

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## INTEGRAZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p><b>IL PROGETTISTA</b></p>  <p>Dott. Ing. E. Pagani          Ordine Ingegneri          Milano n° 15408</p>	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b>          Project Manager</p> <p>(Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>          Direttore Generale</p> <p>(Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>          Amministratore Delegato</p> <p>(Dott. P. Ciucci)</p>
---	--	--	--

<p><i>Area tematica</i></p> <p><i>Ente emittente</i></p> <p><i>Autore dell'osservazione</i></p> <p><i>Riferimento richiesta</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE</p> <p>MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE</p> <p>COMMISSIONE TECNICA VIA - VAS</p> <p>INTEGRAZIONI ALLA RICHIESTA PROT. CTVA-2011-0004534 DEL 22/12/2011</p> <p>RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11</p>
--	---

CODICE

V I A S 0 1 1 - F1

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F1	30/05/2012	EMISSIONE	G. BELLIZZI	A. FINAMORE	E. PAGANI

NOME DEL FILE: VIAS011\_F1



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11	<i>Codice</i> VIAS011_F1	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/53/2012

## INDICE

INDICE .....		3
Integrazioni e chiarimenti al Gruppo Istruttore della Commissione Tecnica VIA - VAS .....		4
1 Premessa.....		4
2 Richiesta integrazione ID S11 .....		4
2.1 Risposta integrazione VIAS011_a e b .....		5
2.2 Risposta integrazione VIAS011_c.....		18

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		<i>Codice</i> VIAS011_F1	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>30/53/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/53/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/53/2012						

## Integrazioni e chiarimenti al Gruppo Istruttore della Commissione Tecnica VIA - VAS

### 1 Premessa

Il presente documento fornisce riscontro alle osservazioni e alla richiesta di integrazione avanzate dalla Commissione Tecnica di Valutazione di Impatto nell'ambito della Procedura di VIA Speciale (L.O. 141), ex D.Lgs. 163/2006 e ss.mm.ii., artt. 166 e 167, comma 5, e Verifica di Ottemperanza, ex artt. 166, comma 3, e 185, comma 4 e 5 in riferimento al Progetto Definitivo "Attraversamento stabile dello Stretto di Messina e dei collegamenti stradali e ferroviari sui versanti Calabria e Sicilia. In particolare, con riferimento all'osservazione 11 Terza Parte: Lato Sicilia componente acque sotterranee, il Ministero avanza la richiesta di chiarimenti ed integrazioni, che verranno sviluppati nel dettaglio ai successivo paragrafo.

#### TERZA PARTE: LATO SICILIA – QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

#### COMPONENTE AMBIENTE IDRICO ACQUE SOTTERRANEE

### 2 Richiesta integrazione ID S11

*"In relazione all'interazione delle opere con le acque sotterranee, risulta necessario:*

- a. *a valle di una più approfondita conoscenza del modello idrogeologico, effettuare la valutazione delle portate drenate in galleria anche per quei tratti che attraversano formazioni permeabili per fessurazione (metamorfiti, calcari evaporitici, ecc.), utilizzando metodi basati su classificazioni geomeccaniche oppure formulazioni analitiche*
- b. *valutare nel dettaglio (rispetto sia alla quantità che alla qualità) gli aspetti relativi alla possibilità di riutilizzo (es. approvvigionamento idrico, ricarica delle falde idriche, ecc.) delle acque drenate in galleria e di quelle derivanti dagli scavi nell'area dei Pantani, previa verifica dello specifico livello qualitativo.*
- c. *alla luce degli approfondimenti di cui alle richieste precedenti, e tenuto conto della consistente riduzione delle portate sotterranee, rideterminare, tramite adeguata modellazione e verificando la congruenza dei valori di conducibilità idraulica utilizzati, gli effetti sul cuneo salino degli interventi previsti, con particolare attenzione all'area dei Pantani dei Ganzirri.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		<i>Codice</i> VIAS011_F1	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/53/2012

## 2.1 Risposta integrazione VIAS011\_a e b

Quanto richiesto è stato dettagliatamente approfondito mediante uno studio idrogeologico specifico e si trova descritto nei seguenti elaborati di Progetto Definitivo:

- documento AS0067: “Collegamenti Sicilia – Studio idrogeologico aree interessate dallo scavo delle gallerie – Relazione idrogeologica descrittiva”
- documento AS0078: “Collegamenti Sicilia – Studio idrogeologico e geochimico nell’area dei Pantani di Ganzirri – Relazione idrogeologica descrittiva”.

Nel documento citato AS0067, dopo un inquadramento generale dell’area, dal punto di vista idrogeologico, dopo una valutazione delle prime risultanze del monitoraggio piezometrico, un censimento dei principali punti d’acqua, si procede ad una analisi dell’assetto idrogeologico lungo il tracciato delle gallerie autostradali e ferroviarie ai paragrafi 7 ed 8, rispettivamente.

Per rispondere a quanto richiesto nel dettaglio, al paragrafo 9, dello stesso documento, sono riportate una serie di valutazioni quantitative sulle portate in galleria e sulle interferenze opere – falda; le valutazioni sono state eseguite sia mediante modelli analitici che modelli numerici, le cui considerazioni conclusive sono descritte ai paragrafi 11.1 ed 11.2.

