

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



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)

IL PROGETTISTA



S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOTECNICA

Dott. Ing. G. Cassani

Ordine Ingegneri Milano n° 20997



Dott. Ing. E. Pagani

Ordine Ingegneri

Milano n° 15408

IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager

(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)

Unità Funzionale

Tipo di sistema

Raggruppamento di opere/attività

Opera - tratto d'opera - parte d'opera

Titolo del documento

COLLEGAMENTI CALABRIA RILIEVI ACCERT. E IND. IN CAMPO AMBIENTALI
(STUDI DI SETTORE)

ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE

STUDIO IDROGEOL. AREE INTERESSATE DALLO SCAVO DELLE GALLERIE

RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA

AC0038_F0

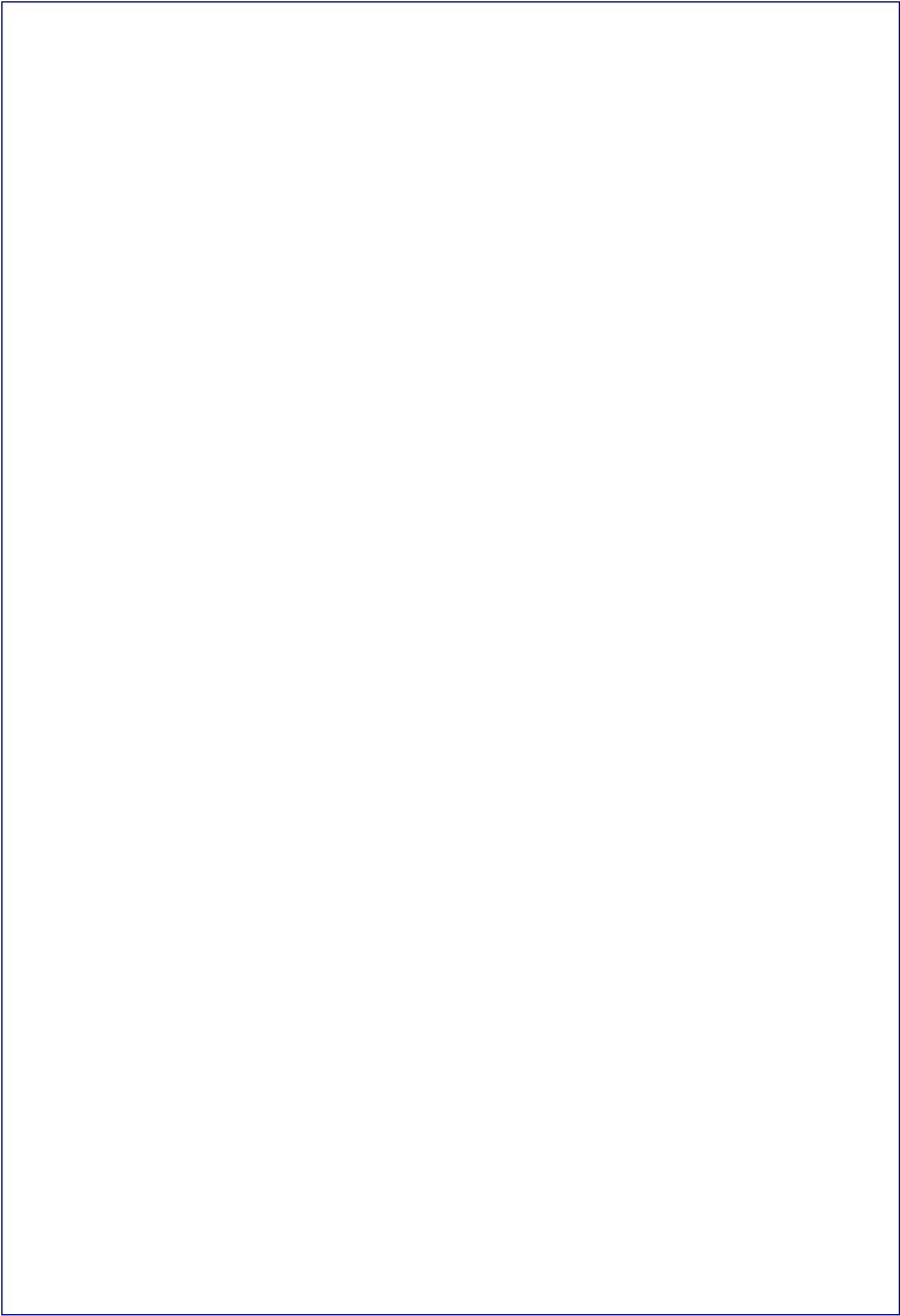
CODICE

C G 0 8 0 0 A R X D C I 7 0 0 I D 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	P. PERELLO	F. PENNINO	G. CASSANI

