



Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
-----------	------------	-------------	------------	-----------	----------

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



IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Company: Trans Adriatic Pipeline AG

Doc. Originator: URS Italia S.p.A.

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

Rev.	Purpose of Issue	Remark/Description	Orig.	Date
0A	Issued for Review	Bozza per revisioni		01/07/2015
0B	Issued for Approval	Conclusioni e raccomandazioni		15/07/2015
00	Issued for Information	Versione finale		20/11/2015
01	Final Issue	Emissione finale		23/11/2015

Final Purpose of Issue: Issued for Information

	CONTRACTOR			TSP East	
	created by:	checked by:	approved by:	checked by:	accepted by:
Name/Signature	A. Passero <i>A. Passero</i>	S. Conti <i>S. Conti</i>	G. Lucchini <i>G. Lucchini</i>		
Date	23/11/2015	23/11/2015	23/11/2015		
Org. / Dept.	URS	URS	URS		
Document Status	Preliminary	Checked	Approved	Checked	Accepted

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

URS

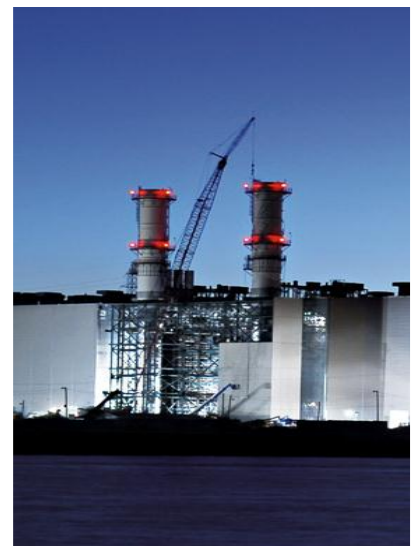
TAP - Trans Adriatic Pipeline

SOIL INVESTIGATION ITALY

Preparato per:
E.ON Technologies
GmbH

Luglio 2015

Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia



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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
PERCORSO DI REDAZIONE / APPROVAZIONE DEL DOCUMENTO

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

TITLE:

 STUDIO GEOTECNICO E
GEOFISICO LUNGO IL
TRACCIATO DEL GASDOTTO
(ITALIA)

REVISIONI DEL DOCUMENTO

VERSIONE	DATA	Dettagli delle Revisioni
0A	01/07/2015	Bozza per revisioni
0B	15/07/2015	Conclusioni e raccomandazioni
00	20/11/2015	Versione finale
01	23/11/2015	Emissione finale

Progetto No.
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)

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

INDICE

1	INTRODUZIONE	8
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
2.1	Profondità di interrimento della condotta	11
2.2	Distanze di sicurezza e attraversamenti	12
2.3	Sostegno del gasdotto nella BVS	13
3	DESCRIZIONE DEL SITO	16
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
4.1	Geomorfologia	18
4.2	Geologia	19
4.3	Assetto strutturale	24
4.4	Pericolosità sismica	25
4.4.1	Classificazione sismica italiana	25
4.5	Idrologia ed idrogeologia	30
4.5.1	Idrologia	30
4.5.2	Idrogeologia	31
5	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO	33
5.1	Prospezioni geofisiche	33
5.2	Indagini geotecniche	35
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	38
6.1.1	Indagini MASW (2015)	40
6.2	Indagini geotecniche	42
6.2.1	Caratterizzazione geologica	42
6.2.2	Caratterizzazione geotecnica	43
6.3	Valori disaggregati e caratteristici dei parametri geotecnici	47
6.4	Azioni sismiche di progetto	49
6.4.1	Categorie di Sottosuolo	50
6.4.2	Identificazione della pericolosità del sito	52
6.4.3	Scelta della strategia di progetto	55
6.4.4	Determinazione dell'azione sismica di progetto	56
7	VERIFICHE GEOTECNICHE AGLI STATI LIMITE	61
7.1	Riferimenti Normativi	61
7.2	Stato Limite Ultimo (SLU)	61

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

7.3	Carico limite per il collasso del terreno di fondazione	64
7.4	Stato Limite di Esercizio (SLE)	68
8	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	70
8.1	Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M2+R2	72
8.2	Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M1+R3	72
8.3	Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M2+R2	73
8.4	Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M1+R3	74
9	VERIFICA DEI CEDIMENTI	75
10	RACCOMANDAZIONI	77
11	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	84
12	BIBLIOGRAFIA	86

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: tracciato della condotta su terraferma in rosso (estratto da ESIA Italy – Section 4)	10
Figura 2-3: Valvola di intercettazione – Modello 3D	11
Figura 2-4: Tipica sezione di scavo per una condotta su terraferma (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01</i>)	12
Figura 2-5: Tipico attraversamento di una strada provinciale (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01</i>)	13
Figura 2-6: Tipologico del supporto del tubo DN 300, della sella in c.a. poste sotto il piano campagna (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379)	14



	Pagina 6 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

Figura 2-7: posizionamento dei bulloni prigionieri	15
Figura 2-8: Dettagli della platea di fondazione e delle selle per la valvola di intercettazione.	15
Figura 3-1: tracciato a terra del gasdotto, dall'approdo al KP 3.5 (<i>fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001</i>)	16
Figura 3-2: tracciato a terra del gasdotto, dal KP 3.0 al PRT (<i>source document: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001</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) calcari e calcari dolomitici (Cretaceo sup.) Formazione di "Altamura"; (8) limiti dell'area studiata; (9) strade principali; (10) faglie probabili; (11) sondaggi geognostici.	22
Figure 4-3: Modello geolitologico 3D a sezione estrapolata: (1) arenaria a grana grossa, (2) sabbia con strati di arenaria intercalati, (3) argilla sabbiosa e marna argillosa, (4) calcarenite a grana media con strati calcareo-marnosi intercalati, (5) arenaria marnosa a grana fine, (6) calcare fratturato e calcari dolomitici, (7) la posizione del sondaggio geognostico, (8) posizione delle cittadine principali, (9) linea di sezione trasversale.	23
Figura 4-4: 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)	24
Figura 4-5: Classificazione Sismica Italiana.	27
Figura 4-6: Pericolosità Sismica	28
Figura 4-7: Principali terremoti registrati (Scala MCS)	29
Figura 4-8: Acque superficiali <i>Fonte: ERM (November 2011)</i>	30
Figura 4-9: tracciato del gasdotto e vulnerabilità idrogeologica fornita dal PTCP (Piano Provinciale di Coordinamento Territoriale di Lecce)	32
Figura 6-1: planimetria con ubicazione del profilo MASW.	40
Figura 6-2: Profilo MASW 3	52
Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- INGV– linea tratteggiata)	54
Figura 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)	55
Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite	56
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)	57
Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV	58
Figura 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV	59
Figura 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV	60
Figura 7-1: Schemi di rottura (from Bond & Harris, 2008)	63
Figura 8-1: Sezione tipologica della trincea di posa del gasdotto (<i>source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01</i>)	71

	Pagina 7 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato 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 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

1 INTRODUZIONE

Questo documento è la relazione tecnica che descrive le indagini geotecniche e le prospezioni geofisiche eseguite da URS preliminarmente alla costruzione del Trans Adriatic Pipeline (di seguito indicato come TAP) lungo il tracciato della condotta su terraferma nel territorio italiano (tra il Terminale di Ricezione del gasdotto ed il 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. Trans Adriatic Pipeline – Geophysical Investigation Italy, 2013;
2. IAL00-ERM-643-Y-TAE-1006 Rev. 00 ESIA Italia: Capitolo 6 Quadro di riferimento ambientale e sociale;
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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-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 2-2 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 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

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

Il tratto de gasdotto su terraferma (lungo circa 8,2 km dal punto di approdo al PRT) corre in direzione est-ovest nella provincia di Lecce, a sud est della città di Lecce, interamente nei confini del Comune di Melendugno (provincia di Lecce). In prossimità del Kp 6,542 si prevede l'attraversamento della Strada Provinciale SP02 Lecce – Melendugno.

La giunzione tra il microtunnel e il tratto del gasdotto su terraferma corrisponde al Kp 0 del tracciato del gasdotto sarà posizionato circa 600 m dalla costa ad andare in direzione SW. Una valvola di intercettazione (Block Valve Station, BVS) è prevista giusto a valle di questo punto.

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

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.

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.

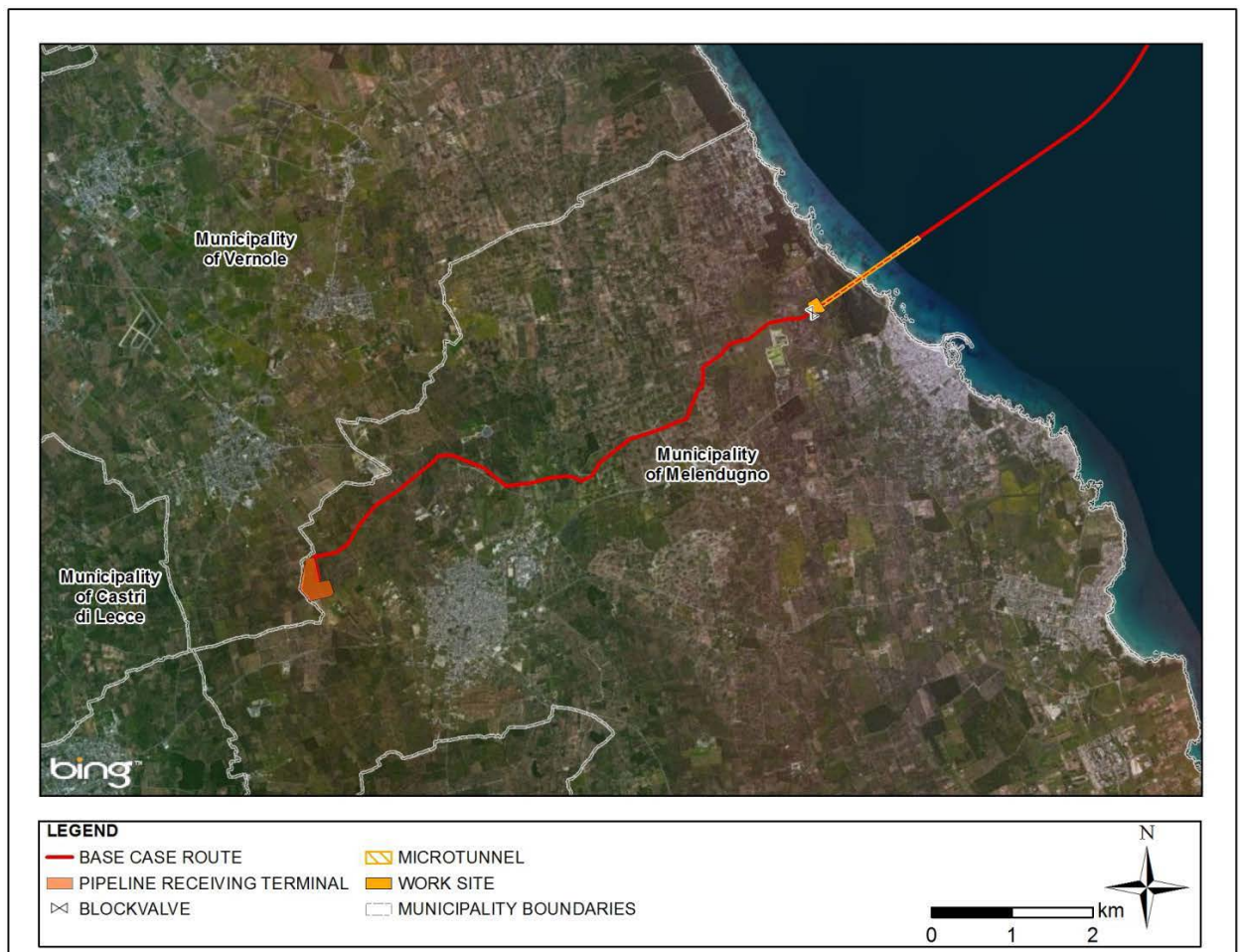


Figura 2-2: tracciato della condotta su terraferma in rosso (estratto da ESIA Italy – Section 4)

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Una stazione con valvola di intercettazione (BVS) sarà posizionata in prossimità del punto di approdo al KP 0.1 allo scopo di permettere l'isolamento della condotta offshore dal tratto onshore per scopi di manutenzione e sicurezza. La BVS sarà automatizzata e comprenderà una piccola cabina elettrica, che conterrà i sistemi di controllo e di alimentazione della BVS, sarà delimitata da una recinzione allo scopo di evitare qualsiasi intrusione e coprirà complessivamente una superficie totale di circa 13 x 14 m (oltre alla vegetazione circostante).

La legislazione italiana (DM 17/04/2008) prevede che nelle condotte per il trasporto di gas naturale ad alta pressione siano installate delle stazioni con valvole di intercettazione ogni 15 km. Le stazioni con valvole di intercettazione sono inoltre previste a monte e a valle degli attraversamenti ferroviari, ad una distanza massima tra loro di 2 km (DM 23/02/1971). La ridotta lunghezza della condotta onshore non richiede dunque l'installazione di ulteriori valvole di blocco.

La BVS sarà normalmente azionata in remoto da una centrale operativa di controllo ubicata nel PRT tramite un sistema di comunicazione con cavi a fibra ottica e sarà collegata alla rete elettrica locale. La valvola di blocco della condotta, la valvola di by-pass e i tubi di connessione alla condotta saranno tutti interrati. La tenuta della valvola sarà monitorata in continuo tramite il Sistema di Rilevamento Perdite.

La selezione delle tubazioni che costituiranno la BVS è basata sui medesimi standard e le medesime specifiche progettuali utilizzate per la selezione delle tubazioni del gasdotto onshore. Il diametro della condotta sarà 12 "per il by-pass e 2" per le tubazioni relative agli strumenti di misura.



Source: ENT (July 2013)

Figura 2-3: Valvola di intercettazione – Modello 3D

2.1 Profondità di interrimento della condotta

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Per quanto riguarda i metodi di costruzione di gasdotti in Italia, il DM 17/04/2008 prescrive una copertura minima della condotta non inferiore di 0.9 m, 0.4 m in terreno roccioso, dalla superficie superiore del tubo. In ogni caso gasdotti in Italia sono solitamente disposti con una copertura di almeno 1,5 m, in modo da fornire le massime garanzie di sicurezza da eventuali interferenze con le attività umane (scavo, scasso del terreno per scopi agricoli, ecc). Le dimensioni tipiche trincea che rispettano i requisiti di legge possono essere viste in figura seguente. TAP AG intende seguire questa pratica costruttiva e di mantenere uno spessore copertura minima di 1,5 m.

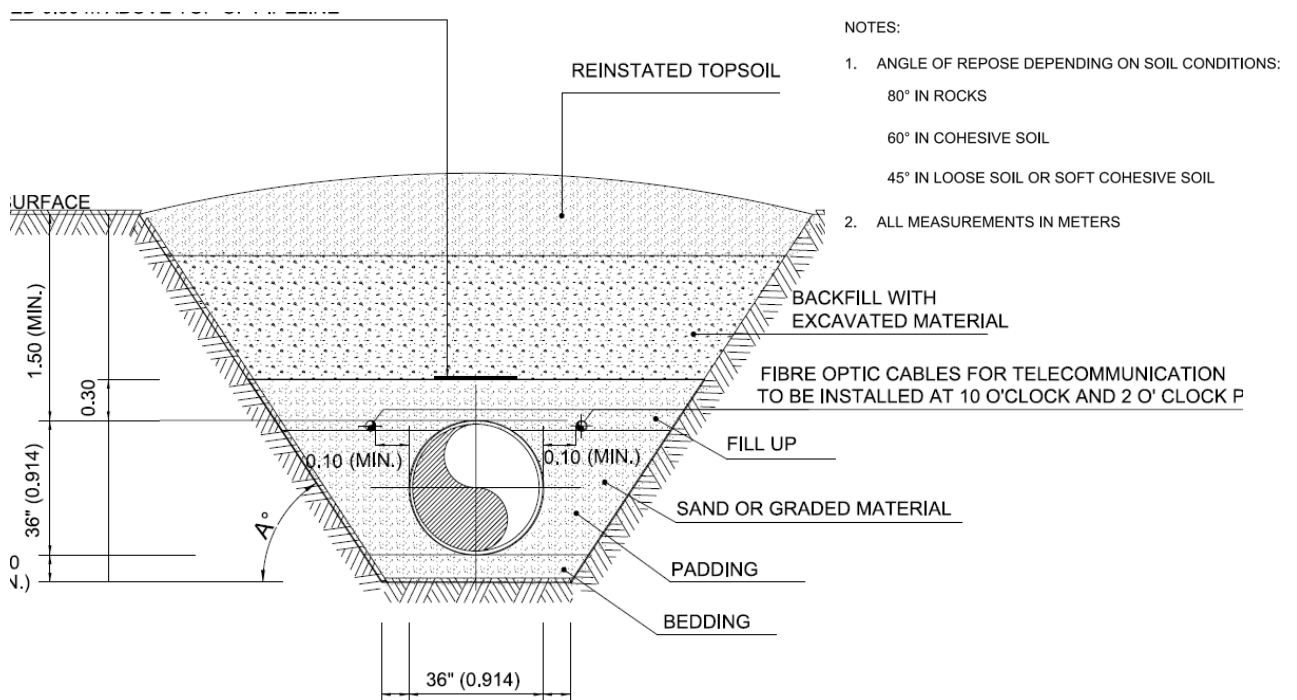


Figura 2-4: Tipica sezione di scavo per una condotta su terraferma (source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01)

2.2 Distanze di sicurezza e attraversamenti

Nel rispetto della normativa italiana non devono essere identificati gruppi di case entro un raggio di 100 m al gasdotto. In prossimità del tracciato di progetto del gasdotto ci sono solo poche case singole, a una distanza superiore a 20 m (in conformità al DM 17/4/2008).

Oltre a quelli della strada provinciale e di una strada secondaria asfaltata a monte del KP 0, c'è un'altro attraversamento di una strada provinciale al KP 6.5 ed altri otto di strade comunali, riassunti nella seguente Tab. 2-1. Dettagli di tutte gli attraversamenti di strade asfaltate e il metodo di costruzione proposto sono forniti in IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01 e IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01.

Tab. 2-1: Attraversamenti della condotta a terra

Nr	Categoria di attraversamento	Kp. [km]	Comun
----	------------------------------	----------	-------

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

1	SP 366	-	Melendugno
2	Strada secondaria	-	Melendugno
3	Strada stagionale	0.6	Melendugno
4	Strada secondaria	1.1	Melendugno
5	Strada secondaria	2.0	Melendugno
6	Strada secondaria	4.0	Melendugno
7	Strada secondaria	4.6	Melendugno
8	Strada secondaria	5.6	Melendugno
9	Strada secondaria	5.9	Melendugno
10	SP 02	6.5	Melendugno
11	Strada secondaria	7.6	Melendugno

Gli attraversamenti sono realizzati come piccoli "cantieri" autonomi che entrano in funzione man mano che la linea progredisce. I metodi di installazione di attraversamento sono diversi e possono generalmente essere eseguiti da scavo (tunneling o perforazione) o dalla tecnica a cielo aperto (open-cut), con o senza rivestimento del tubo. La scelta del sistema di installazione dipende da una serie di fattori, tra cui: profondità di posa, presenza di acqua o di roccia, intensità di traffico, requisiti delle autorità, etc.