In sintesi di seguito si riporta quanto descrivono i due paragrafi 11.1 ed 11.2:

*Paragrafo 11.1: Stime sulle portate drenate*

*“..... Le problematiche di afflussi in galleria si verificano quasi esclusivamente per le gallerie autostradali, poiché queste vengono eseguite con metodo di scavo tradizionale.*

*La Galleria Faro si sviluppa totalmente in zona insatura. Ciò nonostante è stato valutato un problema di portate temporanee che si potrebbero generare in corso di scavo al sottopassaggio della fiumara Sant’Agata posta tra il Km 3+900 e 4+100 (canna Reggio). Si tratta di un problema prettamente costruttivo che non ha risvolti di tipo ambientale. In questo caso è stato previsto che temporaneamente, in caso di falde temporanee generatesi in periodi particolarmente piovosi, si potrebbero avere venute transitorie in galleria fino a 30 l/s\*5m (cfr. §9.1.1.1 per comprendere la ragione del calcolo su una distanza di tunnel pari a 5m).*

*La Galleria Balena non presenta problematiche particolari di afflussi d’acqua trovandosi interamente al di sopra della superficie di falda*

*Per la Galleria Le Fosse i problemi di afflussi sono piuttosto circoscritti a due zone, ovvero sia quella compresa tra il Km 9+200 e 9+600 e quella compresa tra il Km 9+850 e 9+950 ca. (sempre con riferimento alla canna direzione Reggio). Nel primo caso le portate massime transitorie all’ingresso degli scavi nella zona acquifera dovrebbero essere dell’ordine dei 10-15 l/s\*5m. In*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*regime stabilizzato si può estrapolare un valore probabile di portate drenate in permanenza dalle gallerie facendo riferimento ai modelli numerici realizzati. In questo caso, considerando che la tratta di possibili afflussi presenta una lunghezza di circa 400m e considerando che gli afflussi calcolati da modello sono pari a circa 1 l/s\*10m, si ottengono portate complessive dell'ordine dei 40 l/s (comprendendo entrambe le canne). Tale valore deve essere ritenuto un valore ampiamente cautelativo se si considera che la sezione per il modello numerico è stata realizzata in un punto di massima disponibilità di ricarica per la presenza della fiumara dell'Annunziata sopra la galleria e che le zone a lato della sezione disporranno verosimilmente di una minor ricarica.*

*Nella tratta compresa tra il Km 9+850 e 9+950 per le portate transitorie in corso di scavo all'ingresso nella zona acquifera, sulla base di calcoli analitici, si possono ipotizzare portate dell'ordine dei 30 l/s\*5m, mentre in regime stabilizzato le portate dovrebbero attestarsi al massimo intorno ai 10 l/s (comprendendo entrambe le canne).*

*Si evince dunque che complessivamente e secondo criteri piuttosto conservativi, in regime stabilizzato, la Gallerie Le Fosse potrebbe drenare portate dell'ordine dei 50 l/s\*10m (comprendendo entrambe le canne).*

*Le gallerie ferroviarie vengono scavate con metodo meccanizzato mediante fresa EPB in grado di contrastare le pressioni d'acqua incontrate nell'ammasso; il rivestimento definitivo sarà in grado di sopportare i carichi idraulici senza permettere il drenaggio della falda, e pertanto, queste gallerie non indurranno drenaggio delle acque di falda.....”*

#### *Paragrafo 11.2: Perturbazione della piezometria e opere di mitigazione/compensazione*

*“.....Per le gallerie ferroviarie le valutazioni di perturbazione della piezometria sono state fatte tenendo conto dell'input progettuale secondo cui, sia durante il loro scavo, sia dopo la loro realizzazione esse garantiranno il confinamento verso l'esterno delle pressioni d'acqua. Pertanto, alla luce di questi input progettuali, si deve concludere che esse non opereranno alcun drenaggio sulle falde attraversate. Il loro effetto ostacolo quando corrono in falda è del tutto trascurabile. E' stato anche verificato il possibile effetto ostacolo esercitato dalle stazioni ferroviarie, che però risulta essere anch'esso trascurabile, con modesti innalzamenti del livello di falda a monte dell'opera (5-7m) e modesti abbassamenti della falda a valle (5-7m). Peraltro questi effetti si annullano molto rapidamente allontanandosi dall'opera. Ai fini del corretto dimensionamento dei rivestimenti è stato verificato che, secondo la ricostruzione piezometrica disponibile i maggiori carichi idraulici (dell'ordine degli 8 bar) potranno verificarsi tra il Km 8+000 e il km 9+000 circa del tracciato ferroviario. Va tuttavia precisato che, benché tale situazione non possa essere esclusa,*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

dalle ultime rilevazioni piezometriche eseguite nei sondaggi realizzati nel 2010 sembrano comunque emergere elevate probabilità che in realtà lo scavo proceda in una zona di acquifero con falda separata da quella superficiale, con carichi idraulici che potrebbero anche essere decisamente inferiori agli 8 bar.

Le gallerie stradali per la maggior parte del loro sviluppo non determineranno perturbazioni sulla piezometria, dal momento che si svilupperanno in gran parte sopra falda. Solo per alcune zone è prevista una perturbazione della superficie piezometrica in relazione con il permanere di condizioni di drenaggio lungo parte del cavo delle gallerie autostradali. Le zone sono elencate ai seguenti punti

