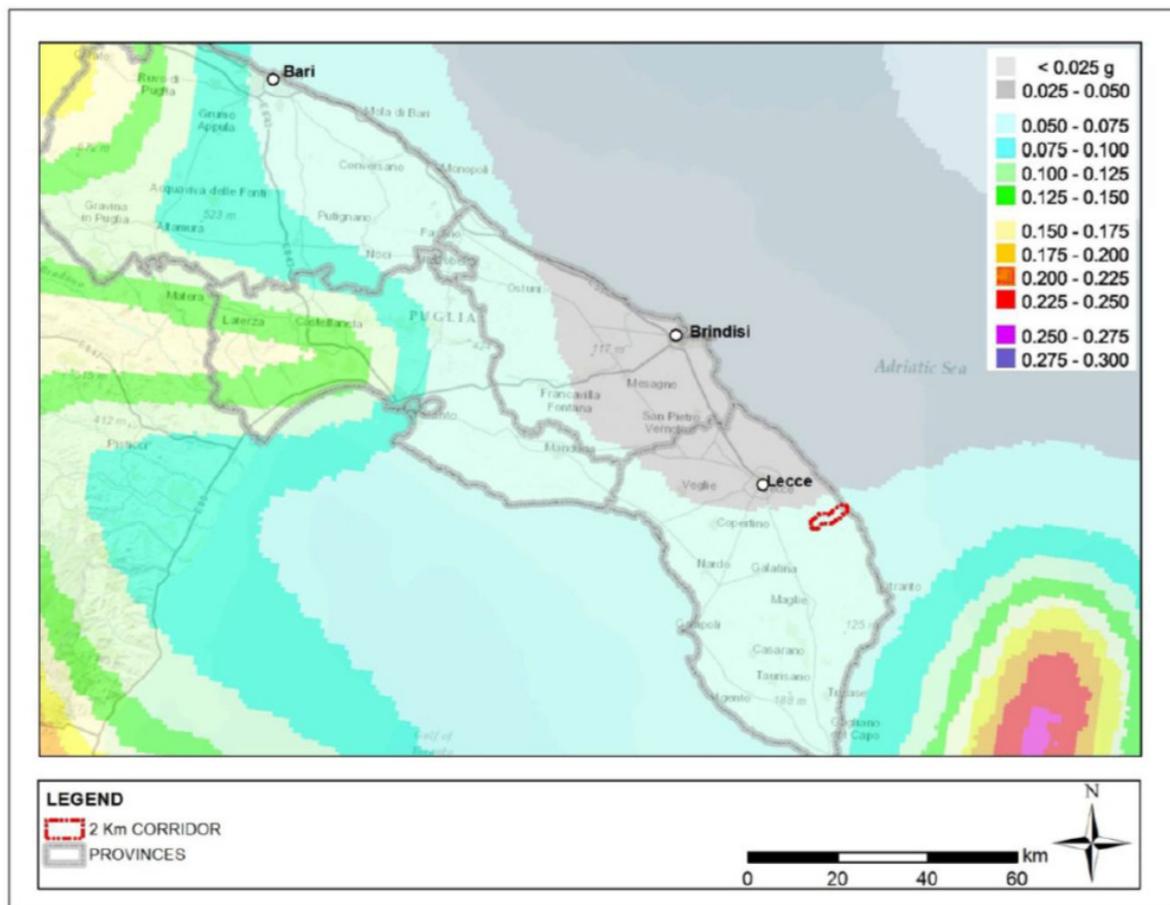
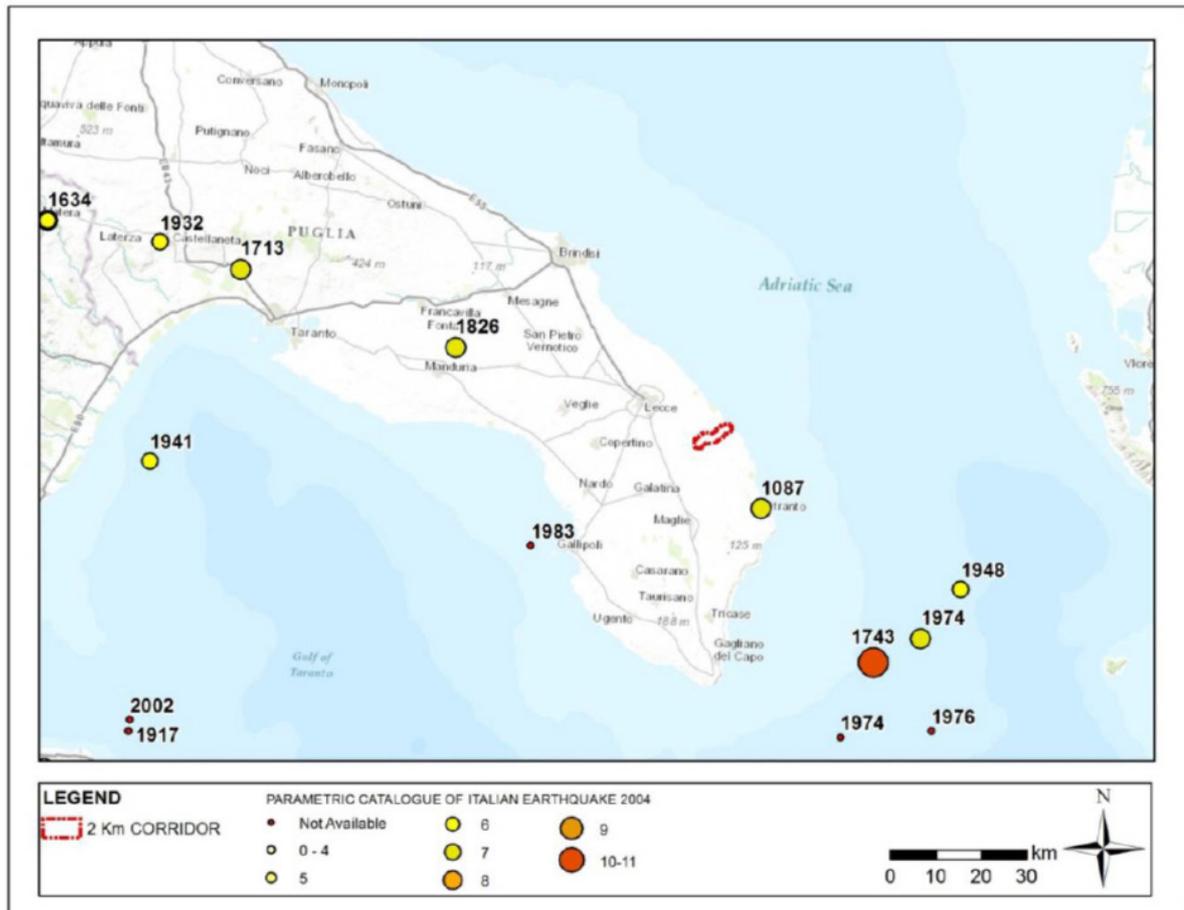


Figura 4-5: Pericolosità Sismica

La Figura 4-6 mostra gli eventi sismici registrati in Salento attorno all'area di studio (271 B.C – 2002 A.D.). L'intensità epicentrale (MCS, scala Mercalli-Cancani-Sieberg) è stata riportata al fine di usare tale parametro come sistema omogeneo di misurazione dell'attività tettonica.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**


Source: CPTI04 Parametric Catalogue of Italian Earthquake

Figura 4-6: Principali terremoti registrati (Scala MCS)

Il terremoto di maggiore intensità è quello del 1743, parametrizzato dal Gruppo di Lavoro CPTI (2004; di seguito CPTI04) con un'intensità epicentrale $I_0=IX-X$ MCS ed una magnitudo momento $M_{aw}=6.9$, con epicentro posizionato in mare a SE della costa Salentina. Altri terremoti con epicentro in Salento indicati dal rapporto CPTI04 sono i seguenti:

- 1826, con leggeri danni in Manduria e Crispiano
- 1087, con danni nell'area di Otranto

In conclusione, in base alla distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse e dei caratteri sismogenetici della regione, l'area interessata dalla costruzione del gasdotto presenta un bassissimo indice sismo genetico ed altrettanto bassi sono la frequenza degli eventi e la loro Magnitudo.

Riguardo alla pericolosità sismica, i massimi valori attesi di accelerazione orizzontale del terreno al livello di roccia madre per il gasdotto in oggetto e definiti secondo le recenti NTC 2008 sono particolarmente bassi.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

4.5 Idrologia ed idrogeologia

4.5.1 Idrologia

Il reticolo idrografico della penisola salentina è rappresentato, piuttosto che da corsi d'acqua nel vero senso del termine, da linee di flusso in cui le acque meteoriche sono canalizzate e che interessano le aree a quota inferiore, dove affiorano in prevalenza sabbie, sabbie e argille o calcareniti, all'esterno delimitati da creste calcaree.

Queste linee drenano le acque meteoriche trasportandole verso forme infossate chiamate con nome locale "cupe" oppure verso doline o inghiottitoi, tutte aree spesso soggette ad alluvionamento durante piogge intense. L'assenza di un reticolo di drenaggio superficiale ben sviluppato è una caratteristica del paesaggio carsico.

In particolare nell'area del PRT, come evidenziato dall'analisi della cartografia disponibile e dai rilievi di campo, è assente un vero e proprio reticolo idrografico che defluisce verso mare, a causa della permeabilità dei litotipi affioranti, dei bassi valori di pendenza e delle scarse precipitazioni.

Il deflusso idrico superficiale converge verso la depressione ("dolina") a SE del PRT, che presenta una buona sovrapposizione con un bacino endoreico segnalato dalla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (Figura 4-7). le variazioni di colore e densità della vegetazione descritte in precedenza suggeriscono la presenza di un inghiottitoio sul fondo della depressione, allo stato attuale non visibile perché mascherato dalla vegetazione e forse anche da una coltre di sedimenti, che drenerebbe nel sottosuolo parte delle acque meteoriche ruscellanti in occasione di eventi piovosi, anche intensi. Coerenti con questa ipotesi sono delle informazioni raccolte in loco secondo cui le piogge, anche in occasione di eventi intensi, non allagherebbero la depressione ma anzi si infiltrerebbero nel sottosuolo.

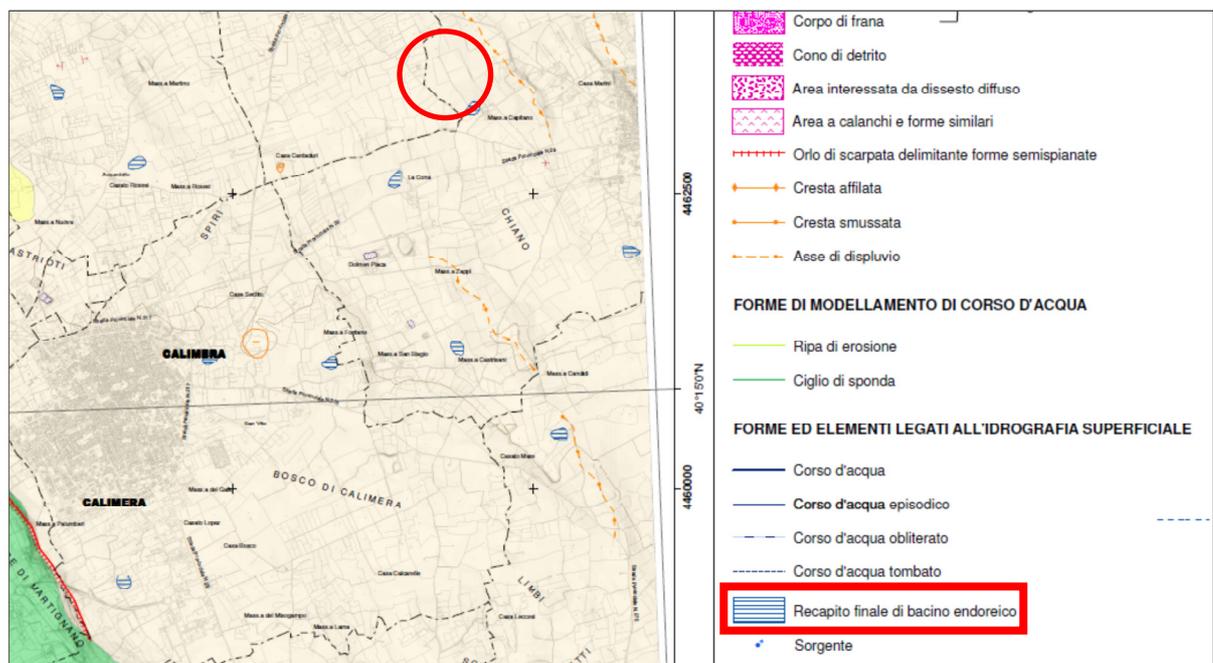


Figura 4-7: Estratto dal Foglio 512 della Carta Idrogeomorfologica: il cerchio rosso indica il bacino endoreico nell'area di indagine, il riquadro rosso indica la relativa descrizione nella legenda.

	Pagina 30 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

4.5.2 Idrogeologia

La Puglia rappresenta un ambiente idrogeologico complesso. Il Salento è caratterizzato da due acquiferi: il primo, superficiale, è composto da sedimenti del Mio-Plio-Pleistocene contenenti uno o due corpi idrici. La geometria del secondo è spesso difficile da determinare, poiché i sedimenti giacciono in limitati intervalli di roccia permeabile all'interno di un più generale contesto di depositi impermeabili. Il secondo acquifero, profondo, è composto da formazioni carbonatiche mesozoiche. In particolare:

- l'acquifero superficiale è ubicato nelle Calcareniti del Salento e nelle Sabbie di Uggiano; la sua ricarica è dovuta quasi esclusivamente alle precipitazioni che piovono sugli affioramenti di tali formazioni; esso mostra un grado di permeabilità relativo alla frazione limosa e/o limoso-argillosa all'interno delle sabbie; non possiede in genere un'elevata capacità di immagazzinamento e la falda idrica è soggetta a variazioni stagionali del livello;
- le Argille subappenniniche formano un acquitardo che separa la falda superficiale da una falda semiconfinata presente nelle Calcareniti di Andrano; tali falde sono tra di loro connesse;
- la Pietra Leccese rappresenta un impermeabile che separa l'acquifero multifalda superficiale dall'acquifero profondo ubicato nella Formazione dei Calcari di Altamura; la falda profonda è perciò confinata in questi depositi cretaci da i sovrastanti sedimenti miocenici (generalmente impermeabili).

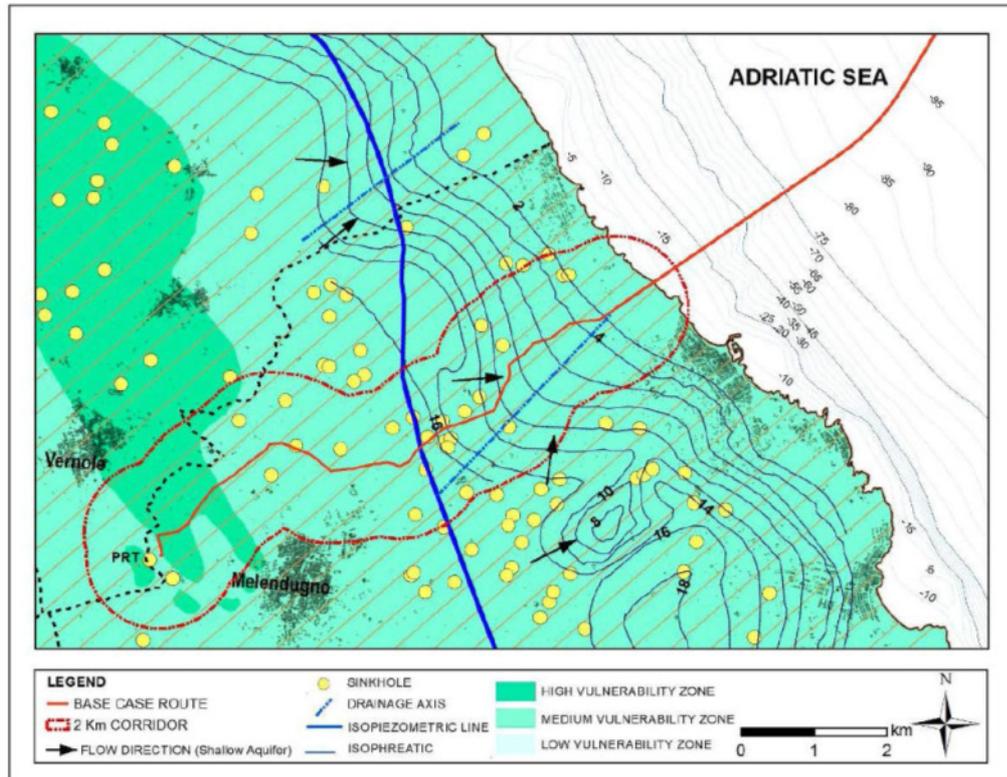
L'acquifero superficiale e l'acquifero semi-confinato appartengono al sistema denominato acquifero multilivello superficiale. Il tracciato di progetto attraversa le aree morfologicamente depresse occupate da terreni plio-pleistocenici: qui si può ritrovare l'acquifero multilivello superficiale. In particolare, nel tratto iniziale (all'incirca nel primo km) il livello di falda è stato rinvenuto a profondità circa pari a 6 m (luglio 2013), le quali aumentano gradualmente dalla costa verso l'interno. Ciò non esclude la presenza di corpi idrici sospesi o discontinui all'interno delle calcareniti e tamponati dai livelli marnosi.

La seguente figura (Figura 4-8) mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

- le isofreatiche dell'acquifero superficiale, che diminuiscono gradualmente da 16 a 2 m s.l.m.;
- la direzione di flusso della falda nell'acquifero superficiale, indicata dalle frecce;
- la presenza di assi di drenaggio (SW-NE) che caratterizzano l'acquifero superficiale;
- il grado di vulnerabilità dell'acquifero, connesso alla permeabilità primaria e secondaria, dovuta al contenuto di limo e/op argilla nelle sabbie ed al grado di cementazione delle calcareniti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Source: PTCP – ERM (May 2013)

Figura 4-8: tracciato del gasdotto e microtunnel e carta della vulnerabilità idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce.

	Pagina 32 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

5 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO

Secondo quanto indicato dalla documentazione riportata nei punti da 3 a 7 dell'elenco nel Paragrafo 1, sono state eseguite le seguenti attività:

- ricerca/bonifica di ordigni bellici inesplosi, di seguito indicata come “rilievi UXO” (Unexploded Ordnance);
- prospezioni geofisiche delle seguenti tipologie: TES (Tomografia Elettrica in Superficie), sismica a rifrazione, MASW (Multichannel Analysis Surface Waves);
- indagini geologiche and geotecniche (perforazioni, prelievo di campioni e prove in situ);
- sorveglianza archeologica delle indagini geognostiche e dei rilievi UXO;
- rilievo topografico dei punti di indagine;
- analisi geotecniche in laboratorio sui campioni prelevati.

Sono stati inoltre raccolti dei campioni di suolo superficiale (di seguito “top-soil”) sottoposti ad analisi in laboratorio allo scopo di ricavarne la composizione chimica (cfr. 1.7.120, Bill of Quantities 19/09/2012).

I rilievi UXO sono stati effettuati nel luglio 2014 su un'area di circa 25 m² intorno a ciascun punto di indagine e fino ad una profondità di 5 m da piano campagna, da un'impresa specializzata ed accreditata presso il Ministero della Difesa, e non hanno evidenziato la presenza di ordigni inesplosi sia nel suolo che nel sottosuolo. Altrettanto, la sorveglianza archeologica non ha dato evidenza di manufatti antropici durante i rilievi UXO e nelle carote recuperate durante le perforazioni.

I seguenti paragrafi descrivono in dettaglio le indagini eseguite.

5.1 Prospezioni geofisiche

Nel Giugno 2013 URS ha condotto una prima campagna di prospezioni geofisiche, effettuate lungo dei profili la cui ubicazione è riportata in “IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy - Appendix E”.

Scopo delle indagini era il rilievo delle strutture geologiche presenti nel sottosuolo dell'area del PRT, in particolare della profondità del substrato roccioso, in modo da poter pianificare i lavori di scavo e posa in opera del gasdotto, possibilmente identificando eventuali fenomeni carsici e individuando aree dove sarebbero state necessarie ulteriori e più dettagliate indagini.

In seguito a URS sono state commissionate ad URS delle indagini geofisiche integrative che sono state eseguite da Marzo ad Aprile 2015.

Entrambe le campagne di indagine sono state realizzate mediante l'impiego di due specifiche metodologie, la TES e la sismica a rifrazione, tipicamente e comunemente usate in combinazione, poiché misurare sia i parametri geoelettrici che meccanici del sottosuolo permette di confermare i risultati di entrambe, migliora l'accuratezza ed evidenzia eventuali aree dove può essere opportuno eseguire ulteriori indagini.

La TES (Tomografia Elettrica in Superficie) si basa sulla misurazione delle variazioni di resistività a loro volta causate da variazioni di fattori quali cambiamenti litologici (per esempio, si confronti il basalto con l'arenaria) o da variazioni locali di fattori come il contenuto d'acqua o il grado di costipazione nel terreno.

	Pagina 33 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

La resistività si determina applicando nel terreno una corrente alternata ad intensità nota e misurando la differenza di potenziale elettrico creata dalla corrente. Per ciascuna misura si usano quattro elettrodi, di cui due servono per immettere la corrente nel terreno e due per l'effettiva misura della differenza di potenziale. Il rapporto tra l'intensità di corrente e la differenza di potenziale fornisce la resistività del terreno.

La prospezione sismica a rifrazione si basa su come le onde sismiche si propagano attraverso il terreno ed interagiscono con zone a differente densità all'interno del sottosuolo. L'energia sismica viene generata da un impatto o un'esplosione (in gergo "shot") ed i tempi di arrivo delle onde sismiche sono registrati da sensori chiamati geofoni disposti in superficie lungo un allineamento.

La velocità delle onde sismiche è legata alla densità ed al modulo elastico del materiale attraverso cui viaggiano. Un'onda sismica che incontra una sufficiente variazione di densità e quindi di velocità sarà rifratta ad un angolo che dipende da quanto grande è la variazione. Poiché generalmente la densità, e quindi la velocità delle onde sismiche, dello strato più profondo è maggiore rispetto a quella dello strato superficiale, ci sarà un punto nello stendimento di geofoni in cui l'energia sismica che ha viaggiato lungo la superficie di discontinuità supera l'energia sismica che si propaga attraverso lo strato superiore e diviene il primo arrivo al geofono. L'analisi di questi primi arrivi permette di costruire un modello delle velocità sismiche.

Durante la campagna di indagini del 2013 sono stati realizzati nell'area del PRT:

- 12 profili TES, per una lunghezza totale investigata di 3.61 km, con spaziatura degli elettrodi pari a 3 m.
- 53 sezioni di sismica a rifrazione con lunghezza in media pari a 69 m, per una lunghezza complessiva di 3.51 km. La spaziatura dei geofoni, pari a 2-3 m, è stata scelta in base allo spazio disponibile in campo. La profondità di investigazione ottenuta è stata pari a circa 16 m.

Sia per la TES che per la sismica a rifrazione, all'inizio ed alla fine di ciascun profilo sono state registrate le coordinate GPS, mentre le quote altimetriche lungo i profili sono state ricavate dal DEM ufficiale della Regione Puglia, scaricabile dal sito web di quest'ultima.

Nel 2015 è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini geofisiche durante la quale sono stati eseguiti 2 profili sismici e 2 TES adottando le stesse metodiche impiegate nel 2013 (spaziatura degli elettrodi/geofoni, tecnica "roll-along", lunghezza degli stendimenti, ecc.). Di questi, uno è stato eseguito totalmente nell'area del PRT, per una lunghezza di 171 m, mentre un secondo, lungo circa 300 m, è stato steso prevalentemente lungo il tracciato del gasdotto e solo per pochi metri nel PRT.

