

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>IL PROGETTISTA Dott. Ing..... Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art. 21 del D.Lgs. 82/2005"			

<p><i>Area tematica</i> <i>Ente emittente</i> <i>Autore dell'osservazione</i> <i>Riferimento richiesta</i> <i>Titolo del documento</i></p>	<p>STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE COMMISSIONE TECNICA VIA - VAS INTEGRAZIONI ALLA RICHIESTA PROT. CTVA-2011-0004534 DEL 22/12/2011 RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35</p>
--	--

CODICE **V I A C 0 3 5 - F1**

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


NOME DEL FILE: VIAC035

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		<i>Codice</i> VIAC035_F1	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		<i>Codice</i> VIAC035_F1	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 15/03/2012

INDICE

INDICE.....		3
Integrazioni e chiarimenti al Gruppo Istruttore della Commissione Tecnica VIA - VAS.....		5
1 Premessa.....		5
2 Richiesta integrazione ID C35		5
2.1 Risposta integrazione VIAC035_a e b		6
2.2 Risposta integrazione VIAC035_c		16
2.3 Risposta integrazione VIAC035_d		19

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		<i>Codice</i> VIAC035_F1	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		<i>Codice</i> VIAC035_F1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>30/05/2012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/05/2012						

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 35 Seconda parte: lato Calabria – Quadro di riferimento Ambientale - Componente ambientale suolo-sottosuolo e acque sotterranee, il Ministero avanza la richiesta di chiarimenti ed integrazioni, che verranno sviluppati nel dettaglio al successivo paragrafo.



2 Richiesta integrazione ID C35

SECONDA PARTE: LATO CALABRIA – QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

COMPONENTE SUOLO SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE

"Relativamente alle acque sotterranee si ritiene necessario:

- a. *Approfondire gli studi idrogeologici con particolare riferimento al livello piezometrico, all'interferenza gallerie – falda, gallerie – falda – passaggi litologici, gallerie – falda – faglie";*
- b. *approfondire gli studi idrogeologici con particolare riferimento all'interazione tra falda e fondazioni delle torri e dei blocchi di ancoraggio ed alla possibile azione di drenaggio generata dalla realizzazione delle opere sopra citate;*
- c. *specificare le modalità di esecuzione e le tecnologie utilizzate per la realizzazione delle fondazioni delle torri e dei blocchi di ancoraggio con particolar riferimento agli impatti sull'idrogeologia, idrologia, chimismo delle acque;*
- d. *predisporre e attuare un adeguato sistema di monitoraggio della falda attraverso la definizione dell'ubicazione, della profondità e del numero dei piezometri di monitoraggio, sulla base delle conoscenze riguardanti l'assetto idrogeologico dell'area e delle caratteristiche dell'acquifero, in modo da poter caratterizzare univocamente il potenziale*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

impatto dell'opera sulle caratteristiche complessive dell'acquifero in esame. Dovrà inoltre essere valutata l'opportunità di ubicare uno o più punti di controllo immediatamente a monte idrogeologico del sito al fine di caratterizzare la qualità delle acque sotterranee in "ingresso" all'area oggetto di indagine.

2.1 Risposta integrazione VIAC035_a e b

Quanto richiesto è stato dettagliatamente approfondito mediante uno studio idrogeologico specifico e si trova descritto nell'elaborato di Progetto Definitivo, documento AC038: "Collegamenti Calabria – Studio idrogeologico aree interessate dallo scavo delle gallerie – Relazione idrogeologica descrittiva".

Nel documento citato, 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 al paragrafo 6, pagg. 70 e 74 rispettivamente.


Per rispondere a quanto richiesto nel dettaglio, al paragrafo 8 dello stesso documento, pag. 77, 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.

In sintesi di seguito si riporta quanto descrive il documento al paragrafo 8.1.2 per le rampe autostradali:

".....Le problematiche di afflussi in galleria per le rampe autostradali sono principalmente legate ad intersezioni con zone di faglia nel conglomerato di Pezzo. Questo complesso idrogeologico presenta un moderato grado di cementazione, che si riduce in presenza di deformazioni disgiuntive, con conseguente aumento del grado di permeabilità. Gli attraversamenti delle zone di faglia sono pertanto i settori in cui si attendono le venute principali.