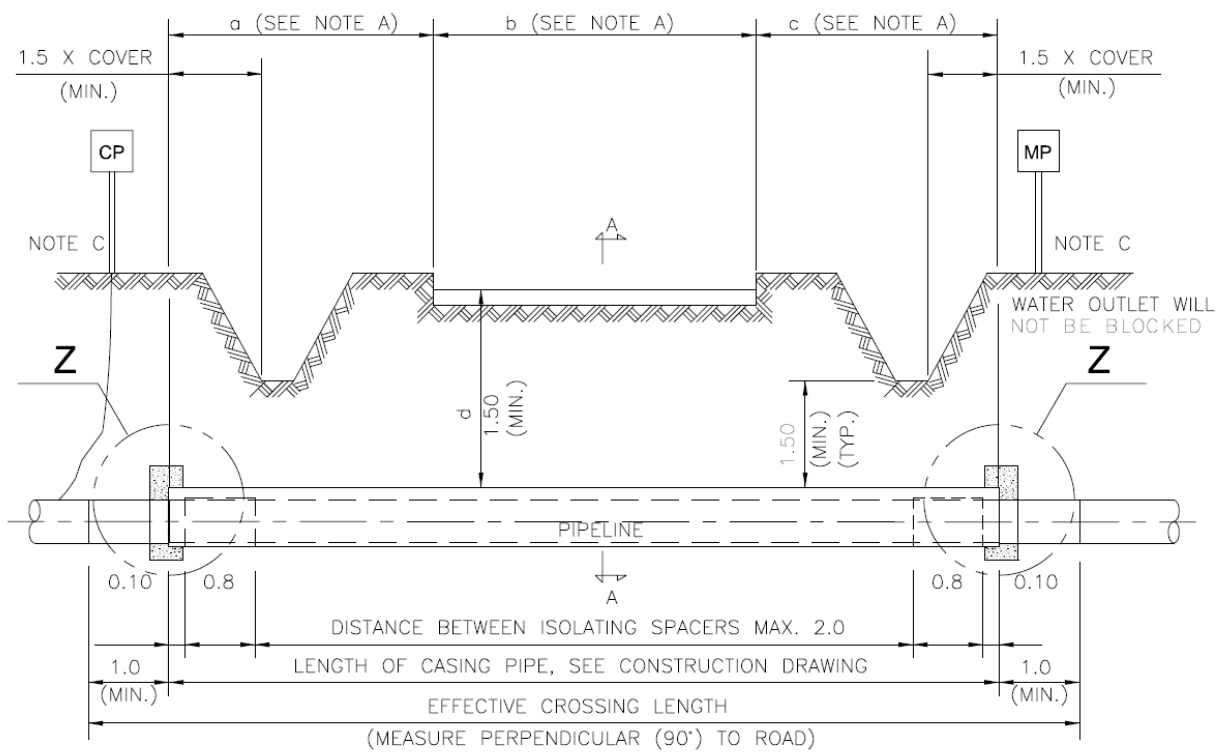


Figura 2-5: Tipico attraversamento di una strada provinciale (source document: IPL00-SPF-100-F-DFT-0009_01)

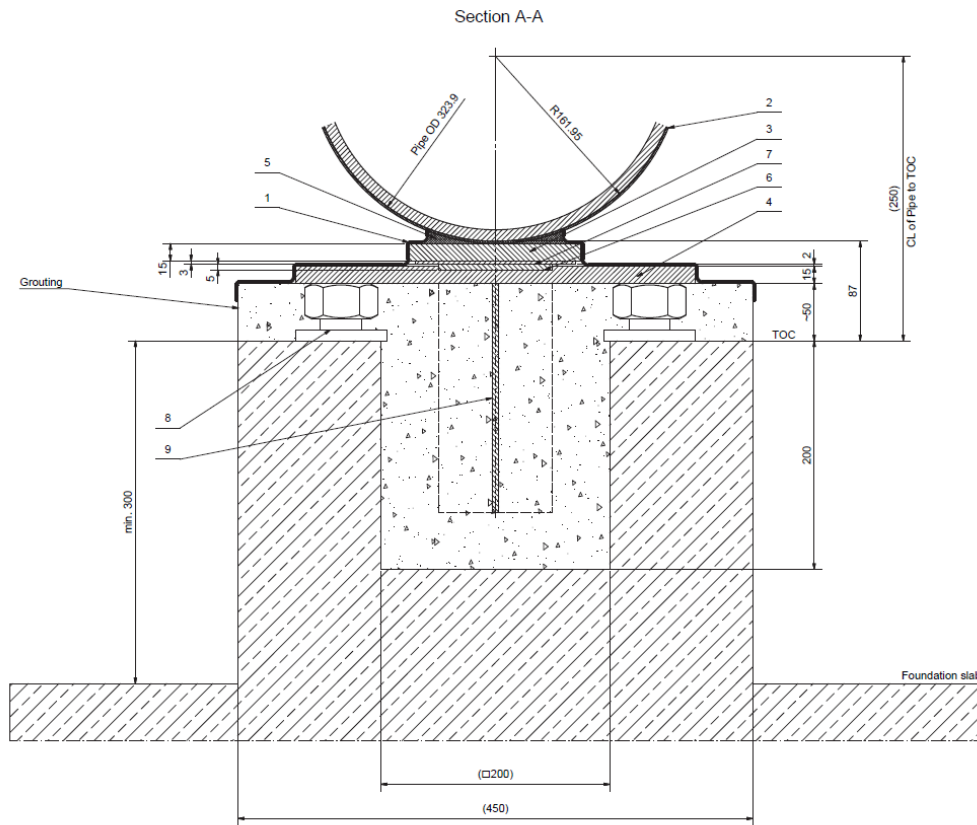
2.3 Sostegno del gasdotto nella BVS

La Figura 2-6 e la Figura 2-7 mostrano il tipologico del supporto a sella del gasdotto all'interno della stazione di valvola (BVS): una Platea di base (PTFE al di sopra) va installata usando dei bulloni

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

prigionieri a dima, così da poter posizionare il tubo del gasdotto esattamente nel mezzo della piastra. La Figura 2-7 mostra il supporto in c.a. per la BVS.



Positioning of Jackscrews

Figura 2-6: Tipologico del supporto del tubo DN 300, della sella in c.a. poste sotto il piano campagna (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT - 0379)

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

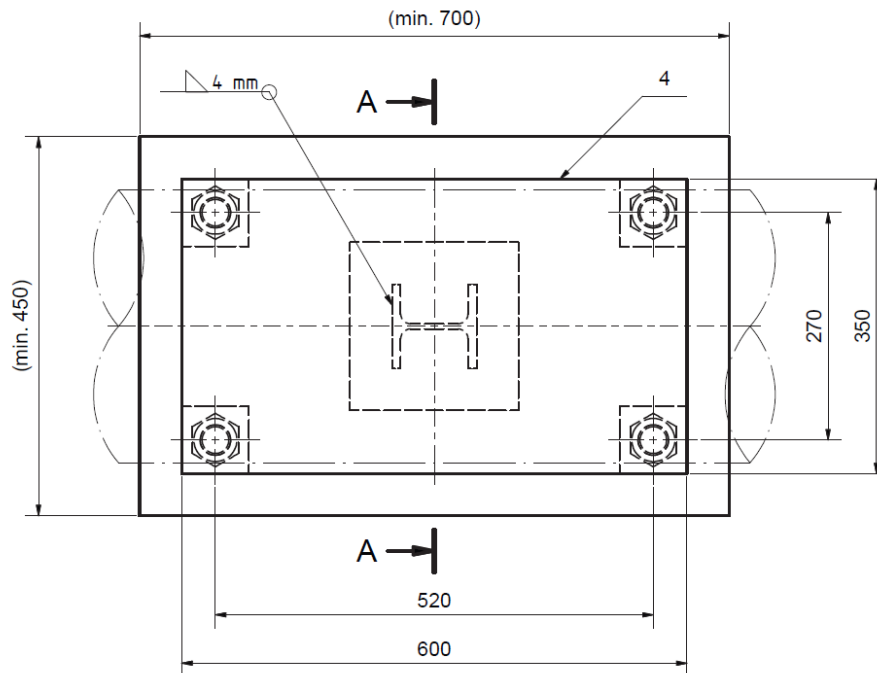


Figura 2-7: posizionamento dei bulloni prigionieri (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379)

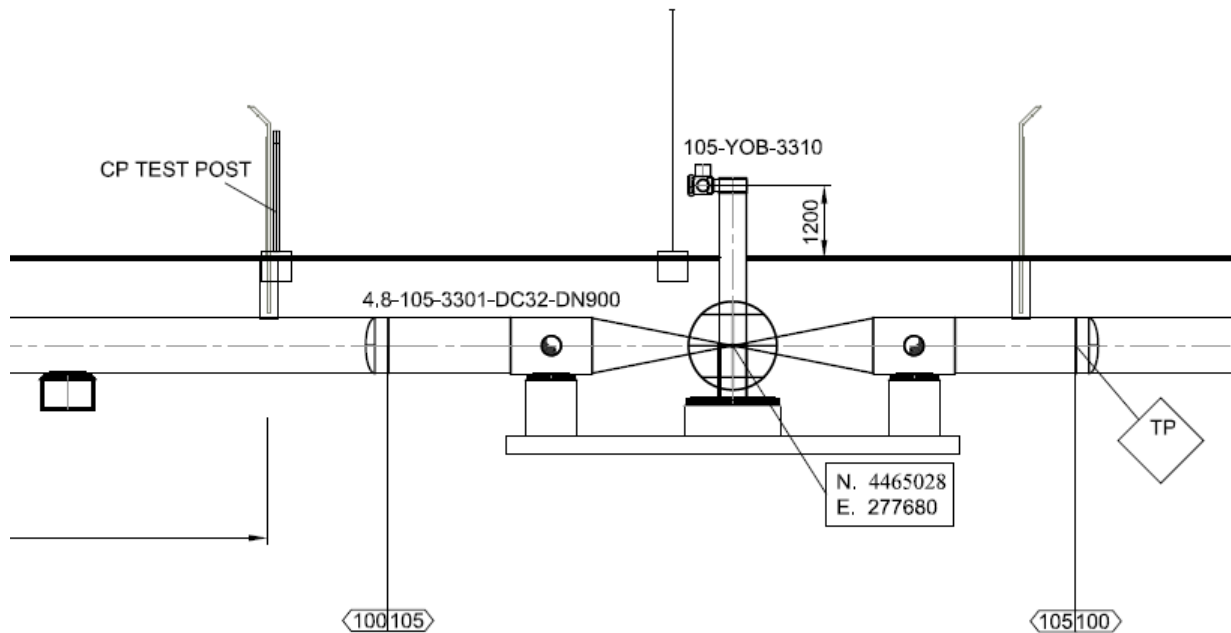


Figura 2-8: Dettagli della platea di fondazione e delle selle per la valvola di intercettazione (fonte dati CAL00 - ENT - 360 - M - DLT – 0379).

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

3 DESCRIZIONE DEL SITO

Il tracciato di progetto del gasdotto passa a Sud di una grande depressione topografica costituita da una zona umida denominata "Palude di Cassano", che è sottoposta a vincoli ambientali e paesaggistici (Piano Regolatore di Melendugno).

Dal primo incrocio a cielo aperto con la "Strada Comunale S. Niceta" al KP 0,6 (a sud-est della zona umida), il tracciato del gasdotto scorre parallelo a questa strada comunale asfaltata per circa 3,5 chilometri. Al fine di minimizzare l'impatto sulle proprietà e del paesaggio, esso attraversa altre tre volte questa strada, ai KP 1.1, 2 e 4. L'itinerario prosegue il suo corso principalmente attraverso gli uliveti cercando di seguire la strada dove possibile, incrociando un'altra strada provinciale, la "Strada provinciale Lecce Melendugno" (SP2) al KP 6.5. A circa 8.2 chilometri il gasdotto raggiunge il PRT nella zona occidentale del Comune di Melendugno. Il PRT sarà situato vicino al confine tra Melendugno e Vernole, a circa 1,5 chilometri a sud della strada provinciale che collega le due cittadine.

Il tratto in esame non presenta particolari problemi e la morfologia del territorio è costituita prevalentemente da pianure digradanti, lievemente ondulate localmente.

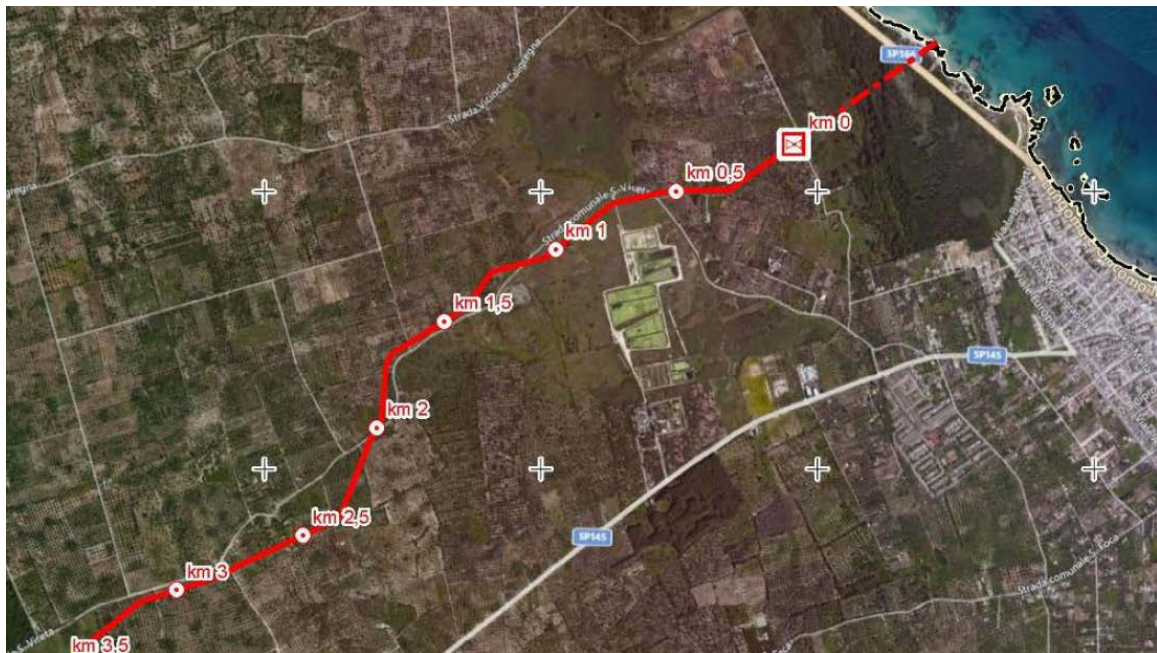


Figura 3-1: tracciato a terra del gasdotto, dall'approdo al KP 3.5 (fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001)

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

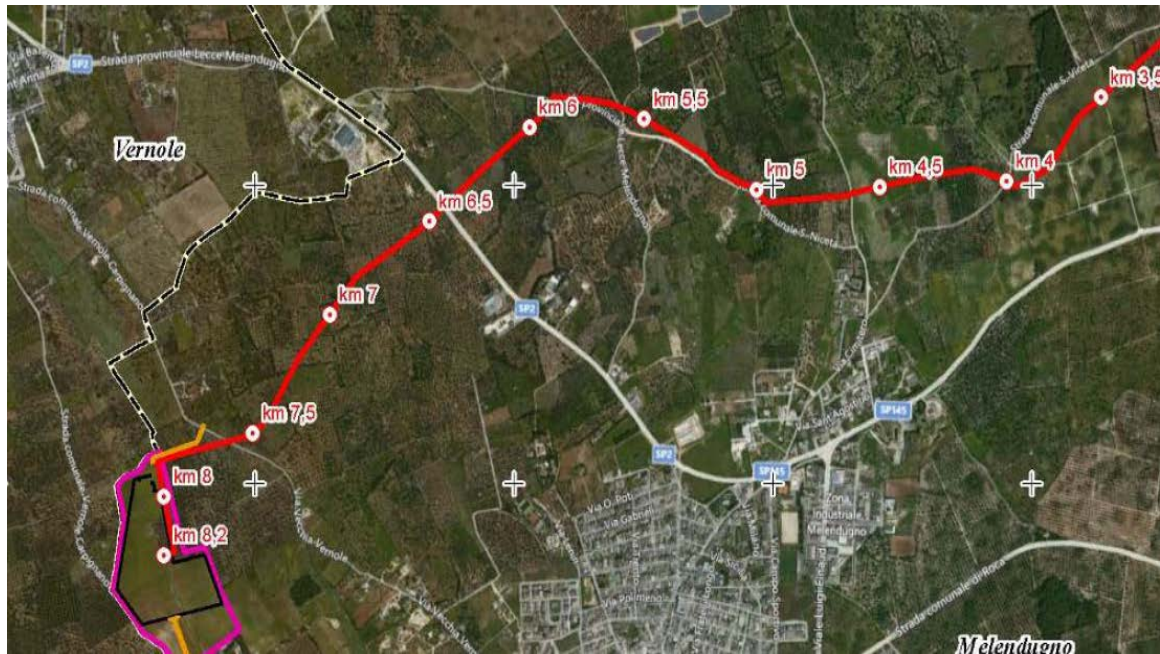



Figura 3-2: tracciato a terra del gasdotto, dal KP 3.0 al PRT (fonte: IPL00-ENT-100-F-DFO-0001)

	Pagina 18 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

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, e caratterizzate da differenti quote (Allegato 01). I versanti che congiungono le piane rappresentano principalmente superfici di faglia o 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 e 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 Calcareni 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 Calcareni 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 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

L'area attraversata dalla condotta onshore è caratterizzata da un profilo quasi piatto, con quote all'incirca da 7 a 46 m slm.

4.2 Geologia

Il Salento appartiene alla Piattaforma Apula, la quale rappresenta l'avampese 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, 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.

	Pagina 20 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Calcarenite di Andrano - Messiniano

Ampliamente 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 brecce, conglomerati e, in subordine, da biomicriti glauconitiche (Bossio et al., 2006). La fauna bentonica ritrovata suggerisce un ambiente deposizionale 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.

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.

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

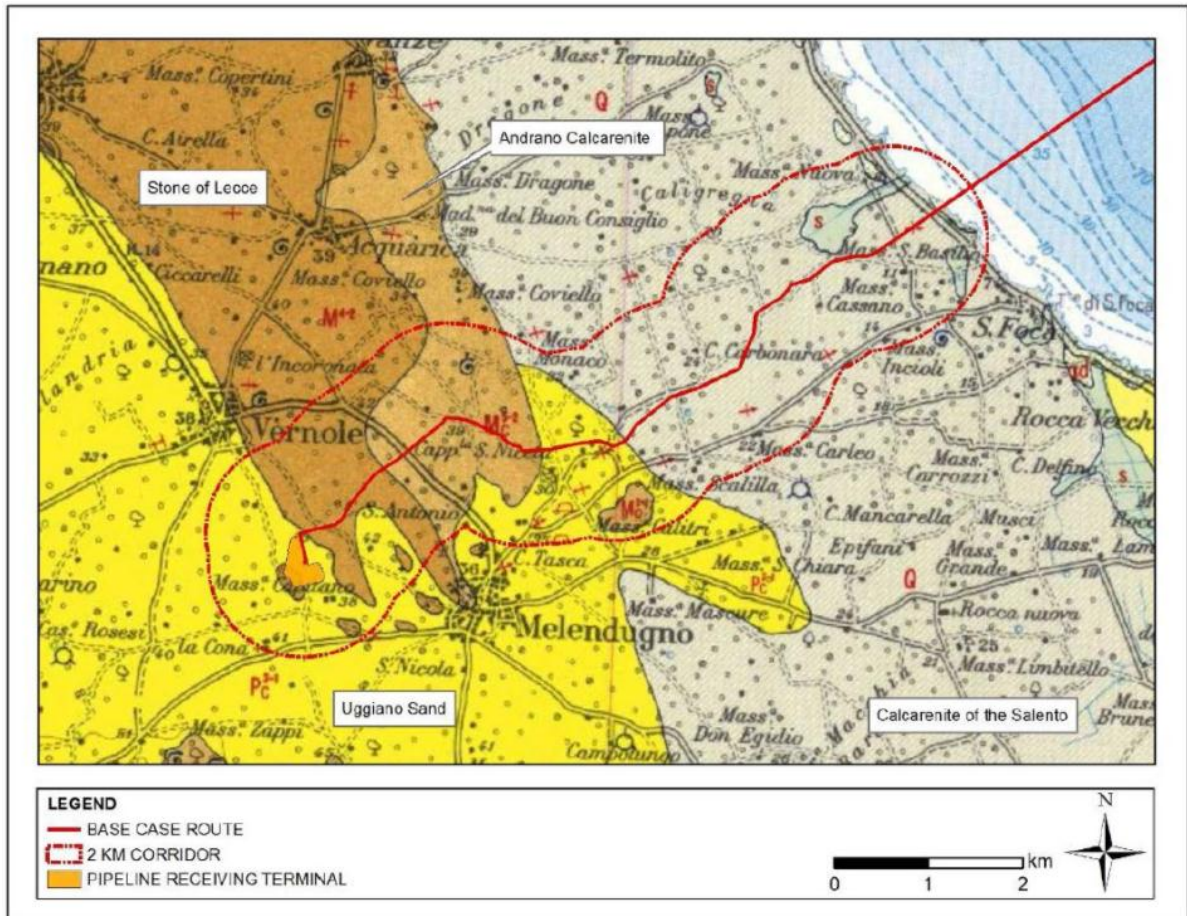


Figura 4-1: F° 214 – Gallipoli; Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.

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

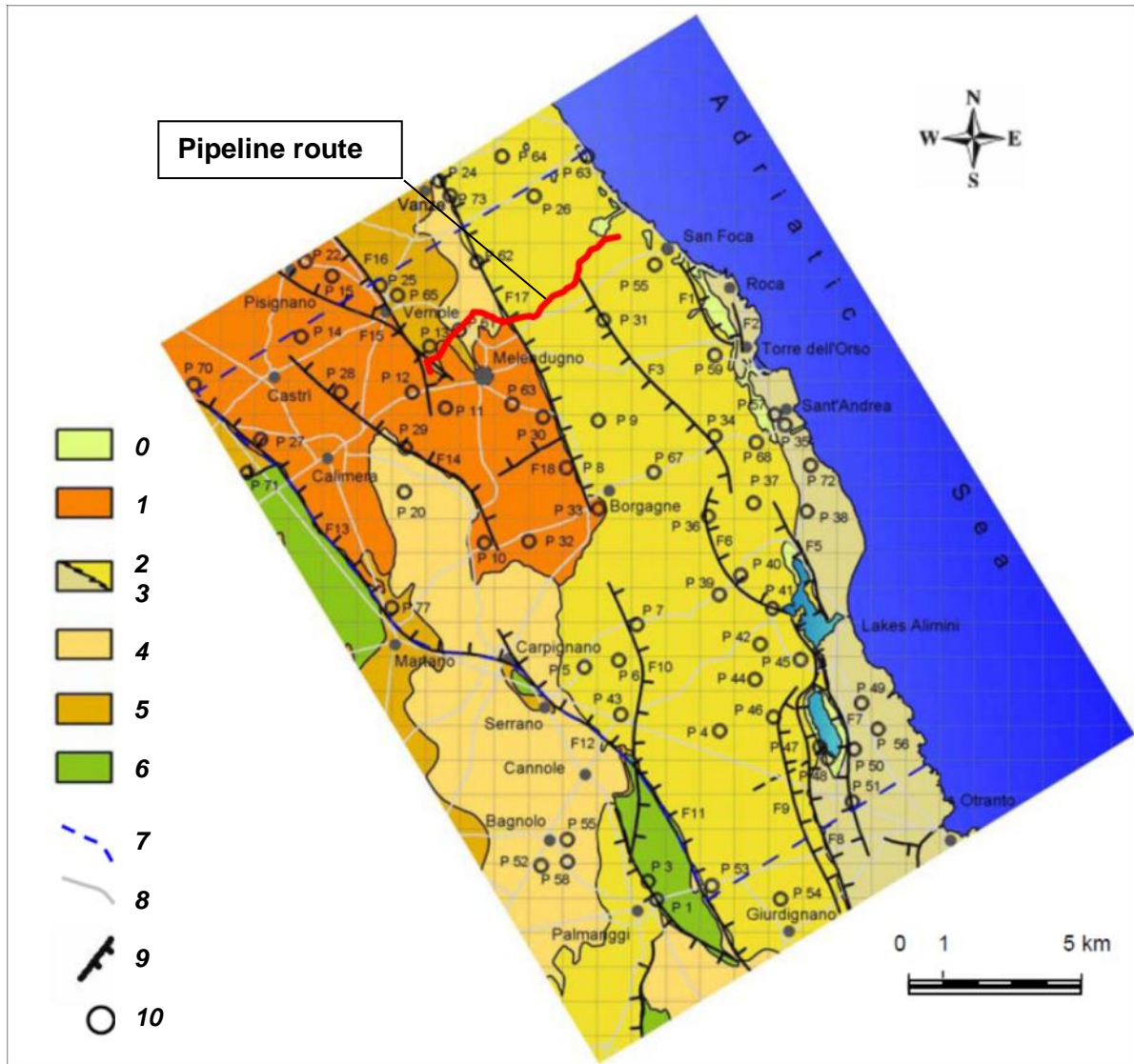
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


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.