Inoltre, sempre nel 2015, sono state eseguite due prospezioni sismiche tipo MASW. Tale metodologia è basata sulla registrazione di onde superficiali che permettono, usando apparecchiatura e configurazione simili a quelle in uso per la sismica a rifrazione, di registrare l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità. Essendo la V_s correlabile con le caratteristiche geotecniche e sismiche dei suoli, questo metodo permette di ricavare le categorie di suolo, che sono necessarie per la progettazione, in particolare quella sismica. Maggiori dettagli sono presentati e discussi nel par. 6.4.1.

Segue una tabella riepilogativa delle indagini geofisiche eseguite.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 5-1: sintesi delle indagini geofisiche eseguite

METODOLOGIA	CAMPAGNA DI INDAGINE	NUMERO PROFILI	LUNGHEZZA COMPLESSIVA
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2013	12	3610 m
Sismica a rifrazione	2013	53	3510 m
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2015	2 ¹	171 m
Sismica a rifrazione	2015	2 ²	171 m
Sismica MASW	2015	2	92 m

Gli esiti delle indagini sin qui descritte sono presentati negli allegati 4 e 5 del presente rapporto tecnico e in IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00—Geophysical Investigation Italy, Appendix A-B.

5.2 Indagini geotecniche

Nell'area del PRT sono state eseguite indagini geotecniche aventi le seguenti finalità:

- ricostruzione della successione stratigrafica e del quadro geologico ed idrogeologico locali;
- prelievo di campioni da sottoporre ad analisi geotecniche in laboratorio ed esecuzione di prove in sito, il tutto finalizzato alla caratterizzazione del sottosuolo nell'area del PRT.

Le indagini sono iniziate nell'Ottobre 2014, con la perforazione del punto di indagine BH13B, ma furono interrotte da un'ordinanza del Sindaco di Melendugno che affermava, dopo un sopralluogo in sito di funzionari del Comune, di aver riscontrato la mancanza dell'autorizzazione paesaggistica per le indagini.

TAP ha pertanto fatto ricorso al TAR del Lazio dichiarando che la normativa italiana di settore non prevede l'autorizzazione paesaggistica per indagini geognostiche e geotecniche. Dopo che il TAR Lazio ha sentenziato a favore di TAP, le indagini geotecniche sono riprese il 24 Febbraio 2015 per terminare il 18 Aprile 2015.

In totale, nell'area del PRT sono stati eseguiti 20 sondaggi geognostici nelle posizioni indicate nell'Allegato 2. Le perforazioni sono state eseguite a rotazione, usando la tecnica del carotaggio continuo con un diametro di 101 mm, come da indicazioni della documentazione di gara elencata dai punti 3 a 6 nel par. 1. I sondaggi sono stati eseguiti fino alla profondità di 40 m, eccetto:

- il BH13B, interrotto alla profondità di 34,80 m dal p.c. a causa dell'ordinanza del Sindaco di Melendugno dell'Ottobre 2014 sopra menzionata,

¹ Il secondo profilo geoelettrico, lungo circa 300 m, ricade prevalentemente sul tracciato del gasdotto

² Il secondo profilo sismico, lungo circa 300 m, ricade prevalentemente sul tracciato del gasdotto

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

- il BH7Bbis, interrotto alla profondità di 35,50 m dal p.c. a causa del sabotaggio operato da sconosciuti alle trivelle nella notte tra il 25 ed il 26 marzo 2015,

pertanto il totale di metri perforati nell'area del PRT è pari a 790,30 m.

Durante le suddette perforazioni sono state eseguite 19 prove SPT (*N.d.R.: Standard Penetration Test, prove effettuate in campo che misurano il numero di colpi necessario ad infiggere un campionatore standardizzato nel terreno sotto i colpi di un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm; dall'entità della penetrazione è possibile ricavare, attraverso delle correlazioni, parametri geotecnici quali ad esempio l'angolo di attrito, la densità relativa, la coesione, ecc.*) e sono stati prelevati 28 campioni, tra disturbati ed indisturbati, su cui eseguire analisi granulometriche, determinazione del peso di volume naturale, del contenuto d'acqua, dei limiti di Atterberg, della permeabilità, prove edometriche, ecc.

Tab. 5-2: sondaggi geotecnici effettuati

INDAGINE	NUMERO
Sondaggi geognostici	20
Prove SPT	19
Campioni prelevati	28

	Pagina 36 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

6 ANALISI DEI RISULTATI

Nel presente paragrafo sono presentati, discussi ed interpretati i risultati delle prospezioni geofisiche e delle indagini geotecniche allo scopo di ricavare la caratterizzazione geofisica, geologica e geotecnica del suolo e del sottosuolo nell'area del PRT.

6.1 Prospezioni geofisiche

6.1.1 Campagna di indagine del 2013

I risultati delle indagini suggeriscono nel sottosuolo del PRT la presenza di calcare alterato, mentre del calcare più compatto sembrerebbe affiorare ad ovest del PRT.

Le variazioni registrate nei profili geofisici (in prevalenza in quelli TES) suggeriscono una struttura stratificata, in cui questi strati possono non rappresentare variazioni di tipo stratigrafico (passaggio da un'unità stratigrafica ad un'altra), ma di carattere litotecnico (variazioni del grado di consolidazione/cementazione, di contenuto d'acqua, di fratturazione) all'interno di una stessa unità geologica.

I profili 61 e 67 mostrano in affioramento materiali molto resistivi nella zona orientale del sito ricoperti nella zona occidentale da uno strato molto conduttivo, con un ulteriore strato molto resistivo nella porzione più a Ovest del sito. Nei profili da Sud a Nord si nota un simile andamento che suggerisce l'inclinazione verso Sud-Ovest del sito. I dati sismici non evidenziano altrettanto: ciò suggerisce la presenza di una più localizzata inclinazione della superficie del substrato roccioso, ricoperto da roccia più tenera o più alterata.

Strutture geologiche riconosciute nel PRT sono sintetizzate nella tabella 4-3 riportata di seguito; tra queste si descrivono di seguito in maggior dettaglio i due elementi principali:

1. il primo è lo strato conduttivo che affiora verso il centro del PRT e che si sviluppa approssimativamente da Nord a Sud. La roccia altamente resistiva ad Est di tale elemento sembra immergere bruscamente nei profili 68, 61 e 67 dei dati di resistività, seguita in tutti i profili da una pendenza nella base dello strato di roccia conduttiva. Anche i valori di velocità delle onde sismiche suggeriscono una variazione, con un locale inspessimento dei terreni ricoperti da uno strato roccioso a bassa velocità prima di tornare a roccia più dura in profondità. Data la sua natura lineare e la sua estensione, questo elemento potrebbe essere interpretato come un canale sepolto e riempito da suolo.
2. Il secondo elemento è nell'angolo SO del sito. La roccia affiorante ad Ovest nel profilo 67 e a Sud nel profilo 70 mostra valori molto elevati di resistività e delle velocità sismiche. Ciò suggerisce ancora un affioramento di calcare duro. I dati di resistività suggerirebbero la presenza di una struttura inclinata nel sottosuolo, ma ciò potrebbe semplicemente derivare dall'algoritmo di modellazione e non aver quindi significato fisico. Si segnala la presenza di locali discontinuità a 120 m sul profilo 67 ed a 150 m sul profilo 70 che sembrano reciprocamente correlate, sebbene non appaiano variazioni evidenti nei valori di velocità delle onde sismiche nell'area.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 6-1: Interpretazione dei profili geofisici nell'area del PRT – profili S-N.

Progressiva Da	A	Immersione	Unità	Descrizione	Spessore	Commenti
Profilo 70						
0	180	Sud	1	Suolo/Massi	0-3m	
			5	Roccia dura	15m+	Strato ad alta resistività ed alta velocità contenente tasche di roccia molto resistiva. La riduzione della resistività con la profondità può essere correlata alla presenza d'acqua all'interno della roccia..
180	360	Pianeggiante	1	Suolo/Massi	0-2m	
			4	Roccia alterata	3-5m	Roccia ad alta resistività ed alta velocità.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Materiale a bassa resistività ed alta velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
Profilo 70A						
0	230	Pianeggiante	1	Suolo/Massi	0-2m	
			4	Roccia alterata	3-5m	Roccia ad alta resistività ed alta velocità.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Materiale a bassa resistività ed alta velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
Profilo 40						
0	150	Pianeggiante	1	Suolo/Massi	0-2m	
			4	Acquifero alterato	5-10m	Materiale a bassa resistività ed alta velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività ed alta velocità.
Profilo 60						
0	340	Pianeggiante	1	Suolo/Massi	0-2m	
			3	Acquifero molto alterato	Non determinato	Materiale a bassa resistività ed alta velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività ed alta velocità contenente localmente delle strutture molto resistive. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
Profilo 59						
0	310	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			4	Roccia alterata	3-5m	Roccia ad alta resistività ed alta velocità.
			4/3	Acquifero molto alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
310	490	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			4/3	Acquifero molto alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Progressiva		Immersione	Unità	Descrizione	Spessore	Commenti
Da	A					
						riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
Profilo 69						
0	310	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	
			3	Acquifero alterato	5-7.5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
Profilo 71						
0	310	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			4/3	Acquifero alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.

Tabella 6-2: Interpretazione dei profili geofisici nell'area del PRT – profili E-O

Progressiva		Immersione	Unità	Descrizione	Spessore	Commenti
Da	A					
Profilo 55						
0	180	Pianeggiante	1	Suolo/Massi	0-5m	
			3	Acquifero molto alterato	10m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività e ad alta velocità che contiene localmente strutture molto resistenti. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
Profilo 68						
0	350	Est	1	Suolo/Massi	0-5m	
			3	Acquifero molto alterato	0-20m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale, che sembra chiudersi lateralmente alla progr. 300m.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività e ad alta velocità che contiene localmente strutture molto resistenti. La superficie superiore dello strato appare irregolare ed affiora dalla progressiva 300m circa.
Profilo 41						
0	135	Non determinata	1	Suolo/Massi	0-5m	

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Progressiva		Immersione	Unità	Descrizione	Spessore	Commenti
Da	A					
			3	Acquifero molto alterato	5-10m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale, che sembra chiudersi lateralmente alla progr. 300m.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività e ad alta velocità che contiene localmente strutture molto resistenti. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
Profilo 61						
0	220	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			4	Roccia alterata	0-20m	Roccia ad alta resistività e ad alta velocità, che sembra chiudersi lateralmente alla progr. 220m (forse già dalla progr. 120m)
			4/3	Acquifero alterato	5-10m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
220	380	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			4/3	Acquifero alterato	5-10m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia a medio-alta resistività ed alta velocità. La superficie superiore dello strato appare irregolare.
380	470	Non determinato	1	Suolo/Massi	0-2m	
			4/3	Acquifero alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero roccioso alterato.
			4	Roccia alterata	Non determinato	Roccia ad alta resistività ed alta velocità che contiene localmente strutture molto resistenti.
Profilo 67						
0	210	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	
			5	Roccia alterata	0-15m	Roccia ad alta resistività ed alta velocità.
			4	Acquifero alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività ed alta velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
210	410	Sud	1	Suolo/Massi	0-2m	Fino a 5m localmente
			3	Acquifero alterato	0-5m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata dalla progr. 210-350m. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.
			4	Acquifero alterato	10-15m	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata. I tratti a pendenza verso il basso della roccia sottostante sembrano riempiti con questo materiale.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella. 6-3: strutture geologiche all'interno dell'area del PRT.

Progressiva	Profilo	Descrizione
0-180	70	Materiali molto resistivi coerenti con la roccia dura affiorante a Sud-Ovest e con la struttura individuata nel profilo 67
70-100	60	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una struttura molto resistiva in profondità
290-340	60	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri, apparentemente tamponati da roccia alterata
70	59	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
270-340	59	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
10-70	69	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
10-80	68	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
150-350	68	Pendenza nei dati di resistività coerente con le strutture presenti nei profili 61 e 67
30-140	41	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
110-150	61	Locale pendenza negli strati rocciosi più duri con una corrispondente anomalia di resistività
210-370	61	Pendenza nello strato roccioso più duro con una corrispondente pendenza nei dati di resistività coerenti con le strutture presenti nei profili 68 e 67
0-130	67	Materiali molto resistivi coerenti con la roccia dura affiorante a Sud-Ovest e con la struttura individuata nel profilo 70
210-360	67	Pendenza nello strato roccioso più duro con una corrispondente pendenza nei dati di resistività coerenti con le strutture presenti nei profili 61 e 67

6.1.2 Campagna di indagine del 2015

Le indagini geofisiche effettuate sul profilo PR07 mostrano:

- la presenza di un primo strato caratterizzato da bassi valori di resistività (da poche decine a più di 80 Ohm m) ed il cui spessore diminuisce da S-O (A) a N-E (B), variando da 15-20 a 5 m, al di sopra di un secondo strato che possiede valori di resistività più elevati (superiori a 300 Ohm m);
- lo stesso strato è caratterizzato da valori di velocità delle onde sismiche P comprese tra 400 e 1200 m/s. Lo spessore dello strato è variabile da pochi cm fino a circa 7 m in direzione S-O;
- al di sotto dei terreni descritti, valori più elevati di resistività e di velocità delle onde sismiche P suggeriscono la presenza di materiali molto densi seguiti dalla roccia madre.

Le indagini eseguite sul profilo PR06 indicano un contatto laterale tra litologie con differenti caratteristiche fisiche a circa 150 m dall'origine della sezione, infatti:

- le prospezioni TES mostrano valori di resistività bassi, che variano da circa 20 a più di 160 Ohm m, passanti lateralmente a valori più elevati (più di 6000 Ohm m),
- I rilievi sismici confermano il contatto laterale menzionato in precedenza.

Unendo sia risultati delle prospezioni TES che di quelle sismiche, il profilo sembra eterogeneo all'incirca nel tratto tra 60 e 150 m dall'origine della sezione, inoltre è presente una probabile struttura carsica nel tratto tra 110 e 150 m dall'origine della sezione.

	Pagina 41 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

Sono state effettuate delle indagini geofisiche utilizzando la tecnica MASW lungo due profili, allo scopo di determinare la velocità VS30 delle onde di taglio al fine di fornire la categoria sismica dei suoli. I risultati sono presentati e discussi nel par. 6.4.1 e, in maggior dettaglio, nell'Allegato 6.

6.2 Indagini geotecniche

6.2.1 Caratterizzazione geologica

Le indagini condotte nell'area del PRT hanno permesso di ricavare la seguente successione stratigrafica, dal piano campagna fino alla profondità investigata (40 m da p.c.):

- a) "Terra rossa", composta da limo sabbioso o argilloso e più raramente sabbia limosa residuale con spessore variabile da pochi centimetri (sugli alti morfologici) a circa 2 metri (nelle depressioni) che ricopre in modo discontinuo le unità descritte di seguito;
- b) Limo sabbioso o argilloso, più raramente sabbia limosa, con ghiaia o ciottoli di colore giallastro o biancastro (b1), che in parte ricopre ed in parte è coperto da una calcarenite tenera giallastra, in media piuttosto fratturata ed alterata (b2); le osservazioni eseguite sulle carote e le posizioni dei perfori permettono di affermare verosimilmente che i suddetti litotipi sono membri eteropici all'interno della stessa unità stratigrafica, correlata con la formazione denominata "Calcarenite del Salento", conosciuta anche come "Calcarenite di Gravina";
- c) Calcarenite biancastra, dura, in media meno fratturata ed alterata, rinvenuta a profondità comprese tra 6.80 (BH5B-STATION) e 35.00 m (BH9B) dal p.c., correlata con la formazione denominata "Calcareniti di Andrano".

È stata riscontrata presenza di terra rossa mista a materiali a tessitura caotica provenienti da b1 e/o b2, molto fratturati e/o alterati, da 4 a 27 m di profondità dal p.c. nei perfori BH8B_BIS, BH8B_TER, BH9B, BH10B, BH12B, BH13B. Inoltre, sono state ritrovate alcune piccole cavità di spessore in media pari a 50 cm a profondità variabili da 35.00 a 27.00 m dal p.c. nei perfori BH12B and BH13B; queste strutture geologiche sono state interpretate, anche con l'ausilio delle prospezioni geofisiche, rispettivamente come:

- cavità carsiche riempite con materiali provenienti per crollo dalle unità o dagli strati più superficiali;
- cavità carsiche vuote.

La roccia non sembra di gran qualità, a causa del diffuso stato di alterazione (in particolare fenomeni di micro-carsismo) e fratturazione osservato nelle carote, sebbene si possa affermare che la calcarenite biancastra possiede una miglior qualità della calcarenite giallastra, essendo in media la prima mediocre e la seconda scadente; per maggiori dettagli si veda l'Allegato 8 (colonne stratigrafiche dei sondaggi).

Durante le perforazioni nell'area del PRT non è stato ritrovato alcun livello di falda fino alla profondità investigata, coerentemente con informazioni ottenute da abitanti della zona, i cui pozzi intercettano un livello idrico a profondità di circa 100 m dal p.c. e con il modello geologico ricostruito in precedenza, infatti:

- il diffuso grado di alterazione e di fratturazione sia nella calcarenite giallastra che in quella biancastra (sebbene maggiore nella prima rispetto alla seconda),

	Pagina 42 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

- il loro più che probabile contatto diretto in alcuni punti nel sottosuolo, a causa dell'eteropia tra la calcarenite giallastra ed il limo sabbioso/argilloso, la sabbia limosa, etc. giallastra/biancastra,
- l'assenza, fino alla profondità investigata, di un orizzonte impermeabile continuo nel sottosuolo,

portano ad ipotizzare una massiccia infiltrazione verso le unità geologiche più profonde.

6.2.2 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dell'area del PRT è stata effettuata mediante:

- prove SPT eseguite nel corso delle perforazioni;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni;
- misura dello RQD sulle carote di roccia.

La gran parte delle SPT è stata eseguita su terreni appartenenti alla unità b1, eccetto che per BH4B SPT2 (calcarenite molto alterata and fratturata, quasi ghiaia, dell'unità b2), BH8B_ter SPT1 e BH4B_bis SPT1 (terrea rossa appartenente all'unità a), ed infine BH8B_bis SPT1 (materiale descritto in 6.2.1, interpretato come riempimento di cavità carsiche).

La seguente tabella riassume i risultati delle prove SPT eseguite (cfr. Allegato 12).

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale
di Ricezione del Gasdotto - ITALIA****IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 6-4: Prove SPT eseguite nell'area del PRT.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO	SPT	PROFONDITÀ m da p.c.	DESCRIZIONE	N ₁₅	N ₃₀	N ₄₅	N _{SPT}
BH10B	SPT1	-5,80÷-6,25	limo argilloso con ghiaia	19	31	16	47
BH11Bbis	SPT1	-25,00÷-25,45	limo sabbioso con ghiaia	19	31	16	47
BH13B	SPT1	-2,50÷-2,95	limo sabbioso con ghiaia	20	15	15	30
BH4B	SPT1	-1,20÷-1,65	limo sabbioso con ghiaia	14	14	21	35
BH4B	SPT2	-5,20÷-5,65	calcarenite molto alterata e fratturata (quasi ghiaia)	rifiuto			rifiuto
BH4Bbis	SPT1	-1,50÷-1,95	limo argilloso con ghiaia	16	15	15	30
BH5B	SPT1	-5,00÷-5,45	limo argilloso con ghiaia	22	33	18	51
BH5B_STATION	SPT1	-3,40÷-3,85	limo argilloso con ghiaia	15	33	rifiuto	rifiuto
BH6B	SPT1	-0,80÷-1,25	sabbia limosa con ghiaia	17	22	28	50
BH6Bbis	SPT1	-2,00÷-2,45	sabbia limosa con ghiaia	15	17	23	40
BH7B	SPT1	-1,50÷-1,95	limo sabbioso con ghiaia	27	rifiuto		rifiuto
BH7B	SPT2	-5,50÷-5,95	limo argilloso con ghiaia	17	25	27	52
BH7Bbis	SPT1	-2,10÷-2,55	limo sabbioso con ghiaia	8	10	18	28
BH7Bter	SPT1	-12,00÷-12,45	sabbia limosa con ghiaia	18	45	rifiuto	Rifiuto
BH8Bbis	SPT1	-11,20÷-11,65	limo sabbioso con ghiaia	12	15	12	27
BH8Bquater	SPT1	-3,00÷-3,45	limo sabbioso con ghiaia	25	rifiuto		Rifiuto
BH8Bquinqes	SPT1	-1,00÷-1,45	limo argilloso con ghiaia	4	9	10	19
BH8Bter	SPT1	-0,50÷-0,95	limo sabbioso con ghiaia	8	10	18	28
BH9B	SPT1	-3,00÷-3,45	sabbia limosa con ghiaia	22	24	32	56

La suddivisione in unità geotecniche rispecchia la caratterizzazione geologica:

- UNITÀ a): limo sabbioso, limo argilloso ed in misura minore sabbia limosa, di colore rosso ed origine residuale;
- UNITÀ b1): limo sabbioso, limo argilloso ed in misura minore sabbia limosa, con ghiaia o ciottoli, di colore giallastro/biancastro;
- UNITÀ b2): calcarenite tenera di colore giallastro, in media piuttosto fratturata ed alterata;
- UNITÀ c): calcarenite più dura, biancastra, in media meno fratturata ed alterata, trovata a profondità comprese tra 6.80 m (BH5B-STATION) e 35.00 m (BH9B) da p.c.

Nelle prove eseguite nell'unità a) i valori N_{spt} vanno da 15 a 18, quindi i terreni di tale unità possono essere classificati come *terreni a media densità* (Terzaghi-Peck, 1948) ed il loro angolo di attrito varia tra 30.7 e 31.3 ° (De Mello, 1971).

Nelle prove eseguite nell'unità b1) i valori N_{spt} variano da 19 a più di 50, perciò tali terreni possono essere classificati come *terreni da mediamente a molto densi* (Terzaghi-Peck, 1948), mentre il loro

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

angolo di attrito è compreso tra 29.5 a 35.4 ° (De Mello, 1971); per i dettagli si rimanda alla seguente tabella (Tabella 6-5).