*Per fornire valutazioni sull'entità degli afflussi transitori in galleria al momento dell'ingresso degli scavi in zona di faglia, è possibile utilizzare la soluzione analitica proposta da Goodman et al. (1965), descritta al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Poiché la problematica degli afflussi in zona di faglia nel conglomerato di Pezzo è una problematica ricorrente lungo i tracciati, che si incontra per battenti idraulici differenti, vengono riportate nella tabella seguente alcune stime in contesti di carico e conducibilità variabili, che coprono l'intervallo di condizioni previste.*

Come si può osservare dalla tabella, le portate drenate sono generalmente dell'ordine dei 2-3 l/s per quasi tutte le condizioni di battente idraulico possibili (simulazioni 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

4b) . Soltanto con le ipotesi di conducibilità idraulica maggiore (5×10^{-5} m/s; simulazioni 1c, 2c, 3c, 4c) si ottengono portate maggiori e dell'ordine dei 10-20 l/s*5m. Queste conducibilità più elevate non sono da escludere, sebbene si ritenga più frequente incontrare le condizioni di conducibilità più basse.


ID	Raggio tunnel	Cond. idraulica	Carico idraulico	Spessore strato	Lunghezza tratta	Portata
	r_0	k	s	z	L	Q
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(l/s*5m)
1a	6	5,0E-06	7	7	5	1,3
1b	6	1,0E-05	7	7	5	2,6
1c	6	5,0E-05	7	7	5	13,0
2a	6	5,0E-06	10	10	5	1,3
2b	6	1,0E-05	10	10	5	2,6
2c	6	5,0E-05	10	10	5	13,0
3a	6	5,0E-06	15	15	5	1,5
3b	6	1,0E-05	15	15	5	2,9
3c	6	5,0E-05	15	15	5	14,6
4a	6	5,0E-06	20	20	5	1,7
4b	6	1,0E-05	20	20	5	3,3
4c	6	5,0E-05	20	20	5	16,6

Tabella 8.1: Stime analitiche eseguite tramite la soluzione di Goodman et al. (1965) per portate transitorie verso le gallerie delle rampe autostradali all'intersezione con le zone di faglia nel conglomerato di Pezzo; le portate sono valide per tratte di galleria di 5m (cfr. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); ID = identificativo della situazione stimata, utilizzato per commenti nel testo.

In conclusione per le zone di faglia all'interno del conglomerato di Pezzo sono da attendersi portate massime transitorie che saranno inferiori ai 10 l/s*5m. Solo occasionalmente potranno verificarsi portate massime transitorie superiori e comprese tra i 10 e 20 l/s*5m.

Le portate in regime stabilizzato possono essere stimate sulla base delle modellizzazioni numeriche eseguite, che suggeriscono portate nulle o di entità irrisoria (cfr. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) a causa della presenza delle adiacenti gallerie ferroviarie e del richiamo dei flussi sotterranei da esse esercitato.

Le portate transitorie fuori dalle zone di faglia, assumeranno valori inferiori, a 1l/s*5m, principalmente per il grado di permeabilità minore. Esse potranno raggiungere sporadicamente valori massimi dell'ordine di 1-3 l/s*5m, che equivalgono alle portate transitorie che si otterrebbero

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

con la minima permeabilità delle zone di faglia (cfr. ipotesi 1°, 1b, 2°, 2b, 3°, 3b e 4°, 4b della tabella precedente)....”.

In sintesi di seguito si riporta quanto descrive il documento al paragrafo 8.1.3 per le rampe ferroviarie:

“.....Per le gallerie ferroviarie, come per le rampe stradali, la problematica principale è rappresentata dagli afflussi all'intersezione con le zone di faglia. In questo caso, contrariamente a quanto accadeva per le gallerie stradali, ove le portate in regime stabilizzato possono essere considerate trascurabili, è utile considerare sia la situazione in regime transitorio che in regime stabilizzato.

Per una valutazione degli afflussi in regime transitorio all'ingresso delle gallerie in zona di faglia sono state fatte valutazioni tramite metodi analitici in maniera analoga a quanto fatto per le gallerie stradali. In questo caso i carichi idraulici sono maggiori, in quanto le gallerie si sviluppano a profondità superiori. Inoltre, il tracciato interseca sia faglie localizzate nel conglomerato di Pezzo, sia faglie all'interno del basamento pre-mesozoico. Sembra probabile che il grado di permeabilità nei due casi non possa essere molto diverso. Le due tabelle che seguono, riportano una serie di ipotesi di carico idraulico e di grado di permeabilità per l'attraversamento di faglie nei due diversi litotipi.

ID	Raggio tunnel	Cond. idraulica	Carico idraulico	Spessore strato	Lunghezza tratta	Portata
	r_0	k	s	z	L	Q
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(l/s*5m)
1a	5	5,0E-06	20	20	5	1,5
1b	5	1,0E-05	20	20	5	3,0
1c	5	5,0E-05	20	20	5	15,1
2a	5	5,0E-06	30	30	5	1,9
2b	5	1,0E-05	30	30	5	3,8
2c	5	5,0E-05	30	30	5	19,0
3a	5	5,0E-06	40	40	5	2,3
3b	5	1,0E-05	40	40	5	4,5
3c	5	5,0E-05	40	40	5	22,7

