



Trans Adriatic  
Pipeline

TAP AG Titolo Progetto / Nome Struttura:

**Trans Adriatic Pipeline Project**

Titolo del Documento:

**I.CO.P. – Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta**

A	13-12-2016	Emesso per Revisione	IFR	ICOP	F.Galante	M.Pulici
Rev.	Data della Revisione (dd-mm-yyyy)	Motivo dell'emissione e Abbreviazione	Preparato da	Verificato da	Approvato da	

	Nome Contractor:	SAIPEM S.p.A.
	No. Progetto Contractor.:	033860
	No. Doc. Contractor:	033860-A3-ICO-990-CV-TPK-0005
	No. Tag:	

No. Contratto TAP AG.: C10713	No. Progetto.:
-------------------------------	----------------

No. PO.:	RD Code:	Pagina: 1 di 54
----------	----------	-----------------

TAP AG No. Documento:

**OPL00-C10713-990-A-TPK-0005**

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	2 di 54

## REGISTRO REVISIONI

Revisione	Descrizione	No. di pagina(e)
D1	Emesso per Verifica Disciplinare Interna	-
I1	Emesso per Verifica Inter Disciplinare	7;10;12-17;20-31;34-36;40-41;43-51
A	Emesso per Revisione	8;10;12;16;18;21-23;27-28;32-40
A1	Emesso per Revisione	8-13;16;21;23;26-28;30-31;33-35;37;39
A2	Emesso per Revisione	11;16;23;27;33



Trans Adriatic  
Pipeline

TAP AG Titolo Progetto / Nome Struttura:

**Trans Adriatic Pipeline Project**

Titolo del Documento:

**I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta**

Rev.	Data della Revisione (dd-mm-yyyy)	Motivo dell'emissione e Abbreviazione	Preparato da Sub/Ven	Verificato da Sub/Ven	Approvato da Sub/Ven	Approvato da SAIPEM
A2	13-12-2016	Emesso per Revisione	M.Tonelli	L.Grillo	A.Guerini	F.Galante
A1	06-12-2016	Emesso per Revisione	M.Tonelli	L.Grillo	A.Guerini	F.Galante
A	29-11-2016	Emesso per Revisione	M.Tonelli	L.Grillo	A.Guerini	F.Galante
I1	18-11-2016	Emesso per Verifica Inter Disciplinare	M.Tonelli	L.Grillo	A.Guerini	
D1	10-11-2016	Emesso per Verifica Disciplinare Interna	M.Tonelli	L.Grillo	A.Guerini	

		Nome Subcontractor:	I.CO.P. S.p.A.
		No. Progetto Subcontractor.:	1365
		No. Doc. Subcontractor:	C1365-MS-RL003
		No. Tag:	

No. Contratto TAP AG.: C10713	No. Progetto.:
-------------------------------	----------------

No. Contratto.:	Codice RD:	Pagina: 3 di 54
-----------------	------------	-----------------

No. Documento TAP AG
<b>OPL00-C10713-990-A-TPK-0005</b>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	4 di 54

## Indice dei contenuti

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Definizioni e Abbreviazioni .....</b>	<b>7</b>
2.1 Definizioni .....	7
2.2 Abbreviazioni .....	7
<b>3. Documenti di Riferimento .....</b>	<b>8</b>
3.1 Documenti del Committente .....	8
3.2 Documenti dell'Appaltatore .....	8
3.3 Documenti del Subappaltatore .....	8
3.4 Codici e Standard .....	9
<b>4. Scopo del Documento .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Descrizione del Pozzo di spinta .....</b>	<b>11</b>
<b>6. Sintesi dei dati geologici/ idrogeologic e geotecnici .....</b>	<b>17</b>
<b>7. Costruzione del Pozzo di spinta .....</b>	<b>22</b>
7.1 Tecnica dei pali secanti .....	22
7.2 Jet-Grouting .....	26
7.3 Scavo .....	31
7.4 Opere in calcestruzzo .....	32
<b>8. Requisiti QA/QC .....</b>	<b>33</b>
<b>9. Condizioni HSE – salute, sicurezza, ambiente .....</b>	<b>33</b>
<b>10. Protezione ambientale .....</b>	<b>33</b>
<b>11. Metodologia di dettaglio .....</b>	<b>34</b>
11.1 Pareti del pozzo .....	34
11.2 Jet Grouting (all'interno e all'esterno del pozzo) .....	35
11.3 Completamento del Pozzo .....	37

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	5 di 54

<b>12. Risorse .....</b>	<b>39</b>
<b>13. Attrezzatura .....</b>	<b>40</b>
<b>14. Materiali e forniture .....</b>	<b>41</b>
<b>15. Allegati.....</b>	<b>42</b>
15.1 Scheda tecnica – Macchina per pali .....	43
15.2 Scheda tecnica – Pompa per calcestruzzo carrata .....	45
15.3 Scheda tecnica – Sonda di perforazione per Jet-Grouting.....	46
15.4 Scheda tecnica – Impianto di miscelazione.....	48
15.5 Scheda tecnica – Pompa per jet grouting.....	49
15.6 Scheda tecnica – Pompa peristaltica.....	51
15.7 Scheda tecnica – Compressore.....	53

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	6 di 54

## 1. INTRODUZIONE

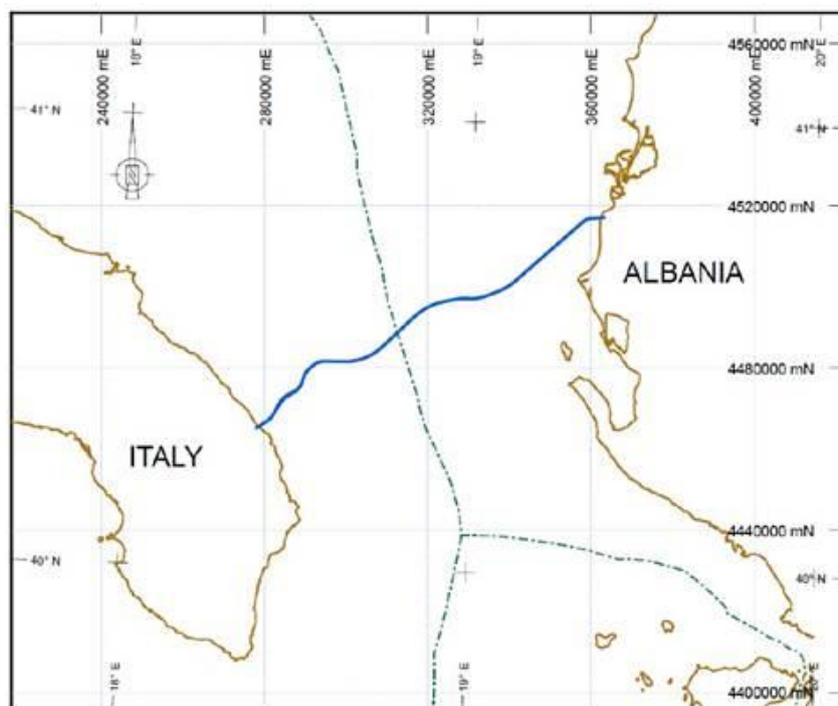
Il progetto Trans Adriatic Pipeline (TAP) è un gasdotto, incluso nel Corridoio Meridionale del Gas, che trasporterà il gas naturale dalle nuove sorgenti nel Mar Caspio fino all'Europa Occidentale e Meridionale. La condotta, lunga 871 km, che si collegherà alle reti di trasporto esistenti, partirà in Grecia, attraverserà l'Albania ed il Mare Adriatico e approderà in Italia Meridionale, consentendo al gas di fluire direttamente dal bacino del Caspio verso i mercati Europei.

Il tratto di gasdotto offshore consiste in circa 105 km di condotta sottomarina, con approdi sia in Albania che in Italia.

L'approdo della condotta in Italia si troverà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri, nel comune di Melendugno (LE), mentre l'area di approdo in Albania è ubicata a nordovest di Fier.

Il progetto comprende anche un cavo a fibre ottiche (FOC) installato parallelamente alla condotta, allo scopo di consentire la comunicazione tra le diverse stazioni TAP.

La progressiva chilometrica (KP) del tratto di condotta offshore avrà inizio in corrispondenza dell'approdo albanese (KP0) e crescerà man mano che la condotta procederà verso l'approdo italiano. Il tracciato del gasdotto TAP si svilupperà in direzione sudovest attraverso il Mare Adriatico, verso l'Italia, rif. Figura 1 sotto.



**Figura 1 – Tracciato del gasdotto TAP**

La massima profondità d'acqua lungo il percorso della condotta è pari a 820m.

I limiti di batteria per il tratto offshore del gasdotto sono costituiti dalla trappola per Pig in Albania e dalla trappola per Pig a terra in Italia.

Il tratto di gasdotto offshore è lungo 105 km, ha una pressione di progetto pari a 145 barg ed ha un diametro interno costante di 871 mm.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	7 di 54

## 2. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

### 2.1 DEFINIZIONI

COMMITTENTE	Trans Adriatic Pipeline (TAP) AG
CONTRATTO	Indica il rapporto contrattuale tra le parti, come disciplinato dai e comprendente i Documenti Contrattuali
CONTRACTOR	SAIPEM S.p.A.
SUBCONTRACT	Contratto firmato tra l'Appaltatore e i suoi Subappaltatori
SUBAPPALTATORE	I.CO.P. S.p.A.
PROGETTO	significa la valutazione, lo sviluppo, la progettazione, la costruzione, l'installazione, il finanziamento, il rifinanziamento, l'assicurazione, la proprietà, il funzionamento (compreso il trasporto di gas naturale da parte o per conto della Società), la riparazione, la sostituzione, la ristrutturazione, la manutenzione, l'ampliamento, il prolungamento (comprese derivazioni), la vendita e la protezione del sistema Gasdotto.
WORK	preparazione del sito e reintegro, costruzione del pozzo e opere di microtunnelling per il Progetto TAP, come definito in questo documento

### 2.2 ABBREVIAZIONI

CFA	Continuous Flight Auger (Elica Continua)
CCFA	Cased Continuous Flight Auger (Elica Continua con Rivestimento)
ESIA	Studio di impatto ambientale e sociale
ESIP	Environmental and Social Implementation Plan
FOC	Fiber Optic Cable (Cavo in fibra ottica)
HSE	Health Safety Environmental (Salute Sicurezza Ambiente)
KP	Kilometer Post (Progressiva Chilometrica)
POS	Piano Operativo di Sicurezza
DPI	Dispositivo di Protezione Individuale
PRT	Terminale di Ricezione del Gasdotto
PSC	Piano di Sicurezza e Coordinamento
QHSE	Qualità, Salute, Sicurezza e Ambiente
RIF	Fare riferimento a
RFO	Ready for Operation (Pronto per il funzionamento)
SCC	Calcestruzzo autocompattante
SOW	Scopo del Lavoro
TAP	Trans Adriatic Pipeline
TBM	Tunnel Boring Machine

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	8 di 54

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 DOCUMENTI DEL COMMITTENTE

<b>Doc. No.</b>	<b>Titolo Procedura/Specifico/Disegno</b>
[1]	ADPINDIX A. General Scope of Work.
[2]	ANNEX A3. Scope of Work – Landfall in Italy
[3]	ADPINDIX C. Schedule.
[4]	ADPINDIX L. Quality Assurance and Quality Control
[5]	ADPINDIX M. HSE Conditions
[6]	ADPINDIX N. Permits, ESM for the Construction of the Pipeline
[7]	Studio di Impatto Ambientale e Sociale Italia (settembre 2013.)
[8] TAP-HSE-PL-0013_02	Piano Sicurezza e Coordinamento (PSC)
[9] IPL00-URS-000-Q-TRG-0002_01	Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel - ITALIA
[10] IPL00-URS-000-Q-TRS-0001_01	Studio Idrogeologico nell'area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)
[11] OPL00-SPF-160-G-DGD-0011_01	Shaft Requirements
[12] OPL00-SPF-124-Q-TSF-0002_01	Functional Specification for Microtunnel Construction

#### 3.2 DOCUMENTI DELL'APPALTATORE

<b>Doc. No.</b>	<b>Titolo Procedura/Specifico/Disegno</b>
[13] OPL00-C10713-000-S-TAG-0001	HSE Plan
[14] OPL00-C10713-160-S-TAH-0001	MEDEVAC Landfall Italia
[15] OPL00-C10713-160-S-TAG-0008	Emergency Response Plan (ERP) - Landfall Italia
[16] OPL00-C10713-000-S-TAT-0001	Environmental Management System Manual
[17] OPL00-C10713-000-S-TAT-0002	Offshore Waste Management ESIP (Italy)
[18] OPL00-C10713-000-S-TAT-0004	Offshore Compliance Monitoring ESIP (Italy)
[19] OPL00-C10713-000-S-TAT-0005	Offshore Resource Management ESIP (Italy)
[20] OPL00-C10713-000-S-TAT-0006	Offshore Pollution Prevention ESIP (Italy)
[21] OPL00-C10713-000-S-TAT-0007	Offshore Spill Prevention and Response ESIP (Italy)
[22] OPL00-C10713-000-S-TAT-0008	Offshore Ecological Management ESIP (Italy)
[23] OPL00-C10713-000-S-TAT-0009	Offshore Erosion Control and Reinstatement ESIP (Italy)
[24] OPL00-C10713-000-B-TTM-0002	Project Italy Waterway and Road Traffic Management Plan

#### 3.3 DOCUMENTI DEL SUBAPPALTATORE

<b>Doc. No.</b>	<b>Titolo Procedura/Specifico/Disegno</b>
[25] OPL00-C10713-160-V-TMQ-001	I.CO.P. – Project Quality Plan for Italian landfall activities
[26] OPL00-C10713-160-V-TTB-0002	I.CO.P. – Inspection and Test Plan for starting shaft construction
[27] OPL00-C10713-160-S-TAS-0002	I.CO.P. – Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) Decreto legislativo N. 81/08 - Pozzo di Spinta
[28] OPL00-C10713-160-S-TAG-0015	I.CO.P. - HSE Plan
[29] OPL00-C10713-160-S-TPS-0004	I.CO.P. – Control of Heavy Equipment
[30] OPL00-C10713-160-S-TPS-0005	I.CO.P. – Lifting Activities

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	9 di 54

[31] OPL00-C10713-160-S-TPS-0003	I.CO.P. – Excavation Safety
[32] OPL00-C10713-160-C-DQA-0002	I.CO.P. – Microtunnel job site layout
[33] OPL00-C10713-990-A-TCX-0001	I.CO.P. – Progetto Strutturale Esecutivo del Pozzo di Spinta
[34] OPL00-C10713-160-C-DQT-0002	I.CO.P. – Pozzo di spinta: Carpenteria
[35] OPL00-C10713-160-C-DQT-0003	I.CO.P. – Pozzo di spinta: Pali secanti Armatura
[36] OPL00-C10713-160-C-DQT-0005	I.CO.P. – Pozzo di spinta: Armatura Opere in c.a.
[37] OPL00-C10713-160-C-DQT-0004	I.CO.P. – Starting shaft: Guide Walls
[38] OPL00-C10713-160-C-DQT-0012	I.CO.P. – Starting shaft: Stairs and Railings
[39] OPL00-C10713-160-C-DQT-0001-01	I.CO.P. – Pozzo di spinta: Sequenza Costruttiva Completa
[40] OPL00-C10713-160-C-DQT-0001-02	I.CO.P. – Pozzo di spinta: Fasi Costruttive Jet Grouting
[41] OPL00-C10713-900-C-TPK-0001	I.CO.P. – Method Statement for Pre-Entry Survey for the Italian Landfall
[42] OPL00-C10713-160-C-DQA-0004-01	I.CO.P. – RFO Area Layout
[43] OPL00-C10713-990-A-TPK-0001	I.CO.P. – Procedure for Onshore Site Preparation: Micro-tunnelling Area

### 3.4 CODICI E STANDARD

[44] UNI EN ISO 9001:2008	Sistemi di Gestione per la Qualità
[45] UNI EN ISO 14001:2004	Sistemi di Gestione Ambientale
[46] OHSAS 18001:2007	Sistemi di Gestione della Salute e della Sicurezza sul luogo di lavoro
[47] SA 8000:2001	Sistemi di responsabilità sociale
[48] D.M. 14/01/2008	Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti datato 14 gennaio 2008 - "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
[49] UNI EN 12350-8	Prova sul calcestruzzo fresco. Parte 8: Calcestruzzo auto-compattante – prova di spandimento e del tempo di spandimento

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	10 di 54

## 4. SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente procedura costruttiva è stata sviluppata dal SUBAPPALTATORE per i lavori di costruzione dell'Approdo Italiano facente parte del progetto TAP.