Il tracciato del gasdotto attraversa affioramenti delle formazioni delle "Sabbie di Uggiano", della Calcarenite di Andrano, della Pietra Leccese e delle Calcareniti di Gravina.

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

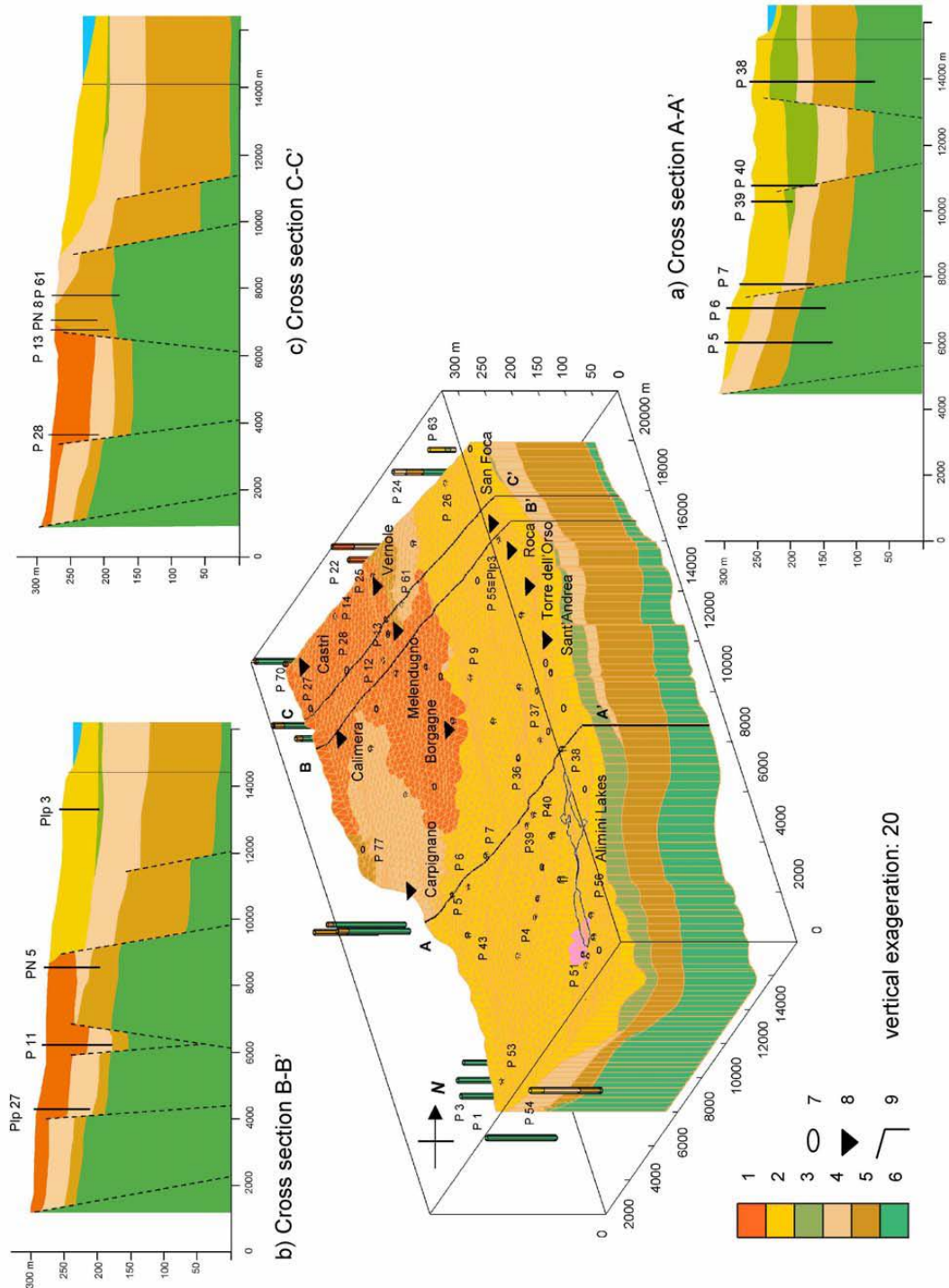
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figure 4-3: Modello geolitologico 3D a sezione estrapolata: (1) arenaria a grana grossa, (2) sabbia con strati di arenaria intercalati, (3) argilla sabbiosa e marna argillosa, (4) calcarenite a grana media con strati calcareo-marnosi intercalati, (5) arenaria marnosa a grana fine, (6) calcare fratturato e calcari dolomitici, (7) la posizione del sondaggio geognostico, (8) posizione delle cittadine principali, (9) linea di sezione trasversale.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-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) e 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.

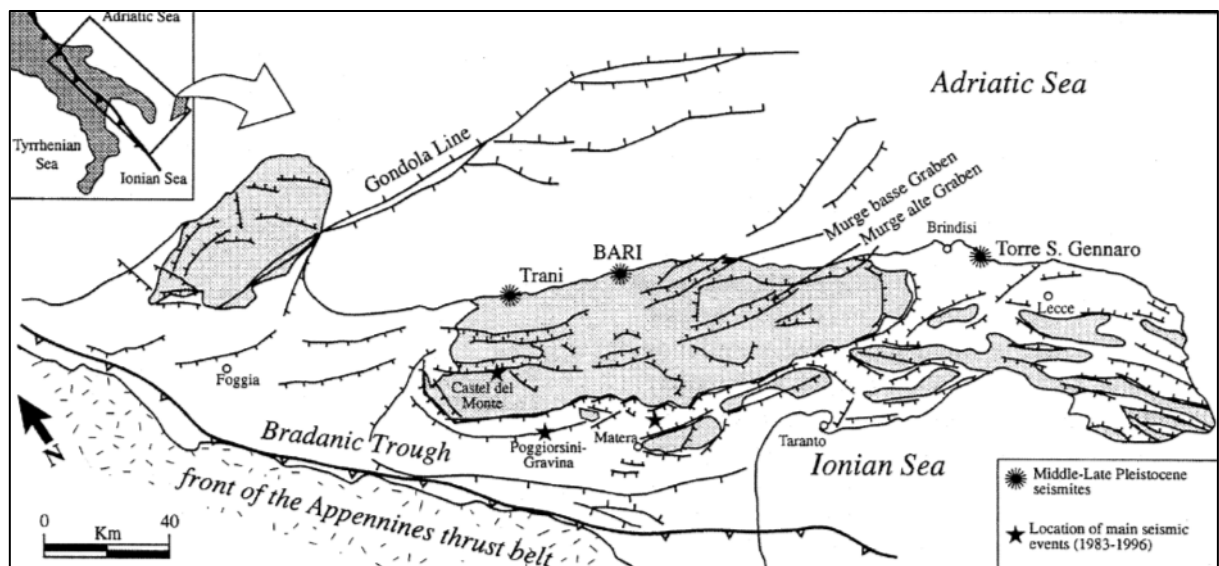


Figura 4-4: schema strutturale dell'Avampaese Pugliese: ubicazione di sismiti e principali eventi sismici (attività tettonica quaternaria nell'Area delle Murge – Avampaese Pugliese – Italia Meridionale. Pieri et alii, 1997)

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

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

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 (a_g) uguale a 10% in 50 anni, da assegnare alle 4 zone sismiche.

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

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

In base agli indirizzi ed ai criteri istituiti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il loro territorio in quattro zone, come descritto in Tab. 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 (a_g), che non influenza la pianificazione.

	Pagina 26 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia	IPL00-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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

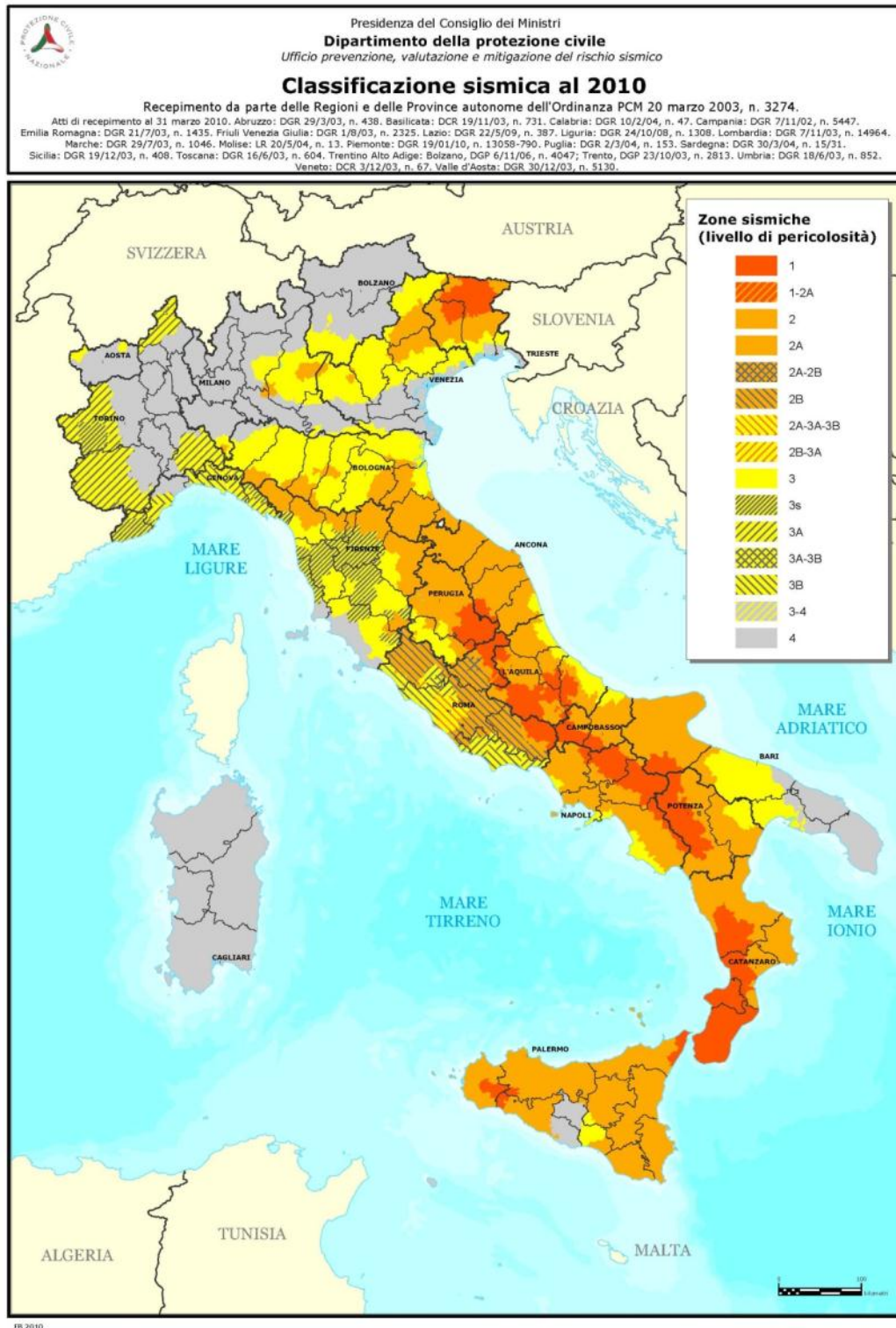


Figura 4-5: Classificazione Sismica Italiana.

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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-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 4-6) permette di classificare quest'area come a bassa pericolosità.

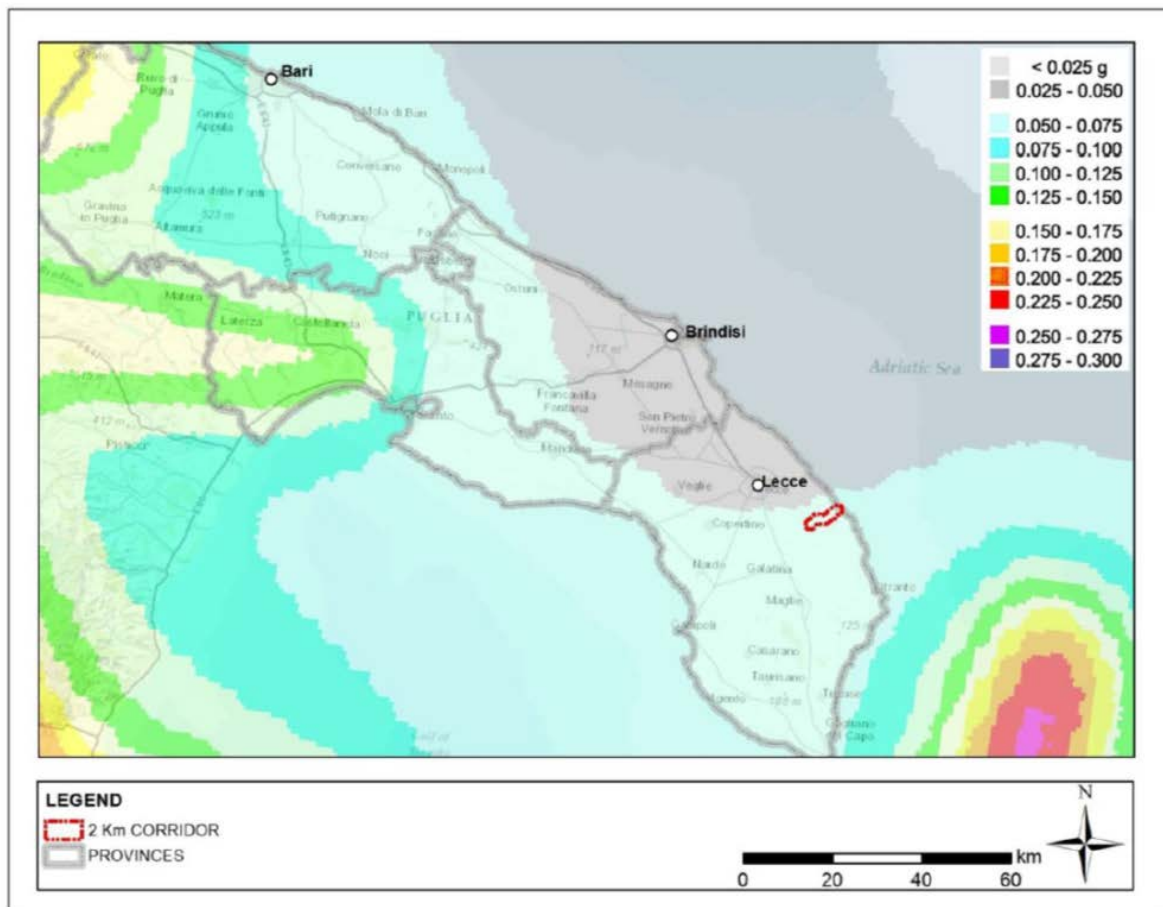
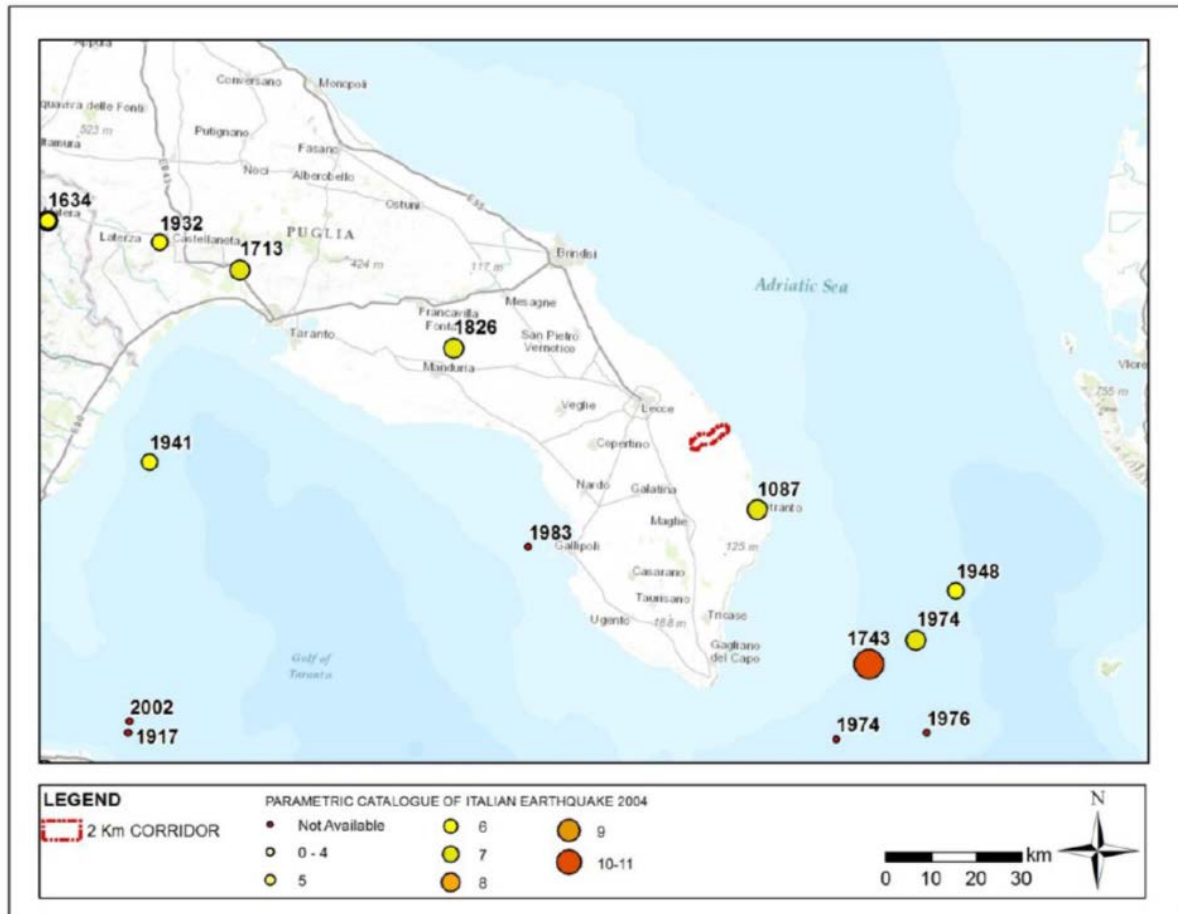


Figura 4-6: Pericolosità Sismica

La Figura 4-7 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 riportato 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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Source: CPTI04 Parametric Catalogue of Italian Earthquake

Figura 4-7: 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 son 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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-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.

Il tracciato di progetto non attraversa alcun corso d'acqua permanente o stagionale. In prossimità dell'approdo della condotta, solo due torrenti stagionali sono stati mappati. Circa 530 m a N, un ruscello scorre parallelo al tracciato, collegando la palude al mare (Figura 4-8). L'altro torrente recapita circa 350 m a S.