Tabella 8.2 Stime analitiche eseguite tramite la soluzione analitica di Goodman et al. (1965) per portate transitorie verso le gallerie dei rami ferroviari all'intersezione con le zone di faglia all'interno del conglomerato di Pezzo; le portate sono valide per tratte di galleria di 5m (cfr. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); ID = identificativo della situazione stimata, utilizzato per commenti nel testo.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

Come si può osservare dalla tabella precedente, le venute transitorie attese all'intersezione con le faglie nel conglomerato di Pezzo per le gallerie ferroviarie, sono comparabili a quelle relative ai tracciati stradali, nonostante i carichi idraulici più elevati. Per le conducibilità idrauliche che probabilmente saranno quelle più ricorrenti (inferiori a 1×10^{-5} m/s) si attendono venute nell'ordine degli $1-5$ l/s*5m e comunque inferiori ai 10 l/s*10m (simulazioni 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b). Venute massime dell'ordine dei $10-20$ l/s*5m (simulazioni 1c, 2c, 3c) sono prevedibili in caso di zone di faglia con permeabilità particolarmente elevata, che non possono essere escluse, seppur in casi eccezionali.

Le portate transitorie fuori dalle zone di faglia, assumeranno valori inferiori, a 1 l/s*5m, principalmente per il grado di permeabilità minore. Esse potranno raggiungere sporadicamente valori massimi dell'ordine di $1-3$ l/s*5m, che equivalgono alle portate transitorie che si otterrebbero con la minima permeabilità delle zone di faglia (cfr. ipotesi 1a, 2a, 3a, della tabella precedente).

Per le faglie all'interno del basamento cristallino si ottengono invece portate transitorie maggiori a causa del maggior carico idraulico ipotizzabile per contesti di questo tipo. Nel caso di conducibilità idrauliche inferiori a 1×10^{-5} m/s, che sono quelle più probabili, le portate rimangono comunque sempre inferiori ai 10 l/s*5m (simulazioni 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b). Solo per gradi di permeabilità superiori, che si può ipotizzare verranno incontrati raramente, si potrebbero verificare afflussi transitori dell'ordine dei $30-40$ l/s*5m (1c, 2c, 3c, 4c).

ID	Raggio tunnel	Cond. idraulica	Carico idraulico	Spessore strato	Lunghezza tratta	Portata
	r_0	k	s	z	L	Q
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(l/s*5m)
1a	5	5,0E-06	40	40	5	2,3
1b	5	1,0E-05	40	40	5	4,5
1c	5	5,0E-05	40	40	5	22,7
2a	5	5,0E-06	60	60	5	3,0
2b	5	1,0E-05	60	60	5	5,9
2c	5	5,0E-05	60	60	5	29,7
3a	5	5,0E-06	80	80	5	3,6
3b	5	1,0E-05	80	80	5	7,3
3c	5	5,0E-05	80	80	5	36,3
4a	5	5,0E-06	100	100	5	4,3
4b	5	1,0E-05	100	100	5	8,5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

4c	5	5,0E-05	100	100	5	42,6
----	---	---------	-----	-----	---	------

Tabella 8.3 Stime analitiche eseguite tramite la soluzione analitica di Goodman et al. (1965) per portate transitorie verso le gallerie dei rami ferroviari all'intersezione con le zone di faglia all'interno del basamento pre-mesozoico; le portate sono valide per tratte di galleria di 5m (cfr. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); ID = identificativo della situazione stimata, utilizzato per commenti nel testo.

Valori di afflussi del tipo di quelli relativi alle simulazioni 1 (a, b, c) e 2 (a, b, c) sono più verosimili a condizioni di carico idraulico simili a quelli che si incontreranno durante lo scavo delle Rampe 1 e 2, mentre valori del tipo di quelli relativi alle simulazioni 3 (a, b, c) e 4 (a, b, c) sono da riferirsi a contesti con carico idraulico originario maggiore di quelli che si incontreranno durante lo scavo delle Rampe 5 e 6.

Anche in questo caso le portate transitorie fuori dalle zone di faglia, assumeranno valori inferiori, principalmente per il grado di permeabilità minore. Si possono in genere attendere venute transitorie di ordine inferiore a $1\text{l/s}\cdot 5\text{m}$. Esse potranno raggiungere, sporadicamente, valori massimi dell'ordine di $3\text{-}5\text{l/s}\cdot 5\text{m}$, che equivalgono alle portate transitorie che si otterrebbero con la minima permeabilità delle zone di faglia (cfr. ipotesi 1a, 2a, 3a, 4a della tabella precedente).