In particolare, questo documento si applica alle attività che saranno effettuate presso l'Approdo Italiano per la costruzione del pozzo di spinta funzionale all'esecuzione delle operazioni di microtunnelling.

Lo scopo della procedura è fornire la metodologia e la sequenza costruttiva di dettaglio per la costruzione del pozzo di spinta, con sistema a tenuta idraulica.

Le principali attività descritte nella procedura sono:

- Costruzione dei diaframmi in calcestruzzo del pozzo mediante la tecnica dei pali secanti;
- Esecuzione del jet-grouting per la realizzazione del tappo di fondo;
- Scavo all'interno del pozzo;
- Esecuzione di opere in calcestruzzo per realizzazione della soletta di fondo e dei muri di spinta e di intestazione.

Per dettagli sulla progettazione strutturale, si rimanda al documento OPL00-C10713-990-A-TCX-0001 I.CO.P. – Progetto Strutturale Esecutivo del Pozzo di Spinta (Rif. [33]).

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	11 di 54

## 5. DESCRIZIONE DEL POZZO DI SPINTA

Il pozzo di spinta è una struttura temporanea, funzionale all'esecuzione delle attività di micro-tunnelling, al tiro della condotta ed alle attività di collaudo idraulico e sarà parzialmente demolito e completamente riempito al completamento dei lavori.

Il pozzo di spinta sarà utilizzato in diverse fasi dell'attività di costruzione del Progetto, per diversi scopi. Pertanto, deve soddisfare diversi requisiti: ci deve essere spazio sufficiente per l'installazione delle attrezzature di microtunnelling; deve resistere a tutte le forze interne ed esterne coinvolte (ad esempio, la spinta del terreno, la spinta idrostatica, la forza di spinta per l'installazione del microtunnel, i sovraccarichi dovuti alle attrezzature presenti in superficie, ecc.); deve essere identificata un'area per l'installazione delle pompe da utilizzare durante il collaudo idraulico; deve essere sigillato idraulicamente, poiché sarà parzialmente costruito al di sotto del livello della falda acquifera.

Tutti i requisiti sopra elencati sono stati presi in considerazione durante la progettazione di dettaglio del pozzo, al fine di definire le dimensioni della struttura (dimensioni interne e dimensioni strutturali) e scegliere la tecnica di costruzione più adatta.

La tecnica di costruzione è stata scelta considerando:

- condizioni geologiche – consistenti in una stratificazione di strati sabbiosi intercalati con uno strato di calcarenite fortemente fratturata (ulteriori dettagli possono essere trovati di seguito e nella Studio geotecnico e geofisico nell'area del Microtunnel - ITALIA, Rif. [9]);
- condizioni idrogeologiche – presenza della falda acquifera a una profondità di circa 4.5÷5.0 m al di sotto del piano di campagna;
- requisiti funzionali – in particolare il fatto che la struttura debba essere impermeabile;
- aspetti ambientali – mirando alla minimizzazione degli impatti sull'ambiente circostante;
- aspetti relativi alla costruzione – tenendo conto dei rischi di esecuzione, dei rischi per la sicurezza e delle tempistiche di costruzione.

Sulla base delle considerazioni che precedono, la metodologia di costruzione ritenuta più idonea consiste nel costruire i diaframmi del pozzo mediante pali secanti e nell'eseguire un tappo di fondo mediante jet-grouting.

Questa metodologia è fattibile ed efficace nelle condizioni di terreno previste, ed è in grado di garantire la tenuta all'acqua. La struttura sarà impermeabile sia durante lo svolgimento delle operazioni, sia durante la sua costruzione (ossia durante lo scavo del pozzo), evitando quindi la necessità di drenare l'acqua di falda. Delle pompe sommerse saranno tenute a disposizione in cantiere per pompare l'acqua piovana fuori dal pozzo, in caso di pioggia.

Di seguito sono elencati alcuni dei vantaggi inerenti all'uso dei pali secanti con tappo di fondo in jet-grouting:

- permette di costruire una struttura impermeabile, evitando il drenaggio dell'acqua durante la costruzione del pozzo e durante le attività di progetto: lo scavo del pozzo può essere eseguito senza necessità di abbassare il livello della falda acquifera;
- pareti di pali secanti possono essere costruite in modo efficace in quasi tutti i terreni: il loro uso è particolarmente interessante quando i terreni sono difficili da perforare e dove le pareti di scavo sono difficili da sostenere (ad esempio, terreni di riempimento sciolti o di scarsa qualità, oppure terreni contenenti ostacoli come massi o strati duri), poiché le pareti del foro possono essere sostenute per mezzo di camicie di rivestimento temporanee. La possibilità di usare camicie di rivestimento temporanee, infatti:

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	12 di 54

- riduce significativamente le deformazioni e gli assestamenti nella zona che circonda la parete, attenuando quindi i possibili effetti negativi sulle strutture ed i servizi circostanti;
  - permette di rompere o perforare un'ostruzione con minimo rischio di danni o disturbo alle aree circostanti, rispetto ad altre tecniche;
  - consente di scegliere i metodi di scavo più adatti per attraversare le specifiche formazioni presenti in loco; inoltre, la rigidità e l'inerzia inerenti nelle camicie di rivestimento agevolano la realizzazione di colonne ben allineate.
- Il metodo è rispettoso dell'ambiente: non è necessario utilizzare un fluido di perforazione per sostenere lo scavo e, di conseguenza, non serve smaltire grandi quantità di fango di perforazione. Il volume del calcestruzzo necessario per gettare ciascun palo è contenuto, in virtù del minor rischio di possibili, localizzati, crolli delle pareti di scavo da riempire con calcestruzzo.



**Figura 2 – Esempio di diaframmi del pozzo di spinta realizzati con pali secanti**

Le dimensioni complessive del pozzo sono state determinate tenendo conto delle dimensioni del muro di spinta e del muro di intestazione da costruire al suo interno, dell'ingombro delle attrezzature da installare, delle dimensioni degli elementi della TBM da lanciare e dei requisiti di spazio per l'installazione delle pompe.

Le dimensioni planimetriche interne del pozzo, misurate lungo gli assi dei pali, sono circa 10.32mx11.72m (la dimensione maggiore nella direzione di spinta); la quota di progetto del fondo scavo è circa -10.25m (con una tolleranza sul livello di +0/-0.25m) rispetto al livello medio del piazzale, che ha una quota di circa 8,1m sul livello del mare.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	13 di 54

I pali che compongono le pareti del pozzo hanno un diametro di 88cm, un interasse di 70cm, e sono lunghi 16.0m. Una trave di coronamento rettangolare, 1.2m di larghezza e 0.6m di altezza, corre in modo continuo in cima ai pali lungo l'intero perimetro del pozzo.

Il "tappo di fondo" inizia circa 1,1m al di sotto del fondo di scavo e si estende per circa 7.0m di profondità. Si compone di colonne in jet-grouting aventi un diametro effettivo di circa 1.1m, eseguite secondo una maglia triangolare in cui gli assi delle colonne si trovano ai vertici di triangoli equilateri con lato di 75cm di lunghezza, in modo da garantire una compenetrazione adeguata delle colonne e l'impermeabilizzazione del fondo.

Una soletta di cemento armato è costruita sul fondo del pozzo per fornire una superficie di lavoro stabile e piana.

La configurazione del pozzo per le operazioni di microtunnelling è completata dal muro di spinta e dal muro di intestazione. Il muro di intestazione è una parete in cemento armato situata in corrispondenza del punto di entrata della macchina, opportunamente sagomata per installare l'anello di tenuta e consentire l'ingresso dei tubi nel foro scavato. Il muro di spinta è costruito sul lato opposto rispetto al muro di intestazione; esso distribuisce la spinta esercitata dalla stazione di spinta principale alla parete in pali e al terreno ad essa retrostante.

Inoltre, il jet-grouting sarà utilizzato anche per consolidare il terreno vicino alla zona di uscita della TBM (l'inizio del microtunnel) e dietro il muro di spinta.

Nell'area di uscita della TBM sarà eseguita una serie di colonne in jet-grouting. Le colonne cominciano a circa 3.0m di profondità rispetto al piano di campagna, e si estendono per una lunghezza di circa 9.0m. Lo scopo di tali colonne è di consolidare il terreno in modo che esso supporti la TBM quando esce dal pozzo e penetra nel suolo, al fine di garantire un migliore allineamento sulla traiettoria di progetto durante questa fase transitoria.

Sul retro della parete di spinta, sarà eseguito un trattamento simile. In questo caso, il trattamento è necessario per garantire l'impermeabilizzazione necessaria a demolire parzialmente - al termine dell'installazione del microtunnel in calcestruzzo - i pali situati in corrispondenza del punto di ingresso del tubo di rivestimento.



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	15 di 54

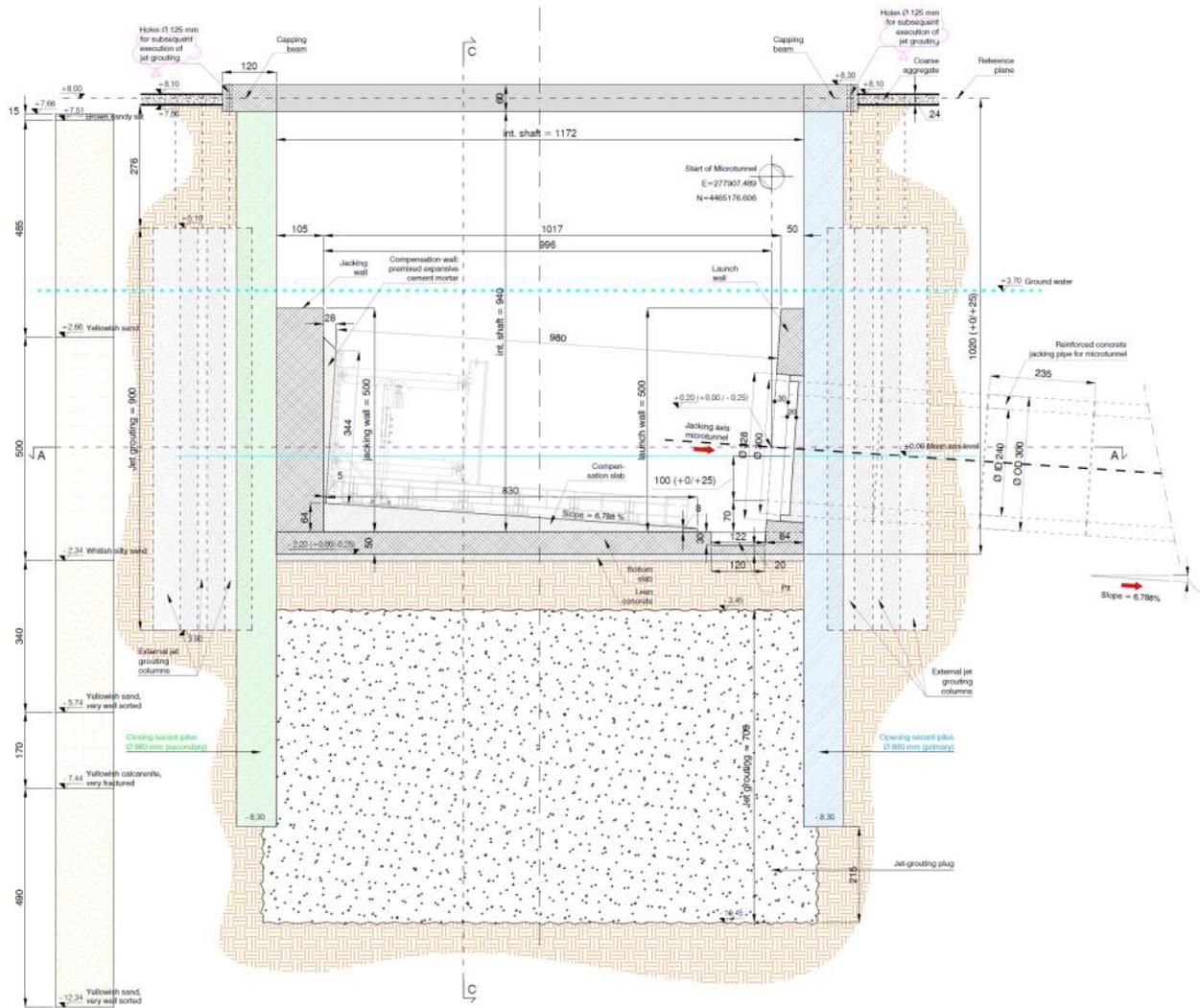


Figura 4 – Pozzo di spinta: sezione in pianta e sezione verticale lungo l'asse microtunnel

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	16 di 54

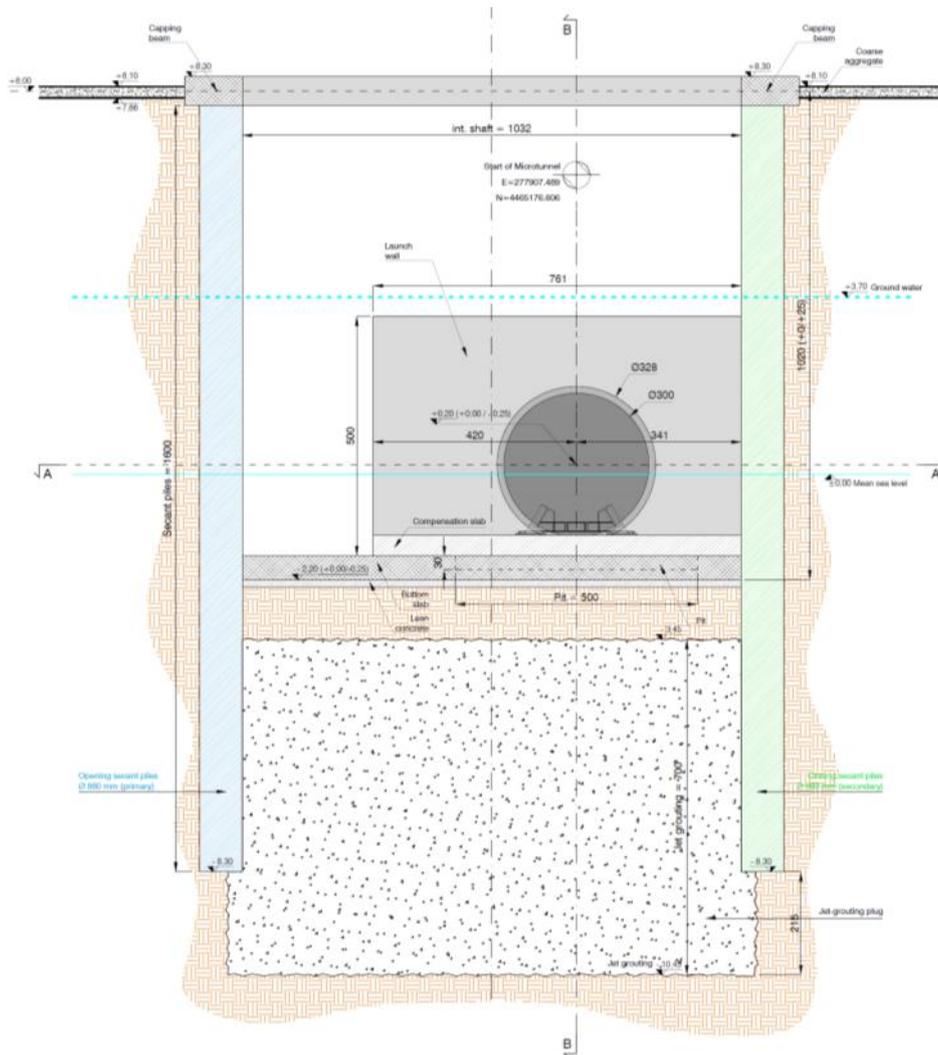


Figura 5 – Pozzo di spinta: sezione verticale perpendicolare all’asse del microtunnel

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 17 di 54

## 6. SINTESI DEI DATI GEOLOGICI/ IDROGEOLOGIC E GEOTECNICI

Le informazioni presentate in questa sezione si basano sugli studi e indagini eseguite dal COMMITTENTE e riportate nei documenti “Studio geotecnico e geofisico nell’area del Microtunnel - ITALIA” (Rif. [9]) e “Studio Idrogeologico nell’area della Pipeline e del Microtunnel (Italia)” (Rif. [10]).

Nel maggio-giugno 2015, sono stati effettuati n.4 sondaggi nella zona del microtunnel, utilizzando la tecnica del carotaggio continuo con un diametro di 101mm.