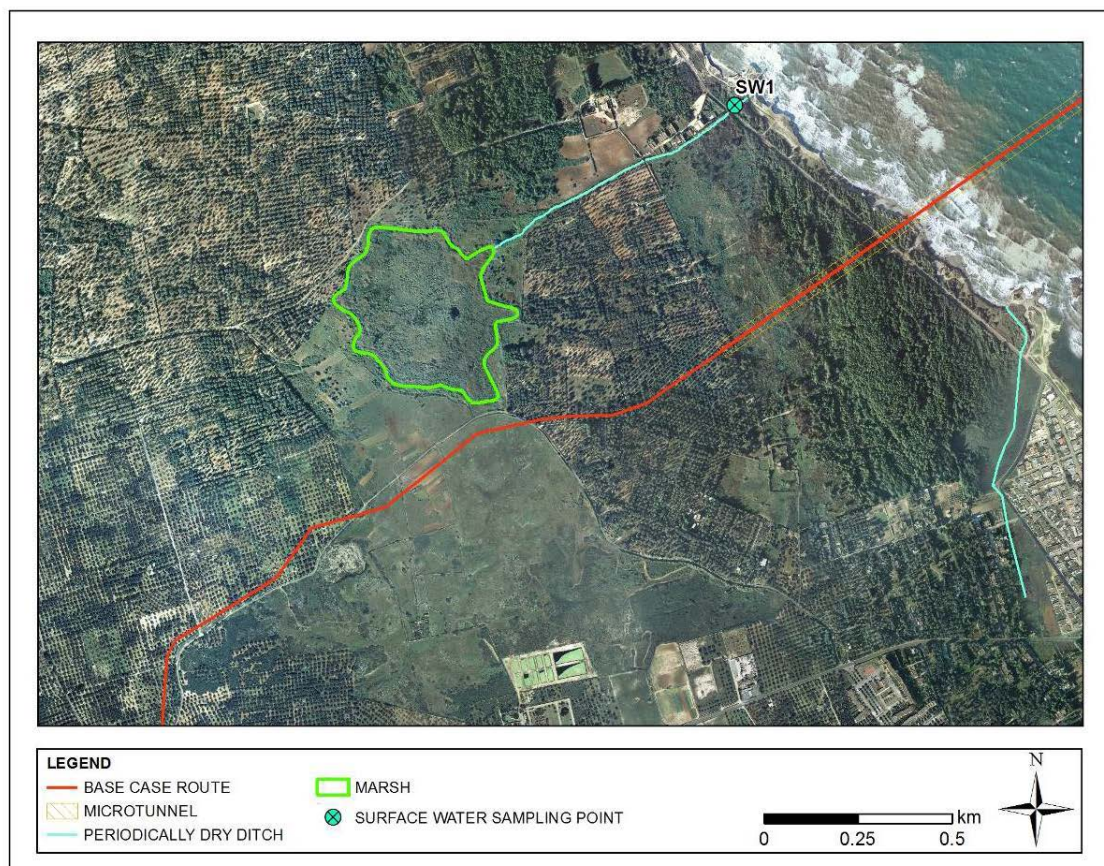



Figura 4-8: Acque superficiali Fonte: ERM (November 2011)

Da un punto di vista idraulico e idrogeologico il percorso si snoda nei pressi di due aree endoreiche oggetto di indagini da parte dell'Autorità di Bacino, al Kp 4,5 e 5,5 (secondo la comunicazione ufficiale n ° AO Prot 2012/08/10 8,50 0.011.854 di Autorità di Bacino). Anche se non sono previsti

	Pagina 31 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

vincoli dal PAI in queste zone, l'Autorità di Bacino richiede che la posa della condotta non incida negativamente sul regime idraulico delle aree. Inoltre qualsiasi accumulo di sedimenti, risultante da eventi climatici eccezionali, non deve causare malfunzionamento e / o inefficienze del gasdotto. Questi aspetti sono verificati attraverso lo Studio di compatibilità idraulica del gasdotto IPL00-URS-000-Q-TRS-0001.

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.

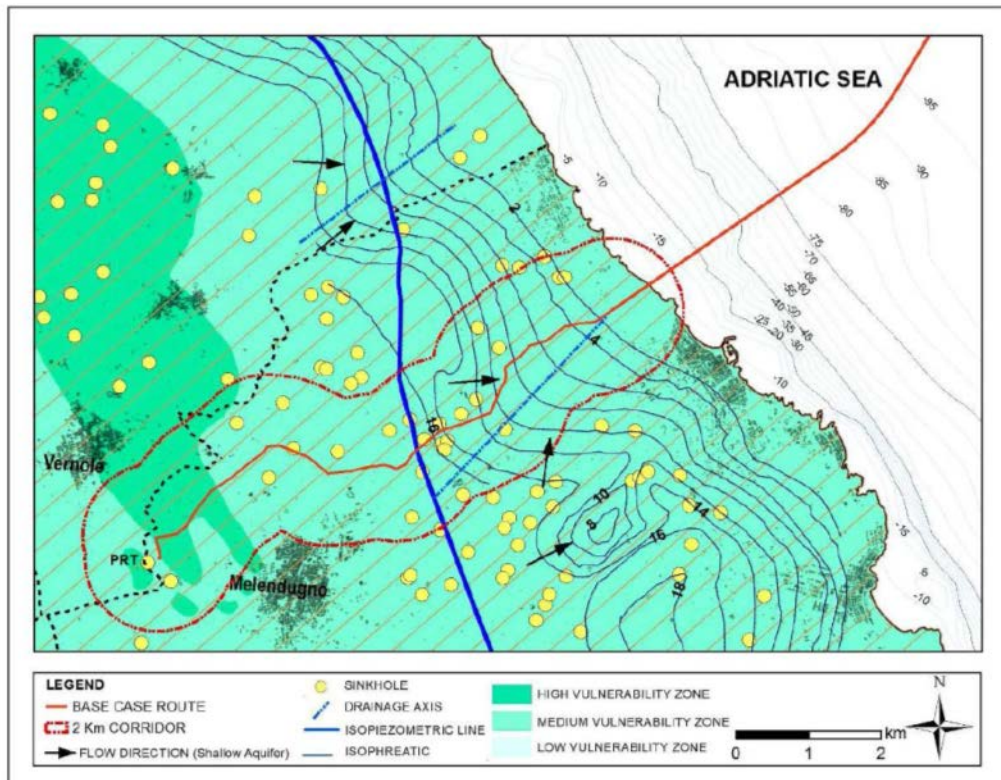
La seguente Figura 4-9 mostra il PRT, il gasdotto ed il microtunnel sovrapposti alla Carta Idrogeologica del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Lecce. Essa evidenzia:

- 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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01



Source: PTCP – ERM (May 2013)

Figura 4-9: tracciato del gasdotto e vulnerabilità idrogeologica fornita dal PTCP (Piano Provinciale di Coordinamento Territoriale di Lecce)

	Pagina 33 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

5 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO

Secondo quanto indicato dalla documentazione riportata nei punti da 3 a 6 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 e geotecniche (perforazioni, prelievo di campioni e prove in situ);
- sorveglianza archeologica nel corso delle perforazioni sui punti di indagine;
- 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, effettuati nel Luglio 2014, sono stati realizzati 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 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 lungo il tracciato del gasdotto, 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 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 34 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato 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 lungo il tracciato del gasdotto:

- 32 profili TES, per una lunghezza totale investigata di 7.41 km, con spaziatura degli elettrodi pari a 3 m.
- 112 sezioni di sismica a rifrazione con lunghezza in media pari a 69 m, per una lunghezza complessiva di 7.36 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 lungo il tracciato del gasdotto sono stati eseguiti profili sismici e TES per un totale di 6.5 km, adottando le stesse metodiche impiegate nel 2013 (spaziatura degli elettrodi/geofoni, tecnica "roll-along", lunghezza degli stendimenti, ecc.).

Segue una tabella riepilogativa delle indagini geofisiche eseguite.

	Pagina 35 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Tab. 5-1: sintesi delle indagini geofisiche eseguite

METODOLOGIA	CAMPAGNA DI INDAGINE	NUMERO PROFILI	LUNGHEZZA COMPLESSIVA
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2013	32	7410 m
Sismica a rifrazione	2013	112	7360 m
Tomografia Elettrica Superficiale (TES)	2015	6	6500 m
Sismica a rifrazione	2015	6	6500 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

Lungo la condotta 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 lungo la condotta.

Le indagini sono iniziate nell'Aprile 2015, con la perforazione del punto BH3B, dopo il completamento delle indagini geotecniche nel PRT, e sono terminate nel Giugno 2015. Sono stati eseguiti 18 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 paragrafo 1

Durante le suddette perforazioni sono state eseguite 18 prove SPT e sono stati prelevati 20 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	18
Prove SPT	18
Campioni prelevati	20

	Pagina 36 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato 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 lungo il tracciato del gasdotto.

6.1 Prospezioni geofisiche

6.1.1 Campagna di indagine del 2013

I profili lungo il gasdotto sono presentati da Est a Ovest, permettendo di ottenere una progressiva continua dalla costa al PRT.

Il tracciato della condotta può essere diviso nei seguenti tratti:

- Da progr. 0 a progr. 3.985 m. I materiali sembrano essere a stratificazione orizzontale. Un suolo di modesto spessore (circa 1-2 m e localmente fino a 5 m) ricopre uno strato di roccia ad alta resistività e bassa velocità spesso fino a 5 m (strato 2), a sua volta sopra un acquifero a bassa resistività e media velocità (strato 3).
- Da progr. 3.985 a progr. 4.620 m circa. I materiali sembrano essere a stratificazione orizzontale, con uno strato ad alta resistività e bassa velocità fino a 15 m di spessore (strato 2), contenente a luoghi tasche di materiali conduttivi, che ricopre uno strato conduttivo a media velocità (strato 3).
- Da progr. 4.620 a progr. 6.150 m. Gli strati sembrano immergere verso Est con gli strati 2 e 3 che rispettivamente si assottigliano intorno a 4.800 e 5.200 m. Un ulteriore strato ad alta resistenza è evidente a 5.410 m, dove è presente un drastico incremento sia della velocità sismica, sia della resistività degli strati vicini alla superficie a suggerire l'affioramento degli strati 4 e 5.
- Da progr. 6.150 a progr. 6.260 m. Si tratta di una grande cavità. La profondità non è determinata con assoluta certezza nei dati della resistività, ma i dati sismici suggeriscono che si aggiri intorno ai 10 m sotto la superficie corrente.
- Da progr. 6.260 a progr. 8.020 m. Nessuna immersione evidente nei profili con l'affioramento degli strati 4 e 5. Le variazioni della velocità sembrano suggerire un profilo irregolare di tale roccia più dura riempita con materiali a velocità inferiore, interpretabili come forme carsiche riempite con successivi depositi o uno differente tipo di alterazione meteorica in tale strato.
- Da progr. 8.020 a progr. 8.720 m. Gli strati sembrano immergere verso ovest con lo strato 4 sotto lo strato 3 a partire da 8.550 m.


La seguente tabella (Tab. 6-1) riassume la geologia dei tratti descritti in precedenza.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab 6-1: interpretazione geologica lungo la condotta su terraferma.

Progressiva [m] da	Kp. a	Immer-sione	Unità	Descrizione	Spess-ore	Commenti	
620	3985	0.0 - 3.4	Pianeg-giante	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				2	Rocchia molto alterata	0-5m	Strato ad alta resistività e bassa velocità che si inspessisce localmente intorno alle progr. da 1600m a 1700m.
				3	Acquifero molto alterato	tipicamente 8m+	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.
3985	4620	3.4 - 4.0	Pianeg-giante	1	Suolo/Massi	0-2m	
				2	Rocchia molto alterata	10-15m	Discontinuità alla progr. 3985 con un aumento di spessore dello strato roccioso superiore / approfondimento del livello di falda. Il tutto potrebbe essere in relazione ad una variazione nella geologia
				3	Acquifero molto alterato	N.D.	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.
4620	6100	4.0 - 5.5	Est	1	Suolo/Massi	1-3m	Fino a 5 m localmente
				2	Rocchia molto alterata	0-5m	Strato ad alta resistività e bassa velocità che si assottiglia intorno alla progressiva 4800m.
				3	Acquifero molto alterato	N.D.	Materiale a bassa resistività e media velocità, probabilmente un acquifero in roccia alterata che affiora all'incirca dalla progr. 4800m, assottigliandosi intorno alla 5210m. I valori di resistività suggeriscono un certo grado di salinità nell'acquifero.
				4	Rocchia alterata	N.D.	Rocchia molto resistiva ed a velocità elevata che affiora dalla progr. 5210m alla 5430m
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante dalla progr. 5430m e che sembra assottigliarsi all'incirca alla prog. 6100
				6	Strato conduttivo	N.D.	Evidenze di uno strato al di sotto del precedente che dalla progr. 5930 immerge verso E. Questo strato non sembra affiorare.
6100	6175	5.5 - 5.6	N.D.	5	Rocchia compatta	N.D.	Strato superficiale spesso circa 5 m che ricopre una struttura molto resistiva. L'assenza di variazioni della velocità delle onde sismiche suggerisce che non sia una cavità vuota.
6175	6260	5.60	N.D.	1	Suolo/Massi	N.D.	I dati geoelettrici e sismici suggeriscono una dolina, che corrisponde ad un'isolata immersione degli strati nella topografia.
6260	7900	5.6 - 7.3	N.A.	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante localmente.
7900	8720	7.3 - 8.1	Ovest	1	Suolo/Massi	0-3m	Fino a 5 m localmente
				5	Rocchia compatta	N.D.	Strato a resistività molto elevata contenente tasche di roccia molto resistiva, affiorante localmente. La roccia affiora dalla progr. 7900 alla 8580 m dopo aver ricoperto uno strato più conduttivo.
				4	Rocchia alterata (calcare pliocenico?)	N.D.	Rocchia molto resistiva ed a velocità elevata che affiora dalla progr. 8580 m

Lungo i profili investigati sono evidenti alcune strutture isolate. Una può essere interpretata come una grande dolina, mentre molte delle altre potrebbero essere forme carsiche ma anche faglie, paleovalvi o pacchi di strati inclinati. Gran parte di esse sono state riportate nella sottostante tabella, ma non è possibile garantire che tutte le strutture sepolte siano state individuate o delimitate in modo accurato.

	Pagina 38 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

Tab. 6-2: strutture geologiche lungo la condotta su terraferma


Progressiva	Profilo (geoelettrico)	Descrizione
1400-1540	6-6B	Locali inspessimenti della roccia alterata
3920	13	Discontinuità nella geologia che può suggerire una faglia.
3985	13	Apparente gradino nella geologia che può suggerire una faglia.
4210	13	Struttura isolata a bassa resistività all'interno di roccia molto resistiva che suggerisce una probabile cavità riempita d'acqua. I dati sismici mostrano strutture ad alta velocità al di sotto di essa.
4290	13	Struttura isolata a bassa resistività compresa tra strati molto resistivi che suggerisce una probabile frattura nella roccia.
4780	18	Termine dell'affioramento di material ad elevata resistività e bassa velocità.
5035	18	Probabile discontinuità isolata all'interno di strati rocciosi suggerita dai dati di resistività. I dati sismici suggeriscono material a maggior velocità al di sotto di essa.
5150	18	Probabile discontinuità isolata all'interno di strati rocciosi suggerita dai dati di resistività.
5290	23	Gradino significativo registrato nei dati sismici (Profilo Sismico 16)
5410	23	Significativa variazione nella roccia (aumento sia della resistività che della velocità) che suggerisce l'inizio di un affioramento di calcare duro.
5430-6170	23-27A	Variabilità all'interno degli strati rocciosi
6170-6260	27A	Dolina evidente in entrambe le serie di dati (resistività e velocità).
6480	28	Apparenti inspessimenti isolati del suolo suggerito sia dai dati di resistività che di velocità (Profilo Sismico 24)
6870-6950	32	Apparente immersione degli strati di roccia dura suggerita sia dai dati di resistività che di velocità (Profilo Sismico 30).
6080-6250	32-33	Tratti di roccia dura inclinati suggeriti dai dati sismici (Profili Sismici 30 & 31)
7370-7420	33	Apparente immersione degli strati di roccia dura suggerita dai dati sismici (Profilo Sismico 31)
7435	33	Piccola dolina isolata visibile nei pressi del profilo.
7800-7850	36	Immersione di modesta entità nella roccia dura suggerita dai dati sismici (Profilo Sismico 33). Il contrasto nei valori di velocità non è netto, pertanto il dato presenta un certo grado di indeterminatezza.
8020-8065	37	L'andamento dei valori di velocità che suggerisce una locale immersione degli strati rocciosi (Profilo Sismico 34)
8095-8260	37-38	I dati di resistività mostrano uno strato conduttivo prossimo alla superficie. I dati sismici sono coerenti con la presenza di roccia dura ed un sottile strato di suolo, suggerendo che ciò rappresenti roccia più alterata o satura d'acqua.
8260	38	Apparente parete (brusca risalita) nel substrato roccioso sul limite del profilo, il dato presenta un certo grado di indeterminatezza.
8580	38	Significativa variazione nei valori di resistività della roccia che suggerisce una variazione di composizione. I dati sismici suggeriscono un inspessimento del suolo presente al di sopra ma nessuna variazione significativa nelle velocità del materiale, indicando una variazione a roccia più alterata o satura d'acqua.

I dati di resistività e sismici sembrano suggerire diverse significative variazioni nella geologia lungo il tracciato della condotta, che sono state registrate nella precedente tabella.

6.1.2 Campagna di indagine del 2015

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.

	Pagina 39 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

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.

Il profilo PR05, diviso in due parti (PR05_A e PR05_B) a causa della presenza di una strada, mostra:

- la presenza di una zona a bassa resistività e bassa velocità delle onde P, centrata ad una distanza di 360 m, interpretabile dalla forma come una dolina;
- uno strato a bassa resistività (circa 60 Ohm * m), probabilmente associato a forme carsiche sotterranee, tra 420 e 640 metri dall'origine della sezione;
- altre anomalie riscontrate tra circa 90 e 900 metri dall'origine della sezione, caratterizzate da bassi valori di velocità sismica e valori molto alti di resistività, suggeriscono la presenza di materiali alterati o fratturati, relativi a fenomeni carsici.

L'analisi del profilo PR04, anch'esso diviso in due porzioni (PR04_A e PR04_B) per motivi logistici, evidenzia:


- la presenza di un orizzonte a resistività più elevata, fino alla distanza di 230 m, in contatto laterale con materiali caratterizzati da bassi valori di resistività, cosa che suggerisce la presenza di un contatto geologico;
- dalla stessa distanza ed a maggiore profondità, la presenza di un rifratore con velocità dell'onda sismica oltre 2000 m/s, il che suggerisce la presenza di materiale ad alta consistenza (probabilmente rocce);
- la presenza, ad una distanza di 230-250 metri e da 450 m dalla fine delle sezioni, di due anomalie, l'una di bassi valori di resistività e l'altra di bassi valori di velocità delle onde sismiche, nonché la loro forma, suggerisce fenomeni carsici.

Il profilo PR03 evidenzia:

- la presenza di due strati, quello più superficiale tra il piano campagna e la profondità di circa 10 metri, caratterizzato da valori di resistività più elevati, il secondo con bassa resistività; l'intervallo di valori di resistività suggerisce la presenza di terreni in condizioni di saturazione e/o caratterizzati da un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose
- dalla distanza di 50 metri fino al vertice finale del profilo, varie anomalie di alta resistività e una minore velocità sismiche anomalia, che suggeriscono la presenza di materiali alterati o fratturati.

L'analisi del profilo PR02 rivela:

- la presenza di un orizzonte più resistivo, che giace al di sopra di uno strato più conduttivo, ad una profondità media di 10 metri dalla superficie, in continuità con il profilo precedente (PR03), molto vicino a PR02;

	Pagina 40 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

- un aumento della velocità delle onde sismiche con la profondità, il che suggerisce la presenza di un materiale con alta consistenza (probabilmente roccia);
- una contemporanea diminuzione della resistività, che suggerisce condizioni di saturazione o un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose, senza escludere la presenza di entrambe le condizioni;
- un'interruzione della continuità laterale dello strato resistivo e ad alta velocità tra progressive 120 e 140 metri, che, insieme alla forma dell'anomalia elettrica e l'andamento delle velocità sismiche, suggerisce la presenza di una struttura carsica o di un paleo alveo sepolto verso la palude di Cassano.

L'analisi del profilo PR01 mostra la presenza di un primo strato molto resistivo, con spessore variabile da 5 a 15 metri, posto al di sopra di un secondo strato la cui resistività è più bassa. Lo stesso risultato è dato dal profilo sismico, in cui è presente uno strato superficiale con velocità delle onde P minore di 100 m/s, il cui spessore non supera 6 m.

L'andamento della resistività con la profondità suggerisce condizioni di saturazione o un maggior contenuto delle frazioni sabbiose, limose e argillose, senza escludere la presenza di entrambe le condizioni.

6.1.1 Indagini MASW (2015)

Sono state effettuate delle indagini geofisiche utilizzando la tecnica MASW, allo scopo di determinare la velocità VS30 delle onde di taglio al fine di fornire la categoria sismica dei suoli, lungo un profilo ubicato nell'intorno del Kp 0.3, i cui risultati sono riportati nell'Allegato 6.

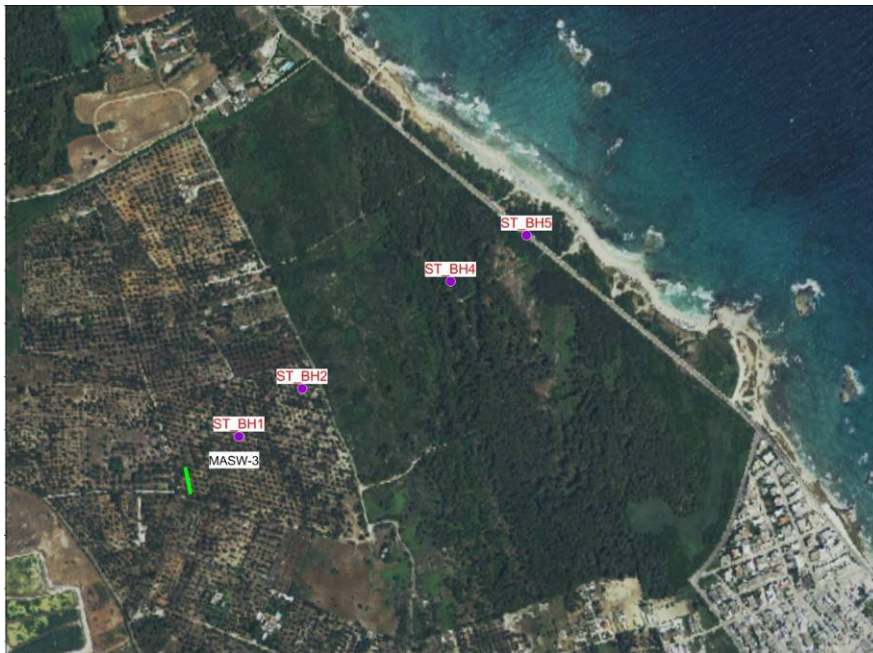


Figura 6-1: planimetria con ubicazione del profilo MASW.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

La caratterizzazione dei terreni, da un punto di vista dinamico ed in particolare quello sismico, richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei vari strati presenti nel sito fino ad una profondità di 30 m dalla superficie, come richiesto dall'Eurocodice 8.