Nel paragrafo 8.2 si descrivono una serie di valutazioni mediante modelli numerici:

“.....Il ricorso ad un modello numerico risulta indispensabile qualora sia necessario fornire uno scenario previsionale che quantifichi gli effetti associati alla realizzazione di opere sotterranee che interferiscono con il naturale deflusso di falda. A differenza dell'approccio analitico, che è adeguato ove applicato a semplici contesti di riferimento, il modello numerico permette di svolgere un'analisi avanzata anche in contesti di elevata complessità geometrica. Nel presente studio per l'esecuzione di tutti i modelli numerici è stato utilizzato il codice di calcolo ad elementi finiti FeFlow® (DHI-WASY). Tale software costituisce uno strumento di calcolo avanzato in grado di riprodurre con elevata affidabilità la complessità geometrica degli oggetti da modellizzare, sia geologici sia infrastrutturali. Rispetto ad altri software a differenze finite (es. ModFlow), tale programma consente di riprodurre con maggiore flessibilità elementi geometrici complessi e di gestire più agevolmente problemi di trasporto densità-dipendenti, quali ad esempio quelli della definizione di interfacce tra acqua dolce ed acqua salmastra. Le geometrie inerenti ai corpi geologici sono discretizzate tramite maglie di elementi finiti a geometria triangolare, con opportuno raffinamento in corrispondenza dei corpi geologici e degli elementi (es. gallerie) ritenuti più sensibili al fine dei risultati numerici.....

.....Allo scopo di fornire una descrizione quanto più dettagliata possibile dell'interazione che si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

viene a creare tra lo scavo del complesso di gallerie stradali e ferroviarie ed il regime di deflusso naturale di falda è stata realizzata una sezione geologica che interessa il settore di spartiacque idrogeologico che comprende la rampe C e D e le rampe A e B del tracciato stradale e il ramo 1 e 2 del tracciato ferroviario. Tale sezione, denominata Sezione 1 (S1 per abbreviazione) è lunga complessivamente 2630 m. La sua traccia è riportata nella tavola idrogeologica di sintesi allegata al presente documento (CG0800AG5DCI700ID00000001C) Il criterio utilizzato per il posizionamento della sezione è stato quello di scegliere una traccia perpendicolare alle equipotenziali idrauliche e quindi di posizionarsi lungo una direzione parallela alle linee di flusso da un lato e dall'altro dello spartiacque idrogeologico in oggetto. La sezione è in realtà costituita da due sezioni che si congiungono lungo la linea di spartiacque idrogeologico e che si sviluppano verso valle a partire da tale elemento. Questa sezione composita è stata posizionata in modo tale che essa intercetti il maggior numero possibile di gallerie potenzialmente interferenti con la zona satura e che, inoltre, le gallerie ferroviarie (le più profonde) vengano interessate dalla sezione in un punto con battente idraulico elevato. Queste condizioni garantiscono che la modellizzazione riguardi una condizione che è tra le più penalizzanti dal punto di vista delle interferenze con la falda e sia pertanto rappresentativa.



Lungo la S1, i rami C e D delle gallerie stradali sono ubicati ad una profondità rispettivamente di 22 m e 25 m da p.c., la rampa A e B ad una profondità di 30 m e 19 m da p.c., mentre i rami 1 e 2 delle gallerie ferroviarie rappresentano le opere ubicate a quote minori ad una profondità di 80 m da p.c.

Relativamente al modello idrogeologico, si fa riferimento a quanto discusso nei paragrafi precedenti. I valori di permeabilità utilizzati per il calcolo sono desunti dalla "Relazione Geotecnica Generale", documento CG0800PRBDCSBC8G00000001A, B e C, relativa agli "Studi di base". In particolare occorre fare riferimento a quanto descritto al precedente paragrafo 4.2.6 ed alla tabella 4.1, di sintesi delle permeabilità K.

I modelli descritti successivamente sono stati calibrati considerando due scenari di riferimento. Tali scenari compensano l'incertezza relativa alla permeabilità del conglomerato di Pezzo e possono essere interpretati come end-members entro i quali si possono effettuare delle valutazioni previsionali in merito all'impatto generato dallo scavo delle gallerie in falda. I due scenari a cui si fa riferimento nelle descrizioni successive sono:

- Scenario A: bassa conducibilità idraulica del conglomerato di Pezzo (3×10^{-7} m/s)
- Scenario B: alta conducibilità idraulica del conglomerato di Pezzo (1×10^{-6} m/s)

Permeabilità superiori a 1×10^{-6} m/s non sono state testate perché implicherebbero tassi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

infiltrazione irrealistici per calibrare la ricostruzione delle isopieze fornita negli elaborati idrogeologici generali redatti a cura del Prof. Ferrara. Il valore massimo 10⁻⁶ è stato dimostrato attraverso l'esame dei test idraulici (cfr. tabella di sintesi 4.1).

La scelta dell'intervallo di permeabilità sopra citato è stata fatta anche dopo aver esaminato i risultati delle prove di permeabilità eseguite contestualmente alla campagna di indagini 2010.