Un sondaggio profondo 20m (ST\_BH2) è stato eseguito dal COMMITTENTE molto vicino alla posizione del pozzo di spinta. La colonna stratigrafica del sondaggio è rappresentata in Figura 6. Sono stati riscontrati i seguenti lito-tipi:

- “terra rossa”, composta da limo sabbioso, piuttosto sottile (15cm);
- strati alternati di sabbia, mediamente densa, fino ad una profondità di 13.4m dal piano campagna;
- calcarenite giallastra, molto fratturata, tra 13.4m e 15.1m sotto il piano campagna;
- sabbia giallastra, da mediamente densa a densa, da 15.1m di profondità rispetto al piano campagna fino alla fine del sondaggio.

La falda acquifera è stata trovata ad una profondità di 3.96m sotto il piano campagna.

Durante la perforazione, sono stati eseguiti 5 Test di Penetrazione Standard (SPT) e 3 prove di permeabilità (Lefranc e Lugeon) e sono stati raccolti 7 campioni per l’esecuzione di test di laboratorio.

I risultati dei test SPT effettuati negli strati sabbiosi sono riportati nell’estratto di cui sotto:

**Tabella 1 – Sintesi dei Test di Penetrazione Standard ST\_BH2 (Rif.[9])**

BOREHOL	SPT	DEPTH m bgs	DESCRIPTION	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>	N <sub>SPT</sub>
ST-BH2	SPT1	2,60-3,05	yellowish sand	14	19	16	35
ST-BH2	SPT2	5,00-5,45	yellowish sand	6	9	15	24
ST-BH2	SPT3	8,00-8,45	whitish silty sand	11	16	17	33
ST-BH2	SPT4	11,00-11,45	yellowish sand	6	9	8	17
ST-BH2	SPT5	17,00-17,45	yellowish sand	23	27	32	59

I campioni raccolti sono stati sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle seguenti caratteristiche: peso specifico naturale, peso specifico secco, contenuto d’acqua, gravità specifica, porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, distribuzione granulometrica, test di plasticità di Atterberg, conducibilità idraulica in edometro, prova di taglio diretto, prova edometrica, prova Point Load, prova di resistenza alla trazione, prova di compressione monoassiale

La tabella seguente riassume i risultati dei test di laboratorio effettuati dal COMMITTENTE sui campioni prelevati dal sondaggio ST\_BH2. Ulteriori dettagli possono essere trovati nel documento del COMMITTENTE “Studio Geotecnico e Geofisico nell’area del microtunnel area – ITALIA” (Rif. [9]).

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 18 di 54

**Tabella 2 – Sintesi dei test di laboratorio (Rif. [9])**

Sample code	Laboratory code	Depth of collection (m bgs)	Natural unit weight, $\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	Dry unit weight, $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	Water content W (%)	Specific gravity G (-)	Porosity, n (%)	void ratio, e (-)	Degree of saturation, S (%)
ST BH2-C1	T.1348/15	2,00-2,60	15,96	13,43	18,96	2,66	49,44	0,98	51,3
ST BH2-C2	T.1349/15	2,60-3,05	-	-	-	-	-	-	-
ST BH2-C3	T.1350/15	5,00-5,45	-	-	-	-	-	-	-
ST BH2-C4	T.1351/15	8,00-8,45	-	-	-	-	-	-	-
ST BH2-C5	T.1387/15	11,00-11,45	-	-	16,42	2,60	-	-	-
ST BH2-C6	R.002/15	14,50-15,00	18,70	-	-	-	-	-	-
ST BH2-C7	T.1388/15	17,00-17,45	-	-	39,21	2,63	-	-	-

Sample code	Laboratory code	Depth of collection (m bgs)	Particle size distribution (%)					Direct shear test		Permeability test (by oedometer)	Point load test	Prova di trazione
			Clay	Silt	Sand	Gravel	Cobbles	Angolo di attrito (°)	Coesion e (KPa)	Coefficiente di permeabilità k (m <sup>2</sup> /sec)	Indice di resistenza a carico puntuale (Mpa)	Resistenza a trazione (Mpa)
ST BH2-C1	T.1348/15	2,00-2,60	3	6	86	5	0	35.05	12.29	1.140E-05		
ST BH2-C2	T.1349/15	2,60-3,05	3.5	8	69.5	19	0					
ST BH2-C3	T.1350/15	5,00-5,45	4.5	8.5	67	20	0					
ST BH2-C4	T.1351/15	8,00-8,45	4.5	8	85.5	2	0					
ST BH2-C5	T.1387/15	11,00-11,45	3.5	6.5	51	39	0					
ST BH2-C6	R.002/15	14,50-15,00	-	-	-	-	-				1.65	3.055
ST BH2-C7	T.1388/15	17,00-17,45	2	7	74	17	0					

Un test è stato eseguito nello strato di calcarenite per caratterizzarlo; i risultati sono riportati qui sotto:

**Tabella 3 – Sintesi dei test di laboratorio su campioni di calcarenite (Rif.[9])**

Sample code	Depth of collection (m bgl)	Unit	$\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	Cerchar Abrasivity test (-)	Point load index (-)	Tensile strength (Mpa)	Uniaxial compression strength (Mpa)
ST_BH1-C1	1.60-2.00	b2	21.83	-	2.32	-	27.84
ST_BH2-C6	14.50-15.00	b2	18.7	-	1.65	3.055	19.8

La sintesi dei valori rappresentativi della permeabilità, determinati in base a prove di permeabilità effettuate sul campo, è fornita nel seguente estratto.

**Tabella 4 – Valori rappresentativi della permeabilità: tabella di sintesi (Rif.[10])**

ST_BH1	ST_BH1	ST_BH2	ST_BH2	ST_BH2	BH4	BH4
Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)	Depth (m)
4,00-5,00	9,50-10,00	4,10-5,00	9,50-10,00	18,80-20,00	4,00-5,00	9,50-10,00
K~ 3 E-04 m/s	K~1 E-04 m/s	K~5 E-05 m/s	K~4 E-04 m/s	K~2 E-04 m/s	K~7 E-05 m/s	K~2 E-04 m/s

I risultati mostrano che la falda superficiale ha una permeabilità medio-bassa, nell'ordine di  $10^{-4}$  m/s –  $10^{-5}$  m/s. Le prove di Leugeon nelle fratture delle calcareniti hanno fornito valori di permeabilità medio-bassi ( $10^{-5}$  m/s).



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.: OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	20 di 54



**Figura 7 – Sondaggio ST\_BH2: 0m – 5m (Rif.[9])**



**Figura 8 – Sondaggio ST\_BH2: 5m – 10m (Rif.[9])**

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	21 di 54



**Figura 9 – Sondaggio ST\_BH2: 10m – 15m (Rif.[9])**



**Figura 10 – Sondaggio ST\_BH2: 15m – 20m (Rif.[9])**

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	22 di 54

## 7. COSTRUZIONE DEL POZZO DI SPINTA

La presente sezione descrive le tecnologie di costruzione che saranno utilizzate per la costruzione del pozzo di spinta, secondo la seguente sequenza di costruzione:

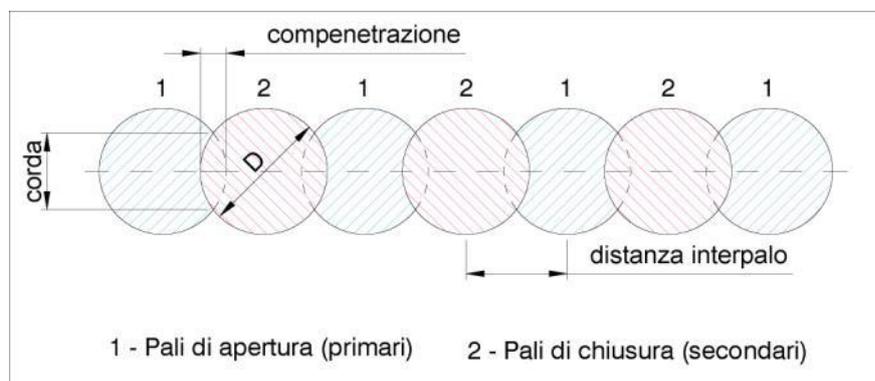
- costruzione dei diaframmi in calcestruzzo del pozzo mediante la tecnica dei pali secanti;
- trave di coronamento;
- esecuzione del jet-grouting per la realizzazione del tappo di fondo;
- scavo all'interno del pozzo;
- esecuzione di opere in calcestruzzo per realizzazione della soletta di fondo e dei muri di spinta e di intestazione.

La metodologia dettagliata è riportata alla Sezione 11 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

### 7.1 TECNICA DEI PALI SECANTI

I pali secanti possono essere definiti come una serie di pali costruiti con una configurazione tale da intersecarsi l'uno con l'altro. Sono realizzati con un interasse (distanza interpalo) che è minore della somma dei raggi dei due pali ad esso adiacenti. In questa configurazione, i pali contigui si intersecano e quindi si compenetrano.

La metodologia dei pali secanti si basa sulla costruzione di pali primari (femmina) alternati a pali secondari (maschio). I pali secondari si intersecano con i pali primari, garantendo la continuità ed impermeabilità della parete.



**Figura 11 – Schema dei pali secanti**

La profondità di compenetrazione e, di conseguenza, la lunghezza della corda sono progettate per trasferire i carichi orizzontali da un palo all'altro e per sigillare il giunto tra pali adiacenti. La profondità di compenetrazione è progettata anche in funzione del diametro dei pali, della lunghezza dei pali e del tipo e della qualità dei macchinari che saranno utilizzati per la loro costruzione.

Chiaramente, è necessaria una compenetrazione minima per tutta la profondità della parete. In questo caso, la profondità di compenetrazione è 18cm poiché il diametro del palo è 88cm e l'interasse è 70cm.

Al fine di garantire la compenetrazione per tutta la lunghezza dei pali, prima di iniziare lo scavo dei pali, saranno costruiti dei cordoli guida, allo scopo di soddisfare i criteri di posizionamento, allineamento e verticalità.

I cordoli guida hanno i seguenti scopi principali:

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	23 di 54

- garantiscono la corretta posizione di ogni palo, in particolare dei pali secondari, e quindi garantiscono la compenetrazione prevista in superficie;
- facilitano il posizionamento della sonda, in particolare l'allineamento e la verticalità del "mast";
- sostengono la gabbia di armatura o sezione di acciaio e favoriscono il suo corretto posizionamento verticale.

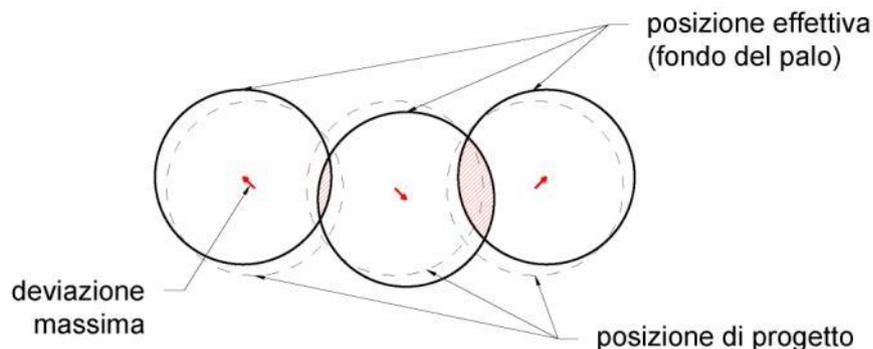


**Figura 12 – Esempio di cordolo guida per pali secanti**

Dato che la compenetrazione di progetto è garantita in superficie dai cordoli guida, la compenetrazione in profondità è una funzione dell'allineamento e della verticalità dei pali adiacenti.

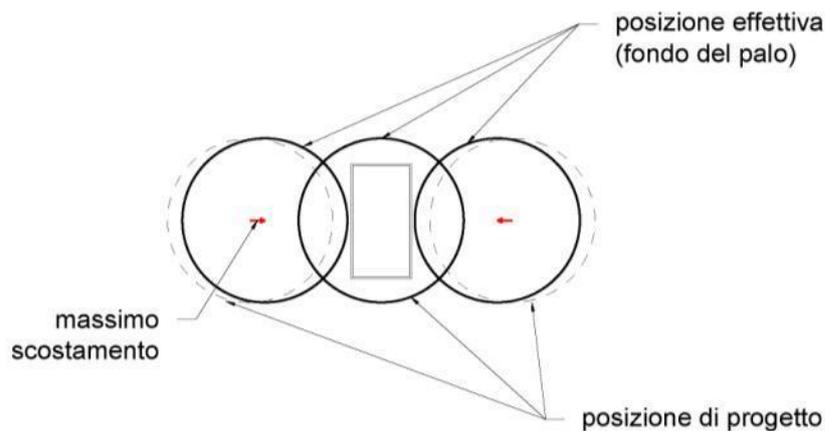
La tolleranza verticale è 0,5%. Pertanto, data una lunghezza dei pali di 1600cm, il disallineamento orizzontale massimo sul fondo del palo è circa +/- 8cm. Anche negli scenari peggiori, è quindi assicurata una buona prestazione delle pareti di pali secanti, come mostrato di seguito:

- scenario 1: i pali contigui sono deviati in direzioni opposte – un incastro adeguato è comunque garantito e l'impermeabilità è assicurata (Figura 13);
- scenario 2: entrambi i pali secondari sono deviati verso il palo primario tra essi compreso - non vi è alcuna interferenza con l'armatura installata all'interno del palo primario (Figura 14).



**Figura 13 – Schizzo dello spostamento del fondi dei pali: verifica dell'impermeabilità**

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	24 di 54



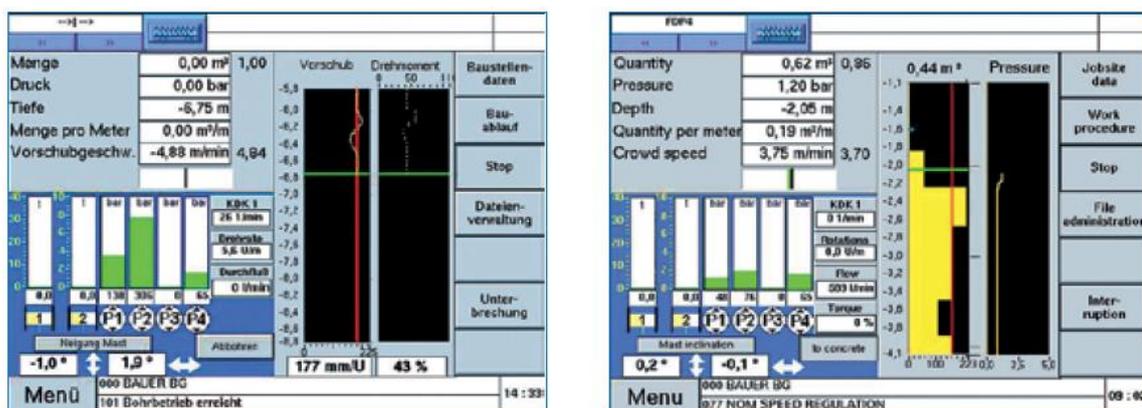
**Figura 14 – Schizzo dello spostamento dei fondi dei pali: verifica dell’armatura**

Completati i cordoli guida, i pali sono realizzati secondo una sequenza di costruzione pre-stabilita che assicura che, quando un palo secondario viene scavato tra due pali primari adiacenti, il calcestruzzo dei pali primari abbia maturato per circa 36 ore. Questo tempo di maturazione consente al calcestruzzo di diventare sufficientemente duro, affinché i pali non vengano danneggiati ma, allo stesso tempo, è tale da garantire che il processo di scavo avvenga senza problemi.

La sequenza di costruzione dei pali è definita dal Capocommessa del SUBAPPALTATORE, in accordo con il Capocantiere del SUBAPPALTATORE, in base ai seguenti requisiti: i pali secondari devono essere scavati dopo il completamento dei pali primari adiacenti; i pali secondari devono essere eseguiti quando i due pali con cui si intersecano hanno maturato per almeno 36 ore.

La metodologia scelta per la costruzione dei pali è la tecnica Cased Continuous Flight Auger (CCFA), o dei Pali Rivestiti Trivellati ad Elica Continua: i pali sono trivellati con un’elica continua rivestita e gettati in opera versando calcestruzzo a pressione controllata. L’uso di fango bentonitico e polimeri non è necessario; ciò permette di coniugare la vantaggiosa velocità di perforazione dei pali ad elica continua (CFA) con le caratteristiche tipiche dei pali rivestiti, ovvero la sicurezza e la stabilità di perforazione.