1. Ramo di monte ovest della Fiumara dell'Annunziata; in questo settore la presenza delle gallerie autostradali in condizioni di cavo parzialmente drenante determinerà molto probabilmente una diminuzione della quota piezometrica di un'entità che è stata spazialmente meglio definita tramite i modelli numerici. Questo abbassamento potrà generare impatti piuttosto consistenti sui pozzi posti nella fiumara nel tratto a valle delle gallerie e più prossimo a queste ultime (vedi seguito per maggiori dettagli).
2. Ramo di monte est della Fiumara dell'Annunziata (zona dei portali delle gallerie Le Fosse e Serrazzo"); in questo tratto i gli impatti vanno considerati possibili ma non certi. Essi sarebbero comunque di minima entità, riconducibili a modeste diminuzioni del deflusso in falda senza importanti variazioni del livello piezometrico e circoscritti all'intorno delle gallerie. Gli impatti sono legati a due aspetti: (i) scavo delle gallerie Le Fosse e Serrazzo nella zona dei portali, dove il tracciato si sviluppa all'interno dell'acquifero costituito dal calcare evaporitico brecciato, nel quale però il livello di falda è inferiore o al più di pochissimo superiore a quello della galleria; (ii) scavo della Galleria Serrazzo, che taglia alcune faglie che tuttavia dovrebbero presentare permeabilità ridotte e quindi generare scarso drenaggio.
3. Fiumara San Leone; per questa fiumara vale lo stesso discorso fatto per il punto precedente, gli impatti vanno considerati possibili ma non certi, ed in ogni caso essi si risolverebbero in modeste diminuzioni del deflusso in falda senza importanti variazioni del livello piezometrico. La possibilità di impatto è determinata dall'intersezione del tracciato della galleria Serrazzo con alcune faglie.

Per meglio definire i possibili impatti delle opere sui pozzi presenti nella zona si può fare riferimento ad una classificazione dei livelli di impatto a quattro classi:

- Impatti elevati
- Impatti medi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev    Data F1    30/53/2012

- *Impatti bassi*
- *Impatti nulli*

*Nella classe 1 ricadono tutte le opere di captazione passibili di disseccamento totale; nella classe 2 ricadono le opere che possono subire un abbassamento marcato del livello d'acqua statico e un calo di produttività piuttosto consistente; nella classe 3 ricadono le opere che non subiranno un abbassamento evidente del livello d'acqua statico ma che potranno subire una riduzione della produttività; nella classe 4 ricadono tutte le opere di captazione che non subiranno impatti significativi.*

*Per l'area oggetto di studio non sono presenti captazioni in classe 1.*

*Si collocano invece in classe 2 i seguenti nr. 7 pozzi:*

- 1      *nessun dato*
- 4      *Università, uso irriguo*
- 16     *privato, antincendio*
- 17     *pubblico, acquedotto*
- 18     *privato, domestico*
- 19     *privato, domestico*
- 23     *pubblico, acquedotto, portata di esercizio 5.5 l/s*

*Dagli studi condotti la perdita di produttività di questi pozzi potrebbe essere stimata intorno al 15 – 20 %, prevalentemente a causa di un abbassamento del livello piezometrico. La produttività della falda rimarrà comunque elevata, pertanto si potrà comunque prevedere di compensare queste parziali riduzioni di portata con nuovi pozzi o campi pozzi di emungimento da maggiore profondità o da settori adiacenti della stessa falda al fine di sfruttarne appieno le potenzialità e intercettare i flussi residui che tendono a dirigersi verso mare anziché verso i pozzi originari.*

*Si prenderà inoltre in considerazione la eventualità di realizzare nuovi pozzi all'interno delle ghiaie e sabbie di Messina a nord (a monte) del tracciato autostradale qualora fossero necessarie ulteriori integrazioni. Si ritiene infatti che, nonostante le possibili perturbazioni indotte dalla galleria, in questo settore il sistema di flusso ospitato dalle ghiaie e sabbie di Messina manterrà una discreta produttività. In questo caso i pozzi dovranno raggiungere profondità dell'ordine dei 150m o superiore.*

*Ricadono in classe 3 i seguenti 7 pozzi:*

- 2      *privato, domestico*
- 3      *privato, irriguo*
- 8      *pubblico, acquedotto, portata di esercizio 22 l/s*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

10 pubblico, acquedotto, portata di esercizio 15 l/s

15 nessun dato

21 pubblico, acquedotto, portata di esercizio 8 l/s

22 pubblico, acquedotto, portata di esercizio 3 l/s

Anche per questi pozzi potrà essere prevista la realizzazione di pozzi di emungimento che possano compensare la eventuale modesta riduzione delle attuali portate sfruttate. Per i pozzi 2, 3, 15, 21, 22 in particolare si potranno valutare, integrazioni di portata dai medesimi pozzi di nuova realizzazione a monte delle gallerie autostradali previsti per i pozzi in classe 2.

Per i pozzi 8 e 10 va rimarcato che la falda manterrà comunque una discreta produttività e permarranno flussi diretti verso mare che sfuggiranno ai pozzi attuali. Pertanto, qualora necessario, si provvederà a realizzare nuovi pozzi in settori adiacenti della stessa falda (distanza di decine/centinaia di metri dai pozzi originari) eventualmente spinti, ove possibile a maggior profondità (indicativamente 50/80m), al fine di intercettare in maniera più efficace tali flussi residui diretti verso mare.

Tutti gli altri pozzi non dovrebbero essere interessati dalle opere in progettazione e ricadono quindi in classe 4.

Al fine di fornire un completo inquadramento dei rischi di impatto a carico dei pozzi degli acquedotti idropotabili pubblici, in allegato alla presente relazione è stata predisposta una scheda di caratterizzazione per ognuna di queste opere. La scheda descrive brevemente le caratteristiche del sistema di flusso sfruttato, i suoi rapporti con le opere in progettazione, le eventuali cause all'origine del rischio di impatto e/o di alterazione della qualità delle acque.

Merita infine un cenno la situazione di rischio per le poche sorgenti della zona, evidenziate dagli Studi di base (elaborato CG0800PRGDSSBC6G000000003A, B e C). Quasi tutte le sorgenti della zona non presentano rischio di interferenza da parte delle per motivi di vario genere: i) lontananza dai tracciati; ii) ubicazione in settore ove le gallerie si sviluppano sopra falda (es. sorgenti 9 e 10); iii) ubicazione in settori ove l'unica opera potenzialmente interferente è rappresentata dalle gallerie ferroviarie che però non eserciteranno azione drenante (es. sorgenti 11, 12, 13).