..... Nell'ambito del progetto definitivo relativo sia alle gallerie stradali che ferroviarie è stato previsto uno scavo con metodologia tradizionale. Questo implica che durante la fase di scavo le pareti del preforo siano soggette all'infiltrazione di acqua, la cui entità è funzione delle caratteristiche di permeabilità del massiccio circostante, delle condizioni di carico idraulico insistente sulle gallerie e dell'influenza idraulica reciproca tra le stesse gallerie. La fase di scavo, durante la quale la galleria può drenare liberamente su tutta la sezione, viene seguita a qualche decina di metri da una fase di posa in opera del rivestimento definitivo, con il quale la possibilità di drenare da parte delle gallerie viene limitata a una coppia di tubazioni di diametro 120mm posta alla base dei ogni piedritto.

La simulazione del sistema di deflusso sotterraneo inerente il dominio di pertinenza della sezione S1 e l'integrazione nei modelli numerici delle opere sotterranee previste dal progetto è stata pertanto effettuata attraverso le seguenti fasi operative:

- 1. modello 2D verticale per la simulazione del deflusso di falda in condizioni naturali (ante-operam) lungo la sezione S1. I risultati delle simulazioni vengono calibrati con i dati idrogeologici (piezometria dedotta da pozzi e sondaggi, carte piezometriche, etc.)*
- 2. simulazione della circolazione idrica in presenza di tunnel, secondo lo schema seguente:*
 - presenza delle gallerie ipotizzando che le faglie non costituiscano degli elementi influenti dal punto di vista idraulico*
 - presenza delle gallerie ipotizzando che le faglie costituiscano degli elementi influenti dal punto di vista idraulico.*

L'aver preso in considerazione due situazioni diverse a seconda del ruolo delle faglie dipende sostanzialmente dal fatto che il ruolo delle faglie è di difficile definizione. Nel primo caso esaminato esse non hanno una differenza di permeabilità sostanziale rispetto al mezzo circostante; pertanto questa ipotesi prevede una isotropia nell'acquifero, salvo l'effetto della dislocazione dei diversi orizzonti da parte delle discontinuità. Nel secondo caso esaminato, le faglie hanno invece una permeabilità maggiore rispetto al mezzo circostante e sono in grado di influenzare il fenomeno degli afflussi in galleria.....

*.....Dalle analisi svolte **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.Errore. L'origine***

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

*riferimento non è stata trovata. si evince che, in condizioni di drenaggio stabilizzato, la superficie piezometrica abbattuta subisce delle perturbazioni nella zona delle gallerie. La depressione della piezometria si propaga inoltre ai lati del nodo di gallerie. Tuttavia in corrispondenza della piana costiera, il livello di falda non subisce variazioni significative. Peraltro, soprattutto per lo scenario A, di bassa conducibilità del conglomerato di Pezzo, ritenuto lo scenario maggiormente probabile, già a 200-300m dalle gallerie stradali (su entrambi i lati della sezione, gli abbassamenti del livello di falda risultano poco sensibili (cfr. Figura 8.10 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Lo scenario B, ritenuto meno probabile, comporta perturbazioni più accentuate soprattutto nella zona delle gallerie, ma anche in questo caso il livello piezometrico nel settore più prossimo alla costa non varia e persiste un gradiente di flusso verso mare.*

Sia ipotizzando una bassa che un'alta permeabilità del conglomerato di Pezzo ci si può attendere che le gallerie stradali delle Rampe A-B-C-D si attestino al di sopra del livello di falda stabilizzato in regime perturbato. Ciò può essere ragionevolmente estrapolato all'intero sviluppo in sotterraneo delle gallerie autostradali lato Calabria.



La differenza tra i due scenari A e B può essere apprezzata in termini di portate attese in galleria. La Tabella 8.7 riporta la previsione degli afflussi in galleria per i rami ferroviari nei due scenari. Viene riportato il solo dato per i rami ferroviari perché sostanzialmente costituiscono le uniche opere che manifestano degli afflussi effettivi.

Scenario A			
	Ramo 1	Ramo 2	Ramo 1+2
(m ³ /giorno)*10m	5.5	6.4	11.9
(l/s)*10m	0.06	0.07	0.13
Scenario B			
	Ramo 1	Ramo 2	Ramo 1+2
(m ³ /giorno)*10m	9.6	10.3	19.9
(l/s)*10m	0.11	0.12	0.23

Tabella 8.7: Stime delle portate stabilizzate nel Ramo 1 e 2 delle gallerie ferroviarie.