Il processo di scavo dei pali inizia dopo aver attentamente allineato la macchina per pali con il foro da scavare e verificato dell’allineamento verticale del “mast” della macchina mediante il monitor all’interno della cabina dell’operatore. La verticalità dei pali è assicurata mantenendo il “mast” costantemente allineato lungo la verticale durante lo scavo, controllando le posizioni X-Y visualizzate in tempo reale sul display posto all’interno della cabina dell’operatore (Figura 15). Infatti, la morsa situata nella parte inferiore del “mast”, attraverso la quale scorre la camicia di rivestimento, assicura che, durante lo scavo, il sistema elica/rivestimento sia costantemente allineato con la direzione del “mast”.



**Figura 15 – Sistema di registrazione elettronica dei dati durante lo scavo (a sinistra) e il getto (a destra)**

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	25 di 54

Durante lo scavo, la camicia di rivestimento e l'elica continua avanzano contemporaneamente nel terreno. Mentre avanzano, il rivestimento e l'elica ruotano in direzioni opposte; questo movimento relativo permette al materiale scavato di fluire verso l'alto attraverso l'elica, all'interno del rivestimento, finché non viene scaricato lateralmente in un sistema a tramoggia situato all'altezza della testa della macchina. Grazie al sistema a tramoggia, il materiale scavato viene accumulato in modo sicuro e ordinato al suolo e poi caricato su camion, o altro mezzo idoneo, per essere trasportato alla sua destinazione finale.

Durante lo scavo, i parametri principali di scavo (velocità di rotazione, indice di penetrazione, forza di spinta, ecc.) sono registrati.

Quando viene raggiunto il fondo scavo di progetto, si procede alla fase di getto: il calcestruzzo viene pompato sotto pressione nel foro attraverso l'asta cava dell'elica ed esce (circa a 1-2bar) alla sua estremità inferiore. Allo stesso tempo, il sistema elica/rivestimento viene estratto gradualmente, ed automaticamente.

Infatti, la fase di risalita è assistita elettronicamente: la portata del calcestruzzo è controllata mediante misuratori di pressione e di volume, e la velocità di risalita viene regolata automaticamente per garantire un omogeneo riempimento del palo. I diagrammi di risalita del calcestruzzo sono registrati.



**Figura 16 – Getto del palo (a sinistra) e installazione dell'armatura (a destra)**

Il calcestruzzo da impiegare, pur soddisfano i requisiti relativi alla classe di resistenza e alla classe di esposizione (I.CO.P. - Progetto strutturale esecutivo del pozzo di spinta, Rif. [33]), deve avere una consistenza super fluida (slump), tipo SCC, e una dimensione massima dell'aggregato non superiore a 15mm.

Il calcestruzzo sarà consegnato preconfezionato in cantiere; la fase di getto sarà organizzata in modo da garantire una portata minima di 35 m<sup>3</sup>/h.

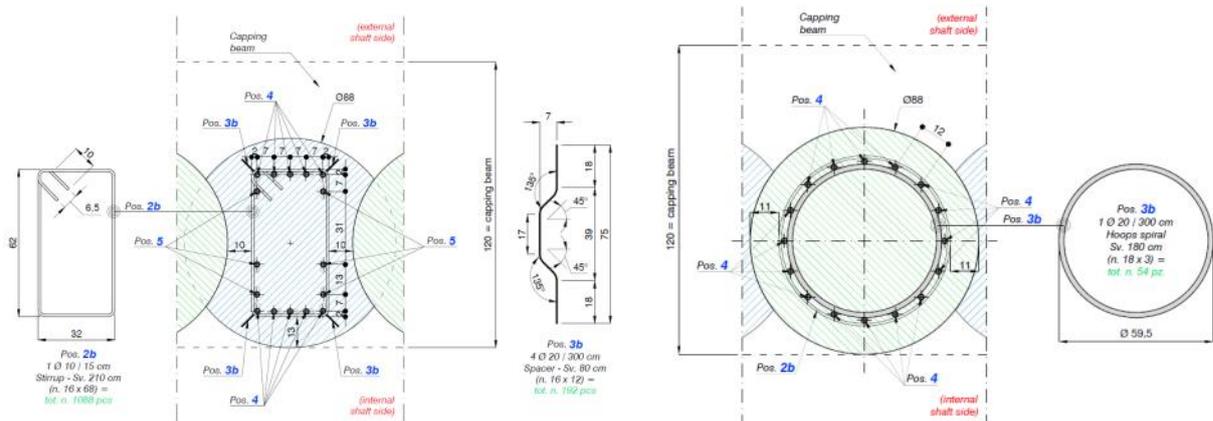
Al termine della fase risalita/getto, l'armatura in acciaio è calata nel calcestruzzo fresco del palo. Le armature sono generalmente inserite nel palo per gravità; considerando la lunghezza dei pali da costruire, un piccolo vibratore può essere utilizzato per facilitare l'installazione dell'armatura all'interno del palo.

Le armature consistono in gabbie di tondini d'acciaio saldati in stabilimento e consegnate in cantiere già pre-assemblate. Poiché i pali sono lunghi 16m, le gabbie d'armatura saranno fornite in due sezioni e collegate in cantiere prima della loro installazione nel palo. Le due sezioni di ciascuna gabbia saranno collegate mediante saldature o morsetti. Un sup-

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	26 di 54

porto sarà utilizzato per collegare le due sezioni di gabbia, in modo da allinearle correttamente.

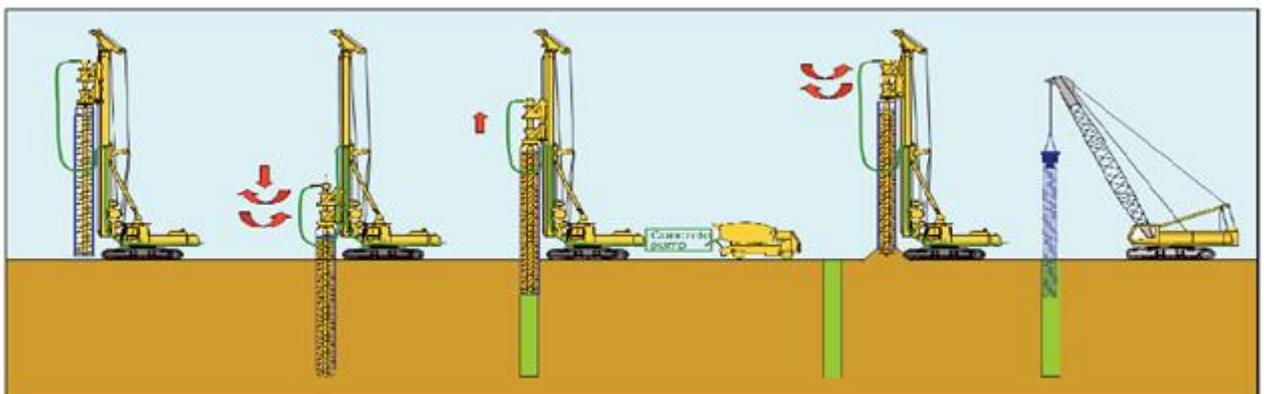
Quando si installano le gabbie di armatura dei pali primari, che sono di forma rettangolare, queste sono dotate di idonei distanziatori, al fine di centrarle esattamente.



**Figura 17 – Esempio di armatura in acciaio per pali primari (a sinistra) e pali secondari (a destra)**

Prima di posizionare le gabbie, ci si accerterà che il materiale di scavo accumulatosi attorno alla bocca del foro sia stato rimosso in modo che i residui di terreno non possano contaminare la sezione superiore del getto o cadere all'interno di esso.

La sequenza di costruzione dei pali è schematicamente rappresentata nella figura qui sotto.



1. Il sistema utilizzato consiste in due teste rotary controrotanti; la testa superiore è collegata all'elica continua, quella inferiore al rivestimento;
2. La perforazione avviene ruotando e spingendo l'elica continua nel terreno, mentre il terreno scavato all'estremità inferiore dell'elica viene trasportato verso l'alto nel rivestimento;
3. Al raggiungimento della profondità di progetto, l'elica continua e il rivestimento vengono estratti mentre il calcestruzzo viene versato attraverso l'asta cava dell'elica;
4. La macchina si sposta dal foro e si svuota l'elica invertendo il verso di rotazione;
5. L'armatura viene spinta o vibrata all'interno del calcestruzzo fresco

**Figura 18 – Sequenza di costruzione dei pali**

## 7.2 JET-GROUTING

Il Jet-Grouting è una metodologia costruttiva che utilizza un getto di fluido ad alta pressione (generalmente >300bar) per disgregare il terreno in profondità e miscelarlo con una miscela cementizia autoindurente in modo da formare colonne, pannelli e altre strutture nel terreno, allo scopo di rinforzare il terreno o ridurne la permeabilità.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	27 di 54

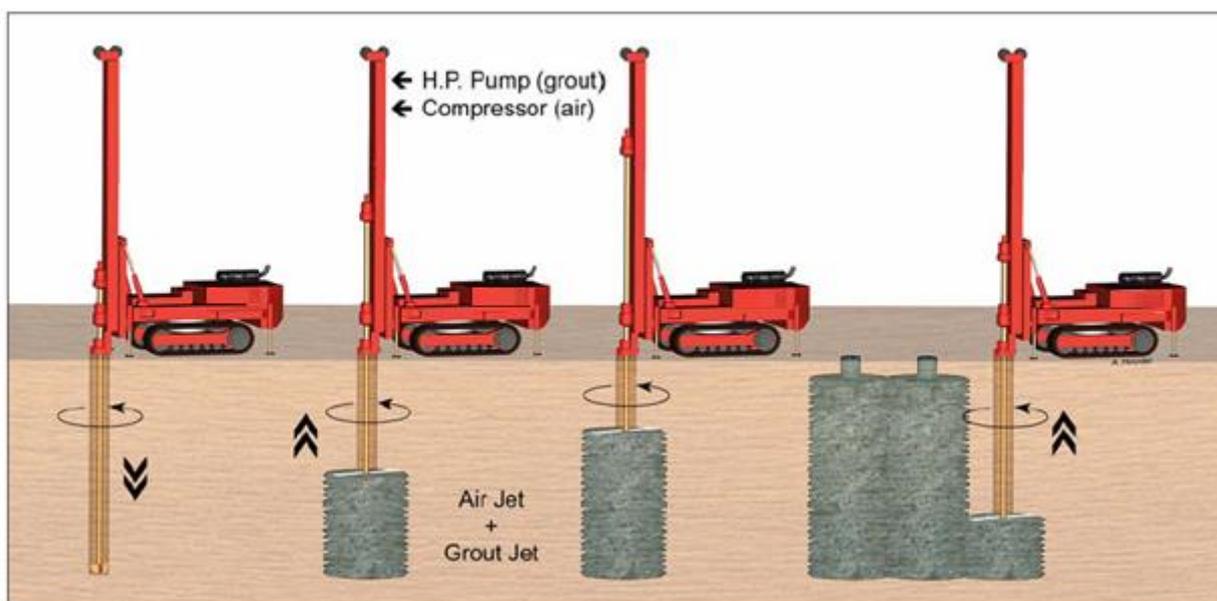
I parametri per il procedimento di jet-grouting e la resistenza finale del terreno trattato dipendono da una serie di caratteristiche, come ad esempio il tipo di suolo, la tecnica utilizzata e l'obiettivo da raggiungere.

La tecnica consiste sostanzialmente nell'esecuzione di una perforazione e nel successivo pompaggio, al suo interno, di un fluido a base di cemento ad alta pressione attraverso uno o più ugelli posizionati all'estremità inferiore della batteria di aste di perforazione, per ottenere la miscela di terreno e cemento.

Tutte le tecniche jet-grouting includono una fase di perforazione seguita da una fase di iniezione.

Un utensile di taglio relativamente piccolo (diametro 4-8 pollici), installato nella parte inferiore dell'asta di perforazione, viene utilizzato per perforare il terreno e raggiungere il fondo della zona da trattare.

Successivamente, la miscela cementizia è iniettata orizzontalmente ad alta pressione mentre l'asta di perforazione viene ritirata in movimento roto-traslatorio con valori prefissati di velocità di rotazione ed risalita, pressione di pompaggio e portata della miscela.



**Figura 19 – Esempio di sequenza di jet-grouting**

Tipicamente, il fluido di iniezione è una miscela cementizia; tuttavia, al fine di migliorare ulteriormente il mescolamento tra le particelle di terreno e la miscela cementizia, è possibile utilizzare fluidi ausiliari che sono iniettati contemporaneamente alla miscela cementizia. A seconda del numero di fluidi coinvolti nel processo di consolidamento, sono identificate le seguenti tecniche di jet-grouting:

- Mono-fluido: il trattamento del terreno avviene con l'utilizzo di un unico fluido (miscela cementizia, eventualmente additivata).
- Bi-fluido: il trattamento del terreno avviene iniettando una miscela cementizia, la cui efficienza è aumentata da un getto d'aria coassiale.
- Tri-fluido: il terreno è disgregato mediante un flusso di aria ed acqua e trattato iniettando una miscela cementizia.

La scelta del tipo di jet-grouting da eseguire dipende dalle condizioni del terreno, dal diametro delle colonne da realizzare e dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno da ottenere dopo il trattamento, come meglio dettagliato di seguito.

Per la costruzione del tappo di fondo, vengono realizzate diverse colonne di jet-grouting tra loro intersecanti. La disposizione planimetrica delle colonne (maglia) è progettata in

 Trans Adriatic Pipeline		TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	28 di 54

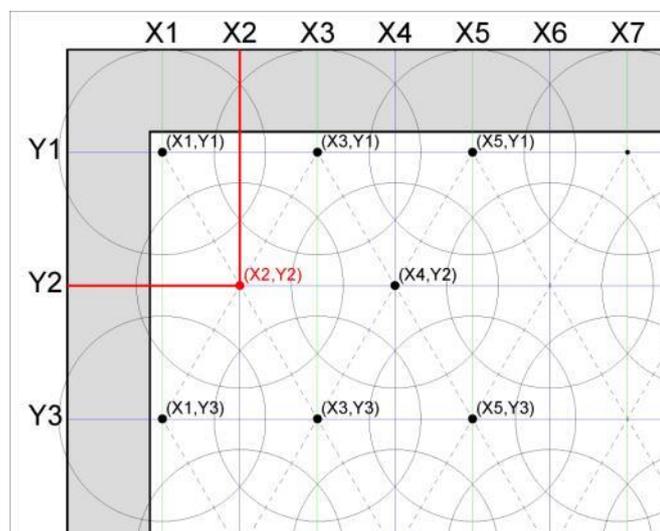
modo da garantire che le colonne si intersechino lungo tutta la profondità del tappo. La perforazione avviene dal livello del piano di campagna, ma la miscela è iniettata solo dal fondo della perforazione alla superficie superiore del tappo.

Le colonne hanno un diametro di 110cm e un interasse di 75cm. La parte inferiore del tappo si trova ad una profondità di circa 10.45m rispetto al livello medio mare e l'altezza del trattamento è 7,0m (Rif. [34]; [40]).

Ulteriori colonne sono iniettate al di fuori del perimetro del pozzo per gli scopi descritti nella Sezione 5; le colonne hanno un diametro di 110cm e un interasse di 75cm. Le colonne cominciano circa 3.0m di sotto della superficie di lavoro e hanno una lunghezza di circa 9.0m. Le colonne all'interno del perimetro del pozzo sono eseguite per prime; le colonne al di fuori del perimetro del pozzo sono eseguite successivamente.

La sequenza di iniezione delle colonne è determinata dal Capocommessa del SUBAPPALTATORE, in accordo con Capocantiere del SUBAPPALTATORE. Le colonne sono eseguite secondo uno schema alternato. Le colonne secondarie sono iniettate fra le colonne primarie ad essa adiacenti dopo il completamento di entrambe le colonne primarie. Tipicamente, vengono saltate 3 colonne tra l'ultima colonna iniettata e la nuova colonna da eseguire, al fine di evitare il dilavamento delle colonne vicine, ancora fresche.

Al fine di raggiungere le tolleranze di costruzione desiderate per l'esecuzione delle colonne, la posizione di ciascuna colonna deve essere chiaramente ed accuratamente identificata sul campo, per consentire il corretto posizionamento della sonda di perforazione. Questo può essere fatto tracciando, lungo il perimetro dell'area, la posizione delle linee X e Y che individuano le coordinate X-Y dei centri delle colonne con riferimento al bordo interno della trave di coronamento. Poi, si usano delle corde per segnare il centro di ogni colonna, situato in corrispondenza dell'intersezione tra le due corde corrispondenti alle coordinate del centro della colonna.