Tabella 6-5: prove SPT eseguite nelle unità a) e b1) e parametri geotecnici ricavati dalla correlazione con N_{spt}

SONDAGGIO GEOGNOSTICO	SPT	PROF. m da p.c.	UNITÀ	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	ϕ , ° (De Mello 1971)	D_R , % (Bazaraa 1967)	Modulo di Young E, Mpa (Jambu)	Modulo di taglio G, Mpa (Ohsaki & Iwasaki)	Modulo edometrico E_{ed} , Mpa
BH8Bter	SPT1	-0.50÷-0.95	A	28	22.0	30.7	89.0	12.8	123.0	11.5
BH4Bbis	SPT1	-1.50÷-1.95	A	30	26.0	31.3	77.0	17.5	195.0	12.8
BH6B	SPT1	-0.80÷-1.25	b1	50	42.0	33.1	113.0	25.5	196.6	28.9
BH8Bquinqes	SPT1	-1.00÷-1.45	b1	19	16.0	29.5	66.0	11.6	96.0	11.2
BH4B	SPT1	-1.20÷-1.65	b1	35	30.0	31.8	87.0	19.3	154.0	20.9
BH7B	SPT1	-1.50÷-1.95	b1	>50	45.0	33.3	99.0	27.5	207.7	31.1
BH6Bbis	SPT1	-2.00÷-2.45	b1	40	36.0	32.4	82.0	22.6	176.5	25.0
BH7Bbis	SPT1	-2.10÷-2.55	b1	28	25.0	31.1	68.0	17.5	135.1	17.6
BH13B	SPT1	-2.50÷-2.95	b1	30	28.0	31.4	67.0	18.7	144.8	19.3
BH8Bquater	SPT1	-3.00÷-3.45	b1	>50	48.0	33.5	83.0	28.2	221.1	33.7
BH9B	SPT1	-3.00÷-3.45	b1	56	23.0	33.8	87.0	30.6	237.4	37.0
BH5B_STATION	SPT1	-3.40÷-3.85	b1	>50	80.0	35.4	102.0	43.9	324.4	55.8
BH5B	SPT1	-5.00÷-5.45	b1	51	50.0	33.4	76.0	31.7	225.5	34.6
BH7B	SPT2	-5.50÷-5.95	b1	52	51.0	33.5	76.0	33.2	230.0	35.5
BH10B	SPT1	-5.80÷-6.25	b1	47	46.0	33.1	72.0	31.5	213.6	32.2
BH8Bbis	SPT1	-11.20÷-11.65	b1	27	27.0	30.6	49.0	27.6	141.8	18.8
BH7Bter	SPT1	-12.00÷-12.45	b1	>100	96.0	35.4	91.0	66.2	371.9	66.8
BH11Bbis	SPT1	-25.00÷-25.45	b1	>50	50.0	31.9	54.0	44.7	225.7	34.6

Sono stati prelevati sia campioni indisturbati che disturbati nel membro sabbioso-limoso-argilloso b1) ad eccezione del campione BH4B_bis C1, prelevato nell'unità a); essi sono stati sottoposti a prove in laboratorio allo scopo di determinare: peso di volume naturale, peso di volume secco, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, porosità, Indice dei vuoti, grado di saturazione, curva granulometrica, limiti di Atterberg, prova edometrica, prova Proctor; per i dettagli si veda la seguente tabella (

 Trans Adriatic Pipeline	Pagina 46 di 90				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA	IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01				

Tabella 6-6) e l'Allegato 11.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 6-6: parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati dall'unità b1)

ID del campione	Prof. di prelievo (m da p.c.)	γ_n (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	e (-)	S (%)	m_v (Mpa ⁻¹)	E (Mpa)	k (m/sec)
BH8B-Quater C1	1.00-1.50	19.92	17.17	16	2.55	32.66	0.49	84.09			
BH6B -C1	1.50-2.00										
BH6B bis-C1	2.00-2.45			10.02							
BH7B bis-C1	2.10-2.55			14.91	2.70						
BH6B-C2	2.50-3.00	20.70	18.58	11.4	2.55	27.14	0.37	78.02			6.87E-07
BH8B-quinques C1	2.70-3.00				2.68						
BH4B-C1	3.00-3.50	19.87	17.41	14.14	2.55	31.73	0.46	77.57			
BH6B-C3	3.30-3.80	19.08	15.96	19.57	2.55	37.43	0.6	83.44	1.70E-01	5.90	
BH5B-station C1	3.40-3.85										
BH7B bis-C2	3.50-4.00	20.74	18.24	13.73	2.72	32.98	0.49	75.93	1.46E-01	6.80	
BH4B bis-C2	4.20-4.50			15.49	2.66						
BH10 B-C1	4.50-5.00				2.72						
BH9B-C1	7.20-7.50				2.71						1.03E-05
BH7B-C1	8.00-8.50	21.04	18.25	15.29	2.71	32.56	0.48	85.72			
BH4B-C2	9.00-9.50				2.72						
BH8B- bis C1	10.00-10.30			19.53	2.69						
BH10 B-C2	10.00-10.50	20.97	18.02	16.34	2.7	33.37	0.50	88.26			
BH8B- ter C1	10.20-10.40				2.72						
BH8B-C1	15.80-16.00				2.69						
BH11 B bis-C1	20.20-20.50										
BH11 B bis-C2	24.50-24.70				2.7						

Le classi granulometriche prevalenti sono sabbia e ghiaia, in subordine c'è il limo ed infine l'argilla, la curva granulometrica media è data da *sabbia limosa debolmente argillosa, con ghiaia*.

I campioni sottoposti alle prove di Atterberg mostrano un comportamento leggermente plastico, eccetto il BH10B C2, che tuttavia è stato prelevato alla profondità di 10 m dal p.c., molto più in basso della quota di progetto del piano di fondazione, e denotano una scarsa compressibilità, ad eccezione del BH6B C3 e del BH10B C2, che difatti secondo la classificazione di Casagrande sono identificati come *terre a media compressibilità*.

Il peso di volume naturale varia da 19.08 a 21.04 kNm⁻³, con un valore medio di 20.33 kNm⁻³, riflettendo coerentemente la prevalenza delle frazioni granulometriche grossolane.

Il contenuto d'acqua va da 10.02 a 19.57%, con una media di 15.13%, mentre il grado di saturazione varia da 75.93 a 88.26%, con una media di 81.86. Ciò è coerente con il complessivo stato del sottosuolo, in cui non è stato rinvenuto alcun livello idrico dal p.c. fino alla profondità investigata (40 m da p.c.) e dove pozzi di proprietà di abitanti della zona intercettano una falda idrica sotterranea all'incirca alla profondità di 100 m dal p.c.

Il peso specifico ha un valore medio di 2.67 kN/m³ e varia da 2.55 a 2.74, perfettamente coerente con la prevalente composizione mineralogica dei granuli.

La caratterizzazione geotecnica delle unità b2) (calcarenite giallastra appartenente alla Formazione della Calcarenite di Gravina) e c) (calcarenite biancastra, appartenente alla Formazione della Calcarenite di Andrano) è stata eseguita mediante l'indice Rock Quality Designation (RQD), che fornisce una misura del grado di fratturazione o comunque della presenza di discontinuità in un

	Pagina 48 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

ammasso roccioso ed è espresso come rapporto percentuale tra la somma delle lunghezze degli spezzoni di carota lunghi più di 10 cm rispetto alla lunghezza totale della manovra di carotaggio.

La calcarenite giallastra è stata incontrata in 11 perfori (BH4B, BH4B_bis, BH7B, BH8B, BH8B_bis, BH8B_ter, BH10B, BH11B, BH11B_bis, BH12B, BH13B) sui 20 eseguiti nell'area del PRT, a profondità variabili da 0.00 a 28.20 m dal p.c. Essa è caratterizzata da valori RQD tra 0 e 84% (da molto scadente ad eccellente), distribuiti per classi RQD come segue:

- classe 0-20 %: 62.5%
- classe 20-40 %: 18.8%
- classe 40-60 %: 6.3%
- classe 60-80 %: 6.3%
- classe 80-100 %: 6.3%

Tabella 6-7: distribuzione dei valori RQD con la profondità per l'unità b2)

Classe RQD	PROFONDITÀ											
	3-6 m	6-9 m	9-12 m	12-15 m	15-18 m	18-21 m	21-24 m	24-27 m	27-30 m	30-33 m	33-36 m	36-40 m
molto scadente	4	4	6	4	1	0	1	0	0	0	0	0
scadente	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
mediocre	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
buono	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eccellente	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La calcarenite biancastra è stata invece rinvenuta in 17 sondaggi sui 20 perforati nell'area del PRT (BH4B, BH4B_bis, BH5B_STATION, BH5B, BH6B, BH6B_bis, BH7B, BH7B_bis, BH7B_ter, BH8B_bis, BH8B_ter, BH8B_quater, BH8B_quinques, BH9B, BH10B, BH12B, BH13B), da profondità variabili tra 7.80 e 30.00 m da p.c. e fino a fondo foro, eccetto dove (BH9B e BH8B_quinques) del materiale presumibilmente di riempimento di cavità interrompe la sua continuità. La calcarenite biancastra è caratterizzata da valori RQD compresi tra 0 e 85%, distribuiti come segue:

- classe 0-20%: 36.6%
- classe 20-40%: 38.2%
- classe 40-60%: 17.6%
- classe 60-80%: 6.1%
- classe 80-100%: 1.5%

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 6-8: distribuzione die valori RQD con la profondità per l'unità c)

Classe RQD	PROFONDITÀ										
	3-6 m	Classe RQD	3-6 m	Classe RQD	3-6 m	Classe RQD	3-6 m	Classe RQD	3-6 m	Classe RQD	3-6 m
molto scadente	0	0	1	3	5	2	7	4	8	6	12
scadente	1	0	0	5	6	5	5	7	5	9	7
mediocre	1	0	0	2	1	4	2	3	1	1	8
buono	0	0	2	0	0	1	1	2	0	1	1
eccellente	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Come si può notare, la calcarenite biancastra sembra possedere proprietà fisico-meccaniche leggermente migliori di quella giallastra.

Sulla base dei sondaggi geotecnici eseguiti, alcuni dei quali molto lontani dagli altri, e dell'interpretazione sintetizzata nelle sezioni geologiche in Allegato 3, e prendendo a riferimento la norma DIN18300 "Bodenklassen für Erdarbeiten" si suggerisce di attribuire:

- alla calcarenite biancastra la *classe n° 7 "rock which is hard to excavate" (roccia difficilmente scavabile)*,
- alla calcarenite tenera giallastra la *classe n° 6 "rock which is easy to excavate and similar soils; more than 30 % stones with each 0,01 to 0,1 m³; solid clay and silt" (roccia facilmente scavabile e terreni simili)*,
- al limo sabbioso/argilloso, a volte sabbia limosa, con ghiaia e ciottoli la *classe n° 6 "rock which is easy to excavate and similar soils; more than 30 % stones with each 0,01 to 0,1 m³; solid clay and silt"*.

Si tenga tuttavia presente che non è possibile escludere il ritrovamento nel sottosuolo dell'area in esame di suoli/rocce classificabili diversamente dalla suddetta norma DIN 18300.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

6.3 Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici

Gli esiti delle prove in situ ed in laboratorio sono stati sottoposti a trattamento statistico allo scopo di ricavare i classici indicatori come media, mediana, minimo, massimo, deviazione standard, coefficiente di variazione, ecc. per ciascuna unità geotecnica. Come si può notare, i parametri dell'unità b1) mostrano una notevole dispersione.

Tabella 6-9: indicatori statistici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unità		N_{spt}	$(N_1)_{60}$	ϕ	D_R	E_d	G	E_{ed}
a	conteggio	2	2	2	2	2	2	2
	Media	29.00	24.00	31.00	83.00	15.15	159.00	12.15
	Min	28.00	22.00	30.70	77.00	12.80	123.00	11.50
	Max	30.00	26.00	31.30	89.00	17.50	195.00	12.80
	St. Dev.	1.41	2.83	0.42	8.49	3.32	50.91	0.92
	COV	0.05	0.12	0.01	0.10	0.22	0.32	0.08
b1	conteggio	16	16	16	16	16	16	16
	Media	45.94	43.31	32.70	79.50	30.02	206.38	31.44
	Min	19.00	16.00	29.50	49.00	11.60	96.00	11.20
	Max	96.00	96.00	35.40	113.00	66.20	371.90	66.80
	St. Dev.	17.52	20.86	1.61	17.13	13.07	69.67	14.11
	COV	0.38	0.48	0.05	0.22	0.44	0.34	0.45

Tabella 6-10: indicatori statistici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio, per l'unità b1

	γ_n (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	e (-)	S (%)	m_v (Mpa ⁻¹)	E (Mpa)	K (m/sec)
conteggio	7	7	11	17	7	7	7	2	2	2
media	20.33	17.66	15.13	2.67	32.55	0.48	81.86	0.16	6.35	5.49E-06
min	19.08	15.96	10.02	2.55	27.14	0.37	75.93	0.15	5.90	6.87E-07
max	21.04	18.58	19.57	2.72	37.43	0.60	88.26	0.17	6.80	1.03E-05
mediana	20.70	18.02	15.29	2.70	32.66	0.49	83.44	0.16	6.35	5.49E-06
st. dev.	0.73	0.90	2.91	0.07	3.02	0.07	4.68	0.02	0.64	6.80E-06
COV	0.04	0.05	0.19	0.03	0.09	0.14	0.06	0.11	0.10	1.24E+00

Successivamente, come stabilito dall'Eurocodice 7 EN 1997-1 "Progettazione geotecnica" e dalla normativa italiana di settore (principalmente le "Norme Tecniche sulle Costruzioni", 2008), da tali valori "disaggregati" dei parametri geotecnici devono essere ricavati, mediante un approccio statistico, i valori "caratteristici".

Come recita l'Eurocodice 7, "...il valore caratteristico di un parametro di un terreno o di una roccia dovrebbe essere scelto in base ad una valutazione cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite..."; a tal fine sono previsti due approcci:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

- quando lo stato limite è controllato dal valore medio di un dato parametro del terreno (cioè, quando esso coinvolge grandi volumi di terreno e può verificarsi una redistribuzione dei carichi) il valore caratteristico dovrebbe essere scelto come stima precauzionale del valore medio;
- quando invece lo stato limite interessa piccoli volumi di terreno e/o non sono disponibili molti risultati sperimentali e/o la dispersione dei valori è elevata, allora è più corretto eseguire una stima precauzionale del valore più basso locale.

Considerati i lavori da realizzare, il quadro geologico locale, la quantità e la qualità dei dati, è stato scelto il secondo approccio.

Avendo a disposizione un relativamente modesto numero di prove, l'equazione usata per il trattamento statistico dei dati è quella suggerita da H.R. Schneider, P. Fitze – (2011):

$$x_k = x_{mean} - 1,645 \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$$

dove:

x_{mean} è la media aritmetica;

σ è la deviazione standard;

n è il numero di campioni.

Usando la suddetta equazione, sono stati ottenuti i valori caratteristici riportati nelle Tabella 6-11 e Tabella 6-12.

Tabella 6-11: valori caratteristici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unit	$N_{spt,k}$	$(N_1)_{60,k}$	ϕ_k	$D_{R,k}$	$E_{d,k}$	G_k	$E_{ed,k}$
a	27.36	20.71	30.51	73.13	11.28	99.78	11.08
b1	38.73	34.73	32.04	72.45	24.64	177.73	25.64

Tabella 6-12: valori caratteristici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio per l'unità b1

γ_m (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	W (%)	G (-)	n (%)	e (-)	S (%)	m_v (Mpa ⁻¹)	E (Mpa)
19.88	17.10	13.69	2.64	30.68	0.44	78.95	0.14	5.61

	Pagina 52 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

6.4 Azione sismica di progetto

Il nuovo codice italiano delle costruzioni NTC (Norme Tecniche NTC 2008) affronta diversi argomenti, incluse la progettazione di nuove costruzioni civili e industriali, ponti e strutture geotecniche e le modificazioni di strutture esistenti.

Esso innanzitutto introduce il periodo di riferimento V_R per le azioni sismiche, che è dato dal prodotto della vita nominale della costruzione V_N e del suo coefficiente d'uso C_U . V_N è il numero di anni durante i quali un edificio, soggetto a regolare manutenzione, dovrebbe essere usato per lo scopo per cui è stato progettato. La norma indica $V_N = 10$ anni per opere provvisorie, $V_N \geq 50$ anni per opere ordinarie e $V_N \geq 100$ anni per grandi opere o di importanza strategica.

Il coefficiente d'uso è collegato direttamente alla classe d'uso della costruzione, che va da Classe I (rara presenza di persone, edifici agricoli, $C_U = 0.7$) a Classe II (normale presenza di persone, $C_U = 1.0$) fino a Classe IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile, $C_U = 2.0$).

Sono stabiliti nella norma due stati limite di esercizio (SLO = Stato Limite di Operatività, SLD = Stato Limite di Danno (SLD) e due stati limite ultimi (SLU = Stato Limite di Salvaguardia della Vita, SLC = Stato Limite di prevenzione del collasso (SLC).

Secondo la norma, la probabilità di superamento dell'azione sismica durante il periodo di riferimento varia con lo stato limite.

Tabella 6-13: variazione della probabilità di superamento del moto sismico per diversi stati limite

Stato limite		Probabilità P di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di servizio	Stato limite di operatività (SLO)	81%
	Stato limite di danno (SLD)	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%

Questo modo di definire il periodo di ritorno di un terremoto è associato ad un sistema recentemente diventato disponibile in Italia, che permette la visualizzazione e l'interrogazione di mappe probabilistiche di pericolosità sismica del territorio nazionale utilizzando diversi parametri di scuotimento su una griglia regolare con una spaziatura $0,05^\circ$ (Meletti e Montaldo, 2007).

In sintesi, vi è ora uno strumento in Italia, all'interno delle NTC, che permette la determinazione dell'accelerazione di picco al suolo (peak ground acceleration, PGA) e lo spettro di progetto per i terremoti con diversi periodi di ritorno in ogni punto del territorio.

6.4.1 Categorie di sottosuolo

L'ambiente professionale dell'Ingegneria Sismica è ben consapevole del fatto che le condizioni locali del suolo possono modificare notevolmente le caratteristiche del moto sismico tipiche del substrato roccioso affiorante.

Nelle NTC gli effetti di sito vengono introdotti attraverso la determinazione del tipo di terreno, che influenza la categoria di sottosuolo, e la forma dello spettro di risposta di progetto.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

In particolare, viene introdotta la velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} e sono definiti un numero di colpi SPT equivalente N_{SPT30} e una coesione equivalente Cu_{30} . Le NTC raccomandano fortemente la misura delle V_{s30} per la definizione delle categorie di suolo e solo quando ciò non sia possibile l'uso di N_{SPT30} o Cu_{30} .

Una definizione più chiara della profondità del terreno per cui questi parametri equivalenti possono essere valutati è data in base al tipo di costruzione. La profondità deve essere calcolata dalla profondità del piano di posa per le fondazioni poco profonde; dalla testa del palo per fondazioni profonde; dalla testa del muro per pareti per muri di contenimento di terreni naturali e dalla profondità della fondazione per muri per costruzioni in terra.

Per quanto riguarda il tipo di terreno, si precisa che il deposito può essere classificato in una delle cinque categorie convenzionali (dalla classe A alla classe E) solo se si osserva un aumento regolare nelle sue proprietà meccaniche con la profondità. In caso contrario, il sito deve essere classificato come S2 e sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica.

Tabella 6-14: valori delle V_{s30} per le principali categorie di suolo secondo le NTC 2008

Categoria di suolo		$V_{s,30}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi	> 800
B	Rocce tenere, terreni a grana grossa molto addensati o a grana fina molto consistenti	360÷800
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o a grana fina mediamente consistenti	180÷360
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti	< 180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento	Valori di V_s di tipo C o D e spessori variabili tra 5 e 20 m, seguiti da materiale più rigido con $V_s > 800$ m/s

Nel 2015 sono stati eseguiti due profili MASW (MASW1 vicino al sondaggio BH5B e MASW vicino al BH10B), i cui risultati sono presentati nell'Allegato 6. I due profili mostrano due differenti intervalli di velocità il che implica una differente categoria di suolo:

Profilo 1 - *MASW BH5B*

$V_{s,30} = 731$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" (360 m/s < $V_{s,30}$ < 800 m/s)

Profilo MASW BH10B

$V_{s,30} = 943$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "A" ($V_{s,30} > 800$ m/s)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

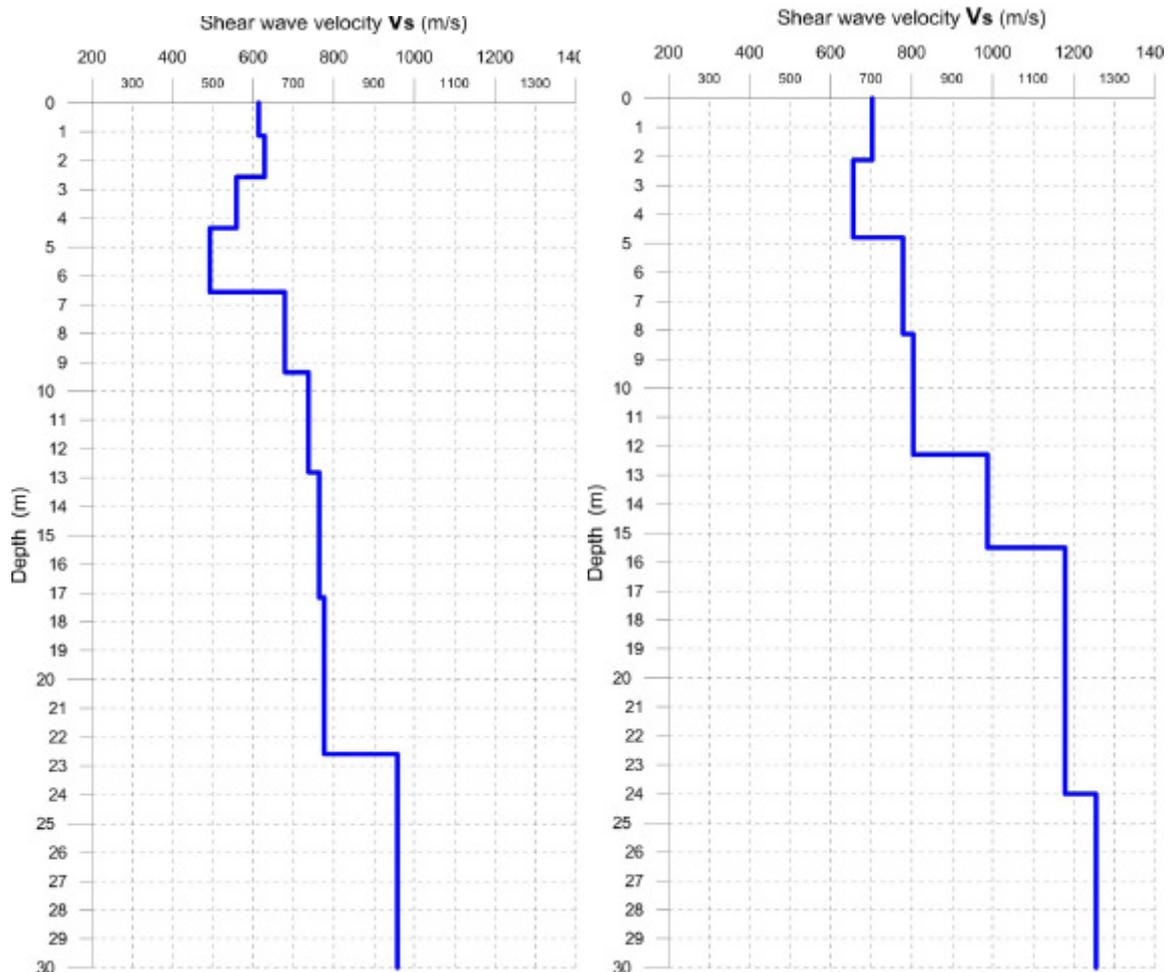
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**


Figura 6-1: MASW profile BH5B and BH10B

Conservativamente, la caratterizzazione sismica finale qui proposta prevede l'impiego della categoria di sottosuolo B per il PRT.