*Come si nota dalla tabella precedente, le portate drenate in regime permanente sono molto ridotte in entrambi i casi e corrispondenti perlopiù ad una situazione di stillicidi o piccole venute diffuse, con valori massimi di 0,12 l/s*10m sul Ramo 2 per lo scenario B che è quello più conservativo.....*

Nel paragrafo 10 si riportano le conclusioni sia sulla “Stima delle portate drenate dalle gallerie” (paragrafo 10.1) sia per la “Perturbazione della piezometria” (paragrafo 10.2), di seguito riportati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

integralmente:

paragrafo 10.1: Stime sulle portate drenate

*“....Per quanto attiene al punto 1 si può concludere che le portate massime transitorie si registreranno durante lo scavo delle gallerie ferroviarie. In corrispondenza di queste infrastrutture, nel conglomerato di Pezzo, all’intersezione con le faglie, si potranno incontrare afflussi transitori dell’ordine dei 5 l/s*5m e solo in casi eccezionali le portate potranno superare i 20 l/s*5m. Un discorso analogo vale per lo scavo delle tratte in faglia all’interno del basamento pre-mesozoico, dove tuttavia le portate transitorie potrebbero essere di poco superiori e dell’ordine mediamente dei 5-10 l/s*5m con, in casi eccezionali, portate dell’ordine dei 30-40 l/s*5m.*

*Al di fuori delle zone di faglia le portate transitorie assumeranno valori più bassi e perlopiù inferiori a 1l/s*5m.*

*In regime stazionario, le portate complessive stimate, sono di entità decisamente inferiore. Considerando che i modelli numerici bidimensionali forniscono stime di 0,1-0,2 l/s*10m, sommando le portate dalle due canne delle gallerie ferroviarie, è verosimile che le portate stabilizzate complessive saranno nell’ordine dei 20-40 l/s, probabilmente anche inferiori, poiché le assunzioni geometriche fatte per il modello bidimensionale sono estremamente conservative.*



Per quanto attiene ai pozzi di fondazione delle torri del ponte, sulla base dell’esperienza di modellizzazione tridimensionale per le opere omologhe in territorio siciliano si può stimare che le portate drenate in fase di scavo, attraverso il tappo di fondo, saranno complessivamente dell’ordine del litro per secondo....”

Paragrafo 10.2: Perturbazione della piezometria

“.....Per quanto attiene al punto 2, per le gallerie è prevista una condizione di drenaggio in regime permanente, le gallerie avranno un’influenza sulla piezometria più marcata nel loro intorno, mentre verso mare le variazioni saranno di minor entità o pressoché nulle.

Sulla base dei modelli numerici è stato previsto che la superficie di falda in corrispondenza delle gallerie in regime perturbato si manterrà praticamente alla quota delle opere. Già circa 250-300m a valle delle opere, sia sul versante verso Villa San Giovanni che su quello verso Cannitello, la falda tenderà invece a stabilizzarsi su livelli non molto dissimili da quello originario, mentre su una fascia di 200-250m a partire dalla costa, non si avvertiranno abbassamenti significativi.

Per una miglior definizione delle alterazioni del deflusso in falda, è stato inoltre stimato che in prossimità delle zone di recapito a mare del sistema di flusso, nella fascia di 200-250m ove non si verificheranno significativi abbassamenti del livello di falda, a causa della diminuzione per l’abbassamento di gradiente a monte, si potranno verificare riduzioni del deflusso in falda

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

dell'ordine del 30-40% rispetto al deflusso originario.

Se ciò non determinerà disseccamento dei pozzi presenti nella fascia costiera, che costituisce l'ubicazione delle principali opere di sfruttamento della risorsa idrica sotterranea, potrà comunque determinarne dei cali di produttività. Per meglio definire questa problematica si può fare riferimento ad una classificazione dei livelli di impatto, in quattro classi:

- 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.

L'unica opera di captazione censita che ricade in classe 1 è rappresentata dal pozzo ANAS/Pz5, che, trovandosi sulla verticale delle gallerie subirà una perturbazione molto accentuata.


Si collocano invece in classe 2 i pozzi Pz30 e Pz44, che si trovano nella zona di perturbazione legata alle gallerie ferroviarie, lungo la faglia NW-SE, più importante dell'area di interesse.

Si collocano in classe 3 i seguenti pozzi dell'area costiera: Pz2, Pz20, Pz3, Pz39, ANAS/Pz4. E' possibile che anche i pozzi Pz42, Pz35 e Pz15 subiscano perturbazioni, anche se in questo caso vi è minor certezza sull'effettivo rischio.