**Figura 20 – Schema di tracciamento dei centri delle colonne**

Il processo di perforazione inizia dopo aver posizionato accuratamente la sonda e verificato l'allineamento verticale del "mast". Prima di iniziare, l'allineamento verticale dell'asse di perforazione è controllato per mezzo di un livello elettronico, fissato al "mast" e collegato al pannello di controllo della macchina.

Il sistema di perforazione è costituito da aste d'acciaio aventi un diametro di 114 mm. Il diametro dell'utensile di taglio è 130mm. Il fluido di perforazione è l'acqua. L'acqua è immagazzinata in vasconi e pompata nell'asta di perforazione per mezzo di una pompa ad alta pressione.

Un sistema di registrazione dati viene utilizzato per registrare i parametri di perforazione:

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	29 di 54

- profondità di perforazione [m];
- velocità di perforazione [m/h];
- velocità di rotazione [giri/min];
- coppia [bar];
- spinta [bar].

L'inclinazione del “mast” della sonda di perforazione è costantemente monitorata.

Al termine della fase di scavo, l'operatore della sonda avvisa l'operatore della pompa che interrompe il flusso d'acqua e attiva la fase di iniezione della miscela cementizia. Quando la pressione di progetto della miscela è stata raggiunta, l'operatore della sonda inizia ad estrarre l'asta di perforazione, a velocità di rotazione e velocità di risalita predeterminate, fino al completamento della colonna.

La fase di iniezione è assistita elettronicamente. Mediante la strumentazione di monitoraggio in continuo, i parametri di esecuzione sono tenuti sotto controllo e la profondità e la lunghezza del trattamento sono controllati. Durante la fase di iniezione, i seguenti parametri principali sono monitorati:

- pressione della miscela [bar];
- portata della miscela [l/min];
- volume della miscela [l];
- velocità di rotazione [giri/min];
- velocità di risalita [m/h];
- inclinazione del “mast” della sonda di perforazione.

Anche la continuità del flusso dello spurgo è controllata visivamente.

Se l'iniezione viene interrotta, il processo deve essere ricominciato almeno 50 cm sotto il livello in corrispondenza del quale era stato interrotto.

In base alle informazioni fornite dal COMMITTENTE sulle caratteristiche del terreno, i parametri selezionati per la miscela cementizia sono:

- cemento tipo CEM I 32.5 R;
- rapporto A/C = 1,0;
- densità di 1,51 t/m<sup>3</sup>.

La miscela cementizia è preparata in cantiere. L'acqua sarà approvvigionata dall'acquedotto. Il cemento deve essere mantenuto asciutto e protetto dalle intemperie durante il trasporto e lo stoccaggio in cantiere.

Per ottenere buoni risultati in termini di diametro della colonna e geometria della maglia nel tipo effettivo di terreno da trattare, è necessario eseguire un campo prove preliminare. Il campo prove sarà utilizzato per scegliere la metodologia di jet-grouting da adottare e definire i parametri di iniezione da applicare al fine di garantire che le colonne di jet-grouting abbiano il diametro desiderato (min. 1,1m). In base ai risultati della prova, la disposizione delle colonne di progetto (maglia) sarà ottimizzata. I parametri selezionati verranno applicati alle colonne di jet-grouting eseguite sia all'interno che all'esterno del pozzo.

Il test consiste nell'esecuzione di 4 colonne singole, delle quali 2 sono realizzate con tecnica “mono-fluido” e 2 con tecnica “bi-fluido”.

Ognuna delle 4 colonne sarà eseguita con un diverso set di parametri, in modo da determinare la combinazione migliore per ottenere un diametro finale delle colonne che non sia inferiore a 110cm. Le prime due colonne saranno realizzate utilizzando il sistema "mono-

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	30 di 54

fluido" (solo miscela cementizia ad alta pressione), mentre le altre due colonne mediante sistema "bi-fluido" (miscela cementizia ad alta pressione e aria compressa).

Ad eccezione dell'aggiunta di aria, i parametri utilizzati per la prima coppia sono uguali a quelli utilizzati per la seconda coppia, al fine di garantire un corretto confronto dei risultati.

Le colonne saranno iniettate a partire da una profondità di 0.5m, per evitare l'iniezione di miscela cementizia ad alta pressione troppo vicino alla superficie di lavoro, e saranno lunghe 4.0m.

In entrambi i casi, la perforazione sarà eseguita utilizzando utensili di perforazione di diametro 130mm e aste di perforazione di diametro 114mm.

### **TECNICA "MONO-FLUIDO": COLONNE DN1100mm**

Per ottenere una colonna avente un diametro di circa 1.1m, si considerano i seguenti parametri:

#### **COLONNA A1-1100 (500 kg di cemento/mc di terreno trattato)**

1. Rapporto acqua/cemento = 1 (ad esempio: 250 kg di acqua, 250 kg di cemento);
2. N° 1 ugello M20 4mm;
3. Pressione di iniezione della miscela: 380 bar;
4. Portata della miscela: 162 l/min da realizzarsi con 29 colpi al minuto;
5. Tempo di risalita: 16sec per step di 7cm;
6. Velocità di rotazione durante l'iniezione: 8 giri/min;
7. Lunghezza colonna: 4m
8. Tempo di iniezione: 15.5 minuti
9. Volume di miscela iniettata: 2510 litri
10. Quantità di cemento impiegato: 1.90 tonnellate

#### **COLONNA A1-1100 (600 kg di cemento/mc di terreno trattato)**

1. Rapporto acqua/cemento = 1 (ad esempio: 250 kg di acqua, 250 kg di cemento);
2. N° 1 ugello M20 4mm;
3. Pressione di iniezione della miscela: 410 bar;
4. Portata della miscela: 168 l/min da realizzarsi con 31 colpi al minuto;
5. Tempo di risalita: 19sec per step di 7cm;
6. Velocità di rotazione durante l'iniezione: 7 giri/min;
7. Lunghezza colonna: 4m
8. Tempo di iniezione: 18 minuti
9. Volume di miscela iniettata: 3015 litri
10. Quantità di cemento usata: 2.28 tonnellate

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGIP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 31 di 54

### **TECNICA “BI-FLUIDO”: COLONNE DN1100mm**

Per ottenere una colonna con un diametro di circa 1,1m, si considerano i parametri seguenti:

#### **COLONNA B1-1100 (500 kg di cemento/cm di terreno trattato)**

1. Rapporto acqua/cemento = 1 (ad esempio: 250 kg di acqua, 250 kg di cemento);
2. N° 1 ugello M20 4mm;
3. Pressione di iniezione della miscela: 380 bar;
4. Portata della miscela: 162 l/min da realizzarsi con 29 colpi al minuto;
5. Tempo di risalita: 16sec per step di 7cm;
6. Velocità di rotazione durante l'iniezione: 8 giri/min;
7. Lunghezza colonna: 4m
8. Tempo di iniezione: 15.5 minuti
9. Volume di miscela iniettata: 2510 litri
10. Quantità di cemento impiegato: 1.90 tonnellate
11. Pressione dell'aria: 12bar
12. Velocità dell'aria: 12000 l/min.

#### **COLONNA B1-1100 (600 kg di cemento/cm di terreno trattato)**

1. Rapporto acqua/cemento = 1 (ad esempio: 250 kg di acqua, 250 kg di cemento);
2. N° 1 ugello M20 4mm;
3. Pressione di iniezione della miscela: 410 bar;
4. Portata della miscela: 168 l/min da realizzarsi con 31 colpi al minuto;
5. Tempo di risalita: 19sec per step di 7cm;
6. Velocità di rotazione durante l'iniezione: 7 giri/min;
7. Lunghezza colonna: 4m
8. Tempo di iniezione: 18 minuti
9. Volume di miscela iniettata: 3015 litri
10. Quantità di cemento usata: 2.28 tonnellate
11. Pressione dell'aria: 12bar
12. Velocità dell'aria: 12000 l/min.

Le colonne possono essere esposte mediante escavazione non prima di 72 ore dal termine del trattamento.

### **7.3 SCAVO**

Lo scavo all'interno del pozzo è effettuato al completamento delle operazioni di jet-grouting.

Lo scavo sarà realizzato in due fasi:

- scavo dall'esterno mediante escavatore idraulico;
- scavo dall'interno del pozzo mediante un piccolo escavatore idraulico con il supporto di una gru mobile.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:  OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	32 di 54

Durante la fase di scavo, l'accesso al fondo scavo sarà garantito mediante il montaggio di una scalca fissa modulare prefabbricata, dotata di paraschiena. I moduli della scala saranno progressivamente installati all'interno del pozzo, con l'avanzare dello scavo.

Il materiale di scavo è stoccato nell'area di deposito temporaneo designata all'interno del cantiere. Il volume del materiale di scavo è circa 1300m<sup>3</sup>.

Per ulteriori dettagli, consultare la Sezione 11.

#### 7.4 OPERE IN CALCESTRUZZO

Le opere in calcestruzzo per la costruzione del pozzo consistono nella costruzione della trave di coronamento, della soletta di fondo, del muro di spinta e del muro di intestazione.

La trave di coronamento (Rif. [34]; [36]) è una trave in cemento armato continua che corre lungo tutto il perimetro del pozzo, sopra i pali secanti. È gettata in situ e ha la funzione di collegare e legare i pali per impedirne lo spostamento laterale o l'instabilità.

La trave di coronamento è costruita dopo il completamento di tutta la sequenza di pali e la demolizione dei cordoli guida. Prima di iniziare lo scavo all'interno delle pareti di ritenuta del pozzo, la trave di coronamento avrà maturato fino a raggiungere una resistenza adeguata. L'attività di jet-grouting sarà eseguita durante il tempo di maturazione della trave.



**Figura 21 – Esempio di trave di coronamento rigida**

La soletta di fondo in calcestruzzo contribuisce a contrastare, con la sua rigidità, lo spostamento delle pareti del pozzo verso il suo interno ed assicura una superficie di lavoro stabile. La soletta è spessa 50cm ed è armata con una rete in acciaio (Rif. [36]); viene gettata in cantiere al termine della fase di scavo.

Il muro di spinta e il muro di intestazione sono funzionali all'esecuzione delle operazioni di microtunnelling.

Il muro di intestazione è una parete in calcestruzzo armato situata in corrispondenza del punto di ingresso della macchina, opportunamente progettata per installare l'anello di tenuta e permettere l'ingresso dei tubi nello scavo.

Il muro di spinta è costruito sul lato opposto della muro di intestazione; esso distribuisce spinta esercitata dalla stazione di spinta principale, utilizzata per spingere la TBM e i tubi nel terreno, alla parete di pali e al terreno dietro di essa.

I muri sono gettati in cantiere con calcestruzzo preconfezionato, dopo l'installazione delle armature in acciaio (Rif. [36])

La metodologia dettagliata è riportata alla Sezione 11.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	33 di 54

## 8. REQUISITI QA/QC

Tutte le attività descritte nel presente documento saranno realizzate dal SUBAPPALTATORE ottemperando completamente con i requisiti tecnici e qualitativi minimi, in conformità a tutte le normative vigenti, al CONTRATTO e alle norme della certificazione ISO 9001:2008.

Per i dettagli del Sistema di Qualità del Progetto, si faccia riferimento al il Piano di Qualità di Progetto (Rif. [25]) di I.CO.P.

I dettagli delle attività di Controllo Qualità da effettuare durante l'esecuzione dei lavori sono riportati nel Piano di Controllo della Qualità (Rif. [26]).

I moduli e le check list saranno compilati dal personale del SUBAPPALTATORE man mano che i lavori avanzano.

## 9. CONDIZIONI HSE – SALUTE, SICUREZZA, AMBIENTE

Si faccia riferimento ai seguenti documenti:

- I.CO.P. – Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) Decreto Legislativo N. 81/08 - Pozzo di spinta (Rif.[27]);
- I.CO.P. – HSE Plan (Rif. [28]);
- I.CO.P. – Excavation Safety (Rif. [31]).

## 10. PROTEZIONE AMBIENTALE

Le attività descritte nel presente documento saranno effettuate in modo appropriato, dai punti di vista della tutela dell'ambiente, e gli impatti ambientali saranno mitigati e gestiti come descritto negli ESIP di progetto.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 ICTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 34 di 54

## 11. METODOLOGIA DI DETTAGLIO

Consultare anche il disegno I.CO.P. – Pozzo di spinta: Sequenza Costruttiva Completa [39] e I.CO.P. – Pozzo di spinta: Fasi Costruttive Jet-Grouting [40].

### 11.1 PARETI DEL POZZO

1	Approvazione del Piano Operativo di Sicurezza da parte de Coordinatore per la Sicurezza in Fase di Esecuzione dei Lavori, nominato dalla COMMITTENTE come da D.Lgs. 81/08
2	Garantire che la valutazione dei rischi e la job safety analysis siano state effettuate per ogni attività prevista: revisionate, approvate e pienamente comprese.
3	Condurre toolbox talks e valutazioni sulla sicurezza/ambiente prima dell'inizio di ogni nuova attività e ogni mattina, se necessario. Rilasciare/riconvalidare i permessi di lavoro, se necessario.
4	Tutte le attrezzature devono essere verificate e controllate secondo le check-list preliminari delle attrezzature / macchinari. Le non conformità devono essere rettificate e corrette prima di permettere qualsiasi attività operativa.
5	<b>Attività preliminari</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Una zona di lavoro stabile e livellata è predisposta per sostenere il peso della macchina per pali come descritto nel documento I.CO.P. – Procedure for Onshore Site Preparation: Microtunnelling Area (Rif. [43]; [32]).</li> </ul>
6	<b>Cordoli guida (Rif. [37])</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La posizione dei cordoli guida viene individuata mediante picchetti provvisori, come definito nel disegno Rif. [37].</li> <li>Si esegue uno scavo a cielo aperto per raggiungere il livello di progetto dell'infradosso dei cordoli guida.</li> <li>Uno strato di magrone viene versato sul fondo dello scavo.</li> <li>Le armature e i blocchi di blocchi di polistirolo sono inseriti nello scavo.</li> <li>Il calcestruzzo preconfezionato è consegnato in cantiere e gettato nello scavo.</li> <li>Dopo 24 ore, si rimuovono i blocchi di polistirolo.</li> </ul>
7	<b>Pali secanti (Rif. [34];[37];[35])</b> La sequenza di costruzione dei pali è definita dal Capocommessa del SUBAPPALTATORE, in accordo con il Capocantiere del SUBAPPALTATORE, in base ai seguenti requisiti: i pali secondari devono essere eseguiti dopo il completamento dei pali primari adiacenti; i pali secondari devono essere eseguiti quando i due pali con i quali si intersecano hanno maturato per almeno 36 ore. La sequenza di costruzione per ogni palo è la seguente: <ul style="list-style-type: none"> <li>La macchina è collocata in corrispondenza della posizione stabilita per il palo e il “mast” è allineato in direzione verticale.</li> <li>L'operatore verifica l'allineamento verticale del “mast”, con l'ausilio degli strumenti elettronici della macchina.</li> <li>Scavo: il rivestimento e l'elica continua avanzano ruotando (in versi opposti) nel terreno, mentre il terreno scavato risale, all'interno del rivestimento, verso un sistema a tramoggia che lo scarica a terra.</li> <li>Quando la profondità di progetto è raggiunta, lo scavo viene interrotto.</li> </ul>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	35 di 54

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il calcestruzzo auto-compattante preconfezionato è recapitato in cantiere con delle betoniere. Una prova di spandimento è effettuata sul calcestruzzo per valutare la sua la sua fluidità in conformità con lo standard UNI EN 12350-8 (Rif. [49]).</li> <li>• I campioni di calcestruzzo sono prelevati come per ITP (Rif. [26]) e D.M. 14/01/2008 (Rif. [48]).</li> <li>• Getto: il calcestruzzo è pompato all'interno del cavo dell'elica mediante una pompa per calcestruzzo carrellata. Il calcestruzzo fuoriesce a pressione dalla sezione inferiore dell'elica. Mentre il calcestruzzo viene gettato nel foro, l'elica e il rivestimento sono gradualmente estratti.</li> <li>• Installazione delle armature: quando il palo è completamente gettato, l'armatura (previamente assemblata come descritto alla Sezione 7.1) è calata nel foro mediante una gru mobile ausiliaria.</li> </ul> <p>Al termine della procedura, la macchina si sposta alla posizione successiva e il procedimento è ripetuto fino a che tutti i pali sono costruiti.</p>
8	<p><b>Costruzione della trave di coronamento (Rif. [34]; [36])</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I cordoli guida sono demoliti. I rifiuti risultanti sono rimossi e trasportati, da una ditta terza autorizzata, ad una discarica autorizzata per essere smaltiti.</li> <li>• La superficie di lavoro è livellata e la posizione del cassero è segnata.</li> <li>• Le armature sono installate in conformità al progetto (Rif.[36]).</li> <li>• I tubi DN125mm sono collocati all'interno dell'armatura in conformità al progetto.</li> <li>• I casseri sono installati.</li> <li>• Il calcestruzzo preconfezionato è consegnato in cantiere e la trave è gettato.</li> <li>• I campioni di calcestruzzo sono prelevati come per ITP (Rif. [26]) e D.M. 14/01/2008 (Rif. [48]).</li> <li>• La trave di coronamento è lasciata maturare per 24 ore prima di rimuovere i casseri.</li> </ul>