NOME DEL FILE: AC0038_F0

revisione interna: __



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Introduzione	6
2 Descrizione delle opere	9
2.1 Gallerie stradali	9
2.1.1 Descrizione dell'intervento	10
2.1.2 Sistema principale di uscita	11
2.1.3 Sistema principale di accesso	12
2.2 Gallerie ferroviarie	14
3 Quadro geologico di riferimento	19
3.1 Successione stratigrafica	19
3.2 Tettonica	20
4 Caratteristiche idrogeologiche	23
4.1.1 Permeabilità relativa delle unità litostratigrafiche	23
4.1.2 Complessi idrogeologici	24
4.1.3 Idrostrutture principali	24
4.2 Acquiferi e relative caratteristiche	36
4.2.1 Acquifero delle metamorfiti	36
4.2.2 Acquifero conglomeratico – sabbioso miocenico	37
4.2.3 Acquifero calcarenitico – sabbioso pleistocenico	37
4.2.4 Acquifero ghiaioso – sabbioso pleistocenico	38
4.2.5 Acquiferi alluvionali e acquiferi dei depositi marini terrazzati e costieri	38
4.2.6 Parametri idrogeologici	39
4.3 Condizioni idrodinamiche	42
4.4 Modello concettuale degli Acquiferi	43
4.5 Vulnerabilità degli acquiferi	44
4.5.1 Cenni sulla metodologia	44
4.5.2 Valutazione della vulnerabilità	45
5 Rilievi, misure e monitoraggi	49
5.1 Rilievi di campagna eseguiti: censimento sorgenti e pozzi	49
5.1.1 Censimento dei punti d'acqua	49
5.2 Caratteristiche chimico – fisiche delle acque sotterranee	49

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3	Prelievi ed utilizzazioni	52
5.4	Monitoraggio piezometrico	53
6	Inquadramento generale dell'assetto idrogeologico lungo il tracciato delle gallerie autostradali.	65
6.1	Rampa A	66
6.2	Rampa B	68
6.3	Rampa C	68
6.4	Rampa D	69
7	Inquadramento generale dell'assetto idrogeologico lungo il tracciato delle gallerie ferroviarie	71
7.1	Rami 1 e 2	71
7.2	Rami 5 e 6	72
8	Valutazioni quantitative sulle portate in galleria e sulle interferenze opere – falda	75
8.1	Valutazioni tramite modelli analitici	75
8.1.1	Modelli analitici impiegati.....	75
8.1.1.1	Calcolo delle portate massime transitorie.....	75
8.1.1.2	Calcolo delle portate stabilizzate	77
8.1.1.3	Valutazione del flusso in falda a superficie libera.....	78
8.1.2	Afflussi lungo le Rampe autostradali	79
8.1.3	Afflussi lungo i Rami ferroviari.....	81
8.1.3.1	Afflussi in regime transitorio	81
8.1.3.2	Afflussi in regime permanente	83
8.1.4	Afflussi dai pozzi di fondazione delle torri del ponte.....	87
8.2	Valutazioni tramite modelli numerici.....	87
8.2.1	Modello numerico per il settore delle rampe autostradali e dei rami ferroviari	88
8.2.1.1	Contesto progettuale delle gallerie e criticità ambientali	91
8.2.1.2	Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in condizioni naturali ante-operam.....	92
8.2.1.3	Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in presenza delle gallerie con permeabilità in zona di faglia equivalente alla permeabilità dell'acquifero circostante.....	98
8.2.1.4	Variazioni di deflusso in falda e variazioni dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata in presenza delle gallerie.....	103
8.2.1.5	Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in presenza delle	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