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

In ogni caso le acque drenate dalle gallerie ferroviarie saranno raccolte separatamente dalle acque nere, mediante due tubazioni Ø 300 e recapitate all'esterno delle gallerie in apposite vasche per il loro trattamento. Le acque trattate potranno quindi essere restituite al territorio.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

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 paragrafo 8.1.4 si descrivono una serie di valutazioni sui possibili afflussi dai pozzi di fondazione del ponte:

“..... I pozzi di fondazione delle torri del ponte sul versante calabrese sono impostate nel conglomerato di Pezzo. Non sono state eseguite modellizzazioni specifiche per valutare le portate drenate in fase di realizzazione, poiché, a valle delle modellizzazioni numeriche eseguite per le opere analoghe ubicate in territorio siciliano si può stimare che gli afflussi d'acqua per queste opere saranno di entità molto ridotta. Se infatti si tiene conto del fatto che in territorio siciliano, ove il tappo di fondo dei pozzi di fondazione è impostato in ghiaie e sabbie di Messina ($k=1 \times 10^{-5}$ m/s), le portate stimate dai modelli numerici sono piuttosto basse (ordine dei 4 l/s), nel caso dei pozzi di fondazione in Calabria si attendono portate inferiori e quindi molto basse, in quanto il conglomerato di Pezzo ha conducibilità idrauliche inferiori di uno/due ordini di grandezza ($k=1 \times 10^{-6}$, 1×10^{-7} m/s) rispetto alle ghiaie e sabbie di Messina.....”

2.2 Risposta integrazione VIAC035_c

Anche in questo caso, quanto richiesto è stato dettagliatamente approfondito e riferito negli elaborati di Progetto Definitivo, in cui sono descritti i metodi ed i sistemi temporanei per la costruzione ed il montaggio, nello specifico gli elaborati: “Metodo di scavo/getto Fondazione Torre Calabria” (da PF0165_F0-PF0167_F0), “Metodo di scavo/getto Blocco di ancoraggio Calabria” (da PF0172_F0-PF0175_F0). Per gli aspetti relativi all'impatto idrogeologico ed al chimismo delle acque si rimanda ancora all'elaborato di Progetto Definitivo, documento AC038: “Collegamenti Calabria – Studio idrogeologico aree interessate dallo scavo delle gallerie – Relazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012

idrogeologica descrittiva". In particolare vedasi paragrafo 9 e 10.4, quest'ultimo riportato integralmente:

".....I modelli numerici hanno fornito significative indicazioni sulla velocità media di propagazione di inquinanti in falda (punto 4). Si precisa che le simulazioni hanno considerato la propagazione di un inquinante in mezzo saturo che si comporta fisicamente in condizioni analoghe a quelle dell'acqua, ovverosia sono stati valutati i percorsi e tempi di transito in falda delle particelle d'acqua come se si trattasse di particelle di inquinanti.



In generale sia in condizioni di flusso non perturbato, che in condizioni di perturbazione da parte del drenaggio esercitato dalle gallerie, le velocità di propagazione di eventuali inquinanti che dovessero essere immessi in falda durante i lavori sono piuttosto basse. Ciò è dovuto principalmente alla permeabilità non particolarmente elevata del conglomerato di Pezzo. Si ricorda comunque che per ogni cantiere è previsto un sistema di raccolta e trattamento delle acque, che di fatto impedisce sversamenti di inquinanti.

Le velocità di propagazione maggiori sono ipotizzabili per la zona a valle degli imbocchi nord delle gallerie, in condizioni di falda non perturbata. Anche in questo caso tuttavia, eventuali inquinanti impiegherebbero circa 3 anni per raggiungere la piana alluvionale adiacente la costa e ciò consentirebbe in casi estremi di mettere in opera azioni di mitigazione (pozzi barriera, barriere reattive ecc.).

In tutti gli altri casi simulati quali (i) immissioni dalla rampa B sopra falda e dall'ancoraggio in condizioni non perturbate, (ii) immissioni dalla zona dell'ancoraggio in condizioni di falda perturbata dal drenaggio delle gallerie, (iii) immissioni dalle gallerie che si vengono a trovare sopra falda dopo lo scavo delle gallerie ferroviarie, le velocità di propagazione sono decisamente inferiori e dell'ordine dei 50-200m in tre anni. In questo contesto il rischio che le opere in progetto determinino rapidi e incontrollabili fenomeni di inquinamento appare basso.

L'unica area relativamente sensibile è dunque rappresentata dal settore di acquifero a valle della zona dell'ancoraggio e degli imbocchi delle gallerie prima dell'accesso al ponte. Nel primo caso sono presenti numerosi pozzi, mentre nel secondo caso non vi sono pozzi (ad eccezione del Pz 39).

Al fine di monitorare e prevenire eventuali fenomeni di inquinamento, in questi settori è prevista la realizzazione di alcuni piezometri a tubo aperto, con possibilità di prelievo di campioni, posti circa 150m a valle della rampa B e del suo imbocco nord (imbocco ponte). Questo accorgimento, visti i tempi di propagazione stimati, che sono dell'ordine dei 100-150m in due anni al massimo, garantirà la possibilità di intervenire in ampio anticipo con azioni di mitigazione, prima che

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		Codice VIAC035_F1	Rev F1	Data 30/05/2012



eventuali inquinanti raggiungano la piana costiera ove sono collocati i pozzi principali.