## 11.2 JET GROUTING (ALL'INTERNO E ALL'ESTERNO DEL POZZO)

1	Approvazione del Piano Operativo di Sicurezza da parte de Coordinatore per la Sicurezza in Fase di Esecuzione dei Lavori, nominato dalla COMMITTENTE come da D.Lgs. 81/08
2	Garantire che la valutazione dei rischi e la job safety analysis siano state effettuate per ogni attività prevista: revisionate, approvate e pienamente comprese.
3	Condurre "toolbox talks" e valutazioni sulla sicurezza/ambiente prima dell'inizio di ogni nuova attività e ogni mattina, se necessario. Rilasciare/riconvalidare i permessi di lavoro, se necessario.
4	Tutte le attrezzature devono essere verificate e controllate secondo le check-list preliminari delle attrezzature / macchinari. Le non conformità devono essere rettificate e corrette prima di permettere qualsiasi attività operativa.
5	<p><b>Installazione degli impianti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le attrezzature (generatore, impianto di miscelazione, pompa peristaltica, pompa per jet grouting, silos e serbatoi d'acqua) sono installate nella zona designata.</li> <li>• Le attrezzature sono collegate e testate.</li> </ul>
6	<p><b>Test preliminari in cantiere</b></p> <p>Prima di incominciare le operazioni di jet-grouting, una serie di test preliminari è effettuata</p>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	36 di 54

	<p>in cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La posizione delle quattro colonne jet-grouting di prova è tracciata.</li> <li>• Le quattro colonne di jet-grouting sono eseguite in conformità ai parametri descritti alla Sezione 7.2 (per il dettaglio della sequenza di esecuzione delle colonne, consultare il punto 8 di cui sotto).</li> <li>• Le colonne sono lasciate solidificare per 72 ore.</li> <li>• Le colonne di jet-grouting sono esposte mediante escavazione.</li> <li>• Le dimensioni delle colonne di jet-grouting sono misurate.</li> <li>• In base ai risultati del test, vengono scelti la tipologia di jet-grouting (mono- o bi-fluido) e i parametri di iniezione.</li> <li>• Se opportuno, la maglia delle colonne di jet-grouting di progetto (Rif. [40]) viene ottimizzata.</li> </ul>
7	<p><b>Attività preliminari</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una zona di lavoro stabile e livellata è predisposta per sostenere il peso della sonda di perforazione come descritto nel documento I.CO.P. – Procedure for Onshore Site Preparation: Microtunnelling Area (Rif. [43]; [32]).</li> <li>• Un bacino di contenimento temporaneo, confinato da un arginello in terra e impermeabilizzato, è costruito per stoccare temporaneamente lo spurgo generato durante le operazioni di jet-grouting.</li> <li>• Un'area dedicata allo stoccaggio temporaneo dello spurgo solidificato è preparata stendendo un telo per impermeabilizzarla.</li> <li>• La posizione di ogni colonna è contrassegnata mediante un sistema di allineamenti tracciati dal topografo attorno al pozzo (consultare la Sezione 7.2) in modo da identificarle facilmente ogni qualvolta sia necessario (Rif. [40]).</li> </ul>
8	<p><b>Jet grouting (Rif. [40])</b></p> <p>Le colonne di jet-grouting sono eseguite in conformità alla sequenza definita dal Capocommessa del SUBAPPALTATORE, in accordo con il Capocantiere del SUBAPPALTATORE.</p> <p>Le colonne all'interno del perimetro del pozzo sono eseguite per prime, le colonne esterne al pozzo sono eseguite dopo.</p> <p>La sequenza di costruzione per ogni colonna è la seguente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La sonda di perforazione è posizionata in corrispondenza dell'ubicazione della colonna e il "mast" è allineato in direzione verticale.</li> <li>• L'operatore verifica l'allineamento verticale del "mast" con l'ausilio di un livello elettronica posizionata sul "mast" del macchinario.</li> <li>• L'asta di perforazione avanza ruotando nel terreno fino a raggiungere la profondità di progetto (Rif. [34]). L'acqua è utilizzata come fluido di perforazione.</li> <li>• Quando la fase di perforazione è completata, l'operatore della sonda avverte l'operatore della pompa che interrompe il flusso dell'acqua e attiva la fase di iniezione.</li> <li>• Quando si raggiunge la pressione di progetto della miscela cementizia, l'operatore della sonda attiva la fase di risalita dell'asta di perforazione, che viene ritratta a velocità di risalita e di rotazione predeterminate, fino al completamento della colonna.</li> <li>• La sonda di perforazione si sposta nella posizione successiva e il procedimento è ripetuto.</li> </ul>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	37 di 54

9	<p><b>Attività di supporto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo spurgo (boiaccia mescolata a terreno) risultante dall'iniezione delle colonne in jet-grouting è convogliato verso una piccola buca situata vicino alla sonda di perforazione e poi pompato nel bacino temporaneo.</li> <li>La porzione di spurgo che non può essere pompata, rimane all'interno della buca fino al mattino seguente, per solidificarsi.</li> <li>Ogni mattina, prima di iniziare le operazioni, l'acqua presente sulla superficie dello spurgo (nella buca o nel bacino) è pompata nei vasconi per essere riutilizzata nel procedimento.</li> <li>Dopo aver rimosso l'acqua, lo spurgo indurito viene spostato dalla buca temporanea al bacino mediante un escavatore. Questa operazione è completata prima di iniziare le attività di jet-grouting.</li> <li>Periodicamente, lo spurgo è rimosso dal bacino e accumulato nell'area di stoccaggio temporaneo.</li> <li>Periodicamente, lo spurgo è rimosso dall'area di stoccaggio temporaneo e portato, da una ditta terza autorizzata, in una discarica autorizzata per essere smaltito.</li> <li>L'acqua in eccesso, che rimane alla fine delle attività, sarà trasportata, da ditta terza autorizzata, a un impianto di trattamento delle acque autorizzato.</li> </ul>
---	--

### 11.3 COMPLETAMENTO DEL POZZO

1	Approvazione del Piano Operativo di Sicurezza da parte de Coordinatore per la Sicurezza in Fase di Esecuzione dei Lavori, nominato dalla COMMITTENTE come da D.Lgs. 81/08
2	Garantire che la valutazione dei rischi e la job safety analysis siano state effettuate per ogni attività prevista: revisionate, approvate e pienamente comprese.
3	Condurre "toolbox talks" e valutazioni sulla sicurezza/ambiente prima dell'inizio di ogni nuova attività e ogni mattina, se necessario. Rilasciare/riconvalidare i permessi di lavoro, se necessario.
4	Tutte le attrezzature devono essere verificate e controllate secondo le check-list preliminari delle attrezzature / macchinari. Le non conformità devono essere rettificate e corrette prima di permettere qualsiasi attività operativa.
5	<p><b>Scavo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo scavo all'interno del pozzo può iniziare al completamento delle operazioni di jet grouting e quando la trave di coronamento ha sviluppato una resistenza alla compressione sufficiente (28 giorni).</li> <li>Poiché la struttura del pozzo è impermeabile, il drenaggio dell'acqua non è necessario.</li> <li>Lo scavo sarà eseguito, per quanto possibile, dall'esterno mediante un escavatore dotato di un braccio lungo.</li> <li>Quando si raggiunge una profondità di scavo di massimo 2m, viene installato il parapetto di sicurezza.</li> <li>Durante la fase di scavo, l'accesso al fondo scavo sarà garantito mediante il montaggio di una scalca fissa modulare prefabbricata, dotata di paraschiena. I moduli della scala saranno progressivamente installati all'interno del pozzo, con l'avanzare dello scavo.</li> <li>Quando la profondità del pozzo non consente più che lo scavo sia eseguito</li> </ul>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 38 di 54

	<p>dall'esterno, un piccolo escavatore viene calato nel pozzo mediante una gru mobile per continuare il lavoro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'operatore dell'escavatore scava il terreno caricandolo in una cesta.</li> <li>• Quando la cesta è piena, una gru mobile la solleva e scarica il terreno su un camion o una pala.</li> <li>• Il materiale di scavo è trasportato nell'area di stoccaggio temporaneo designata e la cesta è nuovamente calata all'interno del pozzo.</li> <li>• Lo scavo procede fino al raggiungimento della profondità di progetto.</li> <li>• Un rilievo topografico è effettuato per verificare la profondità dello scavo.</li> </ul>
6	<p><b>Soletta di fondo in calcestruzzo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il topografo segna il livello del magrone da stendere e della soletta di calcestruzzo da costruire.</li> <li>• Il magrone è versato direttamente sull'area attraverso un tubo per calcestruzzo.</li> <li>• Il magrone viene lasciato solidificare per 1 giorno prima di procedere con le fasi successive di lavorazione.</li> <li>• Le armature in acciaio sono posizionate in conformità al progetto (Rif. [36]). La loro posizione, spaziatura e spostamento sono verificati.</li> <li>• Il calcestruzzo preconfezionato è consegnato in cantiere.</li> <li>• I campioni di calcestruzzo sono prelevati come per ITP (Rif. [26]) e D.M. 14/01/2008 (Rif. [48]).</li> <li>• La soletta di fondo è gettata usando una pompa per calcestruzzo. Al completamento dei lavori di getto, la superficie del calcestruzzo è livellata usando una livellatrice per calcestruzzo.</li> <li>• La soletta di calcestruzzo è lasciata maturare per 24 ore, in modo da indurire, prima di procedere alle attività descritte sotto.</li> </ul>
7	<p><b>Installazione delle scale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al completamento della soletta di fondo, un ponteggio multi-direzionale, con elementi scala, è installato all'interno del pozzo. La scala costituisce lo strumento principale per l'accesso nel pozzo.</li> </ul>
8	<p><b>Opere in calcestruzzo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I muri di intestazione e di spinta sono gettati <ul style="list-style-type: none"> <li>- la posizione dei cassero è tracciata;</li> <li>- le armature in acciaio sono installate;</li> <li>- i casseri sono installati e fissati;</li> <li>- il calcestruzzo preconfezionato è consegnato in cantiere e gettato;</li> <li>- i campioni di calcestruzzo sono prelevati come per ITP (Rif. [26]) e D.M. 14/01/2008 (Rif. [48]).</li> </ul> </li> <li>• La soletta di compensazione "orizzontale" è gettata: <ul style="list-style-type: none"> <li>- il cassero è installato;</li> <li>- il calcestruzzo preconfezionato è consegnato in cantiere e gettato</li> </ul> </li> <li>• Le pareti in calcestruzzo sono lasciate solidificare per 24 ore prima di scasserare.</li> </ul>

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGIP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 39 di 54

## 12. RISORSE

Num.	Descrizione
<b>PALI SECANTI</b>	
1	Operatore macchina per pali
1	Operatore pompa calcestruzzo
1	Operatore macchine movimento terra
1 / 2	Operai
<b>JET GROUTING</b>	
1	Operatore sonda di perforazione
1	Operatore impianto
1	Operatore macchine movimento terra
1 / 2	Operai
<b>SCAVO</b>	
2	Operatore macchine (movimento terra / gru)
2	Operai
<b>OPERE IN CALCESTRUZZO</b>	
4 / 5	Operai
1	Operatore macchine movimento terra / gru

**Note:** Il numero di persone impiegate in cantiere può variare in relazione alla specifica attività da effettuare.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 40 di 54

### 13. ATTREZZATURE

**Note:** l'attrezzatura elencata nel presente documento può essere sostituita, durante la costruzione, con attrezzature diverse, con prestazioni equivalenti. Tutti i dispositivi e le apparecchiature elettrici ed elettronici devono essere certificati "CE".

Descrizione	
<b>PALI SECANTI PER DIAFRAMMI DEL POZZO</b>	
1	Macchina per pali tipo Bauer BG30, incluso sistema di registrazione dati
1	Pompa per calcestruzzo carrata tipo MECBO P4.65AP
1	Escavatore (peso 20 tonnellate)
1	Gru mobile (30-40 tonnellate)
1	Compressore (portata 11,1 m <sup>3</sup> /min)
1	Saldatrice / Gen-Set (7 kVA)
1	Vibratore per gabbie
	Tubi di rivestimento in acciaio DN900mm
	Elica continua
1	Container laboratorio
	Betoniere (peso massimo totale 32/40 tonnellate), secondo necessità
	Camion di rifornimento (peso massimo totale 44 tonnellate), secondo necessità
<b>JET GROUTING</b>	
1	Sonda di perforazione tipo Casagrande C14, incluso sistema di registrazione dati
1	Pompa per jet grouting tipo Tecniwell TW600
1	Impianto di miscelazione tipo Tecniwell TWM30 o Lodos30 incluso agitatore
1	Pompa peristaltica tipo Bauer/MAT HP30
1	Generator (150kW)
1	Compressore (portata 11,1 m <sup>3</sup> /min)
1	Escavatore (peso 20 tonnellate)
P/T	Camion
	Aste di perforazione DN114mm e utensile di scavo
2	Silos per cemento
2 / 3	Serbatoi d'acqua
1	Container laboratorio
	Camion di rifornimento (peso massimo totale 44tonnellate), secondo necessità
<b>SCAVO</b>	
1	Escavatore (peso 20 tonnellate)
1	Piccolo escavatore (peso 3-5 tonnellate)
1	Pala (peso 10-20 tonnellate)
1	Gru mobile (40-60 tonnellate)
1	Camion (peso massimo totale 44 tonnellate)

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 41 di 54

Descrizione	
<b>OPERE IN CALCESTRUZZO</b>	
1	Saldatrice / Gen-Set (7 kVA)
1	Compressore (min portata 2,7 m <sup>3</sup> /min)
P/T	Gru mobile (30-40 tonnellate)
1	Saldatrice / Gen-Set (7 kVA)
	Betoniere (peso massimo totale 32/40 tonnellate), secondo necessità
	Pompa per calcestruzzo, come necessario
	Camion di rifornimento (peso massimo totale 44 tonnellate), secondo necessità

## 14. MATERIALI E FORNITURE

Descrizione	Requisiti QA	
	SI	NO
Calcestruzzo preconfezionato	✓	
Armature in acciaio	✓	
Casseri in legno		✓
Sacchi di Cemento Portland Tipo 1		✓
Ponteggi, Scale, Parapetti, Scale a mano		✓
Diesel		✓
Acqua		✓
Materiale impermeabilizzante		✓

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	42 di 54

## 15. ALLEGATI

Le attrezzature presentate nelle seguenti schede tecniche può essere sostituito, durante la costruzione, con attrezzature differenti aventi prestazioni equivalenti.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
		Titolo Doc.:	Pagina:	43 di 54