La sola sorgente che presenta effettivi rischi di inaridimento è la sorgente 14, che si trova sulla verticale delle gallerie autostradali. L'utilizzo e le portate di questa sorgente non sono note. Il suo disseccamento, potrà essere compensato o da realizzazione di un bacino di raccolta delle acque piovane, qualora adibita ad uso irriguo, oppure allacciandola ai pozzi di nuova realizzazione previsti per compensare i pozzi con perdita di produttività della zona dell'Annunziata.

Nel dettaglio riguardo il tema degli impatti saranno condotti ulteriori approfondimenti, anche di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F1</td> <td style="text-align: left;">30/53/2012</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F1	30/53/2012
Rev	Data						
F1	30/53/2012						

concerto con gli altri Gestori.

*In merito al rischio che, a seguito dell'intercettazione delle falde sotterraneo ad opera dello scavo delle gallerie, si possano generare fenomeni di subsidenza connessi all'abbattimento della piezometrica ed ai successivi fenomeni di consolidazione, nell'ambito del progetto definitivo delle gallerie, si sono condotte specifiche analisi volte a valutare l'ampiezza dei bacini di subsidenza in funzione dei valori di ricoprimento in calotta galleria, considerate le caratteristiche dei terreni e delle formazioni attraversate; è stato così possibile valutare le fasce di territori, al contorno dell'impronta della galleria, interessate dal fenomeno. Si è poi stimata l'entità dei cedimenti attraverso formulazioni empiriche, in funzione del "volume perso allo scavo"; al riguardo è stata condotta una analisi parametrica impiegando diversi valori del volume perso, nell'ottica di una analisi di rischio. Allo scenario caratterizzato dai volumi persi superiori, sono associabili anche gli eventuali fenomeni di subsidenza indotti dall'azione di drenaggio delle gallerie. Vi è peraltro da osservare che, essendo la maggior parte dei terreni interessati dall'opera in oggetto poco plastici e perciò poco compressibili, è probabile che gli spostamenti a lungo termine risultino trascurabili se paragonati a quelli a breve termine.*

*Una volta determinato il valore dei cedimenti e la loro distribuzione si sono valutate le classi di danno associate, individuando quindi le interazioni tra gli scavi e le preesistenze in superficie. Per un approfondimento della tematica e per i risultati delle analisi si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo....."*

Nel documento citato AS0078, dopo un inquadramento generale dell'area e delle opere da realizzare in corrispondenza di Ganzirri, si procede ad una modellazione numerica 3D dell'area (paragrafo 4).

Per rispondere a quanto richiesto nel dettaglio, al paragrafo 4.5.2.2, dello stesso documento, si riportano le conclusioni degli effetti sul bilancio idrico dei Pantani:

*".....Al fine di valutare a livello globale dell'area dei Pantani l'effetto degli emungimenti reali dalle fondazioni calcolati con il modello ristretto, le portate di emungimento da esso ricavate sono state utilizzate per eseguire una nuova simulazione nel dominio ampio. In questa nuova simulazione, nella posizione da cui emungeranno le fondazioni delle torri (parte bassa del tappo di fondo a circa -38,5 m nelle ghiaie e sabbie di Messina), sono stati inseriti dei nodi a cui è stata imposta l'estrazione dal modello di una portata equivalente a quella calcolata con il dominio ristretto, utilizzando la condizione al contorno del 4° tipo ("well") che genera un flusso radiale verso uno o più nodi della mesh.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*Questo ha permesso di verificare i reali effetti indotti dall'emungimento sul dominio a grande scala, in cui non sono rappresentate con dettaglio le opere di fondazione, ma da cui si possono estrarre dati di bilancio indicativi del reale impatto sugli scambi falda-Pantani, ovverosia una delle risposte principali tra quelle che la modellizzazione doveva fornire.*

*In queste simulazioni sono state considerate contestualmente le fondazioni del viadotto Pantano, che provocano una riduzione localizzata della permeabilità dell'acquifero. Esse sono state simulate applicando agli elementi che le rappresentano una conducibilità idraulica di  $10^{-7}$  m/s ed una porosità del 5%. In Figura 26 una visualizzazione in pianta mostra la distribuzione delle conducibilità idrauliche utilizzata: i) il tappo di fondo delle fondazioni delle torri è stato simulato fino alla quota di -38.5 m s.l.m. (slice 6); ii) la zona di trattamento delle fondazioni del viadotto Pantano raggiunge la profondità di -30 m ca.*

*Va specificato che per il viadotto Pantano in fase di modellizzazione è stato verificato solo l'effetto di barriera, non sono stati verificati gli effetti determinati dall'emungimento temporaneo dagli scavi delle fondazioni. Questa scelta è stata fatta per i seguenti motivi: i) le fondazioni del viadotto sono di modesta profondità; ii) la loro estensione è relativamente ridotta e non verranno realizzate simultaneamente, quindi gli effetti del drenaggio saranno localizzati e di breve durata; iii) alla luce delle simulazioni preliminari eseguite sui pozzi di fondazione delle torri, che hanno estensione e profondità ben più rilevanti, si è notato, come si dirà in seguito che gli impatti sulla falda sono minimi e pertanto gli impatti transitori del viadotto sono stati ritenuti, ragionevolmente, trascurabili.*

*La valutazione è stata effettuata utilizzando le due portate di emungimento presso le torri (12,1 l/s e 4.2 l/s) corrispondenti alle due simulazioni A e B del dominio ristretto, con conducibilità del tappo di fondo a  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  m/s rispettivamente. Non è stata eseguita una simulazione con conducibilità del tappo di fondo di  $10^{-8}$  m/s poiché, come si vedrà già gli effetti dell'emungimento con permeabilità del tappo di fondo più elevate determinano scarsi effetti sul bilancio dei Pantani.*