Nello specifico esistono poi alcuni casi di pozzi collocati in zona sensibile perché molto prossimi alle infrastrutture in progettazione. Si tratta dei pozzi Pz20, Pz44, ANA/Pz4 e ANAS/Pz3. Questi pozzi sono troppo vicini alle zone di intervento affinché si possa ragionevolmente realizzare un monitoraggio con piezometri a monte. In questi casi si procederà quindi al campionamento e analisi sistematici delle acque dei pozzi.

Per quanto attiene più specificatamente alle possibili alterazioni del chimismo di falda connesse all'uso di cementi e bentonite, che costituiscono quantitativamente i principali elementi estranei che entreranno in contatto con le acque di falda, si può concludere innanzitutto che, la bentonite non costituisce un elemento di rischio rilevante ai fini dell'alterazione chimica delle acque. Essa potrebbe originare modesti fenomeni di adsorbimento cationico (es di Na+) che però, oltre a non inficiare significativamente l'utilizzabilità delle acque di falda, avranno anche valenza temporanea e circoscritta all'intorno delle opere. Per quanto attiene all'utilizzo del calcestruzzo, la problematica più rilevante dal punto di vista geochimico, riguarda la produzione di acque alcaline oppure l'incremento di silice disciolta, nel caso di utilizzo di silicato di sodio. In entrambi i casi si tratta comunque di fenomeni transitori, legati alla fase di maturazione e circoscritti alla zona degli interventi. La riduzione repentina del pH potrebbe condurre a precipitazione di specie disciolte, prevalentemente carbonati, che tenderebbero a far diminuire, a livello locale la trasmissività dell'acquifero, con possibili modesti peggioramenti della condizione di deflusso a valle delle opere. Appaiono tuttavia sostanzialmente esenti da queste problematiche tutte le gallerie, siano esse drenanti o non drenanti. Nel primo caso perché il flusso è diretto verso l'opera e le acque che ne lambiscono il perimetro vengono drenate al suo interno, nel secondo caso perché le variazioni di chimismo sono circoscritte all'acqua vadosa e non influiscono significativamente sull'acqua di falda.

Diverso è il discorso per le opere che entrano in contatto diretto con la falda senza drenarla, ovvero (i) l'ancoraggio e (ii) le fondazioni delle torri.

Nel caso dell'ancoraggio l'interazione acqua cemento potrà produrre un pennacchio di alterazione del pH nell'acqua di falda, in migrazione molto lenta verso la linea di costa. Si tratta però di una perturbazione molto circoscritta, di forma quasi lineare ed alla quale potranno essere associati fenomeni di precipitazione di fasi carbonatiche, implicanti una riduzione estremamente locale della trasmissività. Nel caso di utilizzo di silicato di sodio o altri additivi, si potranno anche generare locali incrementi di sostanze disciolte (es. silice), anche questi di entità molto circoscritta. Peraltro, non esistendo pozzi censiti "sotto-flusso" rispetto all'ancoraggio, tutte queste perturbazioni a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA INTEGRAZIONE LATO CALABRIA ID 35		<i>Codice</i> VIAC035_F1	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

carattere locale, non avranno ripercussioni significative.

Nel caso delle fondazioni delle torri, potrebbero verificarsi problematiche analoghe a quelle ora viste per l'ancoraggio. Tuttavia essendo il flusso sempre diretto verso mare le modificazioni chimiche non influiranno significativamente su nessuna opera di captazione di interesse. Per contro, nella fase di scavo dei pozzi di fondazione, il flusso sarà diretto verso i pozzi medesimi e pertanto, non sussistono problemi di alterazione del chimismo in falda...".

2.3 Risposta integrazione VIAC035_d

Quanto richiesto è stato dettagliatamente approfondito all'interno dello studio idrogeologico specifico e si trova descritto nell'elaborato di Progetto Definitivo, documento AC038: "Collegamenti Calabria – Studio idrogeologico aree interessate dallo scavo delle gallerie – Relazione idrogeologica descrittiva".

Nel documento citato, dopo un inquadramento generale dell'area, dal punto di vista idrogeologico, al paragrafo 5, si riporta un quadro dettagliato del censimento di tutti i punti d'acqua presenti sul territorio, e, soprattutto, si riportano le prime risultanze del piano di monitoraggio piezometrico predisposto nella fase conoscitiva del Progetto Definitivo (2010), che comprendeva una rete piezometrica atta a valutare le possibili interferenze sulla falda e le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

Dati che sono risultati indispensabili per le valutazioni analitiche e la modellazione numerica dell'idrogeologia di sottosuolo, descritta ai precedenti punti.