15.1 SCHEDA TECNICA – MACCHINA PER PALI

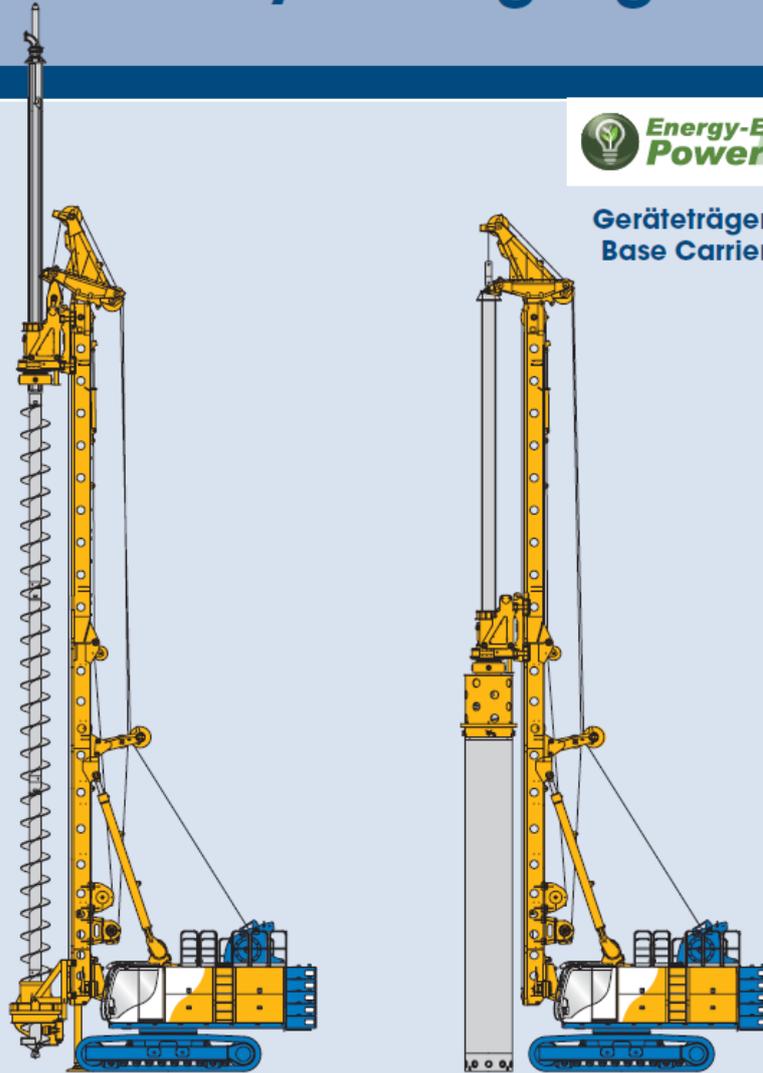
# BAUER BG 30

## Großdrehbohrgerät Rotary Drilling Rig

PremiumLine



Geräteträger BS 95  
Base Carrier BS 95



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 44 di 54

## Technische Daten

## Technical data

<b>Gesamthöhe</b>	<b>Overall height</b>	26,5 m
<b>Gewicht ohne Ausrüstung (ca.)</b>	<b>Weight without attachment (approx.)</b>	94 t
Drehantrieb	Rotary drive	KDK 300 K
Drehmoment (nominal) bei 350 bar	Torque (nominal) at 350 bar	295 kNm
Drehzahl (max.)	Speed of rotation (max.)	31 U/min (rpm)
<b>Windenvorschub</b>	<b>Crowd winch</b>	
Druckkraft / Zugkraft (effektiv)	Crowd force push / pull (effective)	330 / 330 kN
Druckkraft / Zugkraft gemessen am Drehteller KDK	Crowd force push / pull (measured at the casing drive adapter on the rotary drive)	270 / 280 kN
Max. Schlittenhub	Max. stroke of sledge	19.370 mm
Hub (Kellysystem)	Stroke (kelly system)	10.420 mm
<b>Hauptwinde (Windenklasse)</b>	<b>Main winch (winch classification)</b>	M6 / L3 / T5
Zugkraft (1. Lage) effektiv / nominal	Line pull (1st layer) effective / nominal	274 / 351 kN
Seildurchmesser	Rope diameter	32 mm
<b>Hilfswinde (Windenklasse)</b>	<b>Auxiliary winch (winch classification)</b>	M6 / L3 / T5
Zugkraft (1. Lage) effektiv / nominal	Line pull (1st layer) effective / nominal	80 / 100 kN
Seildurchmesser	Rope diameter	20 mm
<b>Mastneigung (nach hinten / vorne)</b>	<b>Mast inclination (backward / forward)</b>	15° / 5°
quer (Bohrbetrieb / Hilfswindenbetrieb)	Lateral (drilling mode / aux. winch mode)	2° / 5°

<b>Trägergerät ohne EEP</b>	<b>Base carrier without EEP</b>	<b>BS 95</b>
<b>Motor</b>	<b>Engine</b>	<b>CAT C 15</b>
Nennleistung ISO 3046-1	Rated output ISO 3046-1	403 kW@1.800 U/min
Motor spezifiziert nach Abgasnorm	conforming to exhaust emission standard	EEC 97/68EC Stage III A und EPA/CARB Tier 3
Dieseltank	Diesel tank capacity	1.000 l
Fördermengen	Flow rates	2 x 320 + 1 x 215 l/min

<b>Trägergerät mit EEP</b>	<b>Base carrier with EEP</b>	<b>BS 95</b>
<b>Motor</b>	<b>Engine</b>	<b>CAT C 15</b>
Nennleistung ISO 3046-1	Rated output ISO 3046-1	433 kW@1.800 U/min
Motor spezifiziert nach Abgasnorm	conforming to exhaust emission standard	EEC 97/68EC Stage IV und EPA/CARB Tier 4 final
Dieseltank / AdBlue tank	Diesel tank capacity / AdBlue tank	840 / 35 l
Fördermengen	Flow rates	2 x 425 + 1 x 565 + 1 x 215 l/min

<b>Hydrauliksystem</b>	<b>Hydraulic system</b>	
Hydraulikdruck	Hydraulic pressure	350 bar
Tankinhalt	Hydraulic oil tank capacity	1.000 l

<b>Unterwagen</b>	<b>Undercarriage</b>	
Laufwerksklasse	Crawler type	B 7
3-Steg Bodenplatten	Width of triple grouser track shoes	800 mm
Spurweite (eingefahren/ausgefahren)	Track width (retracted/extended)	2.600 / 3.800 mm
Fahrwerksbreite (eingefahren/ausgefahren)	Overall width of crawlers (retracted/extended)	3.400 / 4.600 mm
Fahrwerkslänge	Overall length of crawlers	5.680 mm
Zugkraft effektiv / nominal	Traction force effective / nominal	740 kN / 870 kN

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 45 di 54

## 15.2 SCHEDA TECNICA – POMPA PER CALCESTRUZZO CARRATA



### Application

- Potente pompa in linea azionata da pistone ideale per solette in calcestruzzo
- La pompa montata su rimorchio mobile fornisce versatilità in aree a difficile accesso
- Capace di pompare calcestruzzo verticalmente
- Metodo sicuro di posizionamento del calcestruzzo
- Il sistema di controllo Brevettato "Pulsar Valve" garantisce una bassa manutenzione e un versamento senza problemi
- Calcestruzzo spruzzato per applicazioni speciali e tunneling

### Specifiche tecniche

	<b>P2.10</b>	<b>P4.25</b>	<b>P4.65</b>	<b>P6.90</b>	<b>P7.15</b>
<b>Volume Output- m3</b>	10	25	60	90	145
<b>Pressione Bar</b>	10	50	75	75	65
<b>Capacità tramoggia</b>	250	350	400	450	480
<b>Altezza a vuoto</b>	800	1200	1300	1400	1500
<b>Dia. Cilindro</b>	100	150	180	200	230
<b>Corsa Cilindro</b>	800	1000	1400	1800	2000
<b>Cicli N./m</b>	26	26	28	26	29
<b>Dia. Di uscita</b>	20	125	125	150	150
<b>Potenza- KW</b>	20	38	90	110	150
<b>Serbatoio olio - Ltr</b>	100	250	350	400	450
<b>Compressore-Lt/bar</b>	105/10	105/10	105/10	105/10	105/10
<b>Pompa acqua-Ltr</b>	35/16	35/16	35/16	35/16	35/16
<b>Lunghezza-mm</b>	3200	4800	5800	6000	6500
<b>Altezza-mm</b>	1500	1700	1900	2100	2300
<b>Larghezza-mm</b>	1080	1600	1600	1900	2000
<b>Peso -kg</b>	1150	3200	4200	5000	7600

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGT	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 46 di 54

### 15.3 SCHEDA TECNICA – SONDA DI PERFORAZIONE PER JET-GROUTING

#### Dati tecnici Technical Specifications

# C14

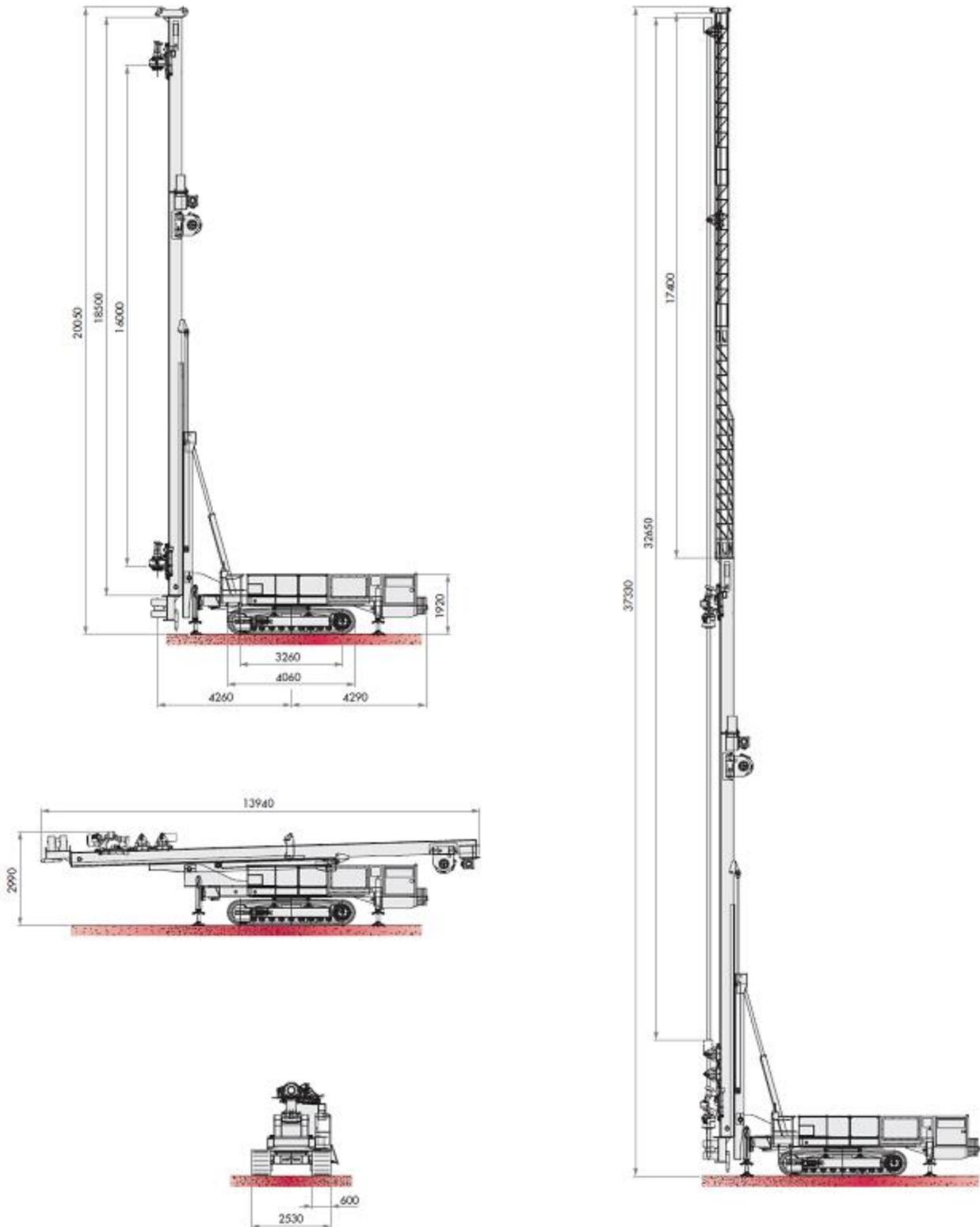


Caratteristiche Carro	Undercarriage		
Larghezza sottocarro	Overall width of undercarriage	8.3 ft	2530 mm
Larghezza pattini	Track shoe width	23.6 in	600 mm
Lunghezza cingoli	Overall track length	13.3 ft	4060 mm
Velocità di traslazione	Travel speed	0 ÷ 1 mph	0 ÷ 1,5 km/h
Pendenza max. superabile	Max. gradeability	58%	58%
Pressione specifica al suolo	Ground pressure	10.4 PSI	7,3 N/cm2
Motore	Engine	Deutz	
Modello	Model	TCD 2013 L06 2V (EPA/COM III)	
Potenza a 2300 giri	Rated power at 2300 rpm	256 HP	190 kW
Capacità serbatoio gasolio	Fuel tank capacity	105 gal	400 l
Capacità serbatoio olio idraulico	Hydraulic oil tank capacity	238 gal	900 l
Mast	Mast		
Lunghezza mast	Mast length	61 ft	18500 mm
Corsa testa di rotazione	Stroke of rotary head	52.5 ft	16000 mm
Forza di estrazione	Extraction force	31,473 lbs	140 kN
Spinta sull'utensile	Crowd force	31,473 lbs	140 kN
Velocità di estrazione / Spinta	Extraction / Crowd speed	197 ft/min	60 m/min
Morse	Clamps	M5/M55	
Diametro	Diameter	3.5 ÷ 16 in	90 ÷ 406 mm
Forza di chiusura	Clamping force	56,202 lbs	250 kN
Testa di rotazione	Rotary head	T2000 P200	
Coppia max.	Max. torque	13,200 lb ft	17,9 kNm
Giri max.	Max. speed	223 rpm	223 rpm
Ingombri e pesi	Dimensions and weight		
Lunghezza	Length	24.7 ft	15900 mm
Larghezza	Width	7.4 ft	2530 mm
Altezza	Height	9 ft	3000 mm
Peso attrezzatura	Weight of rig	28,000 lbs	31000 kg

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	47 di 54

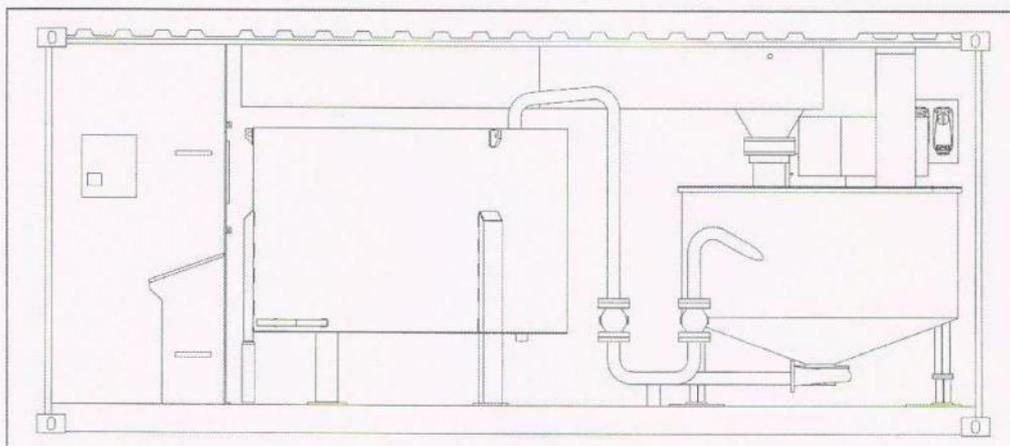


**Dimensioni**  
**Dimensions**



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 48 di 54

## 15.4 SCHEDA TECNICA – IMPIANTO DI MISCELAZIONE



### UNITÀ DI MISCELAZIONE TWM 30 / TWM 30 GROUT MIXER PLANT

#### Caratteristiche tecniche / Technical features

Produzione max. oraria / Max. hourly mix. capacity	30 m <sup>3</sup> (40,5 cu.y.)
Sistema di pesatura elettronica a cella di carico / Electronic load cell weighing system	
Potenza assorbita / Electric power	23 kW

#### Miscelatore / Mixer

Capacità max. / Max. capacity	2.000 lt (528 gl.)
Pompa a girante aperta (part. max. a 1 bar) / Pump open impeller type (max. flow rate at 1 bar)	2.000 lt/min (528 gpm)
Motore elettrico pompa / Pump electric motor	15 kW

#### Agitatore / Agitator

Capacità max. / Max. capacity	4.000 lt (1.057 gl.)
Motore elettrico pompa / Pump electric motor	2,2 kW

#### Vasca Accumulo Acqua / Water Tank

Capacità max. / Max. capacity	1.600 lt (423 gl.)
-------------------------------	--------------------

#### Pompa Sovralimentazione / Booster Pump

Portata max. (a 1 bar) / Max. flow rate (at 1 bar)	700 lit/min (185 gpm)
Motore elettrico pompa / Pump electric motor	2,2 kW

#### Compressore / Compressor

Capacità / Air compressor capacity	400 lt/min (106 gpm)
Serbatoio aria / Air tank	100 lt (26 gl.)
Motore elettrico / Electric motor	3 kW

#### Stampante su carta / Paper printer

Stampante a 24 colonne per la registrazione delle pesate dei singoli componenti della miscela  
24 columns printer to record the weight of each component of the mixture

#### Dimensioni e peso (mod. su skid) / Overall dimensions and weight (skid)

Larghezza / Width	Lunghezza / Length	Altezza / Height	Peso / Weight
2.438 mm	6.055 mm	2.591 mm	6.500 kg