*In Figura 27 sono illustrate due viste tridimensionali della distribuzione dei carichi piezometrici sul dominio ampio nella simulazione A, che deve essere intesa comunque come la più conservativa, dove si può osservare che l'effetto dell'emungimento di 12,1 l/s presso le torri sulla tavola d'acqua è minimo: essa infatti subisce abbassamenti di 0.5-1 m su una porzione molto ridotta di territorio. Nella vista in sezione di Figura 28 si può invece osservare l'effetto di depressurizzazione generato a quota -38.5 m s.l.m., che è molto circoscritto alla zona di infiltrazione attraverso le opere di sbarramento al flusso e di abbattimento del gradiente verticale (paratie e jet grouting).*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*In Figura 29 e Figura 30 le stesse viste tridimensionali mostrano i risultati della simulazione B (rappresentativa delle condizioni attese da progetto), dove il cono di depressurizzazione indotto è estremamente blando e può essere apprezzato solo con spaziatura delle isopieze ogni 20 cm.*

*Oltre ad una rappresentazione visiva degli effetti dell'emungimento è stato possibile entrare maggiormente nei dettagli quantitativi delle variazioni indotte dall'emungimento interrogando il modello circa i bilanci di flusso in entrata ed uscita dalla falda verso i vari limiti (mare, fondazioni, Pantani).*

*A premessa dell'analisi quantitativa dell'impatto va ricordato che si tratta di un impatto transitorio, che avverrà solamente nella fase del corso d'opera e che, inoltre, nella presente analisi esso viene conservativamente sovrastimato, assumendo che l'abbattimento piezometrico a -15 m s.l.m. sia istantaneo e copra tutta la durata dello scavo, mentre nella realtà varierà progressivamente da 0.5 a -15 m s.l.m. man mano che lo scavo viene approfondito.*

*Sono stati analizzati i bilanci di massa ottenuti dalle simulazioni A e B sul dominio ampio (confrontati con i valori dell'ante-operam di Tabella 3) ed in Tabella 10 vengono sintetizzati i risultati significativi, ossia quelli relativi alle variazioni dei flussi di scambio falda-Pantani generati dagli emungimenti. I bilanci di massa vengono presentati anche in valore percentuale rispetto alle voci di bilancio del modello nelle condizioni naturali. In Figura 31 gli stessi dati sono resi graficamente come istogramma.*

*E' utile qui ricordare che i Pantani in condizioni originali presentano un bilancio positivo rispetto alla falda, ossia ricevono attraverso il fondo più acqua dalla falda rispetto a quella che rilasciano, per un ammontare pari a circa 17,6 l/s (cfr Tabella 3 e 4.4.1.7). E' bene altresì chiarire sin da subito che in entrambe le simulazioni di emungimento eseguite, i Pantani continuano a presentare un bilancio positivo, ossia continuano a ricevere acqua dalla falda attraverso il fondo e gli arrivi continuano ad essere in eccesso rispetto alle perdite.*

*Nella simulazione B (con tappo di fondo a permeabilità  $1 \times 10^{-7}$  m/s) le variazioni di afflussi ai laghi sono trascurabili e si attestano sugli 0,8 l/s globali (Tabella 10 e Figura 31). Anche nella simulazione A (con tappo di fondo a permeabilità  $1 \times 10^{-6}$  m/s) le variazioni di afflussi ai laghi sono minime e si attestano su 1 l/s (Tabella 10 e Figura 31).*

*In entrambe le configurazioni di emungimento la portata estratta dalla falda in corrispondenza delle fondazioni è prevalentemente fornita da un richiamo di acqua salata dal mare e per la restante parte da acqua sotterranea che proviene da monte.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

	Corso opera – A ( $K 10^{-6}$ m/s)			Corso opera – B ( $K 10^{-7}$ m/s)		
	m3/g	l/s	% variazione rispetto ante-operam	m3/g	l/s	% variazione rispetto ante-operam
<b>Pantani cumulativo</b>	-1401	-16.2	-8%	-1509	-16.4	-7%
<b>Pantano Grande</b>	-981	-11.4	-6%	-1031	-11.3	-6%
<b>Pantano Piccolo</b>	-420	-4.9	-13%	-477	-5.1	-9%

*Alla luce di questi dati emerge con chiarezza che, in condizioni standard di realizzazione del tappo di fondo delle fondazioni, le influenze sul regime idrogeologico dei Pantani sono irrilevanti. Variazioni di deflusso dell'ordine di quelle calcolate per questo tipo di situazione rientrano ampiamente in quelle che verosimilmente sono le normali oscillazioni stagionali del regime di deflusso in falda. In ogni caso, anche assumendo un'ipotesi più pessimistica di tappo di fondo con tenuta meno pervasiva ( $k=1 \times 10^{-6}$  m/s), le variazioni indotte sui Pantani sono basse, soprattutto quando si consideri che i laghi sono sempre e comunque collegati al mare e che: i) le variazioni di deflusso in falda possono essere compensate da minimi incrementi di scambi di acque con il mare medesimo senza grossi sconvolgimenti del regime idrologico degli specchi d'acqua poiché scambi con il mare avvengono già allo stato attuale; ii) gli impatti legati agli emungimenti in falda (cfr. § 3.5.1) sono già attualmente di ordine assai maggiore di quanto non sarà comunque l'effetto di emungimento dalle fondazioni (peraltro solo temporaneo); iii) in caso di tenuta non perfetta del tappo di fondo si potrà comunque procedere in corso d'opera a integrazioni del trattamento jet grouting con incremento della tenuta medesima.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