6.4.2 Identificazione della pericolosità del sito

In conformità con le NTC, sono definite le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R , dai valori dei seguenti parametri di riferimento:

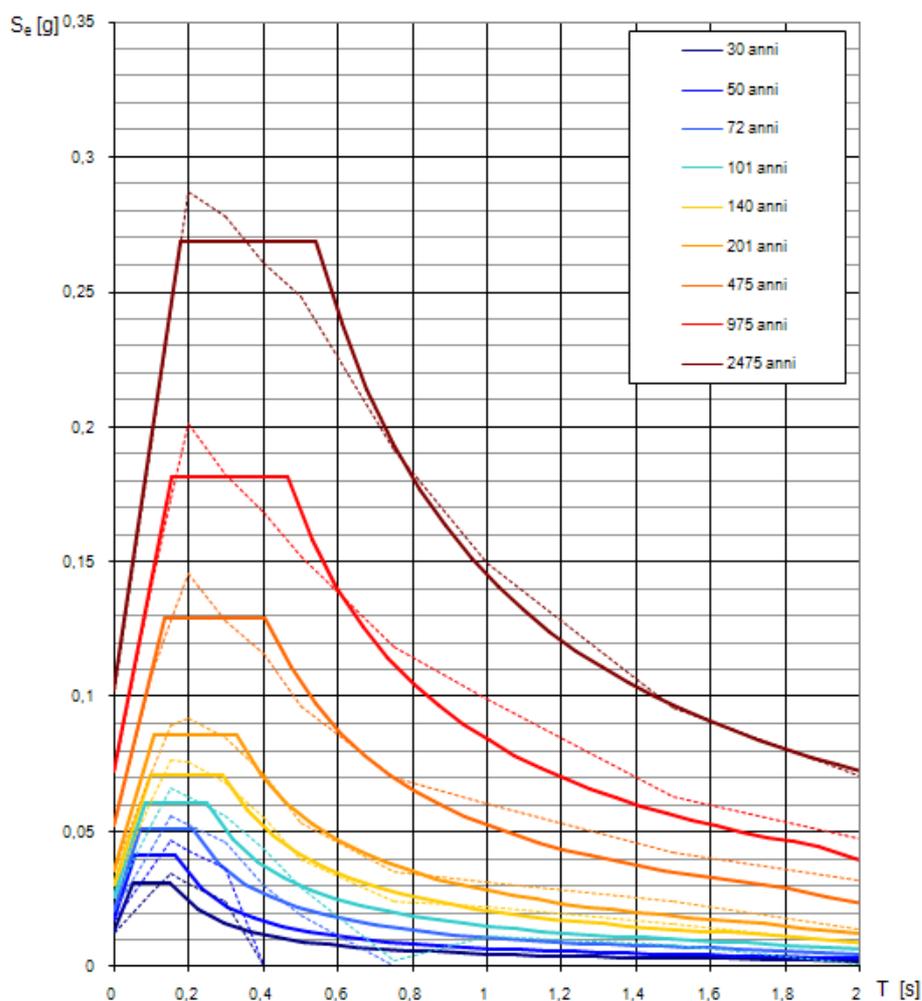
- a_g : accelerazione massima orizzontale al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il Comune di Melendugno è ubicato in zona sismica 4 (secondo il DGR n. 153/2004, consideriamo la zona 3 per le strutture strategiche), con i parametri sismici per i periodi di ritorno di riferimento T_r riportati nella seguente tabella:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01
Tabella 6-15: valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,013	2,458	0,152
50	0,017	2,436	0,163
72	0,021	2,441	0,213
101	0,026	2,362	0,249
140	0,030	2,355	0,291
201	0,035	2,420	0,328
475	0,052	2,462	0,406
975	0,072	2,505	0,464
2475	0,102	2,627	0,540



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 6-2: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1-INGV– linea tratteggiata)

6.4.3 Scelta della strategia di progetto

In conformità con le NTC, la strategia di progetto in questo caso considera una vita nominale degli edifici nel PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso C_U pari a 2.

Di seguito i valori progettuali di ingresso:

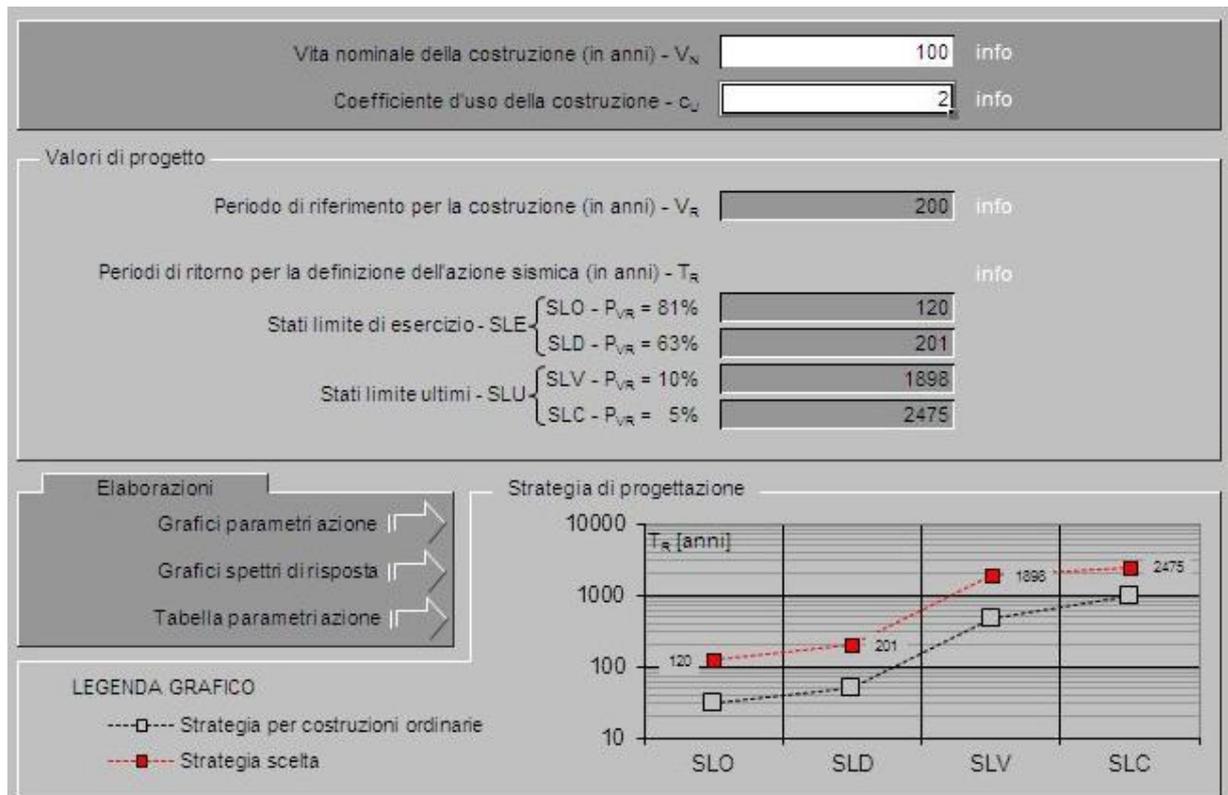


Figure 6-3: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

in Tabella 6-16 sono rappresentati i parametri a_g , P_o , T_c per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

Tabella 6-16: parametri a_g , P_o , T_c per i quattro stati limite, considerando una vita nominale delle costruzioni PRT equivalente a 100 anni ed un coefficiente d'uso pari a 2.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0,028	2,358	0,271
SLD	201	0,035	2,420	0,328
SLV	1898	0,093	2,592	0,517
SLC	2475	0,102	2,627	0,540

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

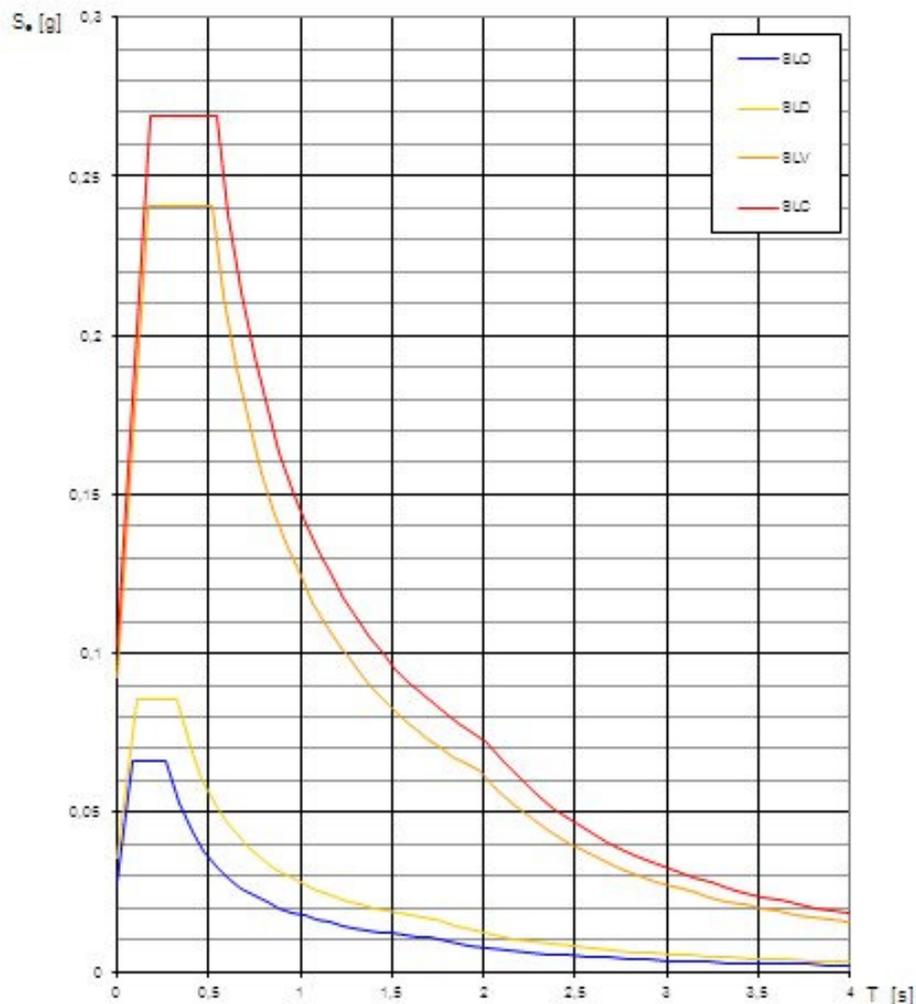


Figura 6-4: spettri di risposta per differenti stati limite

6.4.4 Determinazione dell'azione sismica di progetto

L'azione sismica di progetto è basata sull'identificazione delle categorie di sottosuolo e sulla topografia del sito.

Consideriamo una categoria di sottosuolo = B ed una categoria topografica = T1 (superficie pianeggiante).

Segue una figura con i parametri di ingresso considerati:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

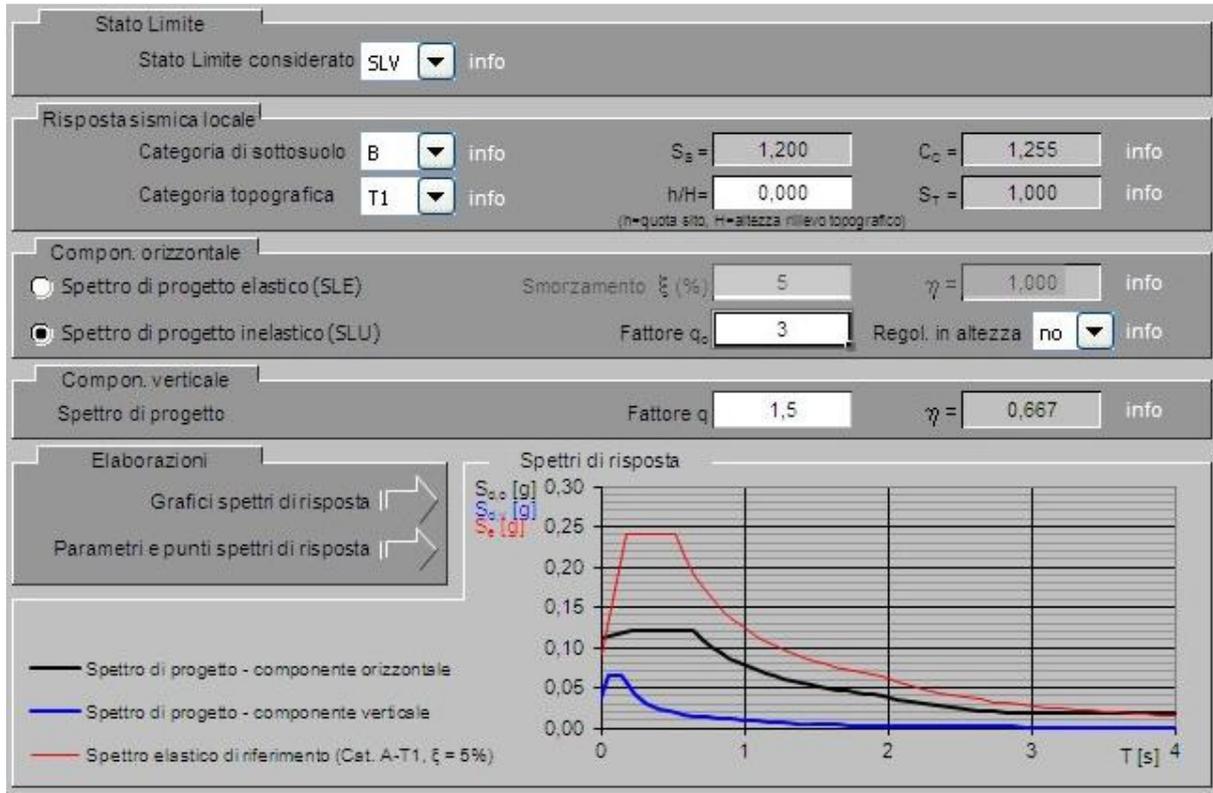


Figura 6-5: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto ("spettri NTC. Ver. 1.0.3" – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

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

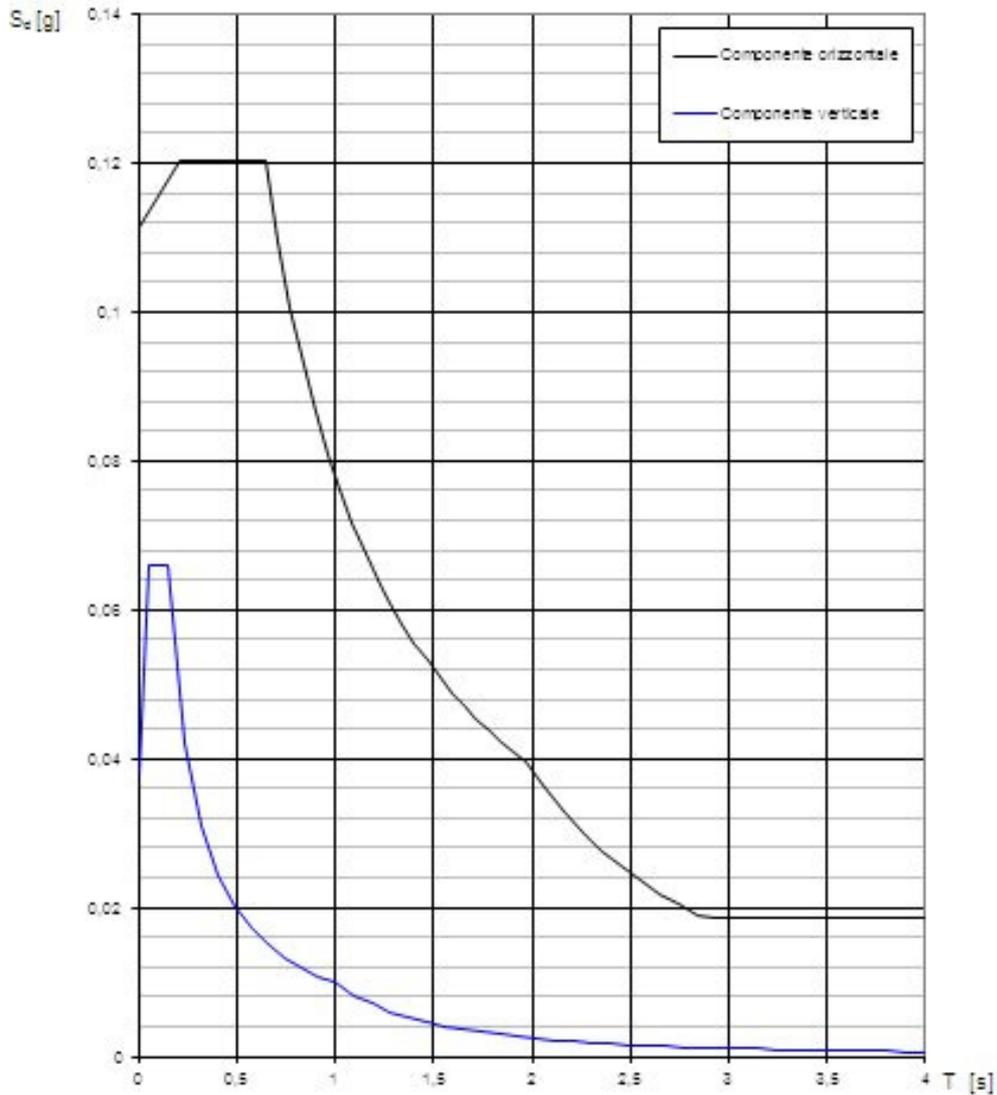


Figura 6-6: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,093 g
F_o	2,592
T_C	0,517 s
S_B	1,200
C_C	1,255
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T_B	0,216 s
T_C	0,649 s
T_D	1,971 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,111
$T_B \leftarrow$	0,216	0,120
$T_C \leftarrow$	0,649	0,120
	0,712	0,110
	0,775	0,101
	0,838	0,093
	0,901	0,087
	0,964	0,081
	1,027	0,076
	1,090	0,072
	1,153	0,068
	1,216	0,064
	1,279	0,061
	1,341	0,058
	1,404	0,056
	1,467	0,053
	1,530	0,051
	1,593	0,049
	1,656	0,047
	1,719	0,045
	1,782	0,044
	1,845	0,042
	1,908	0,041
$T_D \leftarrow$	1,971	0,040
	2,068	0,036
	2,164	0,033
	2,261	0,030
	2,358	0,028
	2,454	0,026
	2,551	0,024
	2,647	0,022
	2,744	0,020
	2,841	0,019
	2,937	0,019
	3,034	0,019
	3,130	0,019
	3,227	0,019
	3,324	0,019
	3,420	0,019
	3,517	0,019
	3,614	0,019
	3,710	0,019
	3,807	0,019
	3,903	0,019
	4,000	0,019

Figura 6-7: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,038 g
S_B	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,066
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,038
$T_B \leftarrow$	0,050	0,066
$T_C \leftarrow$	0,150	0,066
	0,235	0,042
	0,320	0,031
	0,405	0,024
	0,490	0,020
	0,575	0,017
	0,660	0,015
	0,745	0,013
	0,830	0,012
	0,915	0,011
$T_D \leftarrow$	1,000	0,010
	1,094	0,008
	1,188	0,007
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,005
	1,563	0,004
	1,656	0,004
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,003
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV

	Pagina 62 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

7 VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE

Il presente capitolo descrive l'approccio delle verifiche geotecniche seguendo le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 – nel seguito NTC2008.

Sulla base delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei suoli derivate dalle indagini eseguite, dei dati di progetto disponibili, consistenti in planimetrie recanti informazioni sulla tipologia e geometria degli edifici e delle strutture previste, e della stima dei carichi trasmessi al sottosuolo ricavata dai suddetti dati, si ritiene compatibile prevedere l'impiego di fondazioni superficiali.

7.1 Riferimenti Normativi

Leggi e decreti:

- D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”
Technical Rules for Construction Minister Decree (hereinafter NTC2008);
- Circ. Min. n. 617 Febbraio 2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”, indicata con Circ. NTC2008
Circ. Min. n. 617 February 2009 “Instructions for application of NTC2008”;

Norme Europee:

- Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica – Parte 1 – regole generali” nella versione in lingua italiana, pubblicata a cura dell'UNI (UNI ENV 1997-1, ratificata in data Ottobre 1994) EN 1997-1 (2004) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]”
- Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC

7.2 Stato Limite Ultimo (SLU)

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) prevedono che sia rispettata, per ogni stato limite ultimo, la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{ovvero} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

con $\gamma_E = \gamma_F$.

Mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

L'effetto delle azioni e resistenza è espresso in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Gli stati limite ultimi da considerare sono i seguenti:

EQU – perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

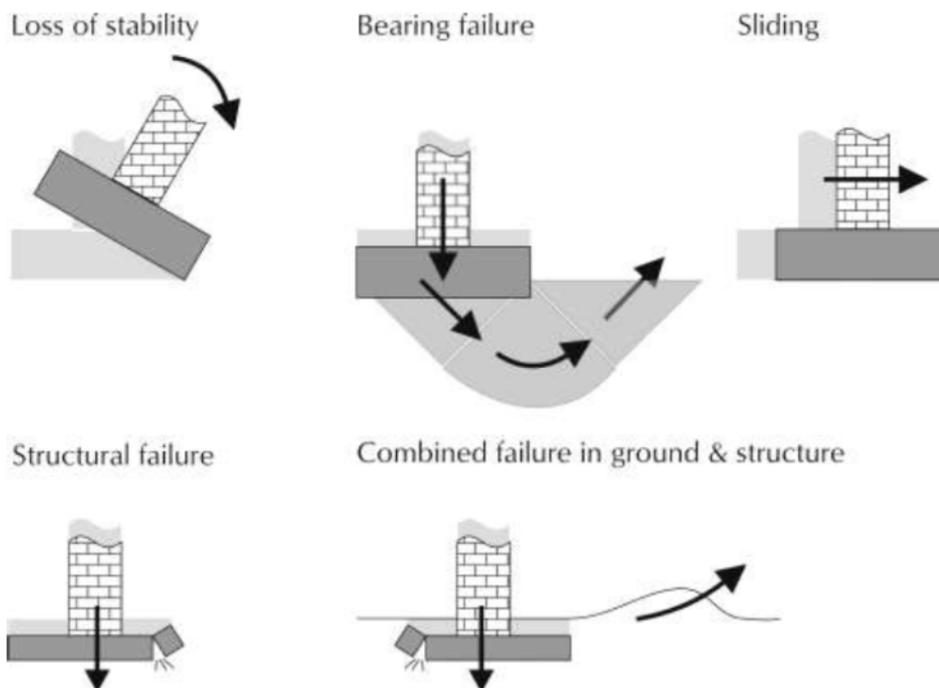
STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);

HYD – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Figura 7-1: Schemi di rottura (da Bond & Harris, 2008)

Nel presente studio è stato analizzato lo stato limite di tipo GEO, secondo il più conservativo dei due approcci:

Approccio 1: Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2: (A1+M1+R3).

Le tabelle seguenti contengono i coefficienti applicati nelle verifiche:

Tabella 7-1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tabella 6.2.1 di NTC2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (ϕ γ_F)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 7-2 – Coefficienti parziali sui parametri geotecnici (Tabella 6.2.II di NTC2008)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 7-3 – Coefficienti parziali per le verifiche SLU per fondazioni superficiali (Tabella 6.4.I di NTC2008)

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

7.3 Carico limite per il collasso del terreno di fondazione

Per il calcolo del collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno si procederà a valutare la capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) facendo riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno omogeneo:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

nella quale:

- q_{lim} = portata limite;
- γ = peso di volume efficace;
- B' = lato minore della fondazione efficace equivalente;
- N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio ϕ' ;
- s_γ, s_c, s_q = fattori di forma;
- d_γ, d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;
- i_γ, i_c, i_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- b_γ, b_c, b_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- g_γ, g_c, g_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- q' = sovraccarico laterale alla base della fondazione.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Con ϕ' si definisce nel seguito l'angolo di attrito di "design" ϕ'_d ottenuto moltiplicando l'angolo di attrito caratteristico ϕ'_k per il rispettivo coefficiente parziale, M1 o M2, dei parametri geotecnici.

I fattori inseriti nella formula generale sono definiti dalle seguenti espressioni:

- fattori di capacità portante (Vesic, 1975)

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \phi')} \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi'}$$

- fattori di forma della fondazione (De Beer, 1967)

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi'$$

$$s_c = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

con L' = lato maggiore della fondazione efficace equivalente

- fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa (Brinch-Hansen, 1970)

$$d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B'} \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2, \text{ per } D/B' \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right), \text{ per } D/B' \geq 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

con D = approfondimento del piano di posa al di sotto del piano campagna

- fattori dipendenti dall'inclinazione del carico (Vesic, 1975)

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m_B = \frac{2 + B' / L'}{1 + B' / L'}$$

$$m_L = \frac{2 + L' / B'}{1 + L' / B'}$$

$$m = m_L \cdot \cos^2 \vartheta + m_B \cdot \sin^2 \vartheta$$

$$\vartheta = \arctg\left(\frac{T_B}{T_L}\right)$$

con H = carico orizzontale

N = carico verticale

 T_B = carico orizzontale in direzione B

 T_L = carico orizzontale in direzione L

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano di posa della fondazione (Brinch-Hansen, 1970)

$$b_q = b_{\gamma} = (1 - \alpha \cdot \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

 con α = inclinazione del piano di posa;

- fattori dipendenti dall'inclinazione del piano campagna (Brinch-Hansen, 1970)

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - \tan \omega)^2$$

$$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

con ω = inclinazione del piano campagna.