Il profilo delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di profondità permette di valutare:

- L'azione sismica di progetto alla quota delle fondazioni di qualsiasi struttura
- Il rischio di liquefazione dei terreni in sito
- Il rischio di instabilità di pendii e/o di strutture di sostegno
- Il cedimento di rilevati stradali, di opere di sostegno e delle fondazioni di edifici
- La trasmissione di vibrazioni prodotte da treni, macchine operatrici, esplosioni in superficie o in sottoterraneo, traffico veicolare

In base al profilo delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità V_{s30} rappresentativa del sito in esame e pari a

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


dove:

h_i e V_i indicano spessore e velocità delle onde di taglio (ad un livello di deformazione a taglio minore o uguale a 10⁻⁵) dell' i -esimo del totale di N strati o formazioni esistenti nei primi 30 m dal piano campagna.

La seguente tabella contiene la suddivisione in categorie di suolo secondo le NTC (così come l'Eurocodice 8).

Table 6-3: valori di V_{s30} per le principali classi di terreni secondo le NTC

Site class	V_{s30} [m/s]
A – Rock or other rock-like geological formation	> 800
B – Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay (Stiff Soil)	360 – 800
C – Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay (Soft Soil)	180 – 360
D – Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (Very Soft Soil)	< 180
E – A soil profile consisting of a surface alluvium layer (Alluvional)	<i>V_s values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $V_s > 800$ m/s</i>

	Pagina 42 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
		IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01			

Il risultato ottenuto è:

$V_{s30} = 550 \text{ m/s}$ - classificazione del suolo secondo l'Eurocodice 8 "B" ($360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$)

6.2 Indagini geotecniche

6.2.1 Caratterizzazione geologica


Il modello geologico descritto sotto è stato costruito sulla base delle indagini geotecniche e geofisiche descritte nel Par. 5. Per completare la sezione geologica 10-11 (vedi l'Allegato 3), sono state considerate anche le colonne stratigrafiche dei punti Piezo2, ST-BH1 e ST-BH2.

Le indagini sopra menzionate condotte lungo il tratto su terraferma della condotta hanno permesso di ricavare la seguente successione stratigrafica, dal piano campagna fino alla profondità investigata (10 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) sabbia, limo sabbioso sabbia limosa, più raramente limo argilloso (b1), con la presenza frequente di sabbia limosa biancastra rinvenuta nella parte bassa, affiorante all'incirca dal Kp 4.7 alla costa e trovata nei sondaggi BH3B, BH1B_ter, BH9_bis, BH9, BH8, BH7_bis, BH7, BH6, BH5, BH4, BH3, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2; essa è prevalentemente ricoperta da, ma a volte ricopre, una calcarenite tenera giallastra, in generale piuttosto fratturata ed alterata (b2), che affiora lungo la condotta dal Kp 4.75 al Kp 1.75 ed è stata incontrata nei sondaggi BH3B, BH9_bis, BH7, BH5, BH4, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2; 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", dal sondaggio BH3 tornando indietro fino al sondaggio ST-BH2;
- c) Calcarenite biancastra, dura, in media meno fratturata ed alterata, affiorante all'incirca dal Kp 7.7 al 7.55 e dal Kp 7.1 al 4.75 e rinvenuta a profondità molto modeste nei sondaggi BH3B, BH1B_ter, BH1B_bis, BH1B, BH11_ter, BH11_bis, BH11, BH10, BH9ter, correlata con la formazione denominata "Calcareniti di Andrano"; dalle prospezioni geofisiche provengono indicazioni della sua presenza nel sottosuolo tra il Kp 2.7 fino al Kp1.6, al di sotto dell'unità b ad a profondità comprese tra circa 12 e 20 m dal p.c.

Sono state osservate alcune anomalie dei valori di resistività e/o di velocità delle onde P che sono state interpretate come cavità carsiche riempite con materiale molto fratturato e/o alterato e/o in condizioni di saturazione d'acqua. Inoltre, sono state ritrovate alcune piccole cavità a profondità variabili da 7.20 a 8.30 m dal p.c. nei perfori BH1B e BH10B; queste strutture geologiche sono state interpretate come cavità carsiche vuote. Per i dettagli si rimanda a IAL00-URS-000-Q-TRG-0001_00 ed agli Allegati 4, 5 e 6 al presente studio.

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

	Pagina 43 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

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 08 (colonne stratigrafiche dei sondaggi).

È stato incontrato un livello di falda nelle sabbie dell'unità b2 durante le perforazioni nei punti BH7 (7.00 m di profondità dal pc.), BH6 (5.00 m di profondità dal pc.), BH5 (7.00 m di profondità dal pc.), BH4 (6,52 m di profondità dal pc.), BH3 (2.50 m di profondità dal pc.), Piezo3 (2.40 m di profondità dal pc.), ST-BH1 (2.30 m di profondità dal pc.) e ST-BH2 (3.96 m di profondità dal pc.).

6.2.2 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica 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 BH11_ter SPT1 e BH1B (sabbia limosa marrone/calcarenite alterata e fratturata), BH5 SPT1 (calcarenite giallastra molto alterata e fratturata) ed infine BH11 SPT1 (sabbia limosa marrone).

I valori N_{spt} vanno da 15 a 18 nelle prove eseguite nei campioni prelevati dall'unità b1, quindi i terreni di tale unità possono essere classificati come *terreni da sciolti a molto densi* (Terzaghi-Peck, 1948) ed il loro angolo di attrito varia tra 25.5 e 34.9 ° (De Mello, 1971). Per approfondimenti si rimanda alla seguente Tab. 6-4 ed all'Allegato 12.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-4: 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.	UNIT A	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	$\phi, ^\circ$ (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
BH11	SPT1	0,50÷0,95	a	4	3,0	23,0	19,4	15,7	28,0	2,2
BH11_TER	SPT1	0,50÷0,95	a/c	65	52,0	33,9	135,9	7,6	233,3	36,2
BH1B	SPT1	0,50÷0,95	a/c	51	41,0	33,0	120,4	7,6	194,1	28,4
BH8	SPT1	0,50÷0,95	a/b1	51	41,0	33,0	123,3	6,9	194,1	28,4
BH3	SPT1	3,00÷3,45	b1	36	24,0	32,2	74,8	28,0	169,7	23,8
BH3	SPT2	6,20÷6,65	b1	10	10,0	27,4	36,4	18,1	55,0	6,9
BH3	SPT3	9,50÷9,95	b1	18	18,0	29,1	42,5	31,3	97,5	11,5
BH3B	SPT1	1,50÷1,95	b1	78	68,0	34,9	129,7	14,7	337,4	47,5
BH4	SPT1	4,00÷4,45	b1	12	12,0	28,1	43,0	18,3	63,5	8,0
BH4	SPT2	6,00÷6,45	b1	38	38,0	31,1	59,7	36,0	137,0	18,2
BH5	SPT2	7,00÷7,45	b1	73	44,0	33,0	72,1	28,8	205,5	30,6
BH6	SPT1	1,00÷1,45	b1	91	45,0	33,4	115,6	12,0	209,2	31,3
BH6	SPT2	2,80÷3,25	b1	70	40,0	32,8	82,7	20,0	191,0	27,8
BH6	SPT3	7,00÷7,45	b1	24	20,0	29,9	48,0	28,8	110,7	13,6
BH7BIS	SPT1	0,50÷0,95	b1	7	6,0	25,5	45,7	8,5	42,9	3,9
BH5	SPT1	1,00÷1,45	b2	51	28,0	31,6	91,2	18,5	146,0	19,5

Sono stati prelevati sia campioni indisturbati che disturbati nel membro sabbioso-limoso b1) ad eccezione dei campioni BH1B_ter C1 e BH11 C1, prelevati 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 (Tab. 6-5) e l'Allegato 11.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-5: 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 (%)	k (m/sec)
BH 1B ter-C2	4,00-4,50	-	-	22,85	2,64	-	-	-	
BH3-C1	3,00-3,45	-	-	18,84	-	-	-	-	
BH3-C2	6,20-6,65	-	-	26,36	-	-	-	-	
BH3-C3	9,50-9,95	-	-	14,43	-	-	-	-	
BH4-C1	3,50-4,00	17,34	14,69	18,1	2,71	45,82	0,85	58,01	9,11E-06
BH4-C2	4,00-4,54	-	-	7,53	-	-	-	-	
BH4-C3	6,50-6,95	-	-	17,7	-	-	-	-	
BH 5-C1	2,80-3,40	14,25	10,96	30,08	2,65	58,60	1,42	56,23	5,13E-06
BH 6-C1	6,00-6,40	17,19	13,24	29,82	2,65	49,96	1	79,02	5,97E-07
BH 6-C2	7,00-7,45	-	-	22,89	2,67	-	-	-	
BH 7-C1	3,00-3,50	17,01	13,58	25,25	2,61	48,07	0,93	71,34	9,96E-07
BH 7-C2	7,00-7,45	-	-	30,44	2,65	-	-	-	
BH 7 bis-C1	3,00-3,30	-	-	13,36	2,71	-	-	-	
BH 7 bis-C2	3,80-4,40	14,30	11,78	21,42	2,66	55,76	1,26	45,26	1,72E-06
BH 8-C1	4,00-4,50	18,03	15,99	12,73	2,65	39,64	0,66	51,37	1,93E-06
BH 8-C2	5,00-5,40	-	-	21,52	2,70	-	-	-	
BH 9-C1	6,00-6,40	-	-	15,66	2,69	-	-	-	
BH 9 bis-C1	7,00-7,50	18,60	14,6	27,37	2,62	44,32	0,80	90,17	1,03E-05

Le classi granulometriche prevalenti sono sabbia, in subordine, ghiaia, quindi limo ed infine argilla. La curva granulometrica media è data da *silty sand with gravel*, mentre i risultati delle prove di Atterberg indicano un comportamento non plastico che riflette coerentemente la prevalenza delle frazioni granulometriche grossolane rispetto a quelle fini.

Il peso di volume naturale varia da 14.25 a 18.60 kNm⁻³, con un valore medio di 16.67 kNm⁻³, in ciò coerente con i valori da medi ad alti di porosità e di indice dei vuoti.

Il peso specifico ha un valore medio di 2.66 e varia da 2.61 a 2.71, coerentemente con la prevalente composizione mineralogica dei granuli.

Il contenuto d'acqua va da 7.53 a 30.44%, 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 particolare dal Kp 0 al Kp 3.2 dove è stata intercettata una falda idrica sotterranea.

I valori di permeabilità ricadono all'interno delle classe a bassa permeabilità e sono tipici di sabbie fini, limi sabbiosi o sabbie limose.

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 del discontinuità presenti in un ammasso

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

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 10 perfori (BH3B, BH9_bis, BH9, BH7, BH5, BH4, BH3, Piezo2, ST-BH1, ST-BH2) eseguiti lungo il tracciato del gasdotto, a profondità variabili da 0.00 a 9.00 m dal p.c. Essa è caratterizzata da valori RQD tra 0 e 46% (da molto scadente a mediocre), distribuiti per classi RQD come segue:


- classe 0-20 %: 87,5%
- classe 20-40 %: 18.8%
- classe 40-60 %: 6.3%
- classe 60-80 %: 0%
- classe 80-100 %: 0%

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

PROFONDITÀ	0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-10 m
classe RQD				
molto scadente	8	4	2	0
scadente	1	0	0	0
mediocre	1	0	0	0
buono	0	0	0	0
eccellente	0	0	0	0

La calcarenite biancastra è stata invece rinvenuta in 9 sondaggi (BH3B, BH1B_ter, BH1B_bis, BH1B, BH11_ter, BH11_bis, BH11, BH10, BH9_ter), a profondità variabili tra 0.00 e 3.00 m da p.c. e fino a fondo foro. Essa è caratterizzata da valori RQD compresi tra 0 e 70%, distribuiti come segue:

- classe 0-20 %: 41.2%
- classe 20-40 %: 26.5%
- classe 40-60 %: 23.5%
- classe 60-80 %: 8.8%
- classe 80-100 %: 0.0%

	Pagina 47 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Tab. 6-7: distribuzione dei valori RQD con la profondità per l'unità c)

PROFONDITÀ	0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-10 m
classe RQD				
molto scadente	3	3	3	5
scadente	4	1	4	0
mediocre	0	2	2	4
buono	0	3	0	0
eccellente	0	0	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:

- alle formazioni geologiche rinvenute tra Kp 3790 e il Kp 8235 (fino alla profondità investigata di 10 m) la classe n° 7 "rock which is hard to excavate" (roccia difficilmente scavabile),
- alle formazioni geologiche rinvenute tra il Kp 0 e il Kp 3790 (fino alla profondità investigata di 10 m) 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),

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.


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.

Poiché i terreni dell'unità a) sono stati rinvenuti nei sondaggi con modesto spessore e a volte direttamente giacenti sulla calcarenite (sia giallastra che biancastra):

- i valori SPT sono influenzati dalle calcareniti sottostanti eccetto uno (BH11 SPT1),
- non è stato possibile prelevare campioni indisturbati o semidisturbati di una quantità tale da eseguire la determinazione di γ_n e γ_d ,

pertanto per la caratterizzazione geotecnica di a) è stato preso in considerazione il solo valore sopra menzionato (BH11 SPT1) di SPT e sono stati invece impiegati i valori di γ_n e γ_d determinati in laboratorio da campioni di suolo con simili caratteristiche prelevati nell'area del PRT.

	Pagina 48 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Infine si noti che i parametri dell'unità b1) ricavati dall'indice N_{spt} mostrano una notevole dispersione.

Tab. 6-8: indicatori statistici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unit		N_{spt}	$(N_1)_{60}$	ϕ	D_R	E_d	G	E_{ed}
a	conteggio	1	1	1	1	1	1	1
	valore	4,00	3,00	23,03	19,38	15,72	28,04	2,23
b1	conteggio	42,33	30,50	30,87	72,80	20,96	151,14	20,96
	Media	7,00	6,00	25,50	36,44	6,93	42,90	3,90
	Max	29,58	18,41	2,86	33,55	9,52	84,30	12,87
	Min	91,00	68,00	34,92	129,75	36,01	337,44	47,49
	St. Dev.	0,699	0,604	0,092	0,461	0,454	0,558	0,614
	COV	12	12	12	12	12	12	12


Table 6-9: indicatori statistici per i parametri ricavati dalle prove di laboratorio, per l'unità b1

	γ_n	γ_d	W	G	n	e	S	k (m/sec)
conteggio	7	7	18	13	7	7	7	7
Media	16,67	13,55	20,91	2,66	48,88	0,99	64,49	4,25E-06
Min	14,25	10,96	7,53	2,61	39,64	0,66	45,26	5,97E-07
Max	18,60	15,99	30,44	2,71	58,60	1,42	90,17	1,03E-05
St. Dev.	17,19	13,58	21,47	2,65	48,07	0,93	58,01	1,93E-06
COV	1,73	1,75	6,63	0,03	6,57	0,27	16,17	4,01E-06
conteggio	0,10	0,13	0,32	0,01	0,13	0,27	0,25	9,44E-01

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:

- 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.

	Pagina 49 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

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 Tabelle 6-12 e 6-13.

Tab. 6-10: valori caratteristici per i parametri ricavati dalla correlazione con N_{spt} , per unità

Unit	$N_{spt,k}$	$(N_1)_{60,k}$	ϕ_k	$D_{R,k}$	$Ed_{,k}$	G_k	$E_{ed,k}$
a	4,00	3,00	23,03	19,38	15,72	28,04	2,23
b1	28.29	21.76	29,52	56.87	16.44	111.11	14.85

Tab. 6-11: valori caratteristici 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 (%)	k_k (m/sec)
15,60	12,46	18,34	2,65	44,80	0,82	54,43	1,7585E-06

6.4 Azioni sismiche di progetto

Il nuovo codice italiano delle costruzioni NTC (Norme Tecniche NTC 2008) affronta diversi argomenti, inclusa 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, $C_U = 2.0$).

	Pagina 50 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

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.

Tab. 6-12: variazione della probabilità di superamento del moto sismico per diversi stati limite

Limit state	Probability P of exceedance in the reference period V_R	
Serviceability limit state	SLO	81%
	SLD	63%
Ultimate limit state	SLU	10%
	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 ° (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.

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.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tab. 6-13: valori delle Vs30 per le principali categorie di suolo secondo le NTC 2008

Site class	Vs ₃₀ [m/s]
A – Rock or other rock-like geological formation	> 800
B – Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay (Stiff Soil)	360 – 800
C – Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay (Soft Soil)	180 – 360
D – Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (Very Soft Soil)	< 180
E – A soil profile consisting of a surface alluvium layer (Alluvional)	<i>Vs values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with Vs > 800 m/s</i>

Nel 2015 è stato eseguito un profilo MASW (MASW 3) i cui risultati sono presentati nell'Allegato 6 e sono qui sintetizzati:

- Profilo 1 - MASW 3

Velocità media delle onde di taglio $V_{s,30} = 550$ m/s - classificazione del terreno secondo l'Eurocodice 8 = "B" (360 m/s < $V_{s,30}$ < 800 m/s).

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

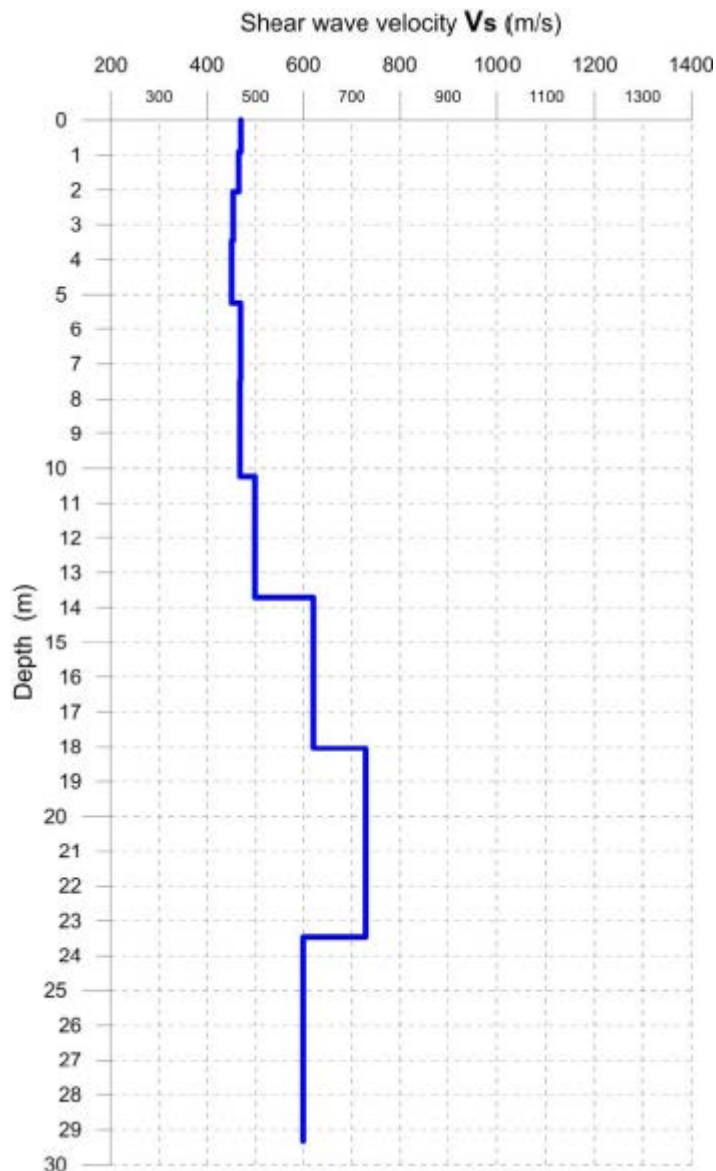
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 6-2: Profilo MASW 3

La caratterizzazione sismica finale qui proposta prevede l'impiego della categoria di sottosuolo B per tutto il tratto del Gasdotto.