gallerie con permeabilità in zona di faglia maggiore rispetto alla permeabilità dell'acquifero circostante.....	111
8.2.2 Considerazioni sulle perturbazioni del livello piezometrico indotte dalle oscillazioni di marea	113
9 Valutazioni sulla possibile dispersione di inquinanti e loro velocità di diffusione.....	116
9.1 Simulazione relativa all'immissione di inquinanti in condizioni di flusso non perturbate dallo scavo delle gallerie	119
9.1.1 Area degli imbocchi nord delle gallerie.....	119
9.1.2 Scavo della Rampa B e dell'ancoraggio.....	121
9.2 Simulazione relativa all'immissione di inquinanti in condizioni di flusso perturbate dallo scavo delle gallerie.....	123
9.2.1 Area di cantiere degli imbocchi nord delle gallerie	123
9.2.2 Area sottostante le gallerie delle rampe stradali e dei rami ferroviari.....	125
10 Conclusioni.....	129
10.1 Stime sulle portate drenate	129
10.2 Perturbazione della piezometria.....	130
10.2.1 Analisi delle subsidenze e valutazione dei danni indotti sui fabbricati.....	131
10.3 Perturbazione sul cuneo salino	132
10.4 Percorsi di possibili inquinanti e variazioni del chimismo in falda	133
10.5 Opere compensative e di mitigazione	135
ALLEGATI.....	139
SCHEDE DEI PUNTI D'ACQUA.....	141
PROVE DI EMUNGIMENTO	143
CERTIFICATI CHIMICO – FISICI	145

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione

Nel presente elaborato si riprende in sintesi quanto descritto attraverso lo studio idrogeologico dell'estremità nord-occidentale della Calabria per la redazione del Progetto Definitivo dei collegamenti infrastrutturali stradali e ferroviari al Ponte sullo Stretto di Messina.

Lo studio, descritto e riportato negli elaborati di progetto relativo alla componente di progetto n. 8, è stato condotto mediante l'analisi dei rilievi e delle indagini eseguite, allo scopo di definire le condizioni di esistenza e circolazione delle acque sotterranee nei vari termini delle relative successioni stratigrafiche. Sono stati utilizzati dati di superficie e di sottosuolo derivanti da rilievi geologici e da sondaggi geognostici effettuati in precedenza e durante l'esecuzione del presente studio.

I dati acquisiti sono stati opportunamente elaborati per ottenere un quadro idrogeologico sufficientemente dettagliato delle caratteristiche degli acquiferi, delle condizioni idrodinamiche e di alimentazione, del chimismo delle acque sotterranee e del loro sfruttamento.

Le attività svolte sono state articolate in tre diverse fasi:

- Attività preliminari
- Attività sul terreno
- Elaborazione dei dati e redazione della cartografia

La prima fase è consistita nella ricerca e acquisizione, presso strutture pubbliche e private, di documentazione contenente dati recenti, utilizzando la cartografia geologica esistente per una prima identificazione idrolitologica dei termini della successione stratigrafica. Oltre ai documenti acquisiti sono stati consultati gli studi e le indagini geognostiche fatte eseguire dalla Società Stretto di Messina dalla metà degli anni '80 all'inizio del 2000. Si è proceduto quindi ad una valutazione preliminare della permeabilità relativa delle unità litostratigrafiche, individuando i probabili acquiferi afferenti a diversi complessi idrogeologici e relative idrostrutture, per un primo inquadramento dei sistemi acquiferi dell'area.

Nella seconda fase si è proceduto al censimento dei punti d'acqua con individuazione e ubicazione georeferenziata di sorgenti, pozzi e gallerie drenanti, effettuando misure del livello piezometrico, di temperatura, pH e conducibilità elettrica delle acque, prelievo di campioni per la determinazione in laboratorio dei principali parametri chimici. Sono stati acquisiti dati stratigrafici, di portata di esercizio e di utilizzazione delle acque. Dove possibile sono state effettuate misure di portata in pozzi di maggiore interesse o prove puntuali (slug test) in piezometri per la determinazione dei parametri idrogeologici degli acquiferi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nella terza fase si è proceduto alla revisione ed elaborazione dei dati acquisiti mediante i rilievi di campagna, che hanno permesso, in base alle conoscenze geologiche e geomorfologiche, una più precisa definizione e caratterizzazione dei complessi idrogeologici e degli acquiferi, la costruzione delle curve isopiezometriche, la definizione del campo di moto delle acque sotterranee e degli altri fattori che concorrono alla ricostruzione del modello concettuale degli acquiferi che costituiscono i sistemi acquiferi del territorio studiato. Mediante i dati delle misure in campo e delle analisi di laboratorio di campioni prelevati durante il censimento è stata effettuata la caratterizzazione chimica e la qualità di base delle acque intercettate dalle opere di captazione e da sondaggi geognostici.