Le dimensioni della fondazione efficace equivalente B' e L' , sono calcolate, in presenza di carichi eccentrici, con il criterio proposto da Meyerhof (Figura 7-1) che prevede di riferire la capacità del terreno all'area "netta" $B' \times L'$:

$$B' = B - 2e_1$$

$$L' = L - 2e_2$$

dove:

L, B = dimensioni "reali" della fondazione;

e_1, e_2 = eccentricità del carico nelle direzioni considerate.

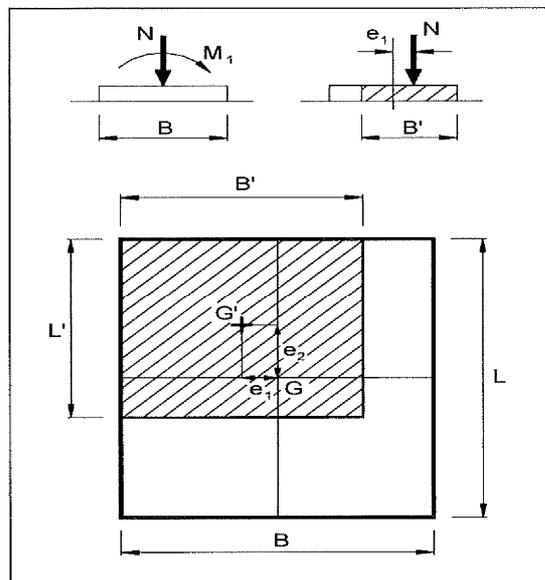


Figura 7-1: Criterio di Meyerhof per il calcolo della fondazione reagente

Per tener conto dell'influenza della falda sul terreno sottostante il piano di fondazione, si fa riferimento ad un peso di volume corretto (γ_c) secondo il seguente procedimento:

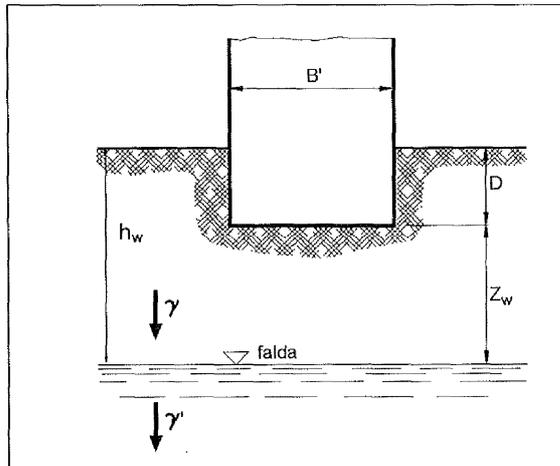
$$\gamma_c = \gamma_w (z_w / B) + (\gamma - \gamma_w) \text{ se } 0 \leq z_w \leq B$$

$$\gamma_c = \gamma \text{ se } z_w \geq B$$

dove:

z_w = distanza tra il piano d'imposta della fondazione e la falda.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Figura 7-2: Influenza della falda

7.4 Stato Limite di Esercizio (SLE)

Le NTC 2008 indicano che si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto della condizione (6.2.7):

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

I cedimenti assumono in genere valori diversi sul piano di posa di un manufatto. E' quindi necessario valutare i cedimenti differenziali ossia la differenza dei cedimenti tra punti di una stessa fondazione, di fondazioni distinte con sovrastrutture comuni e di fondazioni distinte con sovrastrutture staticamente indipendenti.

Nel caso in esame si procederà a valutare i cedimenti diretti di un plinto caricato con carico verticale, non si esaminerà il cedimento differenziale tra plinti e non si esamineranno i cedimenti mutui prodotti da plinti posizionati in vicinanza.

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici e i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari.

Il calcolo del cedimento diretto viene svolto con riferimento alla teoria elastica, mediante la correlazione prevista da Davis e Poulos (1974), che prevede il calcolo dello stato tensionale indotto nel terreno, supponendolo un semispazio elastico-lineare isotropo ed omogeneo, ed il calcolo del cedimento con riferimento ad un mezzo elastico lineare isotropo non omogeneo caratterizzato per ogni strato i -esimo dal modulo elastico (E_i) e dal coefficiente di Poisson (ν). In questo modo è possibile tener conto della stratigrafia del terreno.

Si procede quindi nel seguente modo:

1. si calcolano σ_x , σ_y e σ_z in funzione della profondità z con le seguenti espressioni:

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
**IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

$$\sigma_z = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) + \frac{L \cdot B \cdot z}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right) \right]$$

$$\sigma_x = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_1^2 \cdot R_3} \right]$$

$$\sigma_y = \frac{q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\arctan\left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3}\right) - \frac{L \cdot B \cdot z}{R_2^2 \cdot R_3} \right]$$

dove:

q = carico applicato alla fondazione;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

$$R_1 = (L^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_2 = (B^2 + z^2)^{0,5}$$

$$R_3 = (L^2 + B^2 + z^2)^{0,5}$$

2. si determina la distribuzione della deformazione verticale lungo l'asse z considerando gli opportuni valori di E e ν per ogni strato con la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_i} - \frac{\nu_i}{E_i} \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$$

3. si calcolano i cedimenti integrando le deformazioni con la profondità:

$$\delta = \int_0^H \varepsilon_z \cdot dz$$

dove H è lo strato di terreno per cui bisogna calcolare i cedimenti che si ottiene alla profondità z in cui sono verificate entrambe le seguenti 2 espressioni:

$$H \geq 2 \cdot B$$

$$\sigma_z(H) \leq 0.15 \cdot \sigma_{z0}$$

con

 $\sigma_z(H)$ = sovraccarico verticale dato dal carico applicato alla fondazione

 σ_{z0} = stato di sforzo geostatico.

	Pagina 71 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

8 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Poiché la progettazione definitiva delle strutture di fondazione che andranno costruite all'interno del PRT non è stata ancora finalizzata, le verifiche di capacità portante sono state svolte fornendo vari abachi che comprendono vari schemi di fondazioni superficiali.

In particolare, l'edificio principale è costituito da una griglia di pilastri con maglia di circa 5 m x 5 m. In tal caso il calcolo della capacità portante è stato sviluppato secondo le seguenti geometrie tipologiche:

- 1 x 1 m
- 1 x 2 m
- 1 x 5 m (assimilabile a fondazione a nastro larga 1 m)
- 2 x 2 m
- 2 x 4 m
- 2 x 10 m (assimilabile a fondazione a nastro larga 2 m).

La base della fondazione è stata assunta alla quota di -2.00 m da p.c., ed il livello del terreno a fianco a -1 m (corrispondente ad un carico laterale di circa 20 kPa). In base a quanto evidenziato nel par. 6.2.1, la presenza della falda idrica sotterranea non è stata considerata essendo ad una profondità molto maggiore del bulbo delle pressioni.

La capacità portante (Resistenza di progetto) è stata calcolata applicando i coefficienti parziali da NTC 2008 per i due approcci:

- Approccio 1: Combinazione 2: A2+M2+R2
- Approccio 2: A1+M1+R3

I risultati sono stati presentati in forma di abachi/diagrammi, nei quali l'asse x delle ascisse è l'eccentricità in direzione di B e di L, mentre l'asse delle ordinate è la resistenza di progetto R_d [kN].

Ciascun diagramma vale per un tipologico fondazionale (n.6 sets) e per un solo angolo d'attrito caratteristico ϕ'_k e contiene tre curve per i tre valori del rapporto N/H tra il carico applicato verticale rispetto al carico laterale orizzontale (N/H = 0%, 5%, 10%;) e secondo le due direzioni B e L.

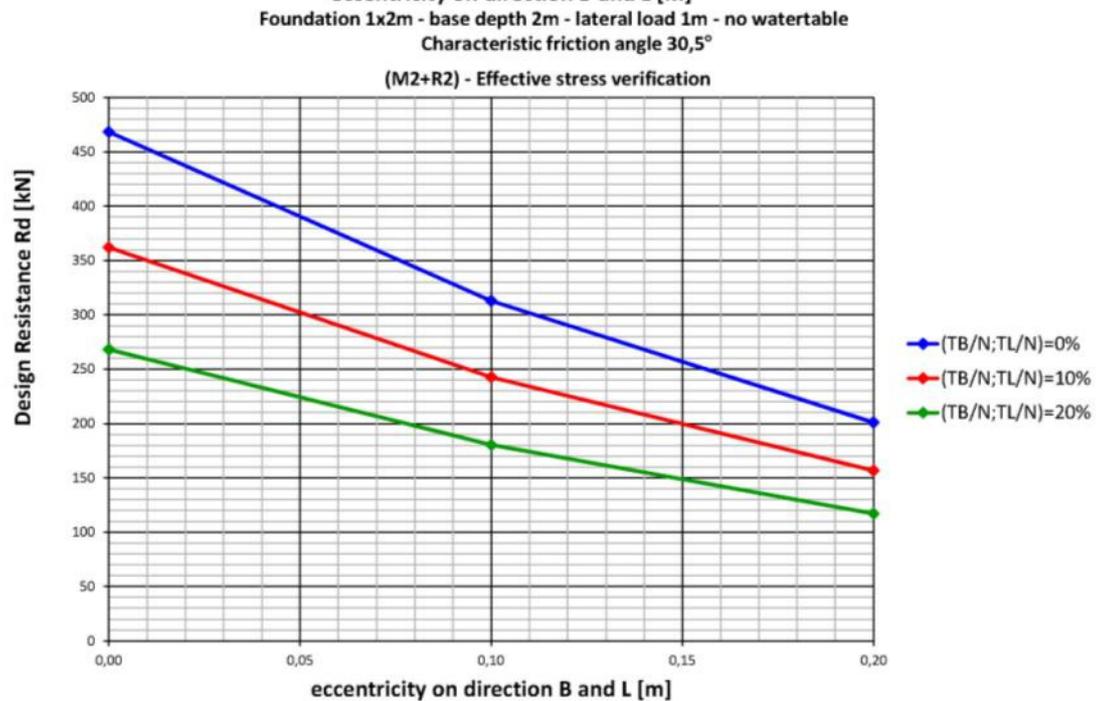
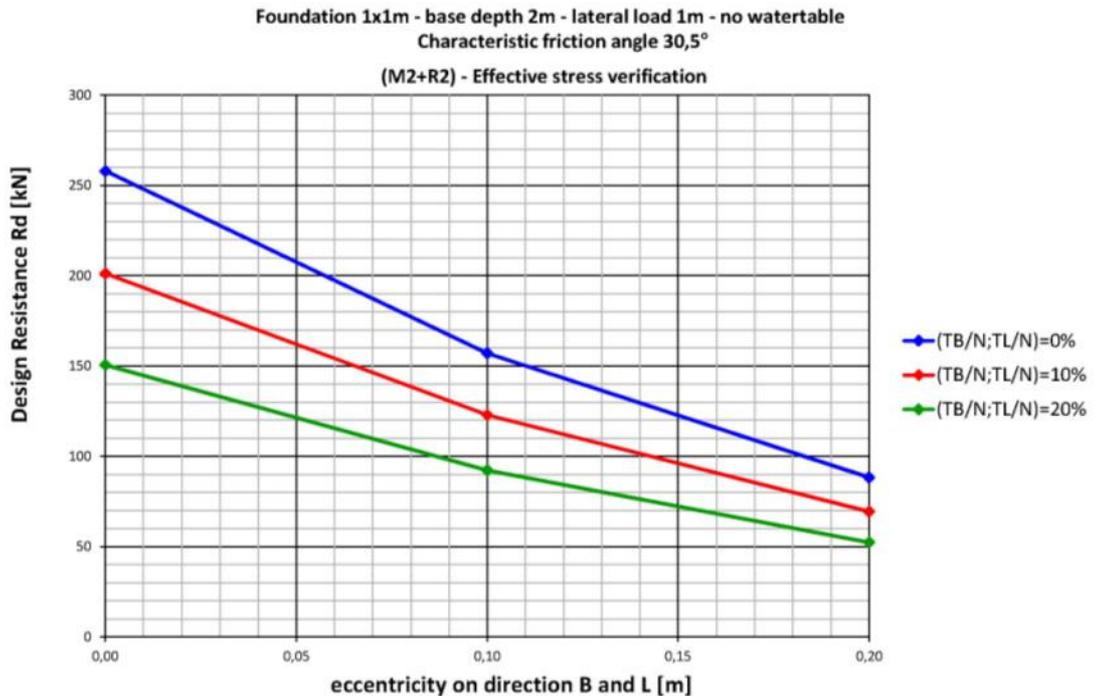
Sono stati analizzati due valori di angolo d'attrito caratteristico $\phi'_k = 30.5^\circ$ e 32° , corrispondenti rispettivamente ad un angolo d'attrito ϕ'_d di progetto pari a 26.5° e 27.9° . Il numero delle curve è di 6 per ogni angolo d'attrito e per ogni approccio, per un totale di 24 diagrammi.

L'ingegnere strutturista progettista può utilizzare tali diagrammi entrando con il carico applicato (moltiplicato per i relative coefficienti) e l'eccentricità effettiva, trovando quindi quale geometria fondazionale può soddisfare il carico di progetto o viceversa, nota la geometria trovare il massimo carico ammissibile che può venire applicato.

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

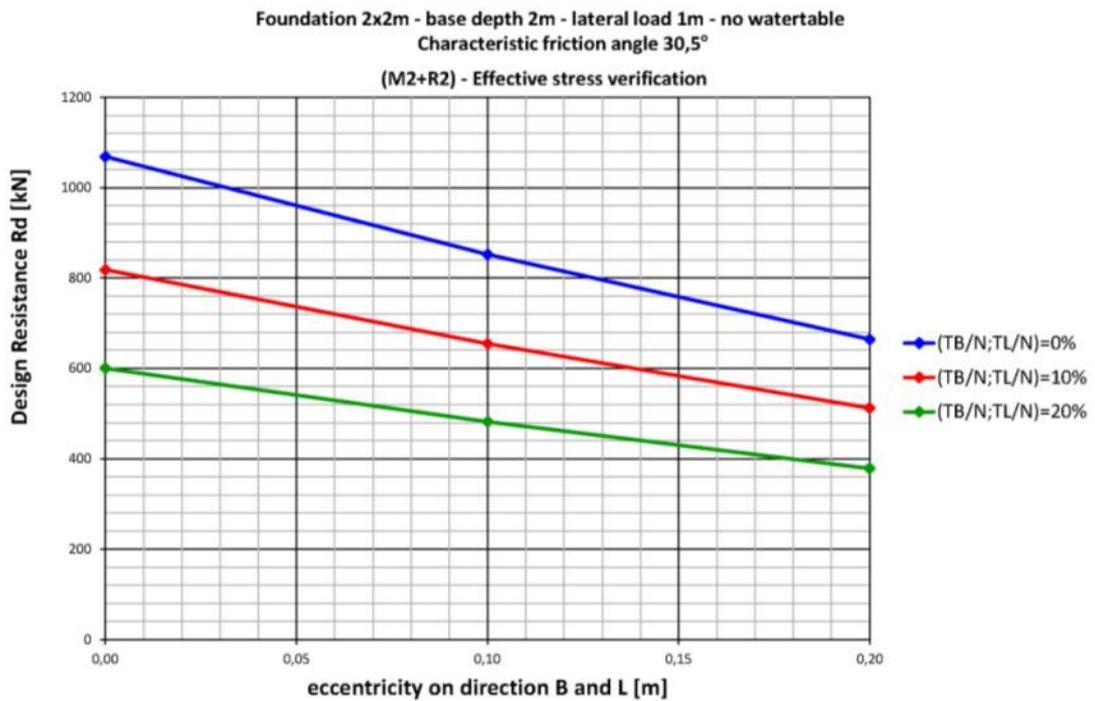
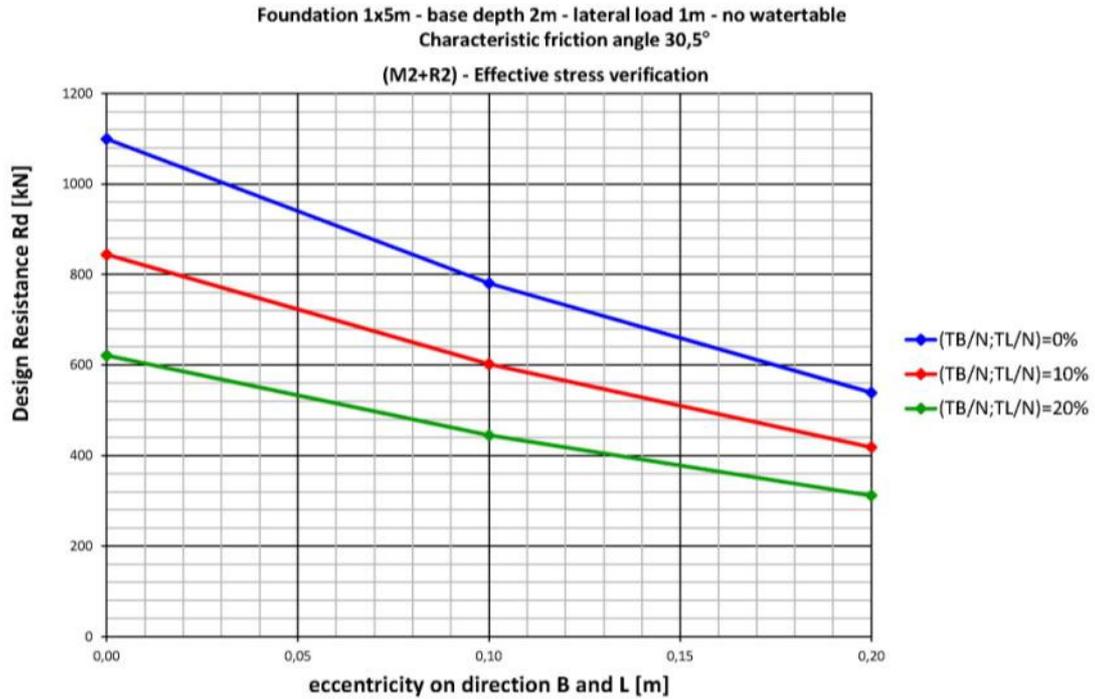
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.1 Angolo d'attrito caratteristico 30.5° - Verifica M2+R2



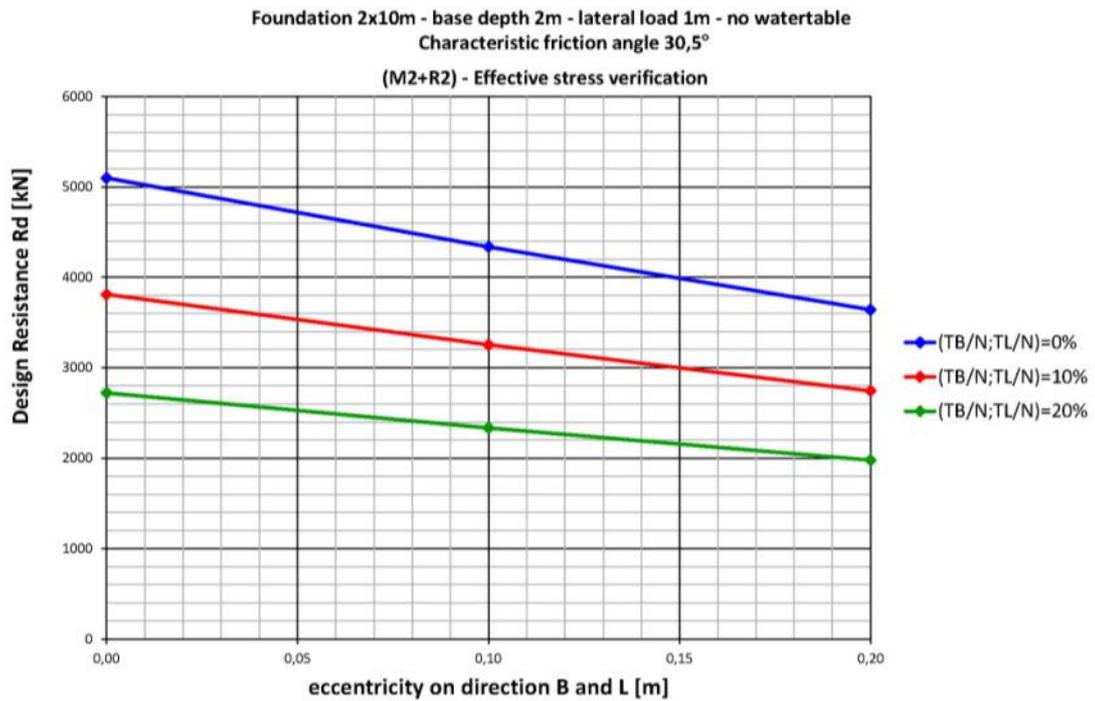
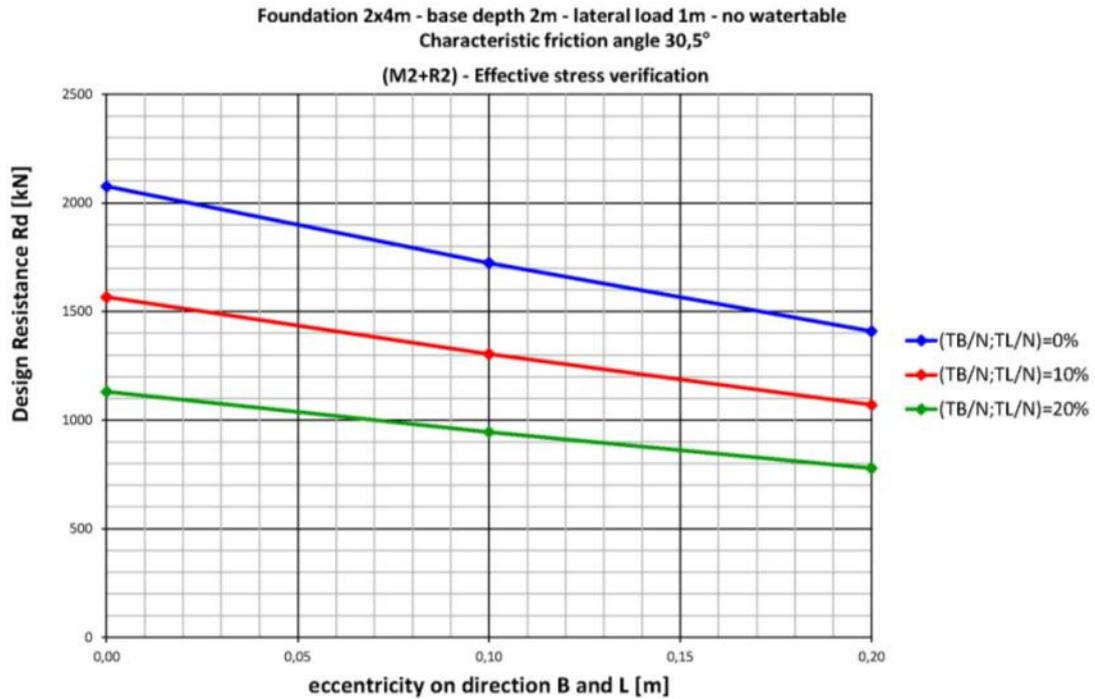
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