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 period 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.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

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

Tab. 6-14: 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

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

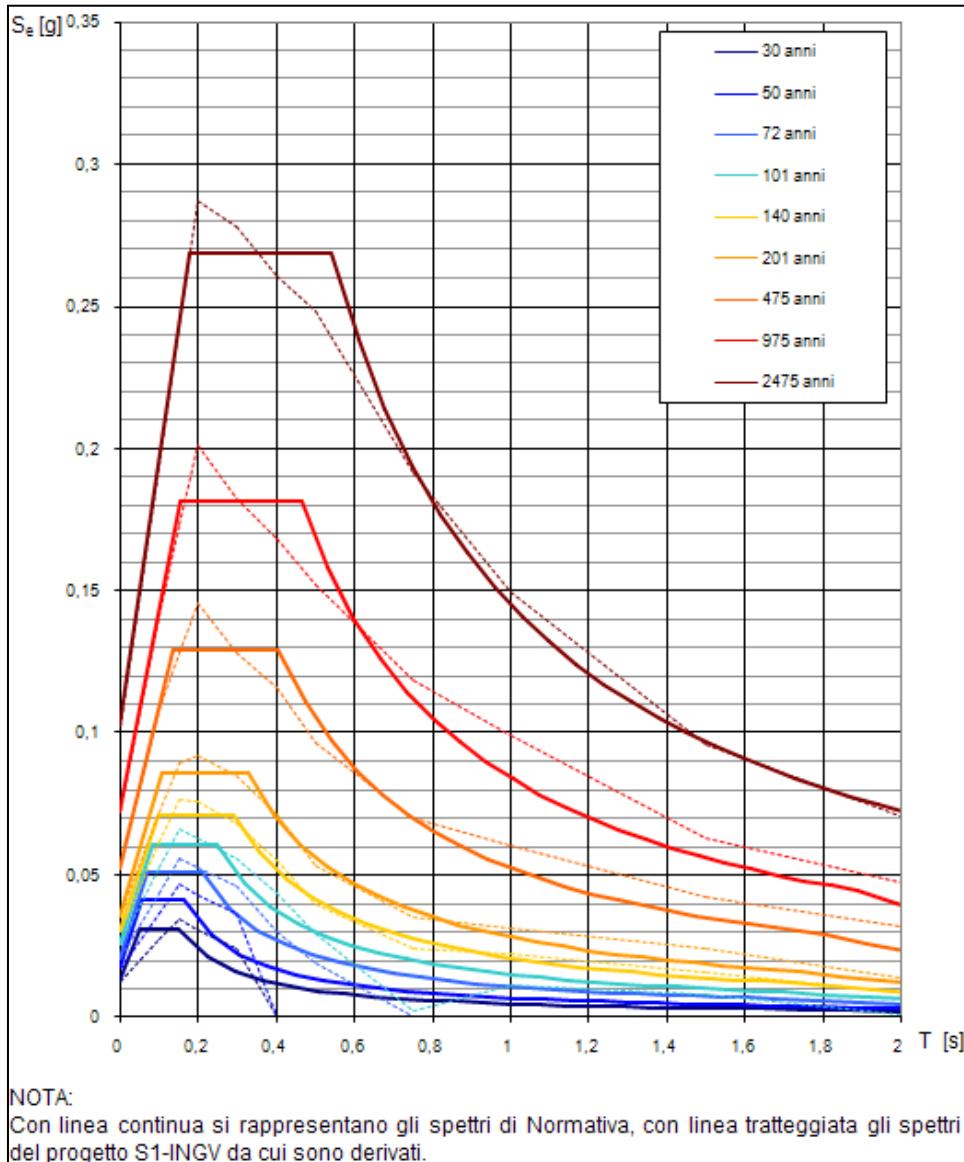


Figura 6-3: forme spettrali per i periodi di riferimento di ritorno (NCT – linea continua / calcolato dal Progetto S1- ING V– linea tratteggiata)

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:

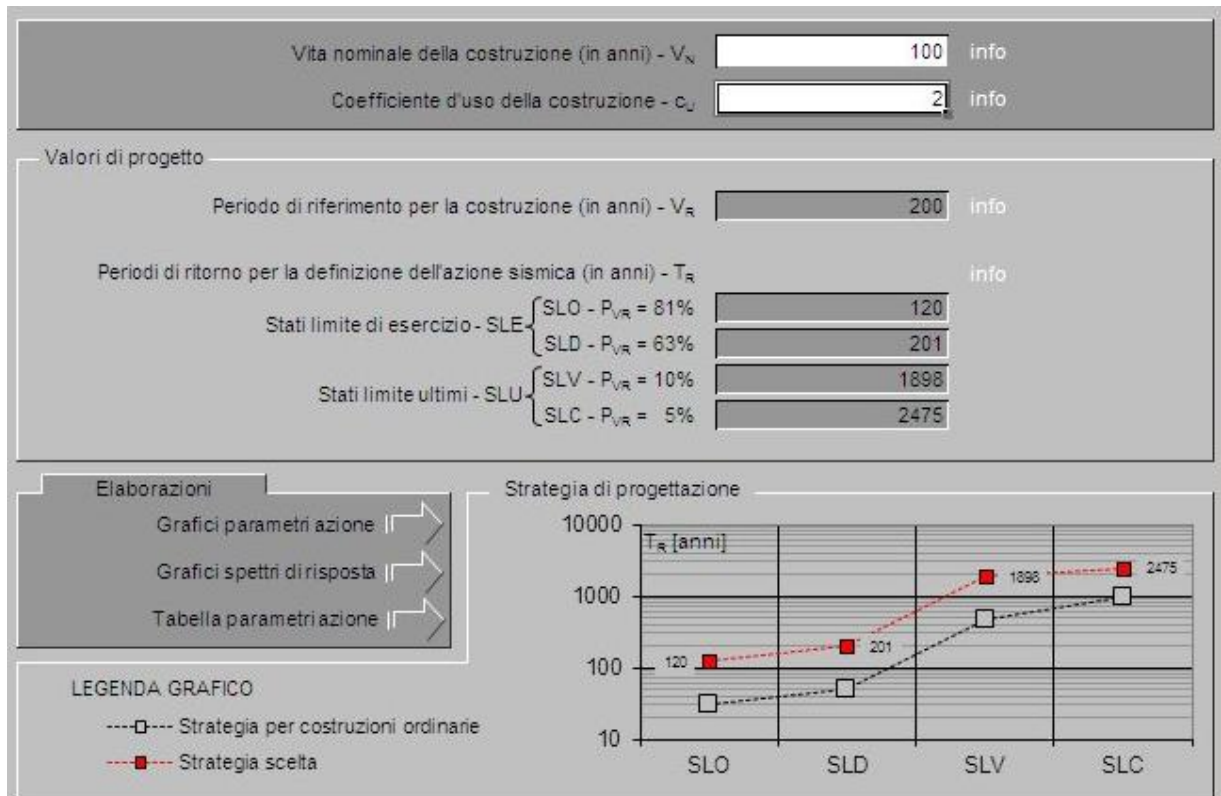


Figura 6-4: valori di ingresso dei parametri di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

In Tab. 6-15 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.

Tab. 6-15: 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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

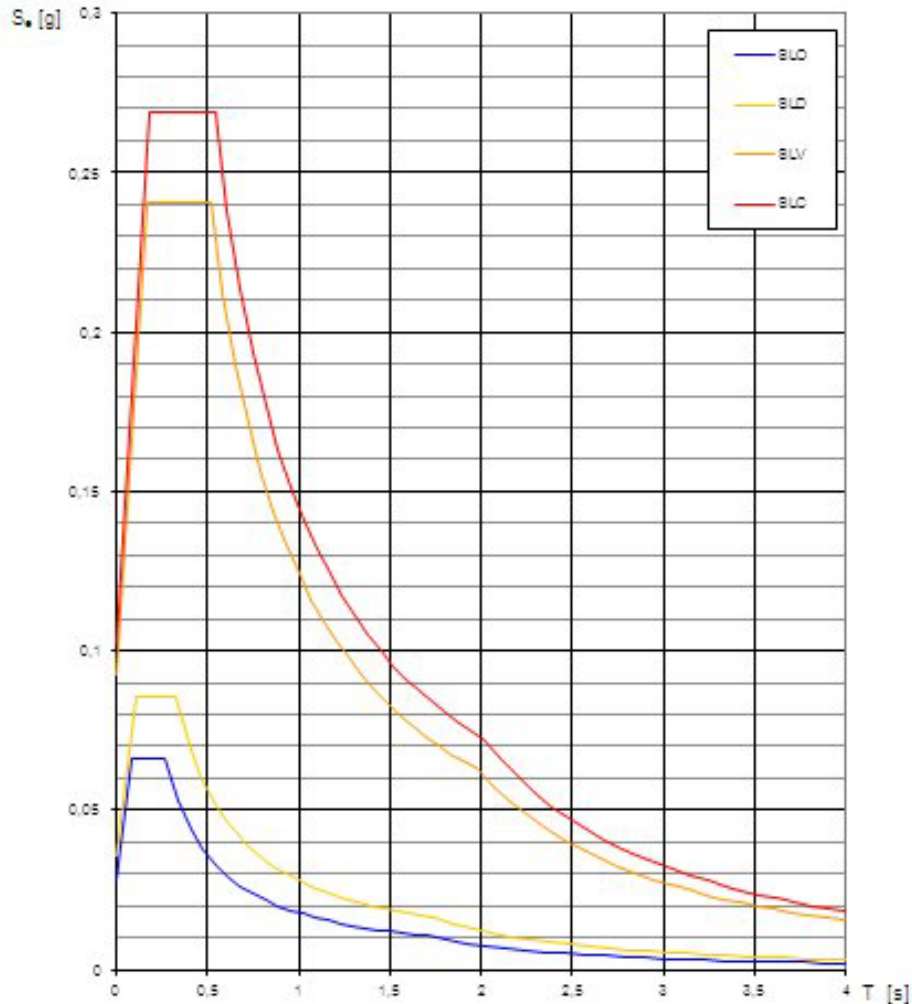


Figura 6-5: spettri di risposta per differenti stati limite

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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

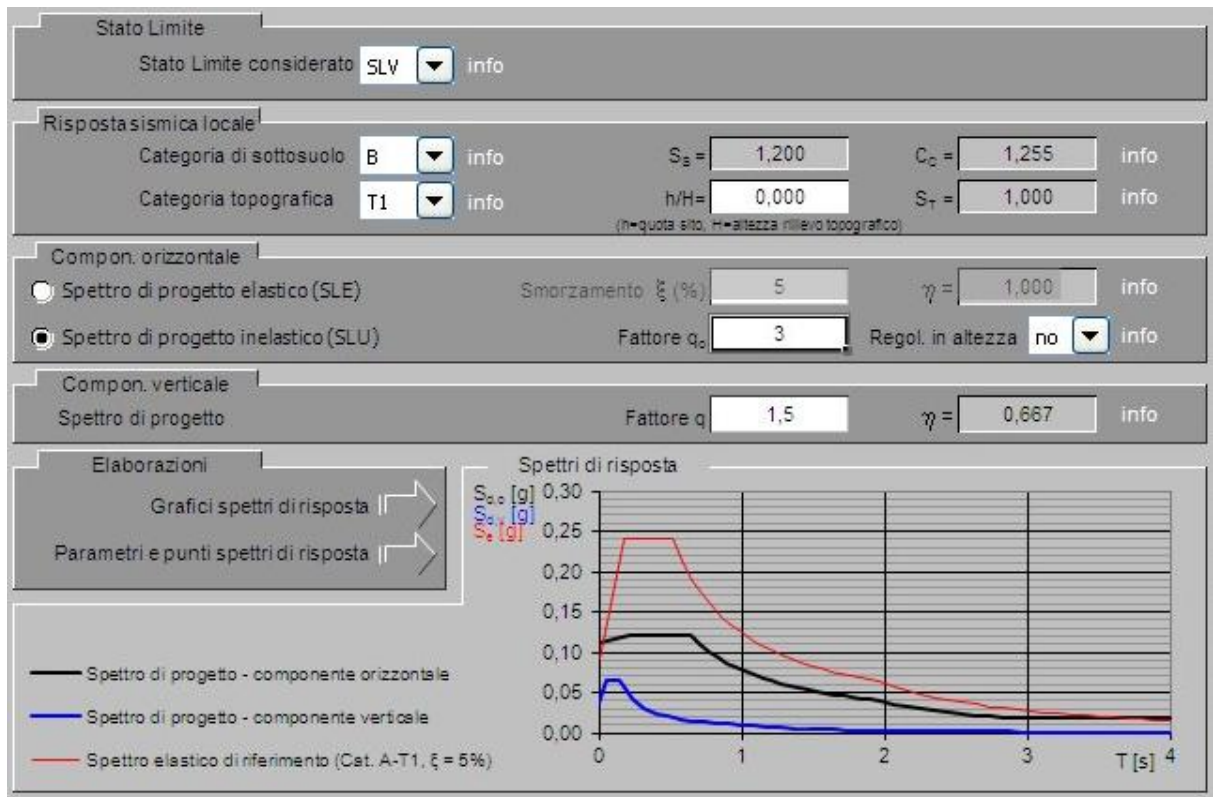


Figura 6-6: valori di ingresso per la determinazione dell'azione sismica di progetto (spettri NTC. Ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)

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

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

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

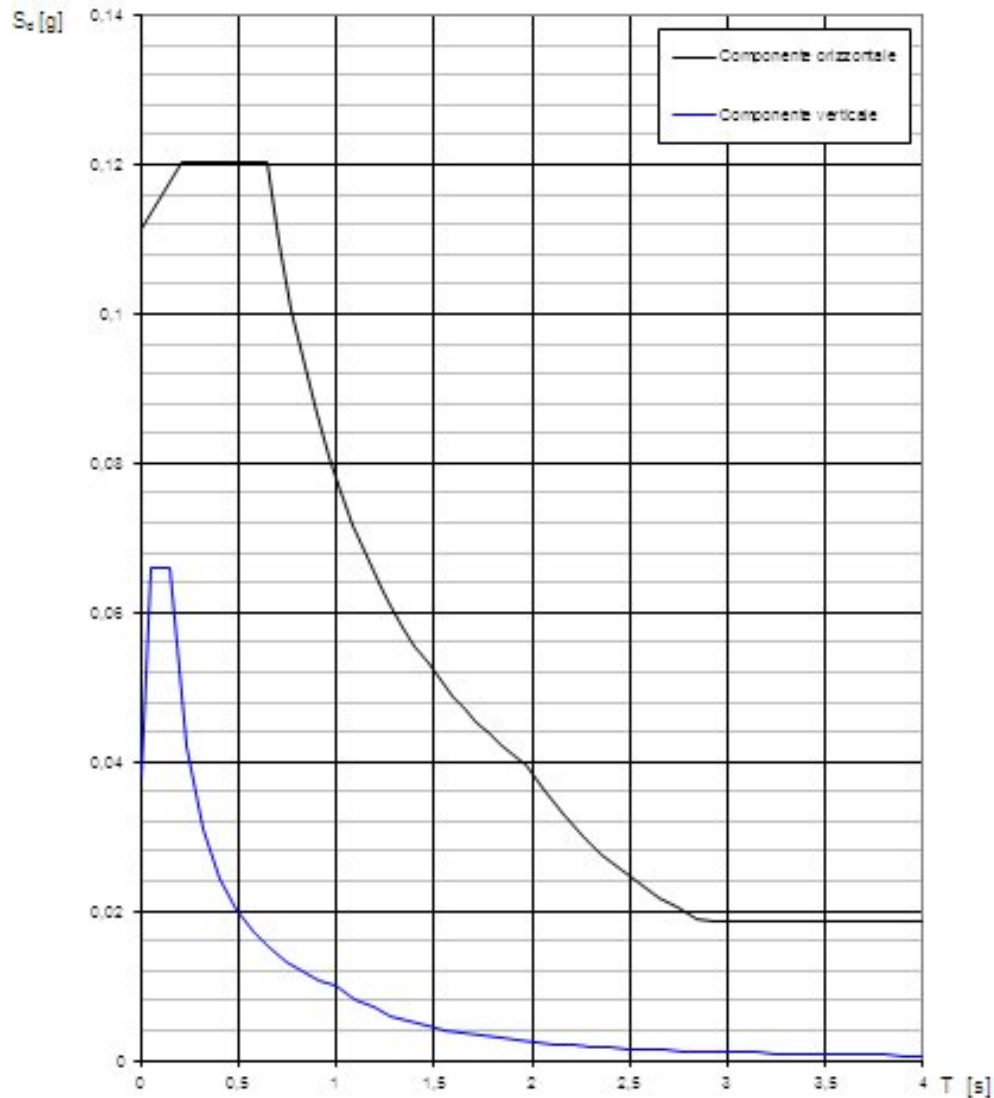


Figura 6-7: spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale dello SLV

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,093 g
F_c	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

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_c^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_g(T)$ 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 ←	0,216	0,120
T_C ←	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 ←	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 6-8: parametri e punti dello spettro di risposta della componente orizzontale dello SLV

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-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

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

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

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

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

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

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


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

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

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 6-9: parametri e punti dello spettro di risposta della componente verticale dello SLV

	Pagina 61 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.-Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

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.

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:

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

	Pagina 62 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

L'effetto delle azioni e resistenza sono espresse 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;

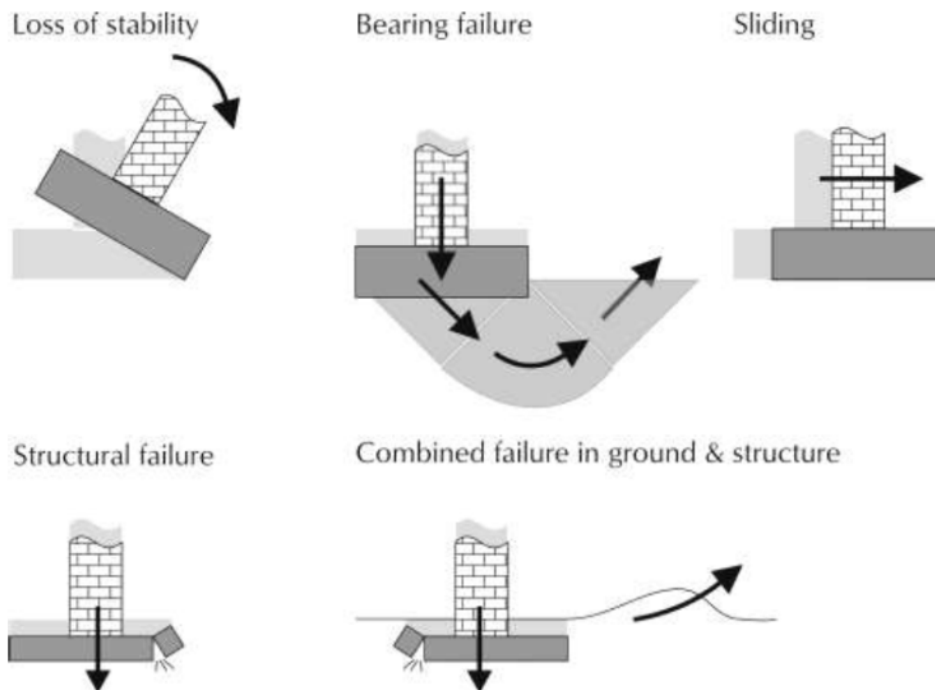
STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Figura 7-1: Schemi di rottura (from 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.I di NTC2008)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_c (o γ_e)	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_{Q1}	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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**
Tabella 7-2 – Coefficienti parziali sui parametric geotecnici (Tabella 6.2.II di NTC2008)

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

Table 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;

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

- q' = sovraccarico laterale alla base della fondazione.

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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-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)

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

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

 con ω = inclinazione del piano campagna.

Le dimensioni della fondazione efficace equivalente B' e L', sono calcolate, in presenza di carichi

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

eccentrici, con il criterio proposto da Meyerhof (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) 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.

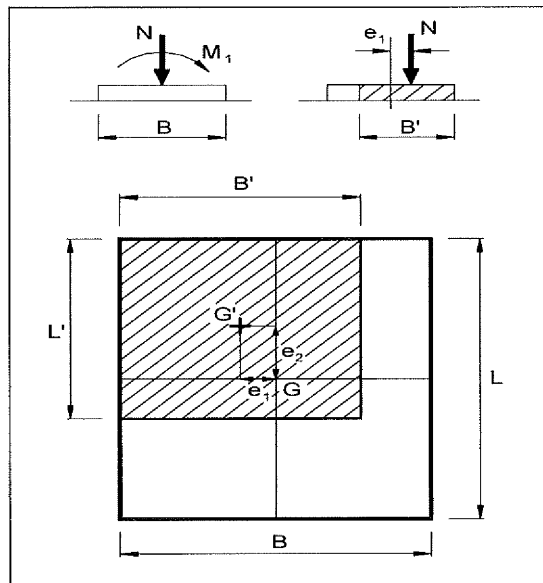


Figura 7-1: Criterio di Meyerhof per il calcolo della fondazione reagente

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:

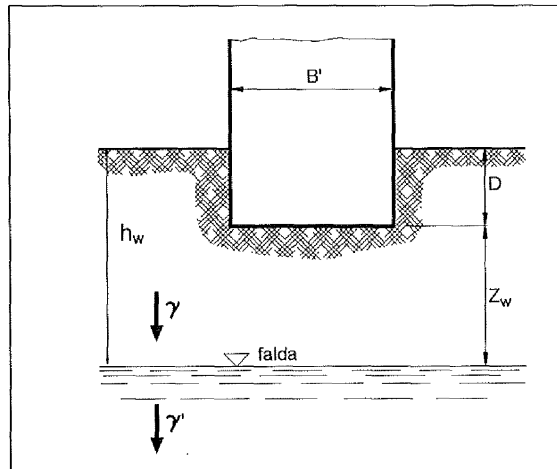
$$\gamma_c = \gamma_w (z_w / B) + (\gamma - \gamma_w) \text{ se } 0 \leq z_w \leq B$$

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

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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-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 lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-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;

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

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

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

- 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:

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

- 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 70 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

8 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Per quanto riguarda il tratto di gasdotto interrato, le uniche strutture che vanno verificate da un punto di vista fondazionale sono le selle di sostegno del gasdotto e la plateadella stazione di intercettazione valvole. “ Block Valve Station” (BVS).