Tenuto conto degli studi precedentemente eseguiti, sono stati infine analizzati i possibili rapporti tra le acque sotterranee e le opere in progetto per una stima degli eventuali effetti di degrado quantitativo e qualitativo delle risorse idriche e di subsidenza in superficie, determinati dallo scavo delle gallerie e, delle possibilità che lungo determinate tratte, possano riscontrarsi manifestazioni idriche di diversa entità.

A partire dallo studio idrogeologico generale lo studio definisce uno schema della circolazione idrica sotterranea nella fascia di territorio influenzata dallo scavo delle gallerie stradali e ferroviarie. Il punto di partenza delle analisi svolte sono le previsioni idrogeologiche generali e le previsioni degli afflussi descritti nei profili idrogeologici allegati agli Studi di Base (componente n. 8 di progetto).

La valutazione delle portate drenate dalle gallerie in regime transitorio e/o stabilizzato per casi non particolarmente complessi, è stata svolta mediante l'impiego di soluzioni analitiche comunemente riportate in letteratura e descritte nel particolare al successivo capitolo 7:

- Al fine di simulare l'ingresso di uno scavo in una galleria sotto falda, valutando quindi l'entità della portata transitoria che si può generare nelle fasi di avanzamento nell'acquifero, è stata utilizzata una soluzione analitica del tipo di quella proposta da Goodman et al. (1965),
- Per il calcolo delle portate stabilizzate in caso di gallerie completamente drenanti lungo tutta la loro sezione, sono stati utilizzati due diversi modelli analitici,
- ipotesi di un abbattimento della piezometrica fino a quota galleria oppure di un abbassamento solo parziale e che quindi al di sopra della galleria rimanga un certo battente idraulico (caso più frequente nelle condizioni dell'area di interesse), la funzione proposta da Kresic (2007)
- nel caso invece di abbattimento solo parziale della piezometrica, la funzione proposta da Ribacchi et al. (2002).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Descrizione delle opere

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle opere a progetto:

- gallerie stradali
- gallerie ferroviarie.

2.1 Gallerie stradali

L'intervento di progetto prende le sue mosse dal progetto preliminare del 2002, adeguandolo alle mutate condizioni ambientali, alle norme oggi vigenti, ai moderni sistemi di sicurezza ed alla tipologia del sistema di pedaggio.

In linea generale le varianti più significative hanno riguardato:

- la modifica del senso di circolazione sull'opera di attraversamento adottando un sistema di circolazione "all'italiana" così come prescritto e previsto dal Codice della Strada. In particolare la scelta di riportare la circolazione in destra ha implicato una serie di aspetti migliorativi relativamente alla inversione non più necessaria delle carreggiate autostradali ed una semplificazione evidente dei rami di collegamento e di emergenza, rendendo di fatto più agevole anche le modifiche resesi necessarie a valle della variante Galleria Piale posta lungo il Macrolotto DG 87 della A3;
- l'introduzione della nuova condizione di circolazione stradale nella soluzione infrastrutturale studiata per adeguare il progetto alle mutate situazioni al contorno. A tal fine è stata attuata una semplificazione del sistema dei collegamenti all'opera di attraversamento che ha interessato sia i rami principali di accesso e uscita dall'opera di attraversamento (senza modificarne lo schema funzionale) sia le rampe di accesso al Centro Direzionale. Queste modifiche, oltre a ridurre ancora di più l'impatto sul territorio, hanno consentito la creazione di un piazzale di scambio posto tra il Ponte e gli imbocchi in galleria, che consente una migliore gestione del traffico in condizioni di emergenza (chiusura di una carreggiata del Ponte). Inoltre è stato rivisto l'andamento altimetrico dei collegamenti stradali per adeguarli alle quote definitive individuate per il Ponte sullo Stretto;
- la ridefinizione del complesso delle rampe di emergenza e di servizio in conformità con il nuovo assetto planimetrico che ha permesso di semplificare il complesso delle rampe, con un significativo miglioramento dal punto di vista sia della gestione delle emergenze che dell'impatto sul territorio.
- l'adeguamento alla vigente normativa di tutte le sezioni trasversali, con particolare riguardo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

alle corsie di immissione e diversione in corrispondenza degli svincoli, ed agli spazi per il funzionamento delle barriere di sicurezza;

- la verifica di congruità delle opere con il progetto esecutivo di adeguamento dell'autostrada A3 tra il km 427+000 ed il km 437+500 predisposto dall'ANAS ("Lotto 7°"), di cui sono in corso i lavori.