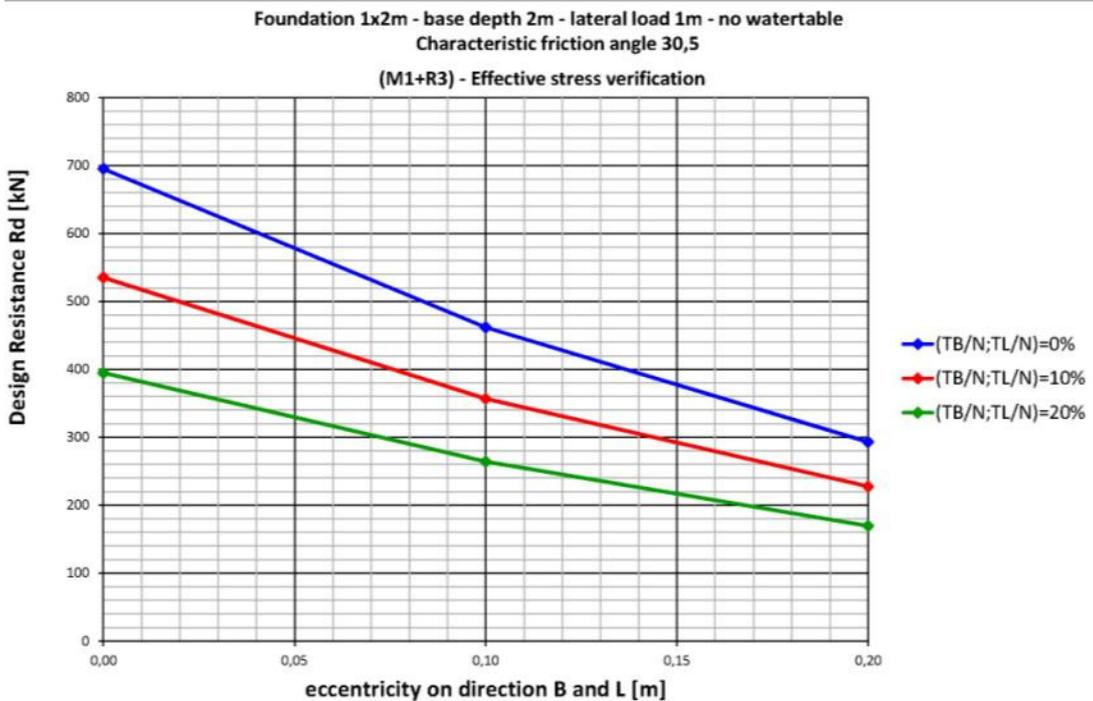
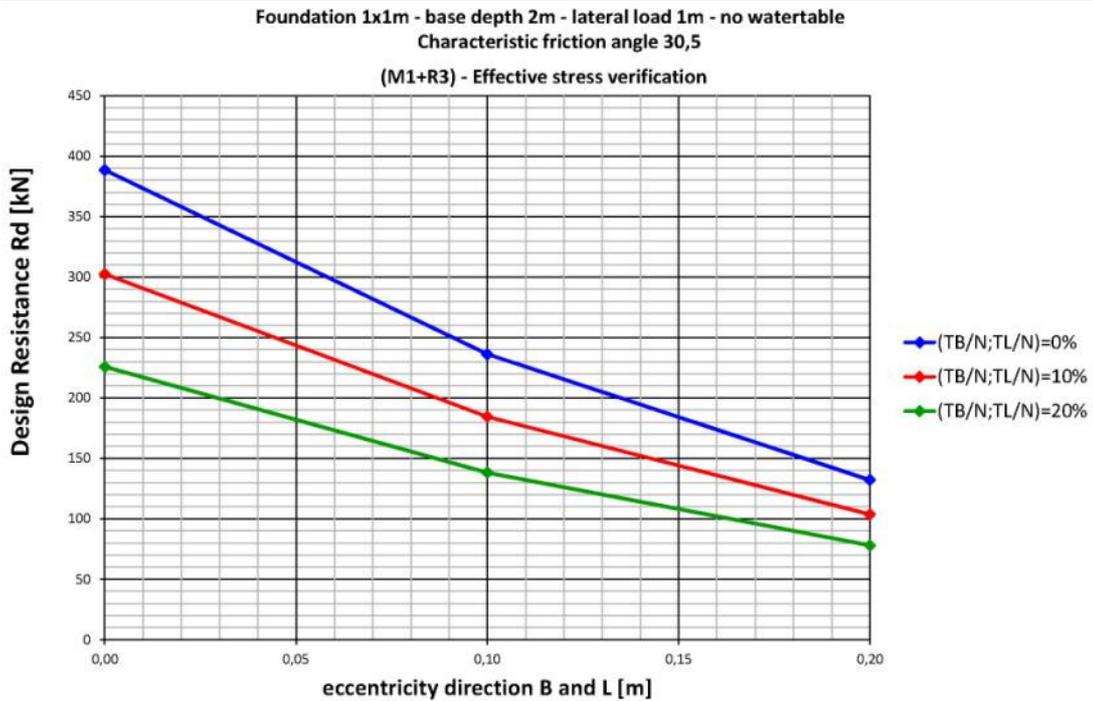
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

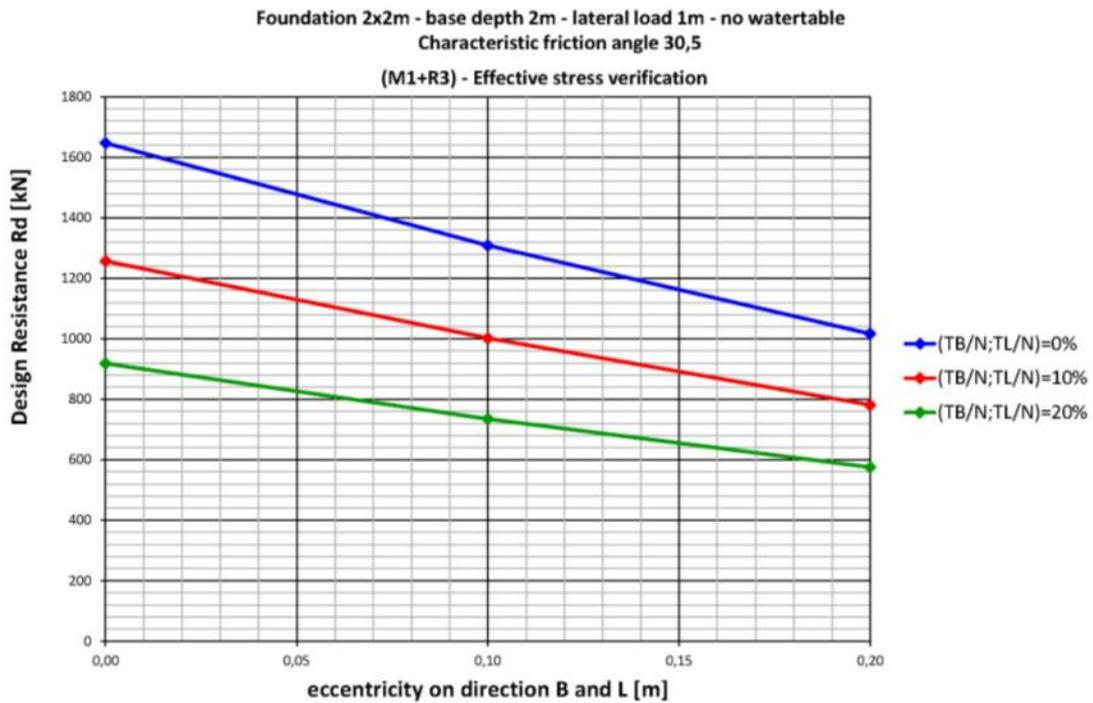
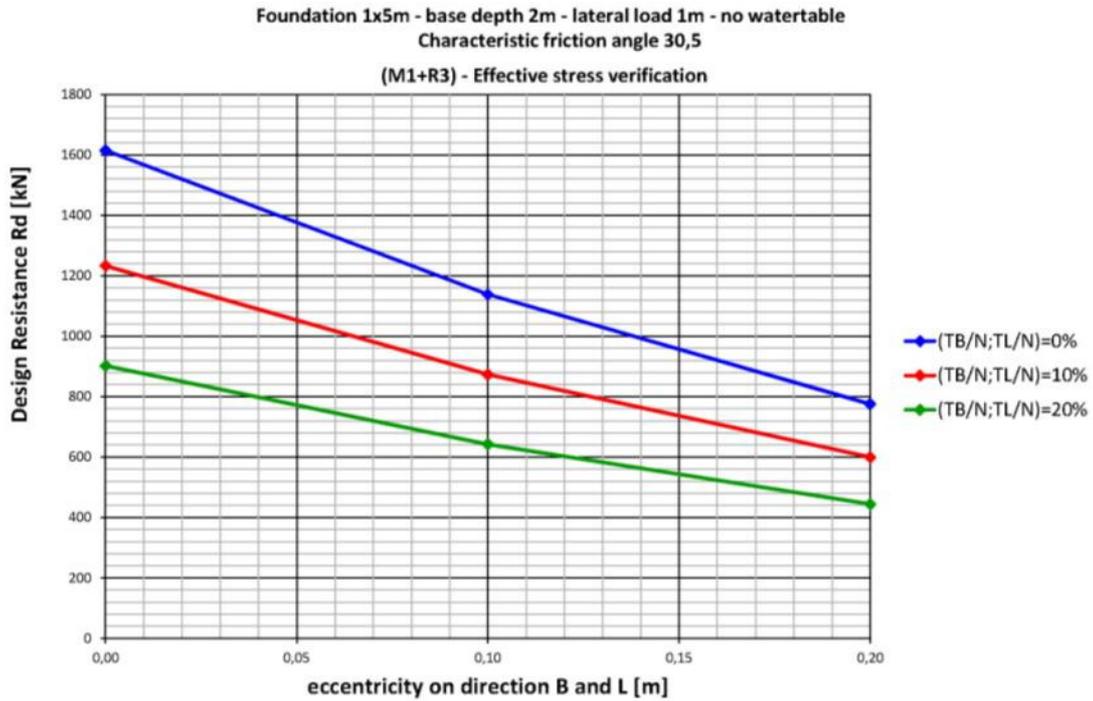
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.2 Angolo d'attrito caratteristico 30.5° - Verifica M1+R3



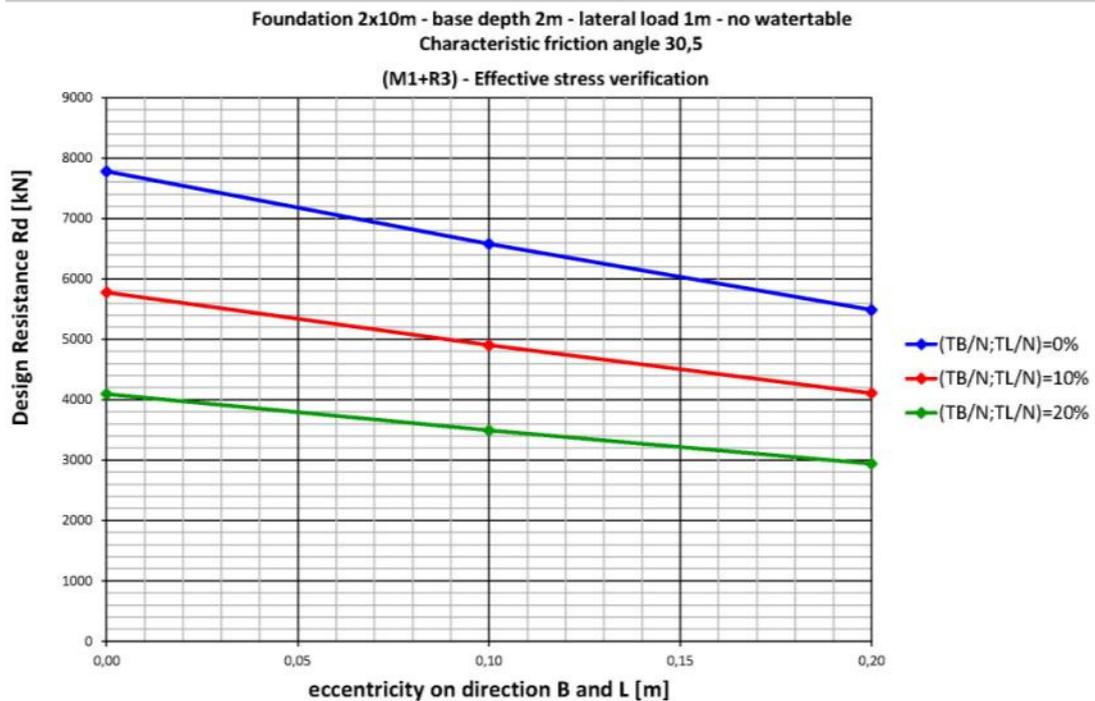
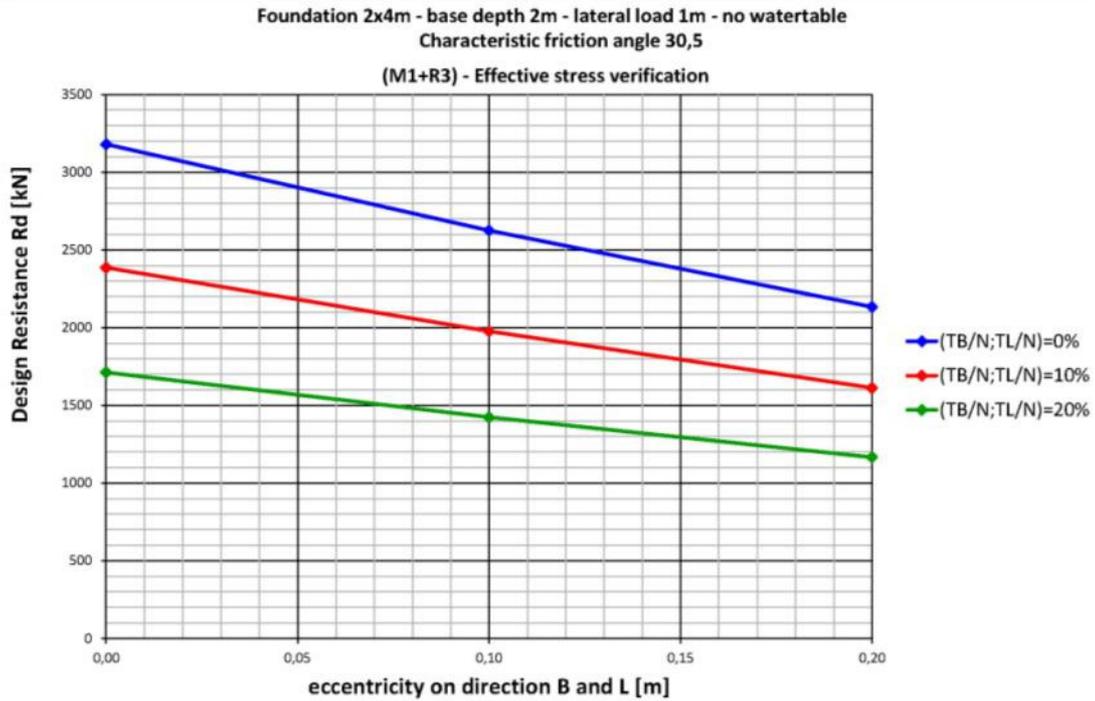
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

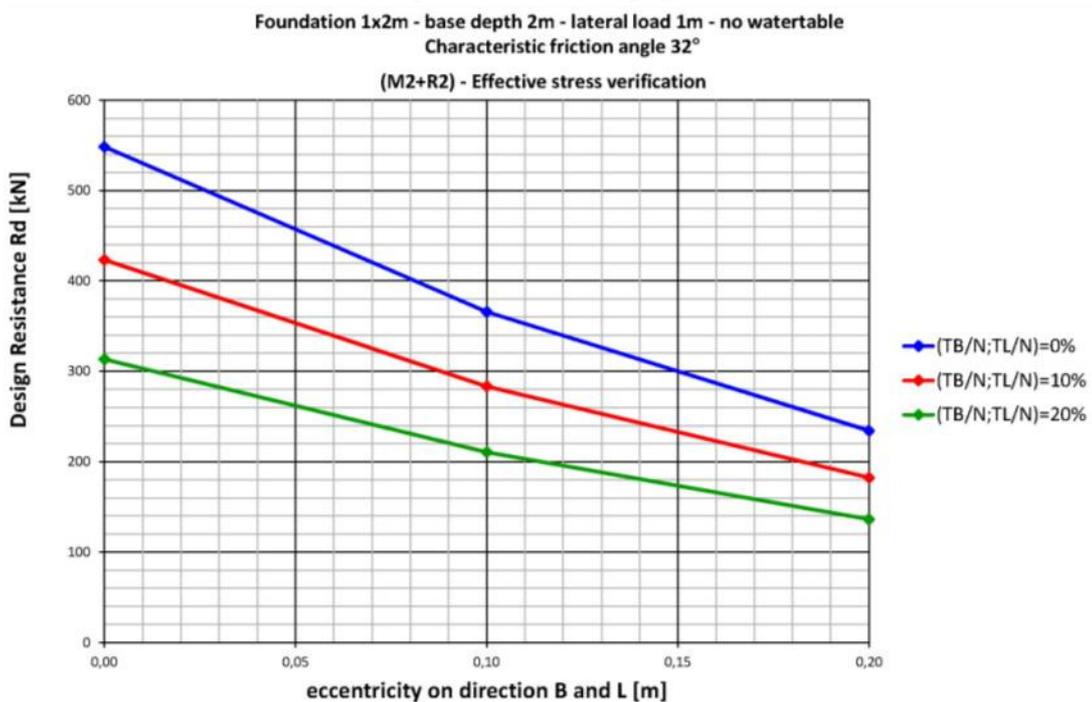
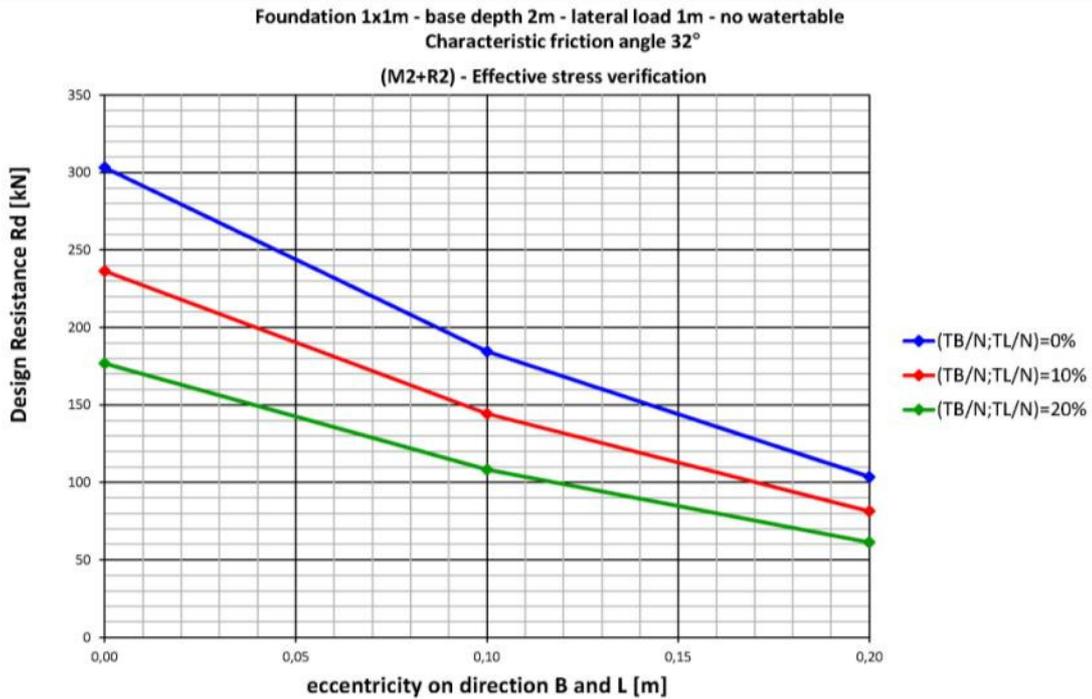
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

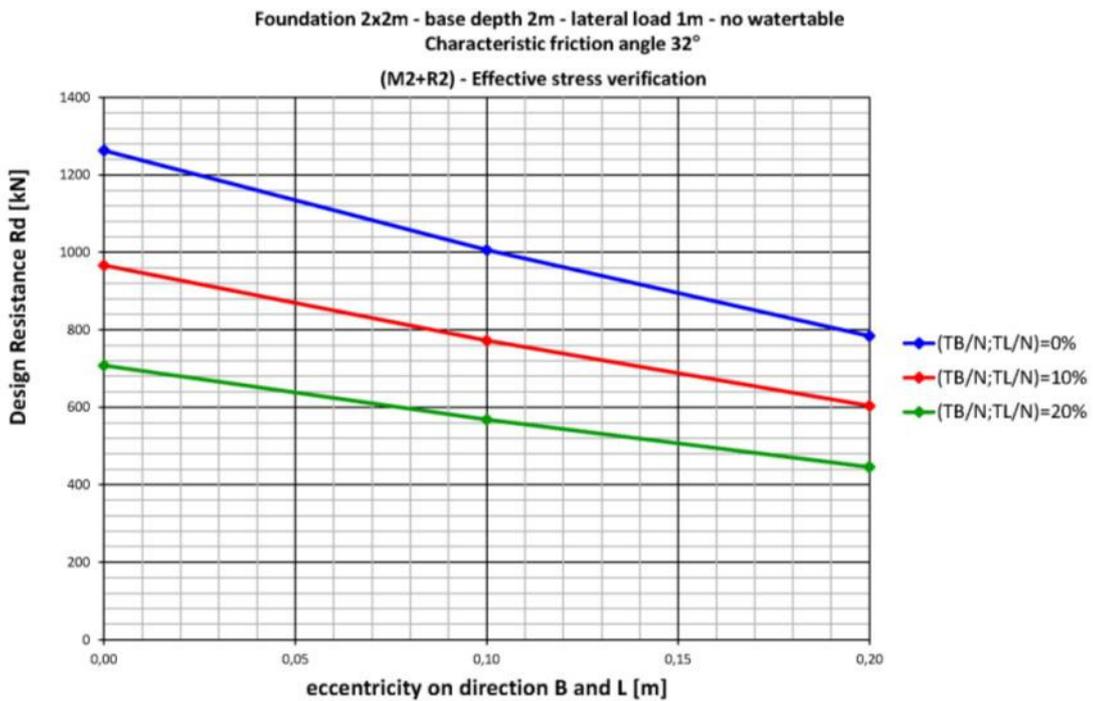
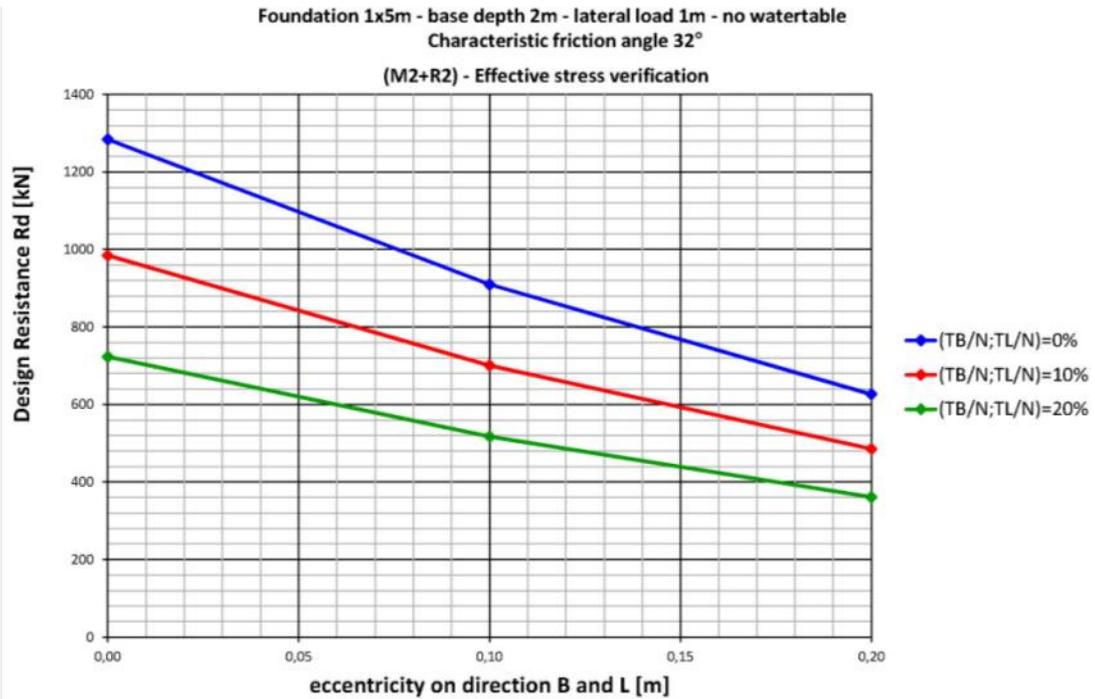
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.3 Angolo d'attrito caratteristico 32° - Verifica M2+R2