La verifica della capacità portante è stata effettuata per le seguenti fondazioni.

- sella 1 x 1 m
- platea 8 x 8 m

La base della fondazione è stata assunta pari a -2,50 m da p.c. ed il terreno a fianco a 0,0 m corrispondente a un sovraccarico laterale di circa 25 kPa. La superficie della falda è stata assunta pari a -2,30 m da p.c. come ricavato dai piezometri prossimi alla BVS..

La capacità portante (valore di progetto della resistenza) è stata calcolata usando i due approcci progettuali che applicano i coefficienti parziali sui parametri geotecnici e le resistenze come da NTC2008.

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

I risultati dei calcoli sono stati forniti mediante diagrammi/abachi in cui l'asse x rappresenta l'eccentricità in direzione di B e L e l'asse y il valore di progetto della resistenza Rd [kN].

Ciascun diagramma è valido per un singolo insieme di geometrie di fondazione (n. 2 insiemi) e per un singolo valore caratteristico dell'angolo d'attrito ϕ'_k . Si disegnano tre curve per i tre valori del rapporto N/H tra il carico verticale e quello orizzontale (N/H = 0%, 5%, 10%) lungo entrambe le direzioni B e L.

Le verifiche sono state condotte assumendo cautelativamente che le fondazioni siano impostate sul terreno dell'unità geotecnica b1 avente angolo d'attrito caratteristico pari a $\phi'_k = 29,5^\circ$, a cui corrisponde un angolo di attrito di progetto pari a $\phi'_d = 24,4^\circ$.

Il progettista strutturale può entrare con il carico applicato (moltiplicato per il relativo coefficiente) e con la reale geometria e quindi valutare quale di esse soddisfi i requisiti di carico o al contrario, fissata la geometria, determinare il carico ammissibile.

Per quanto riguarda la pendenza degli scavi per l'interramento del gasdotto, questa dipende dalle litologie incontrate.

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

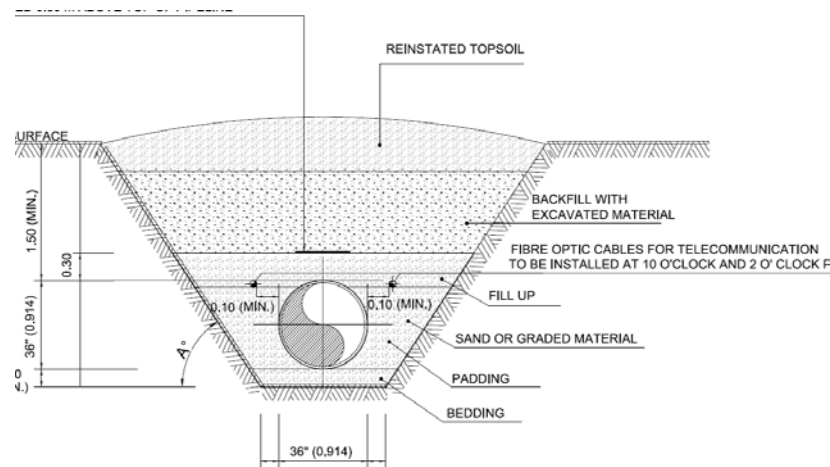
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 8-1: Sezione tipologica della trincea di posa del gasdotto (source document: *IPL00-SPF-100-F-DFT-0002_01*)

I dati di campagna confermano che le pendenze per gli strati al di sopra del livello di falda possono essere:

- 80° in roccia
- 60° nel caso di terreni coesivi
- 45° per terreni non coesivi o moderatamente coesivi e consistenti.

Invece nel caso di scavi con presenza di falda sul fondo, particolare attenzione va adottata per evitare smottamenti locali. Gli scavi possono venire eseguiti senza sostegno, ma con aggettamento, solo nel caso di presenza di roccia.

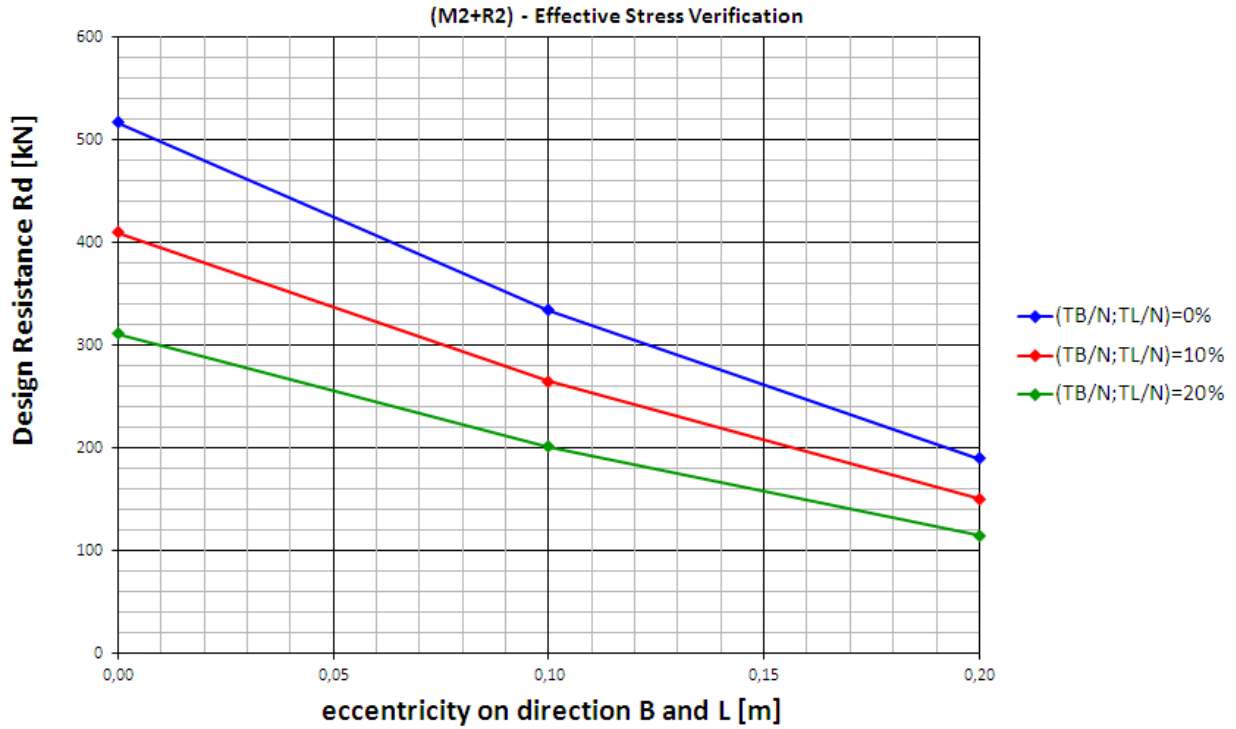
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

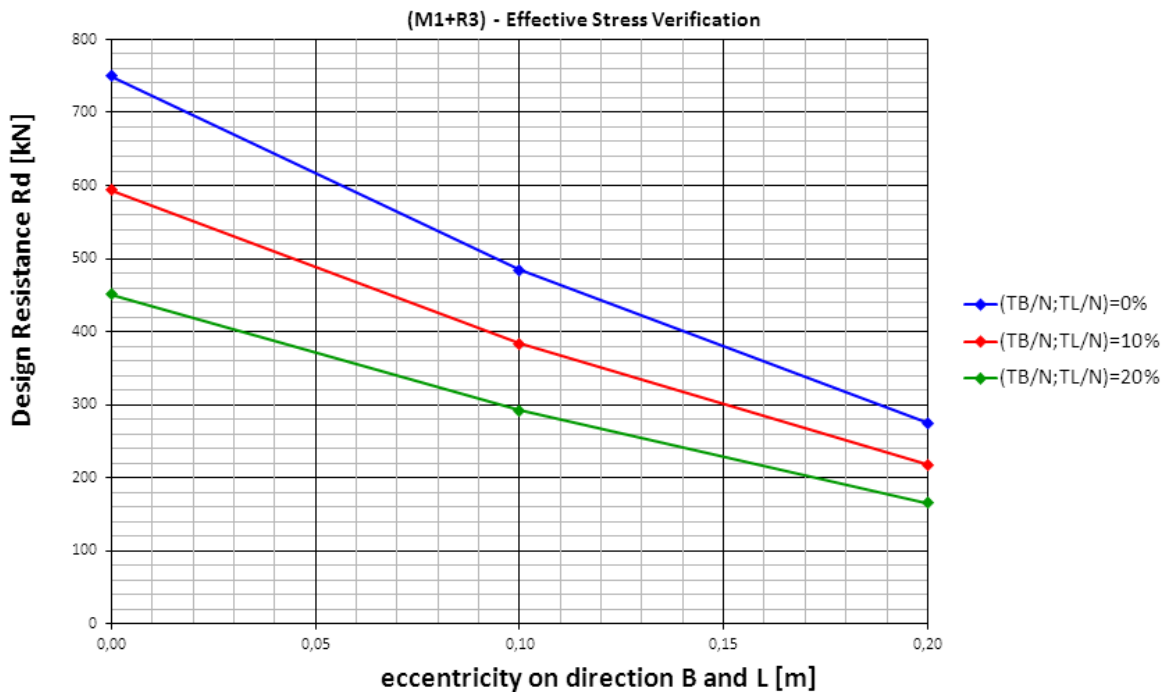
8.1 Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M2+R2

Saddle Foundation 1x1m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 24,4°



8.2 Fondazione delle selle 1x 1 m- Verifica M1+R3

Saddle Foundation 1x1m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 29,5°



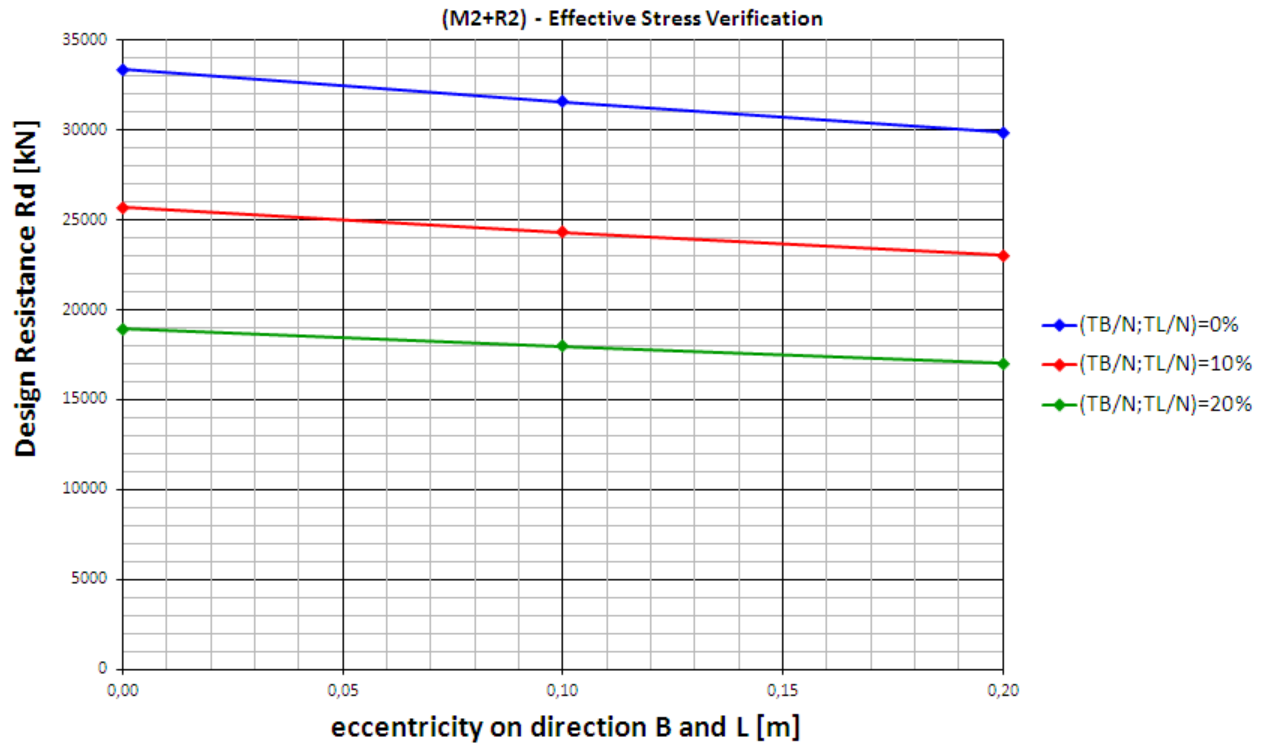
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.3 Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M2+R2

Foundation slab 8x8m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 24,4°



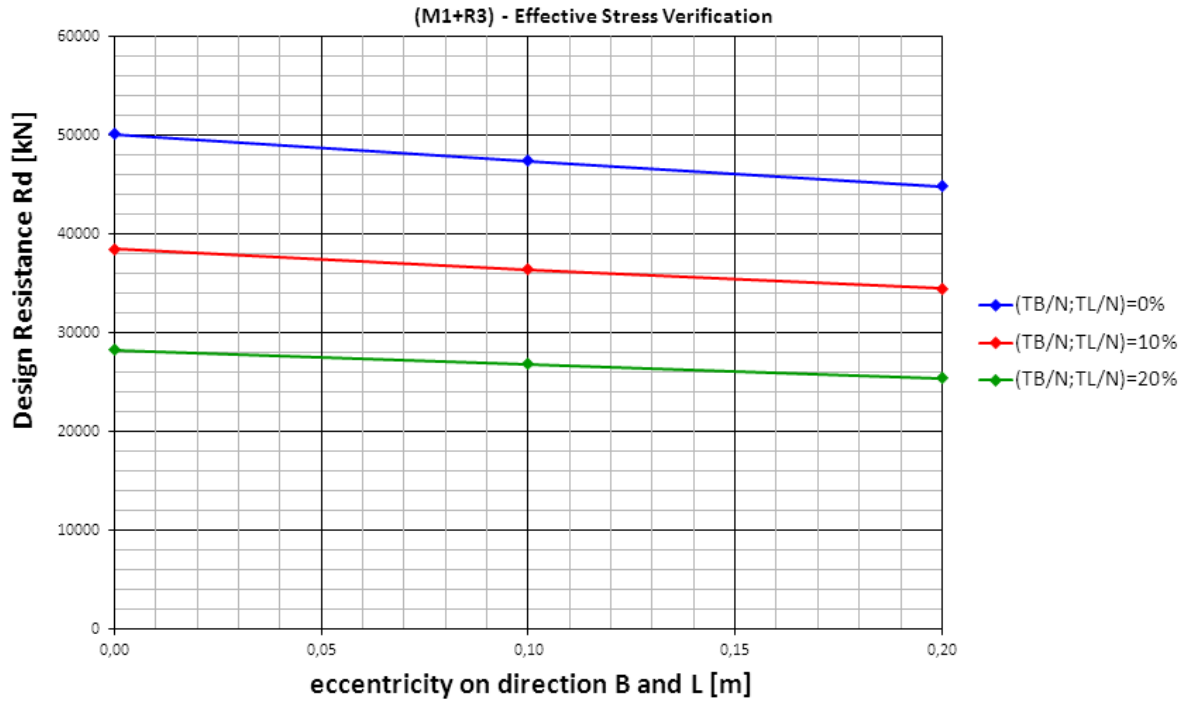
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**


Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**

IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

8.4 Platea di fondazione 8 x 8 m- Verifica M1+R3

Foundation slab 8x8m - depth foundation 2,5m - lateral surcharge load 2,5m - watertable -2,3 m
characteristic friction angle 29,5° -design friction angle 29,5°



	Pagina 75 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

9 VERIFICA DEI CEDIMENTI

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

- o sella 1 x 1 m;
- o Platea 8 x 8 m.

La base della fondazione è stata assunta a -2.50 m da p.c., ed il livello del terreno a fianco a p.c. (corrispondente ad un carico laterale di circa 10 kPa). La falda è stata assunta a circa 4 m dal p.c. come determinato dal sondaggio ST_ BH2 borehole.

Il Modulo di Young è stato posto con tre valori: uno derivato dall'analisi statistica ($E' = 16$ MPa) e gli altri due dai valori caratteristici trovati nell'area PRT:

$E' = 11$ MPa e $E' = 16$ MPa $E' = 25$ MPa

$\nu =$ coefficiente di Poisson assunto pari a $\nu = 0.2$

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 elastic 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 nel rispetto dello Stato Limite di servizio (SLS).

Gli Eurocodici ⁽¹⁾ forniscono per una fondazione isolate un valore di cedimento accettabile di

$$s_{\max} \leq 25 \text{ mm}$$

e rotazione accettabile compresa tra $\beta_{\max} = 1/300 \div 1/2'000$.

Un valore di 25 mm è un valore suggeribile, tuttavia gli Eurocodici permettono cedimenti fino a 50 mm nel caso di edifici intelaiati.

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.

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

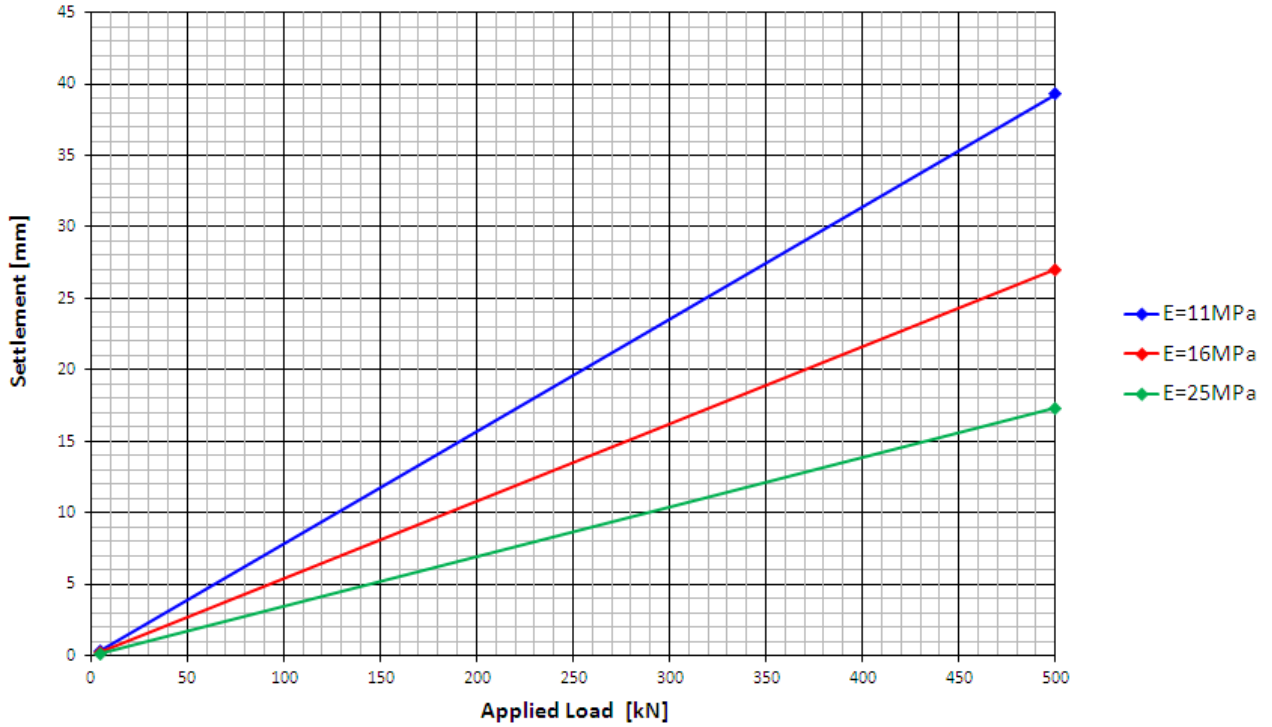
¹ (ref. 2013) - *Shallow foundations* -G. Scarpelli and T.L.L.Orr - *Worked examples presented at the Workshop "Eurocode 7: Geotechnical Design"- Dublin, 13-14 June, 2013 -Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes*

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

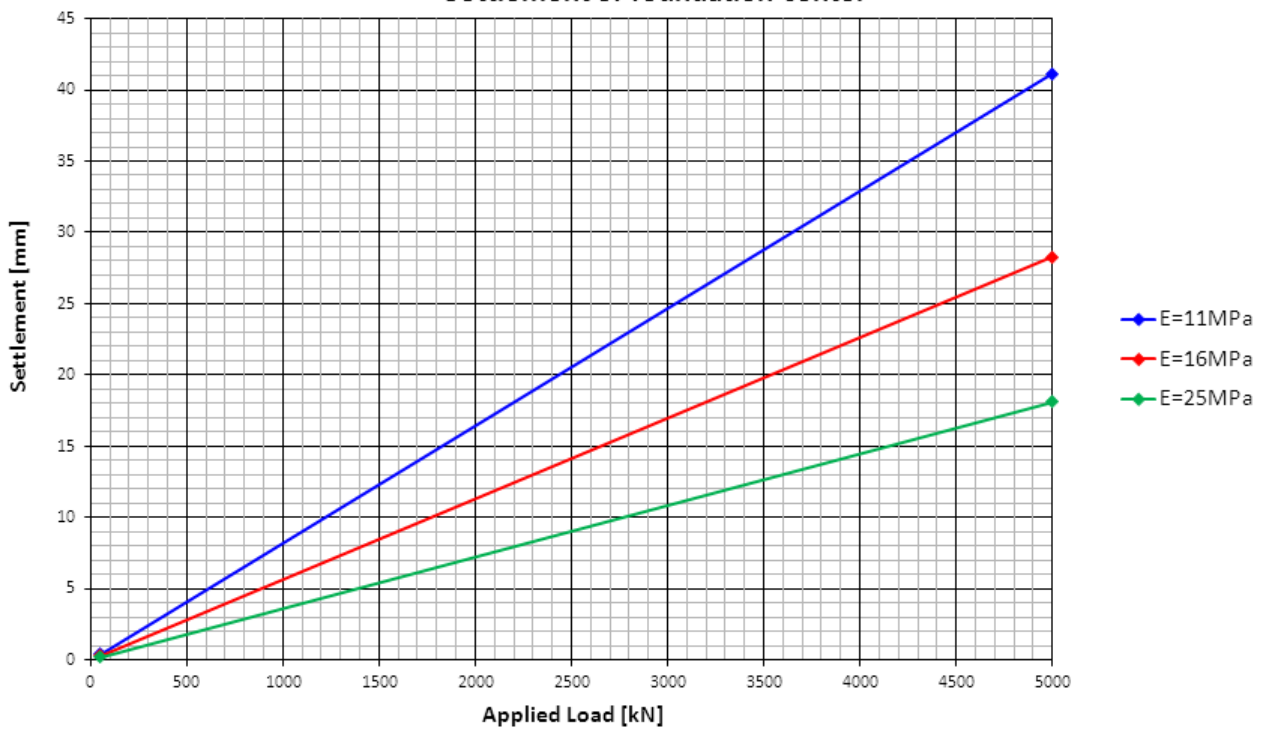
Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**


IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01

Saddle Foundation 1x1m - Depth of foundation 2,5m
Settlement of foundation center



Foundation slab 8x8m - depth of foundation 2,5m
Settlement of foundation center



	Pagina 77 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

10 RACCOMANDAZIONI

Lungo il tracciato del gasdotto sono presenti 11 attraversamenti stradali, come riportato in tab. 2-1. Escludendo gli attraversamenti 1 e 2 (interessati dal microtunnel), ne rimangono 9, di cui 3 nei pressi di sondaggi geognostici effettuati (BH4, BH9, BH11) distanti dalla sede stradale al massimo 5 m.