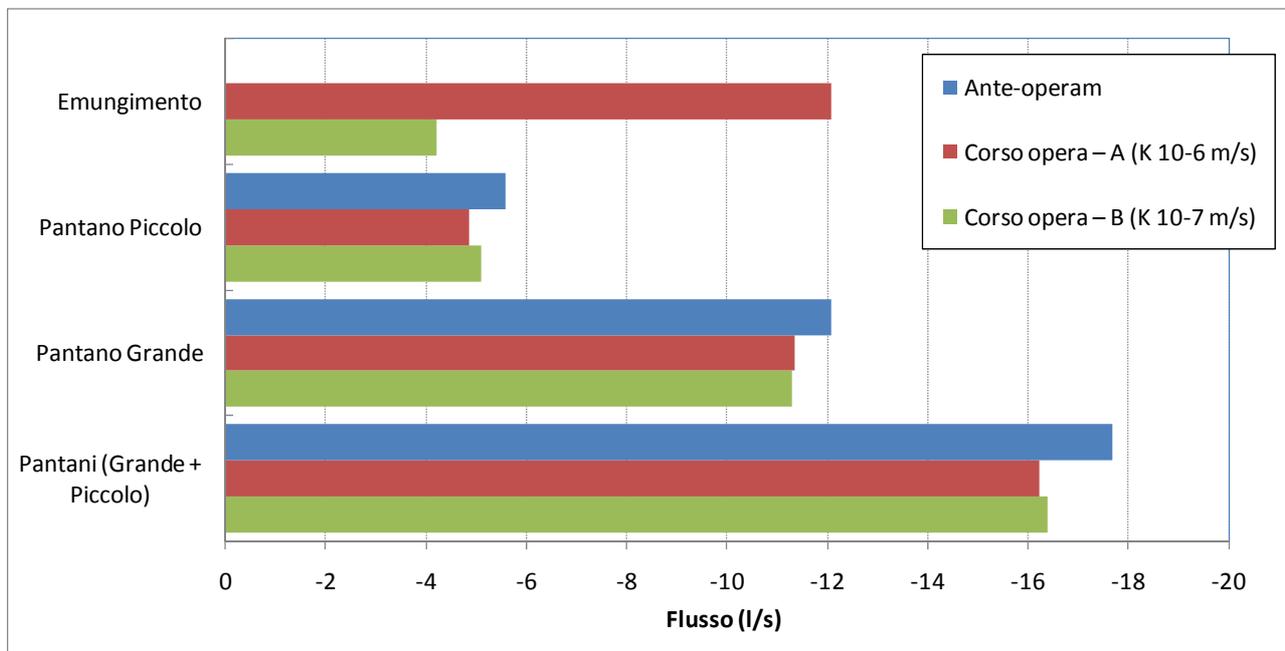


Figura 1 *stogramma degli afflussi falda dalla falda verso i Pantani nel dominio ampio; i valori sono negativi perché pozzi rappresentano uscite dalla falda verso i Pantani.*

Da ultimo è possibile fare alcune considerazioni sull'effetto indotto dalla presenza delle fondazioni del viadotto Pantano. Di fatto, nella fase di estrazione di acqua dai pozzi di fondazione delle torri la presenza di questa struttura non ha un'influenza consistente sul deflusso in falda, anche perché i due pozzi di fondazione sono disposti in maniera praticamente simmetrica rispetto al suo asse. Sia nello scenario A sia nello scenario B non si notano alterazioni apprezzabili del deflusso in falda. Questo aspetto è meglio enfatizzato dalle immagini di Figura 27b e Figura 29b ove si osservano esclusivamente delle modestissime alterazioni delle linee equipotenziali nell'immediato intorno delle zone di fondazione.....”

Ed ancora ai paragrafi 6.1 e 6.2:

“.....Rapporti tra Pantani e falda

*I Pantani sono specchi di acqua salmastra con salinità leggermente inferiore a quella del mare, con il quale sono costantemente in comunicazione attraverso almeno tre canali, cui se ne aggiunge un quarto in periodo primaverile-autunnale (chiuso in periodo invernale).*

*Sulla base della calibrazione eseguita con modello numerico emerge che i laghi ricevono acqua dalla falda, seppur in piccole quantità, stimate in 365.000 m<sup>3</sup>/anno per il Pantano di Ganzirri e in 170.000 m<sup>3</sup>/anno per il Pantano di faro. Pur con i margini di errore che sempre risiedono nei*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*risultati di una modellizzazione numerica, in cui le variabili di difficile controllo sono sempre molto numerose, si ritiene che questi volumi siano sicuramente realistici almeno a livello di ordini di grandezza degli afflussi agli specchi d'acqua.*

*Se questi volumi vengono confrontati con quelli immagazzinati nei laghi, pari a circa 975.000 m3 per il lago di Ganzirri e a 2.500.000 litri per il lago di Faro si ha effettiva conferma del fatto che si tratta di quantità piuttosto modeste.*

*Sulla base delle stime fatte si è altresì concluso che il fenomeno evaporativo è probabilmente sufficiente da solo a garantire lo smaltimento degli apporti da falda calcolati con il modello, senza che si debba instaurare un flusso perenne di acque verso il mare, cosa che sarebbe infatti in contraddizione con lo stato reale delle cose, per il quale, sulla base delle informazioni raccolte in sito, sembra sussistere un flusso prevalente da mare e, solo saltuariamente, un flusso verso mare. Il modello realizzato mostra anche come una minima parte dell'acqua immagazzinata nei laghi venga ceduta alla falda sul lato mare, e ciò contribuisce ad incrementare il contenuto salino della medesima nell'immediato intorno degli specchi d'acqua. Tali perdite sono comunque minime e di due ordini di grandezza inferiori rispetto agli apporti della falda ai Pantani sul lato di monte.....”*