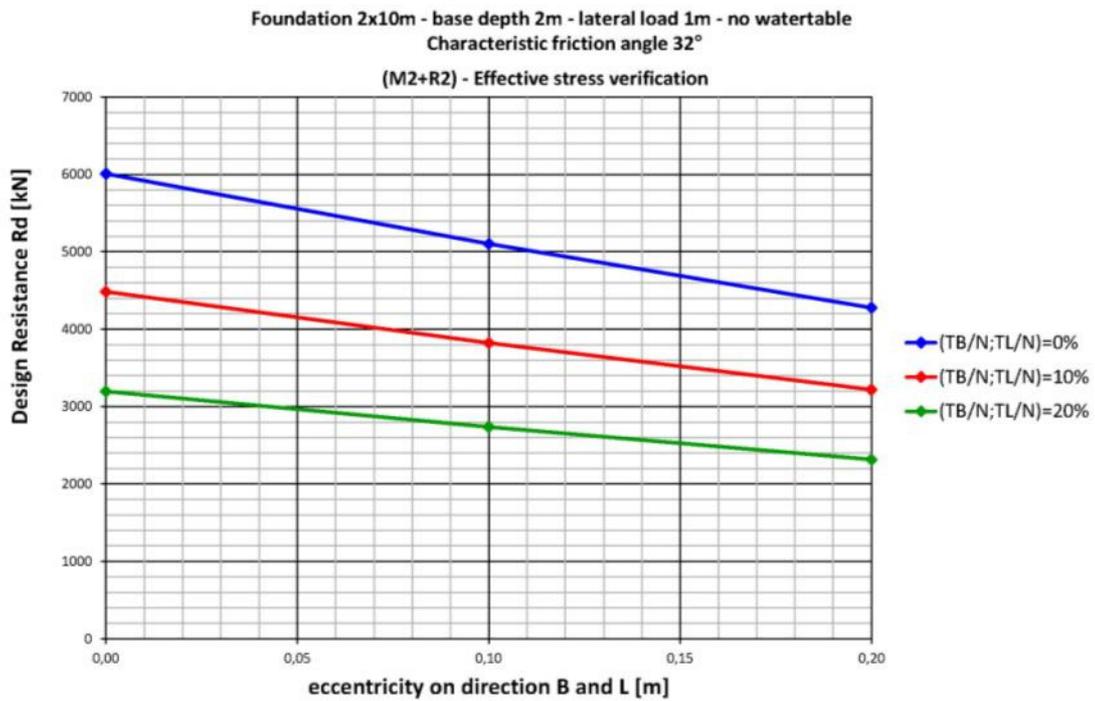
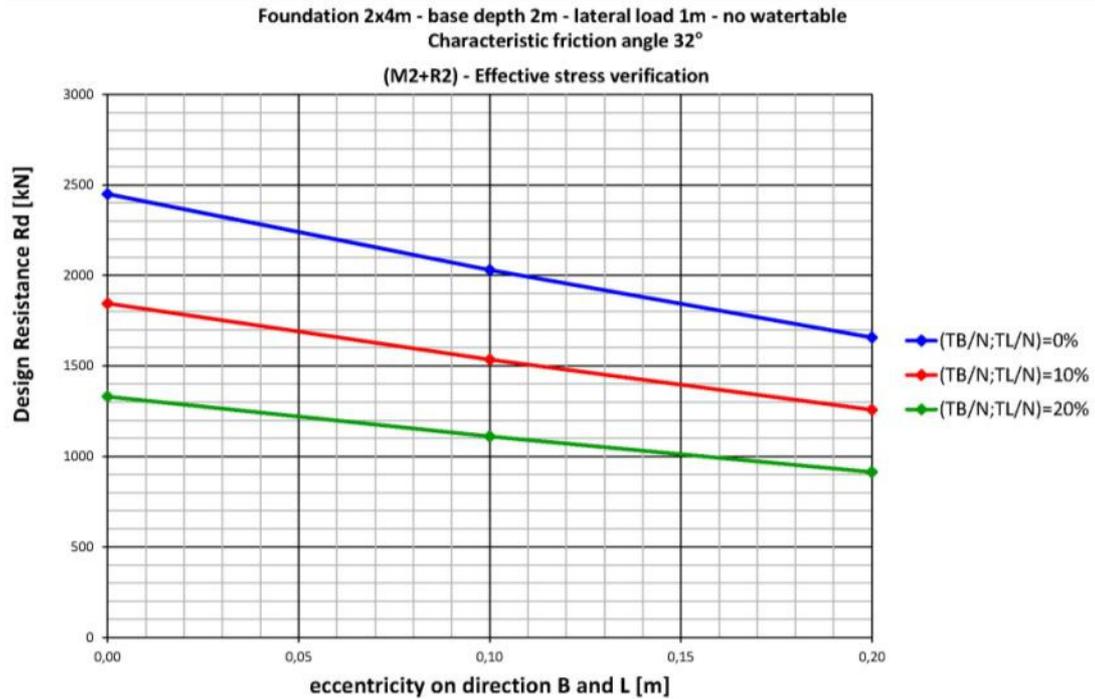
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

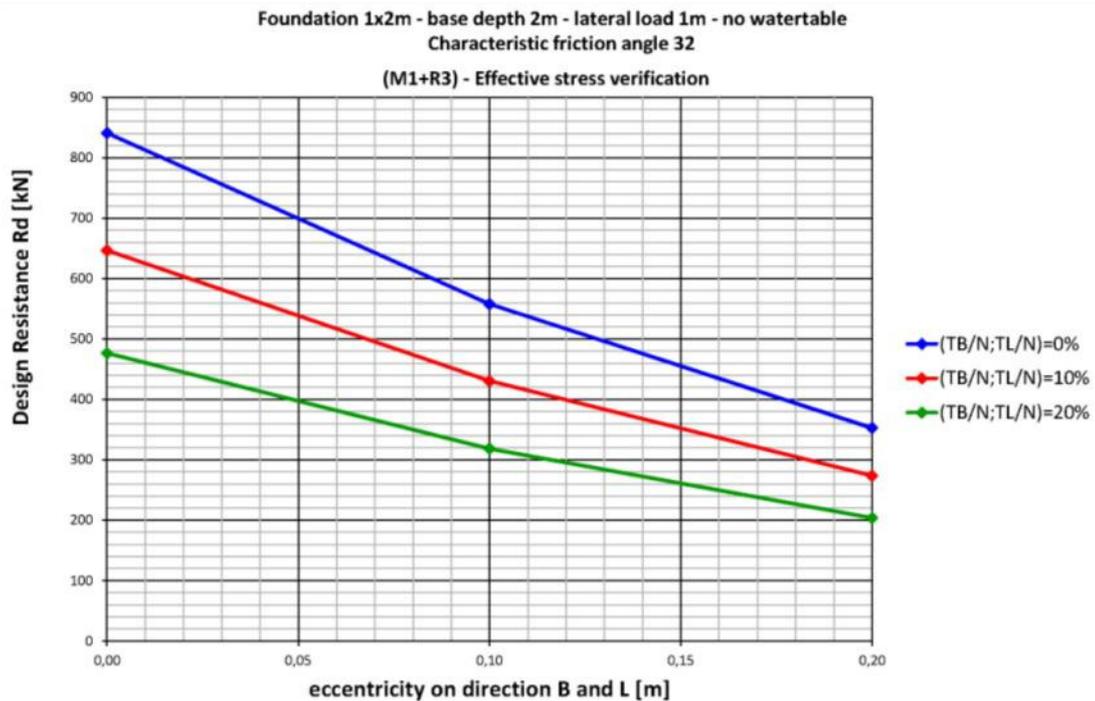
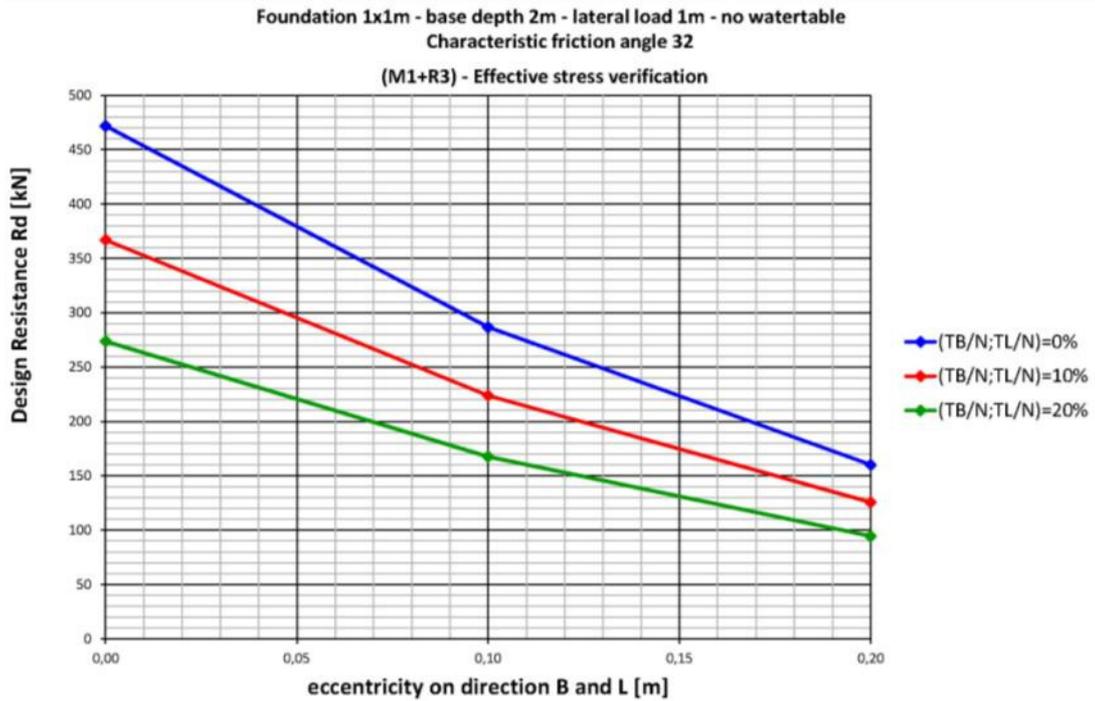
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

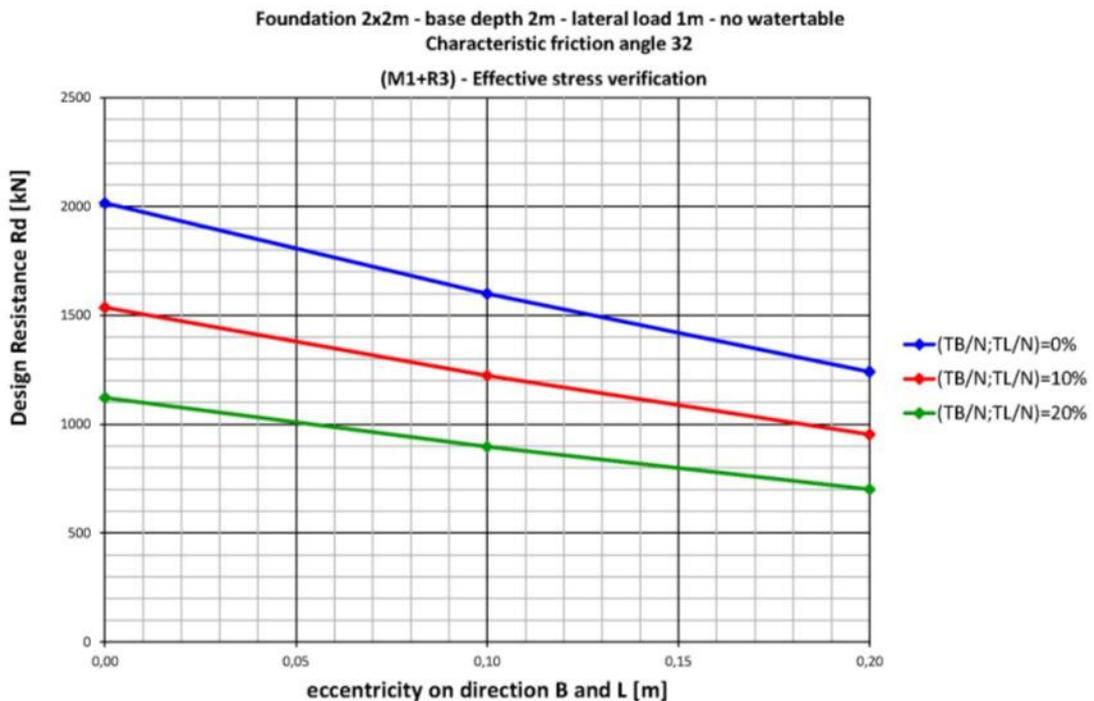
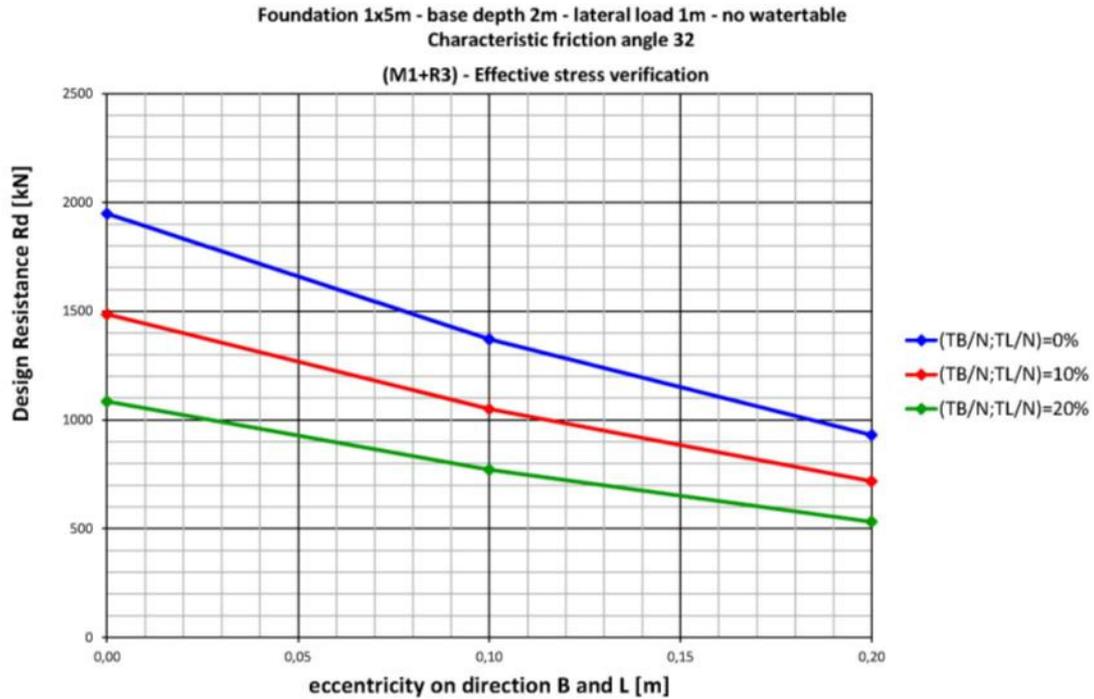
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.4 Angolo d'attrito caratteristico 32° - Verifica M1+R3



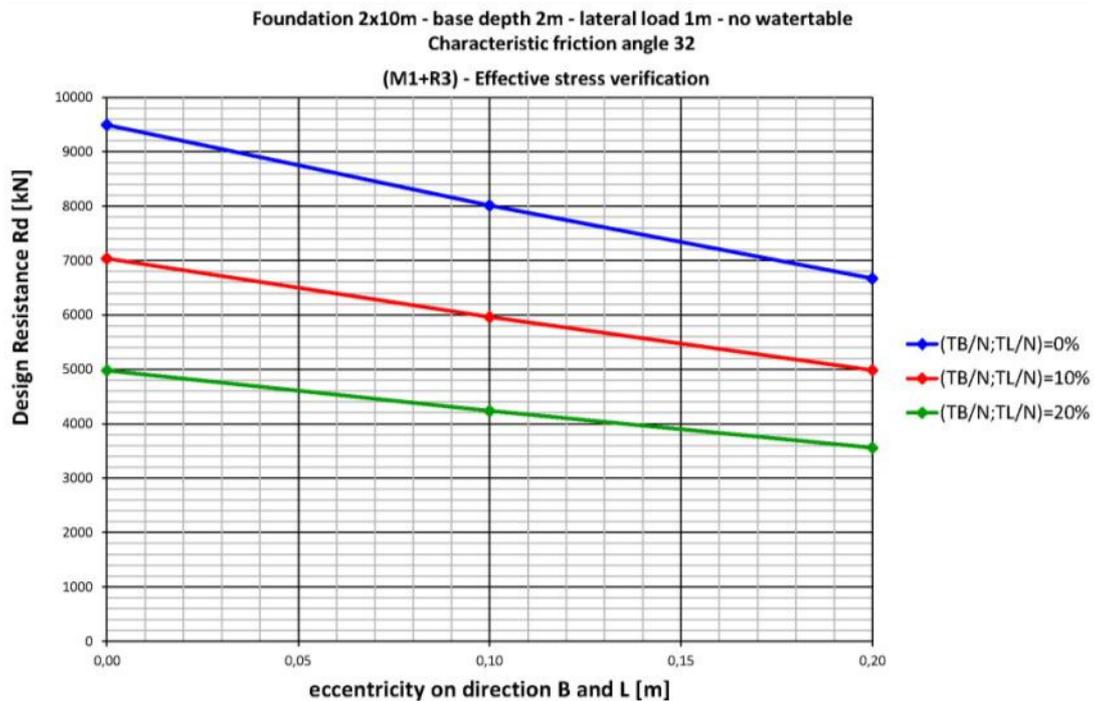
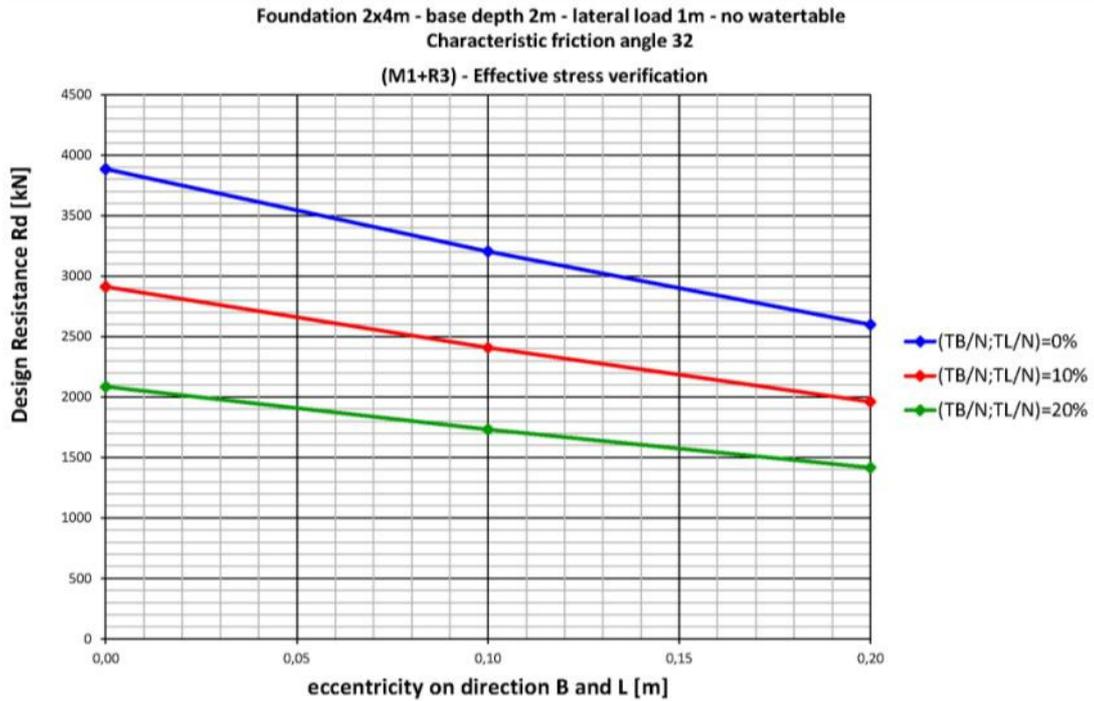
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



	Pagina 84 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

9 VERIFICA DEI CEDIMENTI

La verifica dei cedimenti viene qui fornita per le stesse geometrie identificate nel calcolo delle capacità portanti:

- 1 x 1 m
- 1 x 2 m
- 1 x 5 m (assimilabile a fondazione di lunghezza infinita larga 1 m)
- 2 x 2 m
- 2 x 4 m
- 2 x 10 m (assimilabile a fondazione di lunghezza infinita larga 2 m)

La base della fondazione è stata assunta alla quota di -2.00 m da p.c., ed il livello del terreno a fianco a -1 m (corrispondente ad un carico laterale di circa 20 kPa. La presenza della falda idrica sotterranea non è stata considerata nei calcoli essendo ad una profondità molto maggiore del bulbo delle pressioni, in base a quanto evidenziato nel par. 6.2.1.

Il Modulo di Young è stato posto con due valori derivati dall'analisi statistica dei valori caratteristici:

$$E' = 11 \text{ MPa e } E' = 25 \text{ MPa}$$

$$\nu = \text{Coefficiente di Poisson assunto pari a } \nu = 0.2$$

Nel calcolo è stato trascurato l'incremento di rigidezza della calcareniti essendo generalmente al di sotto del bulbo di pressione.

I risultati sono presentati in diagrammi nei quali l'asse x delle ascisse è il carico applicato e l'asse y delle ordinate è il cedimento elastico per i due valori del modulo di Young.

Questi abachi consentono al progettista strutturista, una volta impostata la geometria delle fondazioni, di entrare con il carico verticale applicato (con i relativi coefficienti moltiplicativi) e determinare il cedimento elastico atteso da verificare el rispetto dello Stato Limite di servizio (SLS).

Gli Eurocodici ⁽³⁾ forniscono per una fondazione isolata un valore accettabile di:

- cedimento pari a $s_{\max} \leq 25 \text{ mm}$,
- e rotazione compresa tra $\beta_{\max} = 1/300 \div 1/2'000$.

Tuttavia, nel caso di edifici intelaiati, gli Eurocodici permettono cedimenti fino a 50 mm.