Andrebbe verificata la possibilità di ulteriori indagini geotecniche nell'ordine di 2 sondaggi per attraversamento (1 nei casi dei tre attraversamenti sopra citati) fino alla profondità di attraversamento prevista da progetto, prevedendo anche l'esecuzione di 2/3 prove SPT per sondaggio e/o prelievo di campioni da sottoporre ad analisi geotecniche in laboratorio, sulla base dei cui risultati, assieme ad altri criteri come la logistica, l'intensità di traffico, l'importanza della strada, sarà scelto il metodo più idoneo di sotto-atteveramento.

Secondo le classi di "scavabilità" della norma DIN DIN 18300 "Earthwork", i terreni incontrati lungo il tracciato del gasdotto possono essere classificati come segue:

- classe n° 4 (*terreni di media scavabilità; argilla, limo, sabbia e ghiaia con meno del 15 % di limo e argilla, da plasticizzata a semi-solida, meno del 30 % di blocchi di roccia*);
- classe n° 6 (*roccia facilmente scavabile e terreni assimilabili; più del 30 % di blocchi rocciosi con dimensioni da 0,01 a 0,1 m³; argilla e limo consistente*);
- classe n° 7 (*roccia difficilmente scavabile*).

Una volta posate le tubazioni, la trincea dovrà essere ricolmata. Si raccomanda che il materiale di riempimento abbia proprietà geotecniche simili a quelle circostante terreno naturale. A tal fine, esso dovrà essere compattato con un compattatore manuale fino a 50 cm al di sopra della tubazione, successivamente sovrapponendo strati di materiale di riempimento successivi di 30 cm di spessore ciascuno.

Diversi test dovranno essere effettuati in una sezione di trincea di prova al fine di verificare il materiale di riempimento e il sistema di compattazione, nonché i valori di permeabilità raggiungibili.

Si suggerisce di riutilizzare quanto più possibile il materiale escavato come materiale di riempimento della trincea, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i. e DM 161/2012) che prevede la redazione di uno specifico documento, il Piano di Utilizzo Terre, che conterrà tutte le indicazioni per la gestione delle terre escavate (riutilizzo, smaltimento, ecc.).

In caso di scelta di materiale di cava, riferendosi alla classificazione UNI 10006 riportata nella tabella seguente, il materiale dovrà essere di classe A2-A3, con <35% di passante al setaccio 0,0075 m (setaccio n. 200).

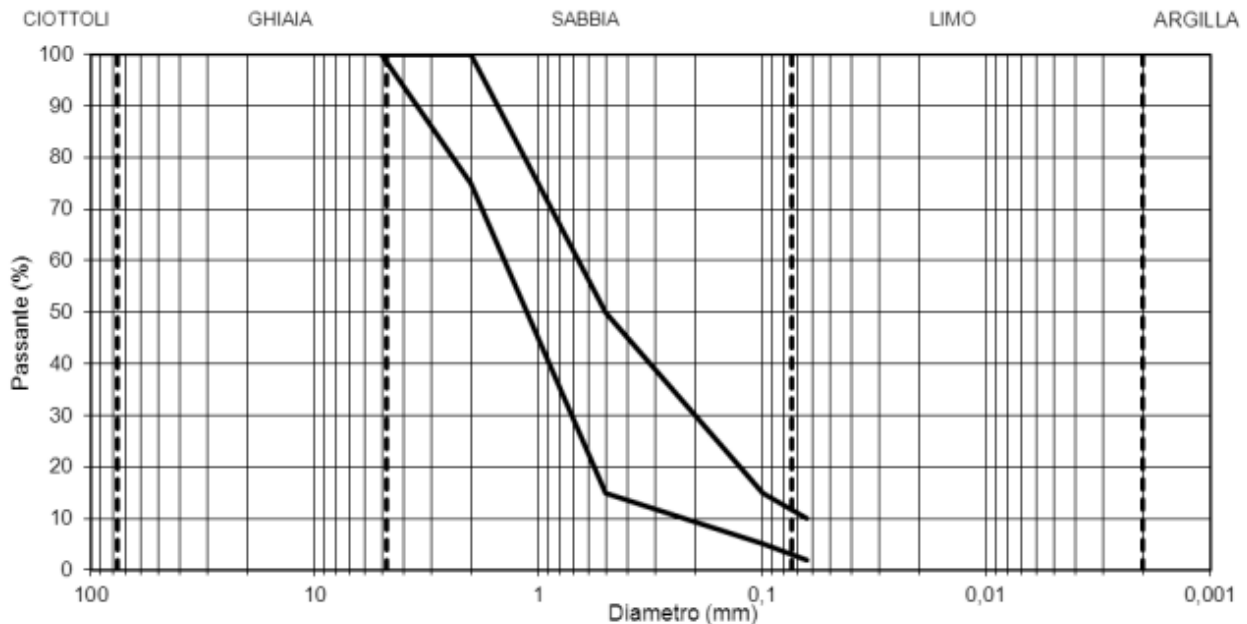
Project Title: **Trans Adriatic Pipeline – TAP**

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01
Tabella 10-1 – Classificazione UNI 10006

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7			A8
Gruppo	A1-a		A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
Sottogruppo	A1-a		A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
Frazione passante allo staccio													
2 mm	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4 mm	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm													
LL (Limite liquido)	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
IP (Indice di plasticità)	≤ 6	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ LL-30	IP > LL-30	IP > LL-30
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono						Da mediocre a scadente					Da scartare	
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media			Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro e rigonfiamento	Nulla			Nulla o lieve			Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				

Di seguito si propone una distribuzione granulometrica del materiale di riempimento.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Setaccio (mm)	% passante limite inferiore fuso	% passante limite superiore fuso
5	100	100
2	75	100
0,5	15	50
0,1	5	15
0,063	2	10

Figura 10-1: Distribuzione granulometrica proposta per i test


Una volta definito il materiale di riempimento appropriato, si suggerisce di effettuare la verifica ed il controllo in corso di riempimento della trincea mediante i seguenti test, da eseguire ogni 250/300 m:

- prove Lefranc
- prove Proctor
- prove di densità in sito

Le prove Lefranc saranno le più importanti per determinare la permeabilità locale del riempimento e saranno effettuate a circa 2,5 di profondità all'interno della trincea dal lato della condotta appena compattata. Viste le caratteristiche dei terreni in sito, i valori di permeabilità dovranno stare all'interno del seguente intervallo: $K_{fill} = \text{tra } 4.0 \times 10^{-4} \text{ m/s e } 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Le prove Lefranc si eseguono in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi. Il test è eseguito misurando l'assorbimento di acqua nel terreno, filtrando l'acqua attraverso una predeterminata sezione di foro.

In caso di elevata conducibilità del terreno, la prova viene eseguita a carico idraulico variabile, mentre in caso di conducibilità medio-bassa a carico idraulico costante. Le norme italiane e le specifiche di riferimento sono - AGI Associazione Geotecnica Italiana - (1977) - Raccomandazioni sulla progettazione e realizzazione di Indagini Geotecniche.

	Pagina 80 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

Il metodo di prova sarà il seguente:

- perforazione a carotaggio fino alla profondità della prova (in questo caso di circa 2,5 m p.c.)
- rivestimento del foro fino alla profondità raggiunta
- Sollevamento del rivestimento di 1 m
- Misurazione ripetuta più volte del livello dell'acqua nel foro (se presente)
- Esecuzione della prova, secondo i seguenti criteri:
 - ❖ **PROVA A CARICO VARIABILE**
 - ✓ Riempire con acqua fino alla fine del rivestimento.
 - ✓ Misurazione del livello dell'acqua all'interno del tubo in un intervallo di tempo di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio della prova.
 - ❖ **PROVA A CARICO COSTANTE**
 - ✓ Introduzione di acqua pulita nel foro fino alla determinazione di un carico idraulico costante, che corrisponde ad una portata assorbita dal suolo costante nel tempo e misurata.
 - ✓ Controllo della portata utilizzando un flussometro tarato con sensibilità di 0,1 l / min.
 - ✓ L'immissione di acqua con portata costante deve essere mantenuta senza alcuna modifica, per 10-20 minuti.
 - ✓ Partendo dal momento dell'interruzione del flusso di acqua, verranno eseguite le misure del progressivo abbassamento del livello dell'acqua all'interno del tubo, in un intervallo di tempo di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino a raggiungere il livello costante dell'acqua.

La prova Proctor è un metodo di prova utilizzato per determinare le proprietà di costipazione del terreno, in particolare la massima densità ottenibile per compattazione della frazione secca del suolo ed il corrispondente contenuto di umidità, detto di "umidità ottimale". La prova originale è la Prova Proctor Standard che in seguito è stata modificata come Prova Proctor Modificata (ref. "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil" ASTM D698 and ASTM D1557).

La prova consiste nella costipazione di campioni di terreno con un determinato contenuto d'acqua con un'energia di compattazione standard. Il terreno viene preventivamente essiccato e diviso in 4 o 6 campioni. Il contenuto di umidità di ciascun campione viene regolato aggiungendo acqua (incrementi 3% - 5% o più in base al tipo di terreno).

Il terreno viene collocato in un cilindro di da 4 pollici di diametro in tre differenti strati ognuno dei quali è compattato ricevendo 25 colpi di un pestello di peso 2,5 Kg che cade da un'altezza di 30,5 cm. Prima di aggiungere ogni nuovo livello la superficie dello strato precedente viene raschiata per assicurare una distribuzione uniforme degli effetti di compattazione.

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

 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
**IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01**

Alla fine del test, dopo la rimozione e l'essiccazione del campione, viene misurata la densità secca ed il contenuto d'acqua per ciascuna Prova Proctor. Con i valori ottenuti in laboratorio viene tracciata la curva (curva di addensamento) del peso di volume secco (o densità) in funzione del contenuto d'acqua corrispondente. Da questa curva si determina il contenuto di acqua ottimale in corrispondenza del quale si ha il valore massimo del peso di volume secco (densità secca).

La differenza tra le due prove consiste principalmente nell'energia di compattazione.

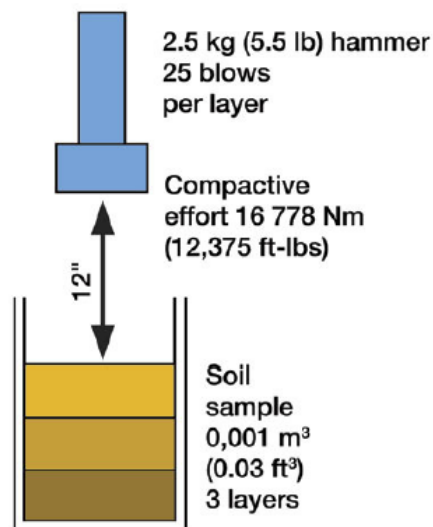


Figura 10-2: Schema di prova Proctor

La prova di densità in sito è utilizzata per determinare la densità ed il contenuto d'acqua dei suoli compattati e dei suoli naturali aventi particelle con dimensioni < 20 mm.

La prova consiste nel riempimento di un foro di volume noto con sabbia calibrata, la cui densità è determinata usando un cilindro di volume noto, uguale a quello del foro di prova. La norma di riferimento è la norma ASTM D 1556-90 (Metodo di prova standard per la densità e l'unità di peso di terreno in sito mediante il metodo Sand-Cone).

Il foro centrale della piastra di metallo viene posizionato sulla superficie appositamente livellata utilizzando il foro centrale come modello. Il terreno viene scavato con una pala fino alla profondità desiderata ed il materiale sciolto viene accuratamente rimosso e raccolto nel contenitore metallico ed è pesato = W.

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

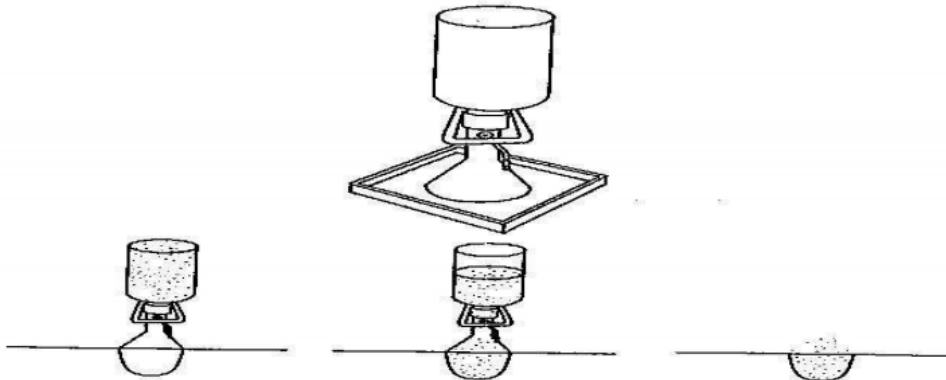
 Document Title: **Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia**
IPL00-URS-000-Q-TRG-0001
Rev.: 01


Figura 10-3: Schema di prova di densità in sito

La piastra metallica con foro centrale viene rimossa e il cilindro di sabbia da inserire viene posizionato centralmente sul foro. L'otturatore viene aperto per consentire alla sabbia di scendere completamente, per gravità, nel foro e nel cono di sostegno fino a quando non c'è ulteriore movimento della sabbia nel cilindro. Quindi l'otturatore viene chiuso ed il cilindro viene pesato nuovamente = W_4 per determinare il peso di volume della sabbia che riempie il foro = W_b .

Il contenuto di umidità del terreno scavato $w\%$ viene determinato prendendo un campione di terreno, pesandolo, essicandolo in stufa a 110°C e ripesandolo o in alternativa collocando l'intero terreno scavato (peso W) nel forno e trovando il suo peso secco = W_d .

Il peso della sabbia di riempimento del foro ed i pesi dei campioni per la determinazione dell'umidità sono ripetute almeno tre volte ed i valori medi vengono utilizzati per la determinazione della densità in campo (umida e secca).

Calcolo e risultati:

W_1 = peso del cilindro riempito di sabbia r fino a 10 mm dal bordo superiore.

W_2 = peso della sabbia contenuta nel cono

W_3 = peso del cilindro e della sabbia dopo avere versato nel contenitore e nel cono

W_4 = peso del cilindro e della sabbia dopo avere versato nel foro scavato e nel cono;

V_a = Volume del contenitore cm^3


W = peso del terreno scavato

W_d = peso secco del terreno scavato

w = contenuto di acqua nel terreno %

Il peso della sabbia di riporto contenuta nel contenitore di calibrazione = $W_a = (W_1 - W_3 - W_2)$

(i) Densità della sabbia contenuta nel bulk $g_s = W_a / V_s$

	Pagina 83 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title: Trans Adriatic Pipeline – TAP Document Title: Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia	IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01				

Peso della sabbia di riempimento del foro = $W_b = (W_1 - W_4 - W_2)$

Volume della sabbia di riempimento del foro = $V = W_b / g_s$

(ii) Densità del terreno umido scavato in-situ $g = W / V$

(iii) Contenuto di acqua del terreno $w\% = (100 (W - W_d)) / W_d \%$

(iv) Densità del terreno secco scavato $g_d = g_s W_d / W$


I risultati sono riportati come valore medio di almeno tre serie di test come di seguito:

(i) la densità umida del terreno in posto in g/cm³, arrotondato al secondo decimale

(ii) la densità secca del terreno in posto g/ cm³

(iii) Contenuto di acqua del terreno in percentuale, arrotondato alla prima cifra decimale.

I risultati dei test dovranno essere analizzati dal direttore lavori che potrà richiedere modifiche alla compattazione in caso di differenze tra le caratteristiche del materiale compattato e le caratteristiche del suolo circostante.

	Pagina 84 di 86					
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type	Ser. No.
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia					

11 CONCLUSIONI

Il presente documento descrive le attività di indagine geognostica svolte per il tratto di Gasdotto tra il PRT e il Microtunnel.

I risultati delle indagini geofisiche e dei sondaggi, incluse le prove di sito e di laboratorio sono state analizzate per ottenere la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area di circa 8 km di sviluppo.

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 la notevole distanza tra uno e l'altro lungo gli 8 km di sviluppo, non è possibile escludere che litologie (terreno/roccia) differenti possano venire localmente incontrate lungo il tracciato del Gasdotto, a causa anche della possibile presenza di relazioni eteropiche tra le varie litologie.

Laddove delle cavità carsiche fossero effettivamente incontrate nel corso dell'avanzamento della TBM, si suggerisce di eseguire un'iniezione di miscele cementizie o riempimento in cls magro, secondo le seguenti fasi esecutive (che andranno poi meglio definite dal progettista):

- Valutazione approssimativa delle dimensioni della cavità, eventualmente tramite prove geofisiche in avanzamento TBM;
- Asportazione acqua residua;
- Riempimento con miscele a base cementizia o cls magro;
- Verifica di avvenuto riempimento e attesa stabilizzazione post intervento.

Tali raccomandazioni sono indicative e vanno verificate dai progettisti dello scavo con TBM.


Per quanto riguarda i lavori di scavo, la definizione delle classi di scavabilità è riferita alla norma DIN 18300 "Earthwork". In base a tale classificazione le classi previste sono la n° 6 (roccia facilmente scavabile e terreni simili) e localmente la n° 7 (roccia difficilmente scavabile).

I dati di campagna confermano che le pendenze degli scavi per gli strati al di sopra del livello di falda possono essere:

- 80° in roccia
- 60° nel caso di terreni coesivi
- 45° per terreni non coesivi o moderatamente coesivi e consistenti.

Invece nel caso di scavi con presenza di falda sul fondo, particolare attenzione va adottata per evitare smottamenti locali nel caso di terreno sabbioso.

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 dalle tavole architettoniche. Sono state verificate due tipologie fondazionali, la fondazione delle selle e la platea di fondazione, aventi piano di imposta a-2,5 m da p.c. all'interno dell'unità geotecnica b1.

	Pagina 85 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01


Nel caso dei sotto-attraversamenti delle strade, va verificata la condizione locale per scegliere la tecnologia di attraversamento più adatta, in base alle condizioni litologiche e delle strada stessa che possono quindi richiedere indagini locali mirate.

Per la fase di ricolmamento della trincea si raccomanda di utilizzare materiale con proprietà geotecniche quanto più simili al terreno naturale in sito. Si suggerisce di riutilizzare a tale scopo quanto più possibile il materiale scavato, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i. e DM 161/2012).

In caso di scelta di materiale di cava, il materiale dovrà essere del tipo A2-A3 della classificazione Uni 10006, con una distribuzione granulometrica, un valore di permeabilità ed un grado di costipazione ben precisi, da definire in sede di progetto e verificare tramite controlli in corso di riempimento della trincea mediante prove Lefranc, Proctor e di densità in sito da eseguire lungo il tracciato del gasdotto ogni 250/300 m.

I risultati dei test dovranno essere analizzati dal direttore lavori che potrà richiedere modifiche alla compattazione in caso di differenze tra le caratteristiche del materiale compattato e le caratteristiche del suolo circostante.

Infine il materiale dovrà essere compattato con un compattatore manuale fino a 50 cm al di sopra della tubazione, successivamente sovrapponendo strati di materiale di riempimento successivi di 30 cm di spessore ciascuno.

	Pagina 86 di 86				
	Area Code	Comp. Code	System Code	Disc. Code	Doc.- Type
Project Title:	Trans Adriatic Pipeline – TAP				
Document Title:	Studio geotecnico e geofisico lungo il tracciato del gasdotto - Italia				
					IPL00-URS-000-Q-TRG-0001 Rev.: 01

12 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