*“.....Influenza delle opere sulla falda e sugli specchi d'acqua*

*Tra le opere da realizzare nella zona dei Pantani quelle che potranno interagiranno con la zona satura presente nell'acquifero costiero sono le fondazioni delle torri del ponte e le fondazioni del viadotto Pantano. Tutte le altre opere (ancoraggio, gallerie ecc.) interesseranno la zona insatura e avranno influenza irrilevante nei confronti del deflusso in falda.*

*Per quanto attiene allo scavo dei pozzi di fondazione delle torri, sono stati presi in conto attraverso la modellazione numerica tre diversi scenari di permeabilità del tappo di fondo. In ognuno dei tre scenari è stata ovviamente anche considerata la presenza dei diaframmi impermeabili che verranno realizzati sul perimetro, da realizzare fino alla profondità di -38.5m prima dell'approfondimento dello scavo a -15m al loro interno.*

*In uno scenario che può essere considerato quello di norma atteso, a valle del trattamento del terreno con jet-grouting sul tappo di fondo, si attende che il terreno presenti una conducibilità idraulica dell'ordine dei 10-7 m/s. In ogni caso questa condizione sarà quella cui si tenderà in fase realizzativa, eventualmente anche attraverso riprese del trattamento qualora vi fossero filtrazioni di entità superiore al previsto. Per permeabilità di quest'ordine di grandezza si prevede l'emungimento di portate dell'ordine dei 4 l/s complessivi da entrambi i pozzi di fondazione.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*Cautelativamente è stata presa in considerazione anche un'ipotesi più conservativa sviluppata al fine di comprendere quale sarebbe l'emungimento che si otterrebbe per permeabilità superiori del tappo di fondo (da intendersi quale scenario di rischio). Con conducibilità idrauliche del tappo di fondo dell'ordine dei 10-6 m/s si otterrebbero portate dell'ordine dei 12 l/s. Assumendo invece permeabilità decisamente inferiori e però oggettivamente molto difficili da ottenere, dell'ordine dei 10-8 l/s, il tappo di fondo diverrebbe praticamente impermeabile e il drenaggio si limiterebbe a portate dell'ordine di 1 l/s.*

*A partire da queste portate si sono valutati gli effetti che il drenaggio potrebbe avere sulla falda e indirettamente sui Pantani.*

*Sempre facendo riferimento allo scenario che, da progetto, è quello da considerarsi di norma atteso, quindi con tappo di fondo a conducibilità 10-7 m/s e portate emunte dell'ordine dei 4 l/s, gli afflussi dalla falda verso i Pantani diminuirebbero di un quantitativo molto modesto dell'ordine del 6% per il Pantano Grande e del 9% per il Pantano Piccolo. Un quantitativo di acqua di falda non molto differente rispetto a quello originario continuerebbe quindi a defluire verso i Pantani.*

*Nel caso dell'ipotesi più conservativa, con tappo di fondo a conducibilità 10-6 m/s e portate emunte dell'ordine dei 12 l/s, ovviamente si avrebbero variazioni analoghe o di poco più accentuate, ma comunque molto esigue, dell'ordine del 6% per il Pantano Grande e del 13% per il Pantano Piccolo.*

*Alla luce di questi dati si può ribadire quanto già discusso descrivendo gli esiti delle analisi numeriche condotte, ossia che emerge con chiarezza che per le condizioni attese da progetto nella realizzazione del tappo di fondo, le influenze sul regime idrogeologico dei Pantani sono praticamente irrilevanti. Variazioni di deflusso dell'ordine di quelle calcolate per questo tipo di situazione rientrano ampiamente in quelle che verosimilmente sono le normali oscillazioni stagionali del regime di deflusso in falda. In ogni caso anche assumendo un'ipotesi più pessimistica di tappo di fondo, con tenuta meno pervasiva, le variazioni indotte sui Pantani sono relativamente basse, soprattutto quando si consideri che i laghi sono sempre e comunque collegati al mare e che: i) le variazioni di deflusso in falda possono essere compensate da minimi incrementi di scambi di acque con il mare medesimo senza grossi sconvolgimenti del regime idrologico degli specchi d'acqua; ii) gli impatti legati agli emungimenti in falda (cfr. § 3.5.1) sono già attualmente di ordine assai maggiore di quanto non sarà comunque l'effetto di emungimento dalle fondazioni (peraltro solo temporaneo); iii) in caso di tenuta non perfetta del tappo di fondo si potrà comunque procedere in corso d'opera ad integrazioni del jet-grouting con incremento della tenuta medesima.*

*Da ultimo va ricordato che, come si evince dai modelli numerici realizzati, una volta completate, le*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

*fondazioni delle torri non costituiranno un ostacolo di particolare rilievo per il deflusso dell'acqua di falda a mare. L'elevata trasmissività dei terreni circostanti consentirà di annullare entro pochi metri l'effetto barriera prodotto dalle fondazioni.*

*Per quanto attiene agli effetti indotti sul deflusso in falda dalle fondazioni del viadotto Pantano, le simulazioni eseguite hanno mostrato che queste strutture non avranno effetti significativi. Ciò è dovuto soprattutto al fatto che esse si inseriscono in un acquifero con elevata conducibilità idraulica (depositi alluvionali), nonché al fatto che la zona di trattamento con jet-grouting non raggiungerà la base dei depositi alluvionali, pertanto l'effetto diga risulterà ampiamente mitigato.*