I rami principali di collegamento all'Opera di Attraversamento sono stati studiati con caratteristiche di strada tipo A, "autostrada in ambito extraurbano". Coerentemente all'impostazione progettuale per l'opera di attraversamento, è stata adottata per questi assi un limite di velocità di 80 km/h con una Vpmax di progetto pari 90 km/h, al fine di conferire un'omogeneità nel regime di circolazione ed orientare l'utenza ad un utilizzo corretto dell'infrastruttura.

Conseguentemente gli elementi plano-altimetrici del tracciato sono stati progettati secondo tale intervallo di velocità.

Per i rami secondari, classificati tutti come rami di svincolo, sono state adottate per le velocità di progetto, i seguenti intervalli in linea con quanto indicato dal DM 16/04/2006 "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle intersezioni":

- a. rampe di svincolo dirette: Vp=50-80 km/h
- b. rampe di svincolo semidirette: Vp=40-70 km/h
- c. rampe di svincolo indirette: Vp=30-60 km/h

Per la viabilità di servizio ed emergenze è stato invece adottata una Vp compresa fra 25 e 40 km/h.

2.1.1 Descrizione dell'intervento

La configurazione del sistema dei rami di accesso (direzione Messina) e di uscita (direzione nord e direzione Reggio Calabria) prevede i seguenti collegamenti viari:

1. *sistema principale di uscita*, costituito dal ramo A (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Nord) e dal ramo B (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Reggio Calabria);
2. *sistema principale di accesso*, costituito dal ramo C (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Sud fino alla struttura terminale del Ponte) e dal ramo D (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Nord fino alla connessione con il ramo C);
3. *sistema di collegamento al Centro Direzionale*, che permette il collegamento alle aree destinate ai servizi generali, alla gestione ed alla manutenzione del Ponte;
4. *sistema di servizio ed emergenza*, che permette il movimento dei veicoli addetti alla

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

manutenzione ordinaria e straordinaria, e la gestione del traffico in condizione di emergenza (chiusura di una carreggiata del Ponte o di blocchi in altri punti della rete per una gestione complessiva della sicurezza e dell'emergenza).

2.1.2 Sistema principale di uscita

Il collegamento funzionale tra il Ponte ed il sistema autostradale nazionale (A3) è garantito dai rami principali A e B, diretti rispettivamente verso nord (Salerno) e verso sud (Reggio Calabria).

Le gallerie stradali saranno scavate mediante tecnologia di tipo "tradizionale". La previsione del comportamento dell'ammasso allo scavo, la definizione delle sezioni tipo, le modalità costruttive, le fasi di avanzamento dello scavo, l'applicazione e la variabilità delle differenti sezioni tipo da applicare in fase di scavo sono descritte nel documento CG0800PRGDCSC00GN00000001, "Relazione tecnica generale" gallerie autostradali.

RAMO "A"

Il ramo A ha praticamente origine dalla struttura terminale del ponte, e termina sulla A3; in questo punto la rampa si trova all'esterno della direttrice nord della Variante A3 e può inserirsi su di essa in destra con un tratto in complanare che termina al km 2 circa.

Il ramo A costituisce, come già detto, la direttrice principale in uscita, ed ha carichi di traffico decisamente superiori di quelli del ramo diretto verso Reggio Calabria. Si è quindi scelto di adottare una sezione tipo costituita da una carreggiata autostradale di categoria A in ambito extraurbano che presenta 2 corsie di marcia da 3,75 m e una corsia di emergenza in destra larga 3,00 m. Il franco laterale pavimentato in sinistra è pari a 0,70 m.

Il tracciato planimetrico della rampa presenta un'ampia curva verso destra, con raggio $R=585$ m, a cui segue una curva verso sinistra di notevole sviluppo e raggio pari a 380 m che precede l'ultima curva dell'asse, di 385 m di raggio, con la quale ci si allinea al tracciato della carreggiata Nord della A3.