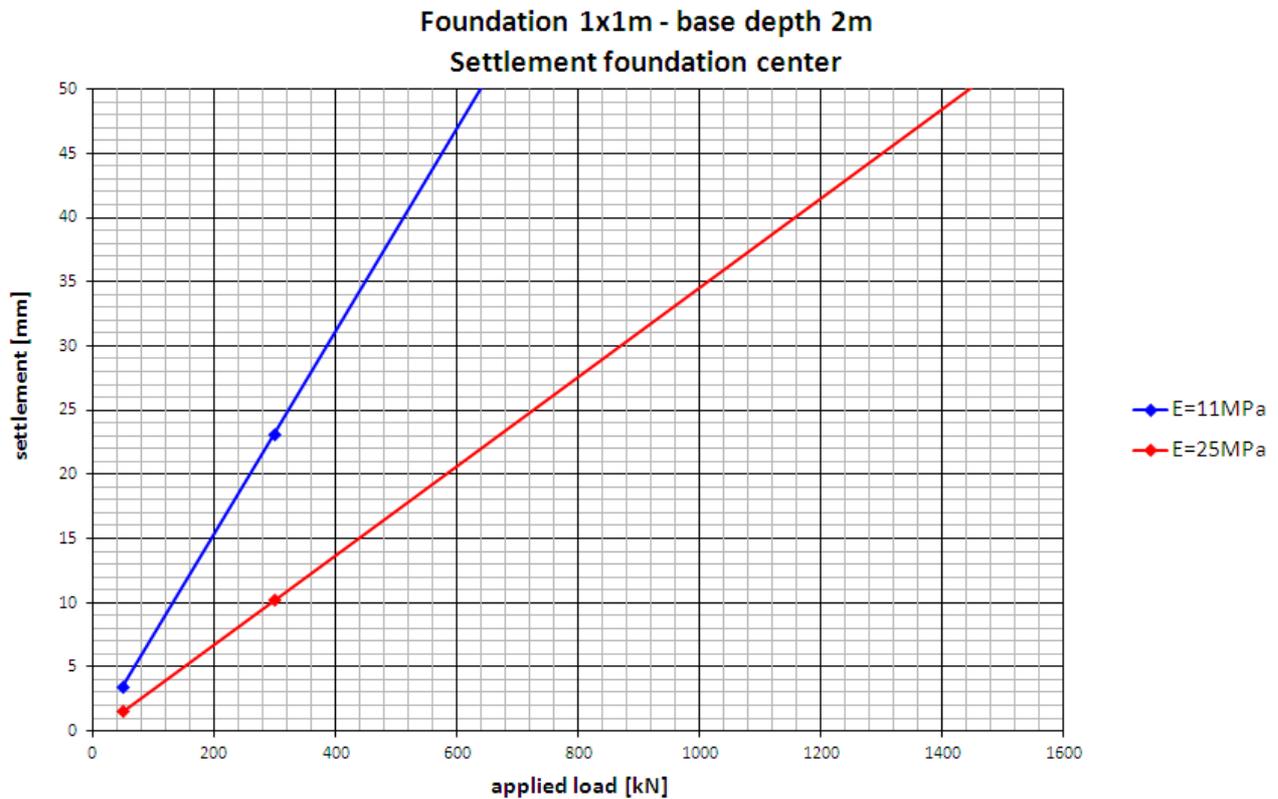
Ad esempio entrando nel grafico con il valore di 25 mm o 50 mm sull'asse x, si ottiene il valore del carico massimo applicabile da confrontarsi con il carico di progetto.

³ (ref. 2013) - *Shallow foundations -G. Scarpelli and T.L.L.Orr - Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes*

Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

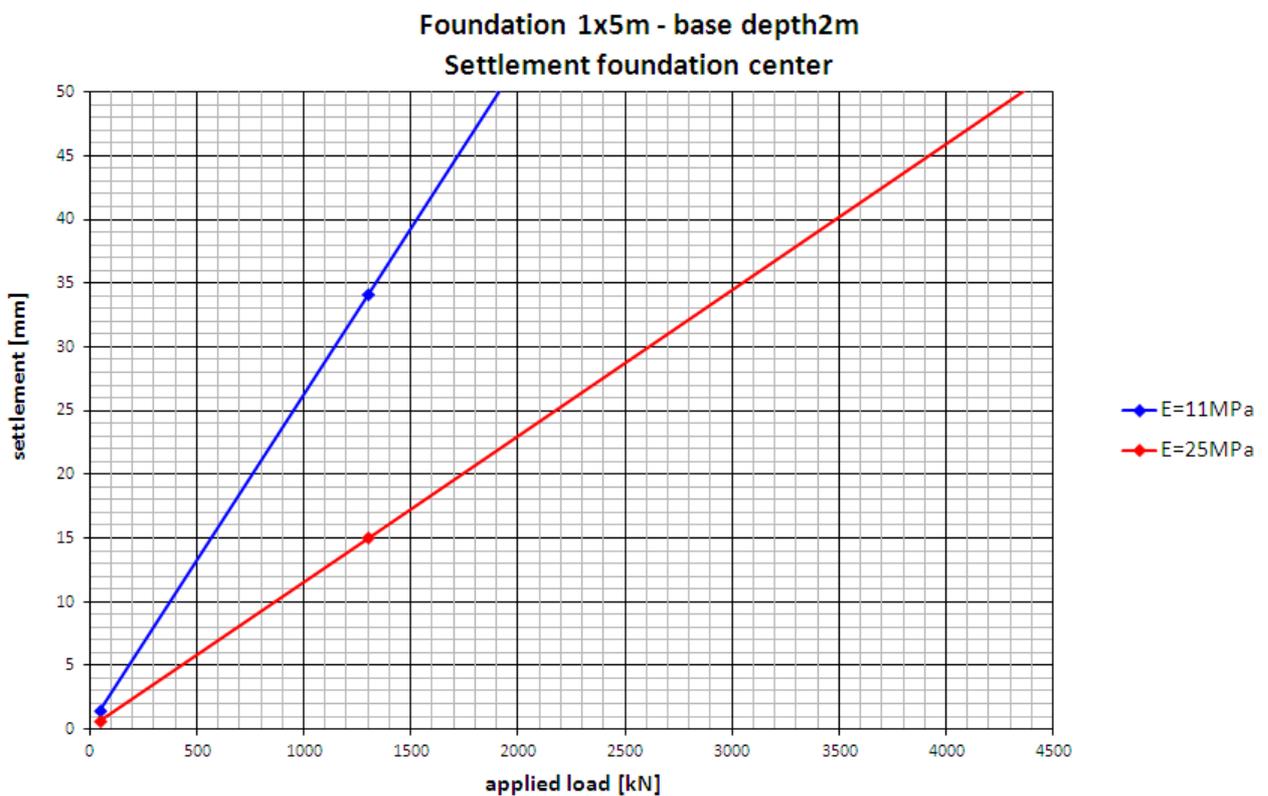
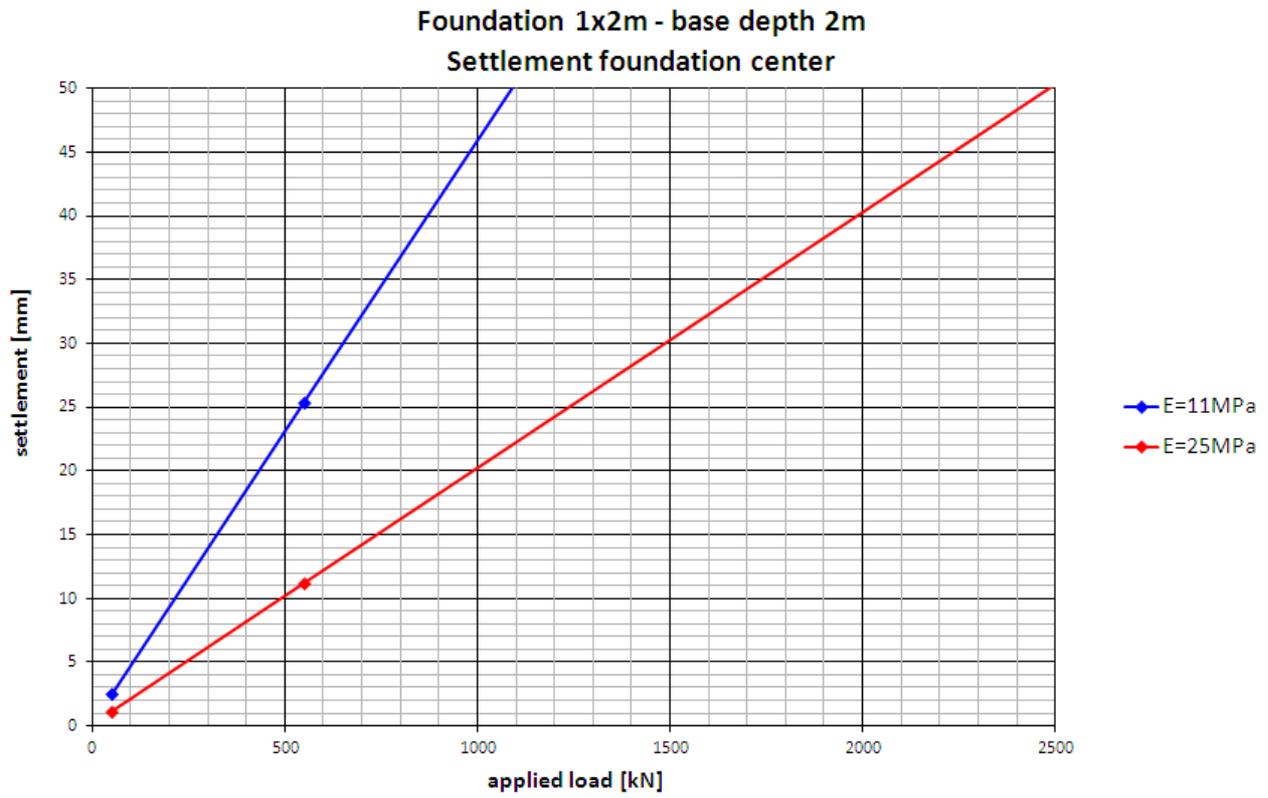
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

I diagrammi seguenti riportano il cedimento del centro della Fondazione per le varie geometrie tipologiche fondazionali, sopra descritte.



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

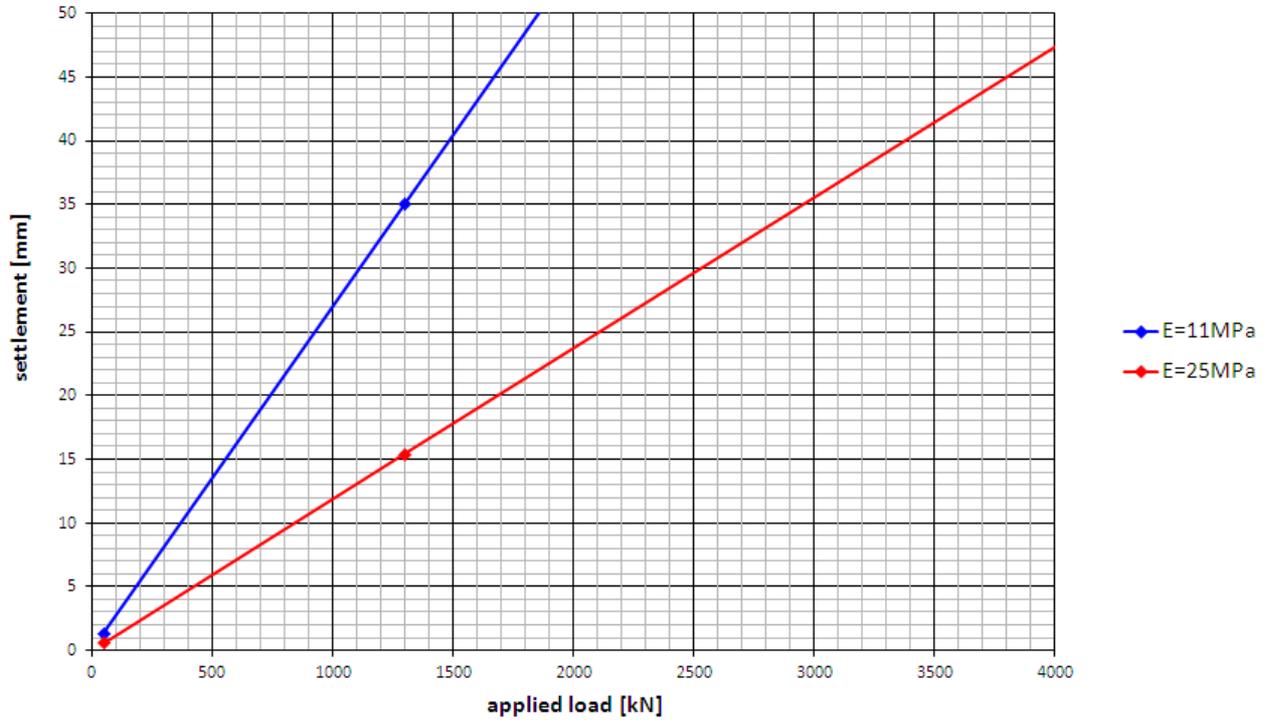
IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



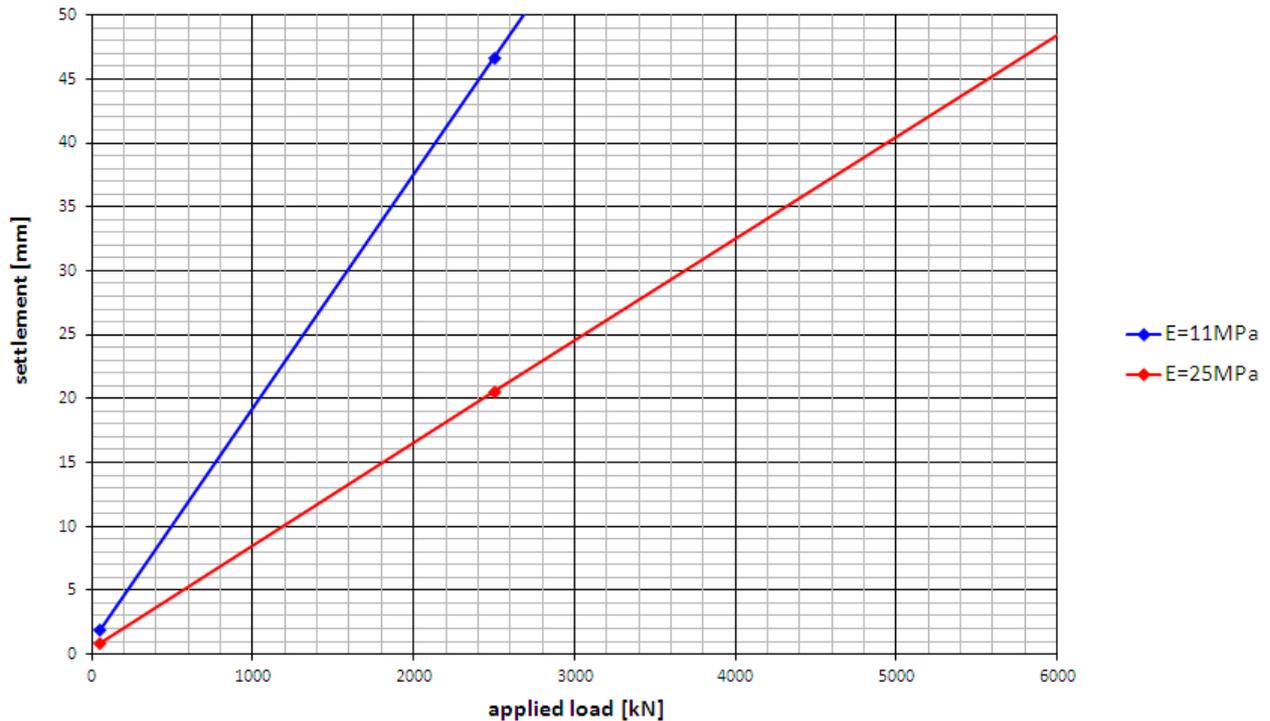
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Foundation 2x2m - base depth 2m
Settlement foundation center



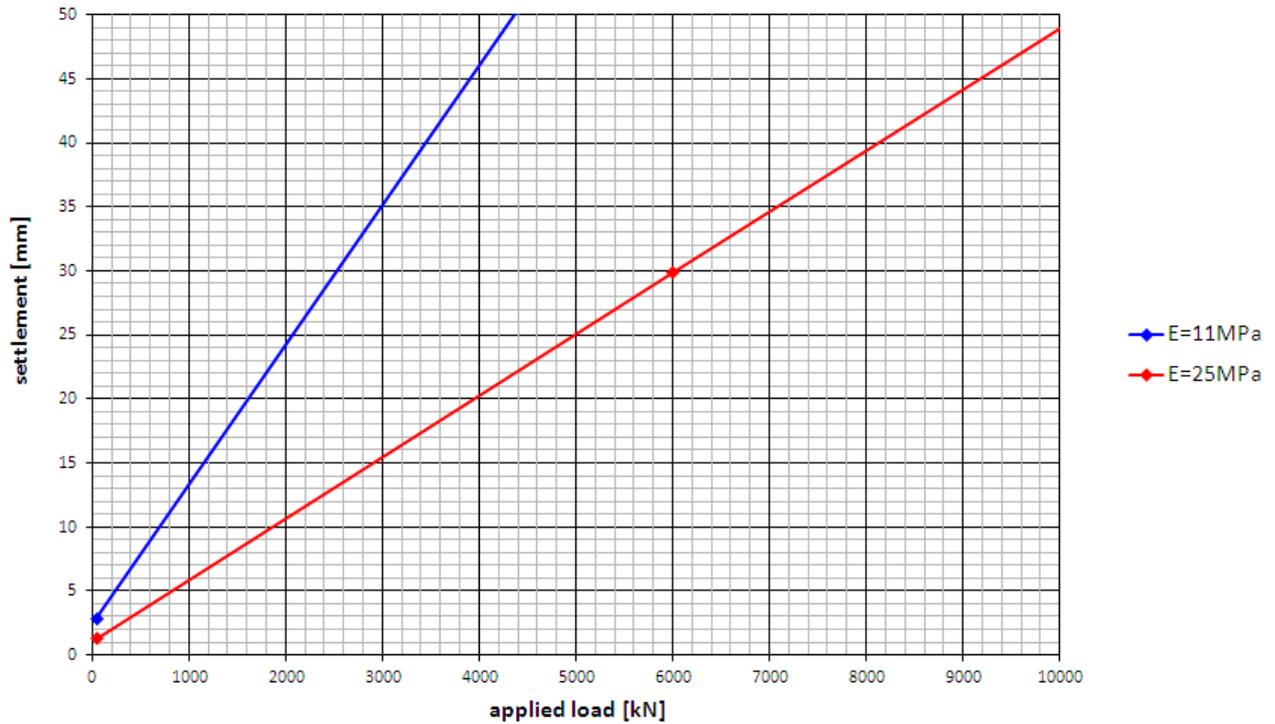
Foundation 2x4m - base depth 2m
Settlement foundation center



Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA**

IPR01-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Foundation 2x10m - base depth 2m
Settlement foundation center



	Pagina 89 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

10 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il presente documento descrive le attività di indagine geognostica svolte presso il sito del PRT (Terminale di Ricezione del Gasdotto).

I risultati delle indagini geofisiche e dei sondaggi, incluse le prove di sito e di laboratorio, sono stati analizzati per ottenere la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area del PRT.

Gli strati delle varie litologie incontrate sono stati riportati nelle sezioni geologiche interpretative con i relativi spessori e suddivisioni per le varie unità geotecniche individuate. Sulla base dei sondaggi geotecnici, considerando in alcuni casi la notevole distanza tra uno e l'altro, non è possibile escludere che litologie (terreno/roccia) differenti possano venire localmente incontrate nell'area, a causa anche della possibile presenza di relazioni eteropiche tra le varie litologie.

Per quanto riguarda i lavori di scavo, le classi di scavabilità sono state definite in base alla norma DIN 18300 "Earthwork", secondo la quale le classi previste sono la n° 6 (roccia facilmente scavabile e terreni simili) e localmente la n° 7 (roccia difficilmente scavabile).

L'area del PRT ha in generale buone caratteristiche di portanza dovute alla presenza di un substrato calcarenitico anche a profondità limitate. Tuttavia si suggerisce di verificare i cedimenti degli strati superficiali in corso d'opera con un opportuno sistema di monitoraggio.

Sulla base delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei suoli derivate dalle indagini eseguite, dei dati di progetto disponibili, consistenti in planimetrie recanti informazioni sulla tipologia e geometria degli edifici e delle strutture previste, e della stima dei carichi trasmessi al sottosuolo ricavata dai suddetti dati, si ritiene compatibile prevedere l'impiego di fondazioni superficiali.

Poiché la progettazione definitiva delle strutture di fondazione che andranno costruite all'interno del PRT non è stata ancora terminata, le verifiche di capacità portante sono state svolte fornendo vari abachi che comprendono vari schemi di fondazioni superficiali.

L'approccio progettuale geotecnico ha analizzato capacità portante e cedimenti di varie tipologie di fondazioni superficiali la cui geometria è stata definita interpretando le strutture presenti sulle tavole di progetto disponibili.

Si suggerisce un piano di imposta delle fondazioni ad almeno 2 m dal p.c. per gli edifici da 2 piani che interessano l'unità geotecnica b1. Nel caso di differenti tipologie di costruzioni o strutture soggette a carichi elevati, le fondazioni possono richiedere un approfondimento del piano di imposta definibile solo a valle del progetto definitivo delle strutture.

In funzione del progetto strutturale degli edifici al momento disponibile, lo schema fondazionale suggeribile è quello di reticolo di travi di fondazioni rispetto allo schema di plinti isolati. Questa è da considerare un buona pratica costruttiva per minimizzare eventuali cedimenti differenziali che potrebbero verificarsi nel caso di disomogeneità locale degli strati di terreno superficiali.

Inoltre la presenza di cavità carsiche (trovate in profondità in alcune indagini), rafforzano l'indicazione di adottare delle fondazioni superficiali. Si suggerisce un approfondimento di indagine per valutare eventuali variazioni locali in corrispondenza delle strutture maggiormente caricate, la cui definizione (tipo, numero, profondità, ecc.) sarà effettuata in fase esecutiva in funzione delle scelte progettuali.

	Pagina 90 di 90					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPR01-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Terminale di Ricezione del Gasdotto - ITALIA					

11 BIBLIOGRAFIA

- Skempton A.W. (1986) *Standard Penetration Test Procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particles size, ageing and overconsolidation*, *Geotechnique* 36, n° 2.
- Terzaghi, Peck, (1948), *Soil mechanics in engineering practice*, J. Wiley and Sons, New York.
- De Mello V.F.B. (1971), *The standard Penetration Test*, Proc. 4th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, vol. 1.
- D'Appolonia D.J., D'Appolonia E., Brisette R.F. (1970) - *Closure to Settlement of spread footings on sands*, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Engineering Division*, ASCE, SM4.
- Meyerhof, G. G. (1953) - *The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads*. Proc. 3rd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng., Zurich 1: 440-445.
- Janbu, N., Bjerrum, L., and Kjaernsli, B. (1956). *Soil mechanics applied to some engineering problems*. Norwegian Geotechnical Institute, Publication 16.
- Skempton, A. W., and MacDonald, D. H. (1956). "The Allowable Settlement of Buildings." *Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Part III. The Institution of Civil Engineers, London, no. 5, pp. 727-768*.
- Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" *Geotechnique* n.36(1) — pagg.65:78.
- Cubrinovski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils". *Soil and Foundations* Vol. 39, N°5 — pp. 61-71 — Ottobre 1999.
- Huang A. B., Hsu H. H., Chang J. W. (1998) "The behaviour of a compressible silty fine sand". *Can. Geotech. J.* 36: 88-101.
- Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "*Estimate of relative density from in-situ penetration tests*" *Proceedings In-situ 2001*, Bali.
- (2013) - *Shallow foundations -G.Scarpelli and T.L.L.Orr - Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes.*
- (2011) H.R. Schneider, P. Fitze –*Characteristic shear strength values for EC7: Guidelines based on a statistical framework* HSR University of Applied Sciences, Rapperswil, Switzerland.

oOo