*Per quanto attiene ai possibili impatti transitori, in fase di realizzazione delle fondazioni, a carico dei pozzi presenti nella zona, non vi sono da rilevare problematiche significative. Tutti i pozzi si trovano praticamente fuori dal raggio di influenza dell'emungimento durante la fase di approfondimento delle fondazioni oppure in settori dove l'abbassamento della superficie piezometrica sarà inferiore al decimetro e quindi non rilevante nonostante i ridotti livelli d'acqua nei pozzi di questa regione. Solo i pozzi 32, 67, 68, 65 e 66 potrebbero al limite subire modeste diminuzioni della resa in relazione ai possibili abbassamenti di falda di ordine sub-decimetrico di cui sopra. Per meglio definire i possibili impatti delle opere su questi pozzi si può fare riferimento alla classificazione dei livelli di impatto a quattro classi già utilizzata per gli studi sulle gallerie in territorio calabrese e sulla restante parte del territorio siciliano:*

*Impatti elevati*

*Impatti medi*

*Impatti bassi*

*Impatti nulli*

*Nella classe 1 ricadono tutte le opere di captazione passibili di disseccamento totale; nella classe 2 ricadono le opere che possono subire un abbassamento marcato del livello d'acqua statico e un calo di produttività piuttosto consistente; nella classe 3 ricadono le opere che non subiranno un abbassamento evidente del livello d'acqua statico ma che potranno subire una riduzione della produttività; nella classe 4 ricadono tutte le opere di captazione che non subiranno impatti significativi.*

*Tutti i pozzi citati in precedenza (32, 67, 68, 65 e 66) possono essere inclusi nella classe di rischio 3. Una volta verificato un eventuale e significativa riduzione della produttività, potranno essere realizzati dei pozzi integrativi a compensazione delle portate mancanti.....”*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		Codice VIAS011_F1	Rev F1	Data 30/53/2012

## 2.2 Risposta integrazione VIAS011\_c

Quanto richiesto è stato dettagliatamente approfondito mediante uno studio idrogeologico specifico e si trova descritto nei seguenti elaborati di Progetto Definitivo:

- documento AS0067: “Collegamenti Sicilia – Studio idrogeologico aree interessate dallo scavo delle gallerie – Relazione idrogeologica descrittiva”
- documento AS0078: “Collegamenti Sicilia – Studio idrogeologico e geochimico nell’area dei Pantani di Ganzirri – Relazione idrogeologica descrittiva”.

Nel documento citato AS0067, per rispondere a quanto richiesto nel dettaglio, al paragrafo 11.3, si riporta quanto segue, in merito al cuneo salino:

*“.....I logs di salinità realizzati nei piezometri del Monitore Ambientale hanno permesso di definire un quadro della salinità in falda fortemente variabile tra il settore dei Pantani e Messina. Nel settore dei Pantani la falda nell’acquifero costiero presenta una elevata salinità sin dai primi metri al di sotto della superficie di falda. Le acque dolci costituiscono un sottile livello di pochi metri di spessore (1-5m in media). Man mano che si procede verso la città di Messina, per effetto dei maggiori flussi e maggiori gradienti idraulici l’interfaccia tra acque dolci ed acque salate tende progressivamente ad abbassarsi e i dati disponibili sembrano testimoniare che la superficie di interfaccia risulta essere molto inclinata, pertanto le acque salate generalmente penetrano poco verso la terraferma. Questa situazione può presentare delle anomalie locali indotte principalmente da emungimenti in falda in prossimità della costa, che esercitano un richiamo di acque salate dal mare.*

*Le simulazioni numeriche realizzate hanno fornito risultati compatibili con questa situazione ed hanno dimostrato che le variazioni della piezometria eventualmente indotte dalle opere non avranno effetti significativi nei confronti dell’interfaccia acqua dolce - acqua salata (punto 3). Nella zona più critica dal punto di vista delle perturbazioni in falda localizzata nell’intorno della Fiumara dell’Annunziata il modello numerico realizzato indica con chiarezza che lo scavo non avrà praticamente perturbazioni sull’interfaccia tra acqua dolce e acqua salata (cfr. § 9.2). Nelle restanti zone, sia per il fatto che le gallerie si trovano sopra falda, sia per il fatto che le gallerie ferroviarie ove corrono sotto falda non determinano drenaggio né particolari effetti barriera non sono prevedibili scostamenti dalla situazione naturale.....”*

Nel documento citato AS0078, per rispondere a quanto richiesto nel dettaglio, al paragrafo 6.3, si riporta quanto segue, in merito al cuneo salino:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RISPOSTA INTERAZIONE LATO SICILIA ID S11		<b>Codice</b> VIAS011_F1	<b>Rev</b> F1	<b>Data</b> 30/53/2012

*“.....Nell’area dei Pantani la falda dell’acquifero costiero presenta un elevato contenuto salino sin da livelli molto superficiali. In una fascia di larghezza di 200-300m dalla linea di costa è presente un sottile livello di acque dolci (1-5m) che galleggiano su acque salmastre, rapidamente passanti verso il basso ad acque salate con salinità prossime o pari a quella dell’acqua di mare. Al di sotto della dorsale spartiacque tra le due coste le acque della falda, pur avendo un’elevata concentrazione ionica possono essere principalmente considerate acque dolci (peraltro utilizzate talora a scopo idropotabile) e l’interfaccia con le acque salmastre si trova a profondità maggiori che non sulla linea di costa.*

*Il modello numerico realizzato indica che il pompaggio dai pozzi di fondazione sia con tappo di fondo a conducibilità idraulica  $10^{-7}$  m/s che a conducibilità  $10^{-6}$  m/s non determinerà alcun effetto significativo sulla distribuzione della salinità su grande scala. Solo in prossimità della costa interverranno modeste variazioni delle interfacce di isosalinità in un settore peraltro molto prossimo ai pozzi di fondazione.*

*La salinità nell’intorno dei Pantani non subirà variazioni di rilievo e altrettanto si può affermare per il settore della dorsale spartiacque tra le due coste ove si colloca la maggior parte dei pozzi ad uso potabile ed irriguo....”*