La larghezza della banchina di sinistra pari a 0.70 m, nel tratto caratterizzato dalla curva verso sinistra con raggio $R = 380$ m, non consente di ottenere la visuale libera necessaria con la velocità di progetto di 90 km/h prevista; è quindi previsto un allargamento della carreggiata di 1.45 m.

RAMO "B"

Il ramo B ha inizio con una uscita a destra dal ramo A e termina sulla "Carreggiata per la Sicilia" prevista nel progetto del Lotto 7° dell'adeguamento della A3.

Il ramo B costituisce, come detto, il collegamento con la A3 in direzione Reggio Calabria e diverge dal ramo A dopo un tratto di decelerazione di lunghezza pari a 170 m (parallelo allo stesso ramo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

principale) per imboccare quindi la galleria “Pian di Lastrico” in direzione sud.

Dopo il tratto in galleria, la rampa si inserisce sul vecchio tracciato della A3 in corrispondenza del viadotto “Campanella”, che viene adeguato per realizzare la confluenza con la rampa L proveniente dal Centro Direzionale.

La sezione tipo presenta una corsia di larghezza pari a 3,75 m affiancata da corsia di emergenza di 3,00 m e da un franco laterale in sinistra di 2,25 m, e si mantiene tale anche in galleria.

Il ramo B presenta un andamento planimetrico complesso, composto da un doppio flesso con raggi compresi tra 405 e 525 m; la presenza della banchina in sinistra da 2,25 m garantisce sempre la distanza di visuale libera anche nelle curve verso sinistra.

La livelletta non supera mai il 5% nei tratti a cielo aperto, ed il 4% nei tratti in galleria in salita.

2.1.3 Sistema principale di accesso

Questo sistema di collegamento (rami C e D) rende possibile la connessione con il Ponte al traffico proveniente dalla A3.

RAMO “C”

Il ramo C serve il traffico proveniente da nord (Salerno). Esso si distacca dalla variante A3 in direzione sud e termina sulla struttura terminale del Ponte.

Questo ramo rappresenta il collegamento principale da nord al Ponte, e ha origine dalla carreggiata sud della Variante A3, alla quale rimane parallelo e complanare per circa 800 m (tratto di preselezione dei flussi diretti al ponte), costituendo un'unica piattaforma comune, con 4 corsie di marcia da 3,75 m più una corsia di emergenza di 3,00 m.

Dopo circa ulteriori 250 m, con una uscita parallela in destra si forma la rampa F diretta al Centro Direzionale.

La sezione autostradale di categoria A, a due corsie più emergenza, si mantiene fino all'attacco con il ramo D dove la piattaforma, in seguito all'affiancamento dal ramo D, è costituita da 3 corsie da 3,75 m più la corsia di emergenza di 3,00 m per un tratto di circa 300 m. Al termine di questo, una corsia viene eliminata per raccordarsi con la piattaforma stradale prevista sul Ponte, costituita da 2 corsie da 3,75 m più corsia di emergenza da 3,75 m.

Sia planimetricamente che altimetricamente le due tratte non presentano particolari problemi geometrici; raggi planimetrici e pendenze sono coerenti con le caratteristiche dinamiche assunte, la pendenza longitudinale massima non supera il 5% nei tratti a cielo aperto, ed il 4% nei tratti in galleria in salita.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