**tecniwell**  
JET-GROUTING, GROUTING AND DRILLING EQUIPMENT

Tecniwell S.r.l. - Via I° Maggio, 61 - 29027 Podenzano (Piacenza) Italy  
Tel. +39/0523/524086 R.A. Fax +39/0523/524088  
E-mail: tw@tecniwell.com - http://www.tecniwell.com

AZIENDA CON SISTEMA DI  
GESTIONE PER LA QUALITÀ  
CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 9001:2000 =

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A	
		Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina:	49 di 54

## 15.5 SCHEDA TECNICA – POMPA PER JET GROUTING



**techniwell**  
 JET-GROUTING, GROUTING AND DRILLING EQUIPMENT



**TW 600**  
 POMPA TRIPLEX  
 ALTA PRESSIONE  
 HIGH PRESSURE  
 TRIPLEX PUMP

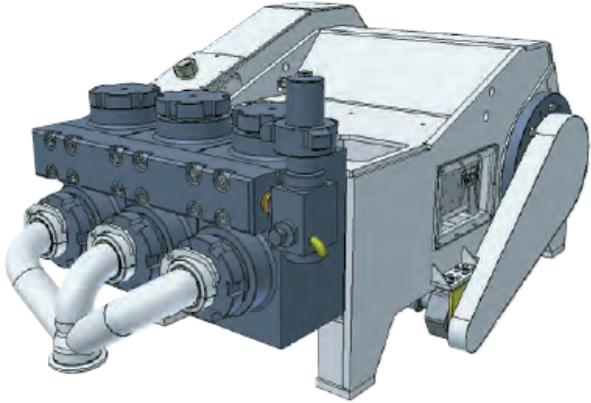
 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGT	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 50 di 54

**Dimensioni corpo pompa TW 600**  
**Bare shaft TW 600 pump dimensions**

Larghezza / Width ..... 1.600 mm

Lunghezza / Length ..... 2.480 mm

Altezza / Height ..... 1.310 mm



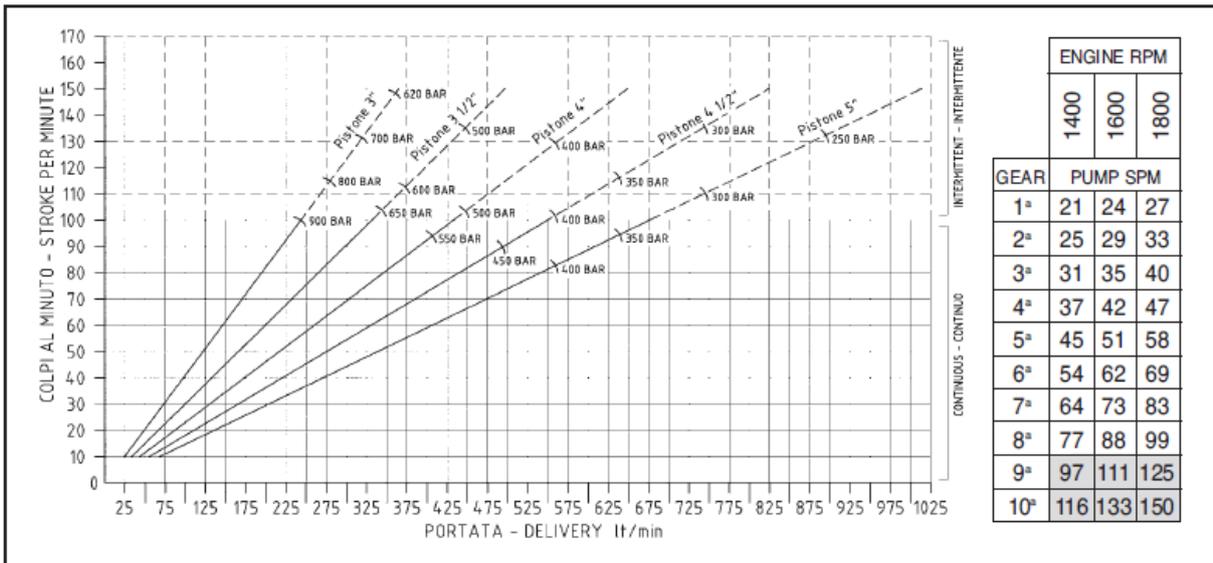
Certified UNI EN ISO 9001:2008 by DNV

**Principali caratteristiche modello TW 600 / Main features of model TW 600**

Pressione massima / Maximum pressure	900 bar / 90 MPa (13.050 psi)
Portata massima / Maximum flow rate	675 lit/min (178 gpm)
Potenza / Diesel engine power	589HP@1800rpm - 680HP@2100rpm
Diametro pistoni / Piston diameter	76,2 mm (3") - 88,9 mm (3 1/2") - 101,6 mm (4") 114,3 mm (4 1/2") - 127,0 mm (5")
Corsa pistoni / Piston stroke	177,8 mm (7")
Colpi / Stroke rate	150/min (150 spm)
Diametro aspirazione / Suction diameter	127,0 mm (5")
Diametro mandata / High pressure output diameter	50 mm (2")

**Dimensioni e peso / Overall dimensions and weight**

Larghezza / Width	Lunghezza / Length	Altezza / Height	Peso / Weight
2.438 mm (8')	6.450 mm (21' 2")	2.591 mm (8' 6")	13.100 Kg (28.880 lb)





**tecniwell**  
JET-GROUTING, GROUTING AND DRILLING EQUIPMENT

Tecniwell S.r.l. - Via I° Maggio, 61 - 29027 Podenzano (PC) Italy  
T +39 0523 524086 - F +39 0523 524088  
E mail:twcomm@tecniwell.com - http://www.tecniwell.com

Tutti i dati tecnici sono indicativi e la Tecniwell S.r.l. si riserva la facoltà di modificarli opportunamente / All technical data are purely indicative and subject to change without notice. (Ed. 2/2013).

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 51 di 54

## 15.6 SCHEDA TECNICA – POMPA PERISTALTICA

# Schlauchpumpen *Hose Pumps*

# HP



Schlauchpumpen HP-50, HP-30; HP-15  
Hose Pumps HP-50, HP-30; HP-15



Schlauchpumpe HP-50 mit geöffnetem Pumpendeckel  
Hose Pump HP-50 with open pump cover

### Anwendungsbereiche

Die ideale Pumpe zum Absaugen und Fördern von feststoffhaltigen, abrasiven und hochviskosen Flüssigkeiten:

- Schmutzwasser
- Bohrspülungen
- Suspensionen
- Schlämme
- Mörtel etc.

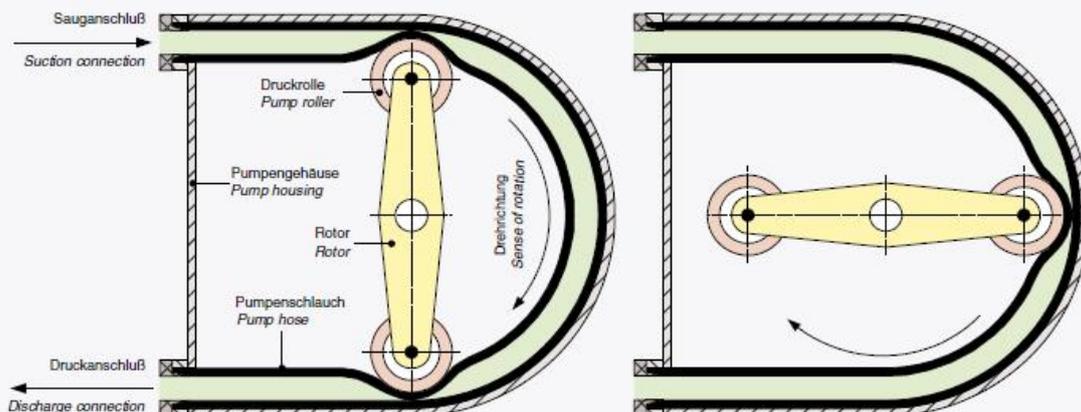
### Range of Applications

The ideal pump for removing and/or delivering solids-bearing, abrasive and highly viscous liquids:

- Waste water
- Drilling fluids
- Slurries, Suspensions
- Sludges
- Mortar, etc.

### Funktionsprinzip

### Principle of Operation



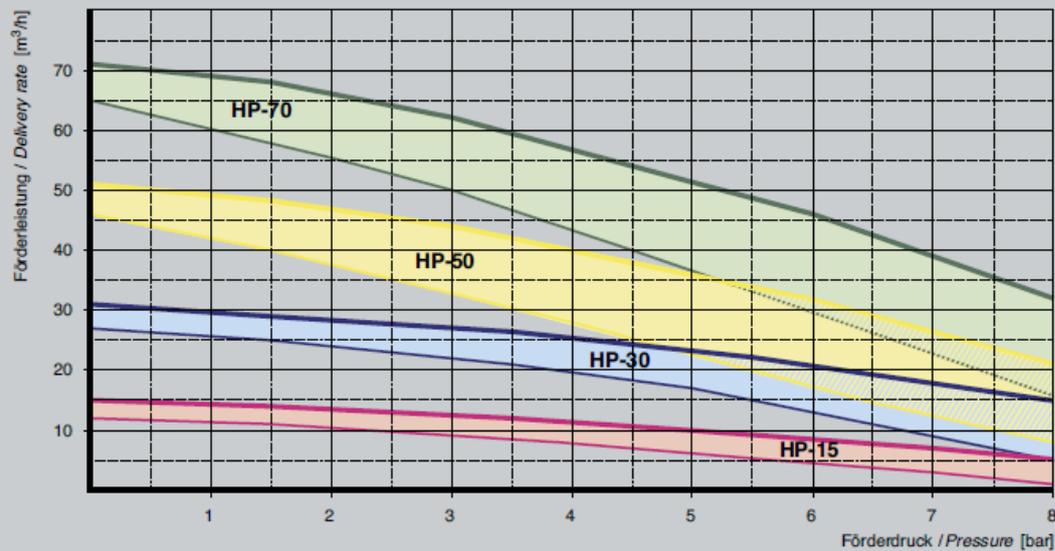
Lieferprogramm / Technische Daten

Product Range / Technical Characteristics

Schlauchpumpen / Hose Pumps

Typ	Antriebsart	Förderleistung max.	Förderdruck max.	Saughöhe max.	Antriebsleistung	Drehzahl Pumpenrotor	Korngröße max.	Nenn Durchmesser Pumpenschlauch	Länge	Breite	Höhe	Gewicht
Type	Mode of Drive	Delivery Rate max.	Delivery Pressure max.	Suction Lift max.	Power Input	Rotational Speed of Pump Rotor	Grain Size max.	Nominal Diameter of Pump Hose	Length	Width	Height	Weight
		m <sup>3</sup> /h	bar	mWS	kW	rpm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
HP-15	-E	15	8	8	7,5	67	16	50	1400	1270	1140	660
	-H											
HP-30	-E	30	8	8	18,5	66	24	70	1660	1400	1460	950
	-H											1000
HP-50	-E	50	8	8	30	33	32	100	1800	1850	1620	1810
	-H											
HP-70	-E	70	6	8	30	52	32	100	1800	1850	1650	1810
	-H											1780

Leistungsdiagramme / Performance Diagrams



■ Antriebsart: E = Elektrisch; H = Hydraulisch

Mode of drive: E = Electric; H = Hydraulic

■ Die Förderleistung ist abhängig von den jeweiligen Saug- und Druckverhältnissen, der Viskosität und Dichte des Fördermediums, der installierten Motorleistung und dem Verschleißzustand des Pumpenschlauches. Die angegebenen Werte sind Maximalwerte und beziehen sich auf die Förderung von Wasser bei 18°C mit freiem Zulauf und einwandfreiem Betriebszustand der Pumpe.

The delivery rate is dependent upon the respective suction and discharge conditions, the viscosity and density of the material being pumped, the installed motor power, and the state of wear of the pump hose. The stated values are maximum values and refer to the pumping of water at 18°C with no suction pressure and with the pump in perfect operating condition.

■ Die angegebenen Motorleistungen stellen die standardmäßige Ausrüstung der jeweiligen Pumpe dar. Je nach Anforderung können sowohl geringere als auch höhere Antriebsleistungen installiert werden.

The stated motor power values refer to the standard equipped version of the respective pump. Depending on the requirement, both lower and higher power inputs can be installed.

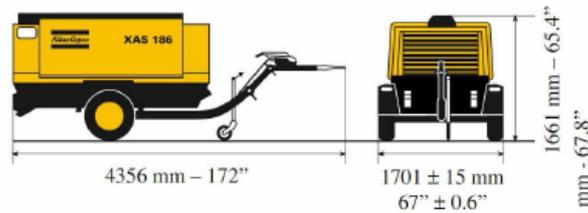
 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 53 di 54

## 15.7 SCHEDA TECNICA – COMPRESSORE

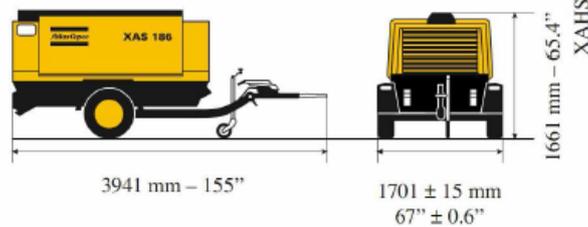
# ATLAS COPCO XAS 186 DD Air Compressor

## SPECIFICATIONS

Adjustable towbar



Fixed towbar



### MODEL

### ATLAS COPCO XAS 186 DD

#### ENGINE

Deutz	UOM	BF4M 2011EMR*	BF4M 2011	BF4M 2011	BF4M 2012C	BF4M 2011	BF4M 2012C	BF4M 2011	BF4M 2012C	BF4M 1013EC	BF4M 2012C
Number of cylinders		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Full load speed	r/min	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2200	2300
Output at rated speed	kW	56.5	56.5	56.5	88	56.5	88	56.5	88	104	88
Capacity of fuel tank	l	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
	US gal	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23	46.23

\* Electronic Management Regulator for heights up to 5000m / 16404 ft

#### COMPRESSOR

Type		XAS 126 ALTITUDE	XA(S) 136	XA(S) 136Ddg	XA(S) 186	XATS 116	XATS 156	XAHS 106	XAHS 146	XAHS 186	XAVS 136
Normal effective working pressure	bar(e)	7	7	7	7	10.3	10.3	12	12	12	14
	psig	102	102	102	102	150	150	175	175	175	204
Actual free air delivery guaranteed acc. ISO 1217 ed.3 1996 annex D	l/s	128	135	103	185	113	166	101	141	175	133
	m <sup>3</sup> /min	7.5	8.1	6.2	11.1	6.8	10	6.1	8.5	10.5	8
	cu. ft/ min	275	290	220	392	240	352	215	299	371	282
Sound power level acc.2000/14/EC	dB(A)	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Sound pressure level at 7m (indicative figures)	dB(A)	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Oil capacity	l	14.5	14.5	14.5	24	14.5	24	14.5	24	24	24
	US gal	3.8	3.8	3.8	6.3	3.8	6.3	3.8	6.3	6.3	6.3

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	I.CO.P. - Procedura di Costruzione del Pozzo di Spinta	Rev. No.:	A
 SAIPEM	 IGTP	Titolo Doc.:	OPL00-C10713-990-A-TPK-0005	Pagina: 54 di 54

## ATLAS COPCO XAS 186 DD Air Compressor

GENERATOR		230/400V-50Hz										
Electric power*	1 phase	kW/kVA	-	-	9.6/12	-	-	-	-	-	-	-
	3 phase	kW/kVA	-	-	9.6/12	-	-	-	-	-	-	-
Sockets Schuko	1 phase	A	-	-	1x16	-	-	-	-	-	-	-
	CEE 3 phase	A	-	-	2x16	-	-	-	-	-	-	-

\* complying with ISO 8528/8 – DIN 6280/10

WEIGHT		(ready to operate/full fuel tank**)			
		Without brakes		With brakes	
		Fixed towbar		Fixed towbar	Adjustable towbar
XAS 126 attitude, XA(S) 136, XATS 116, XAHS 106	kg	1515		1545	1585
	lbs	3340		3406	3494
XA(S) 136 DdG	kg	1585		1615	1655
	lbs	3494		3560	3649
XAS 186, XATS 156, XAHS 146, XAVS 136	kg	1705		1800	1825
	lbs	3759		3969	4024
XAHS 186	kg	N.A.		N.A.	1883
	lbs	N.A.		N.A.	4152

Outlets: 1 x 1 1/2" and 3 x 3/4"

\*\* with generator + 70 kg/154 lbs