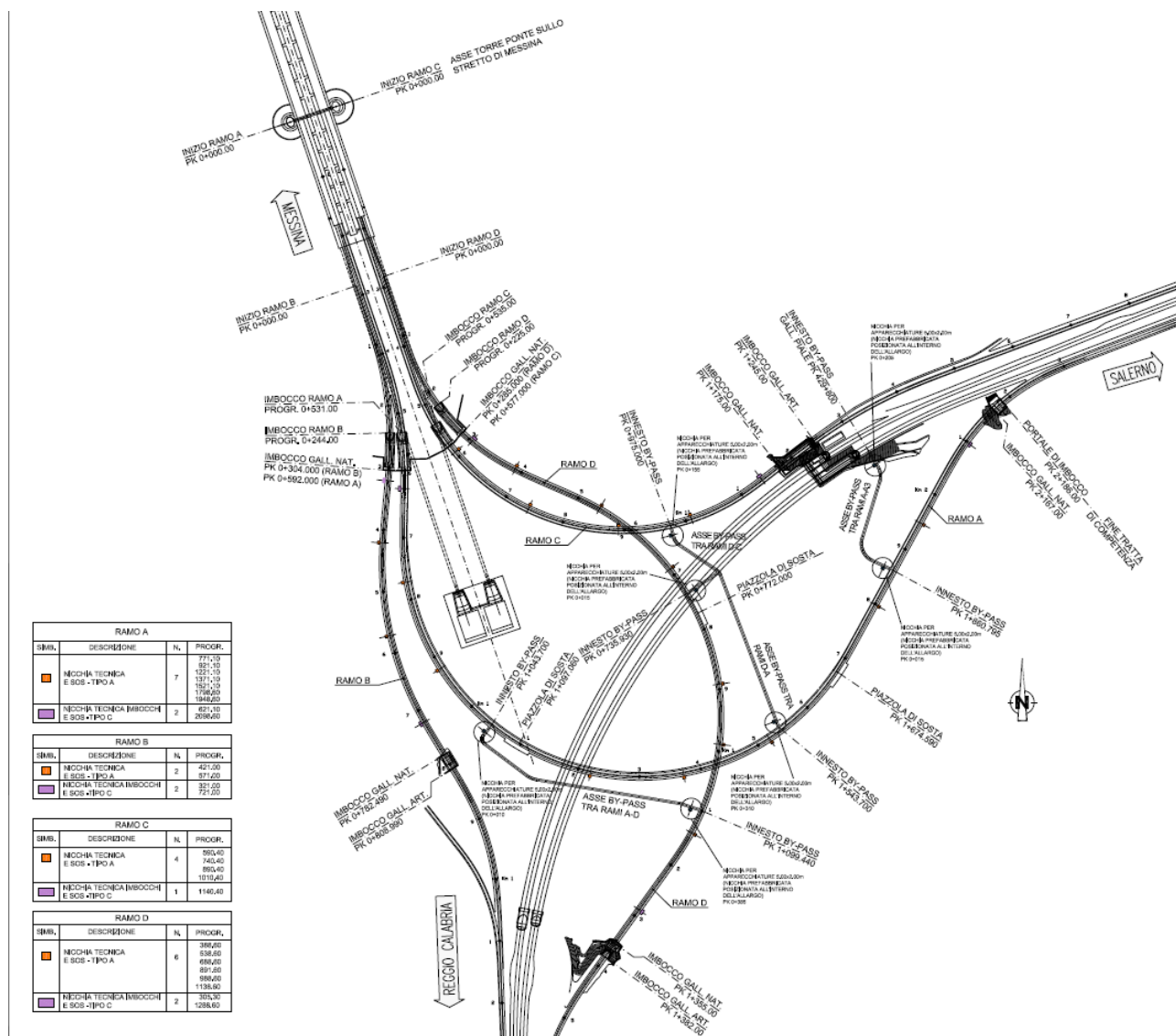


Fig. 2.1 – Schema planimetrico delle gallerie stradali

RAMO "D"

Il ramo D rappresenta il collegamento fra Reggio Calabria e il Ponte.

La sezione tipo ha una corsia di marcia più corsia di emergenza di 3,00 m e banchina in sinistra da 2,25 m. Tale sezione si mantiene in tutta la tratta in galleria e fino all'attacco sul ramo C.

Planimetricamente, il ramo D si articola con una sequenza di curve secondo un doppio flesso di raggio rispettivamente 340, 385 e 440 m; la presenza della banchina in sinistra da 2,25 m garantisce la distanza di visuale libera anche nelle curve verso sinistra.

In caso di corsie di accelerazione e decelerazione sempre in destra alla singola carreggiata è prevista l'aggiunta di una o due corsie da 3.75 m con eliminazione della corsia di emergenza e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

realizzazione di una banchina pavimentata da 2.50.

In presenza di piazzola di sosta si prevede l'allargamento della piattaforma di ulteriori 3,50 m oltre la corsia di emergenza. Planimetricamente le piazzole sono previste con una distanza massima in galleria di 600 m per senso di marcia e presentano uno sviluppo complessivo pari a 45 m.

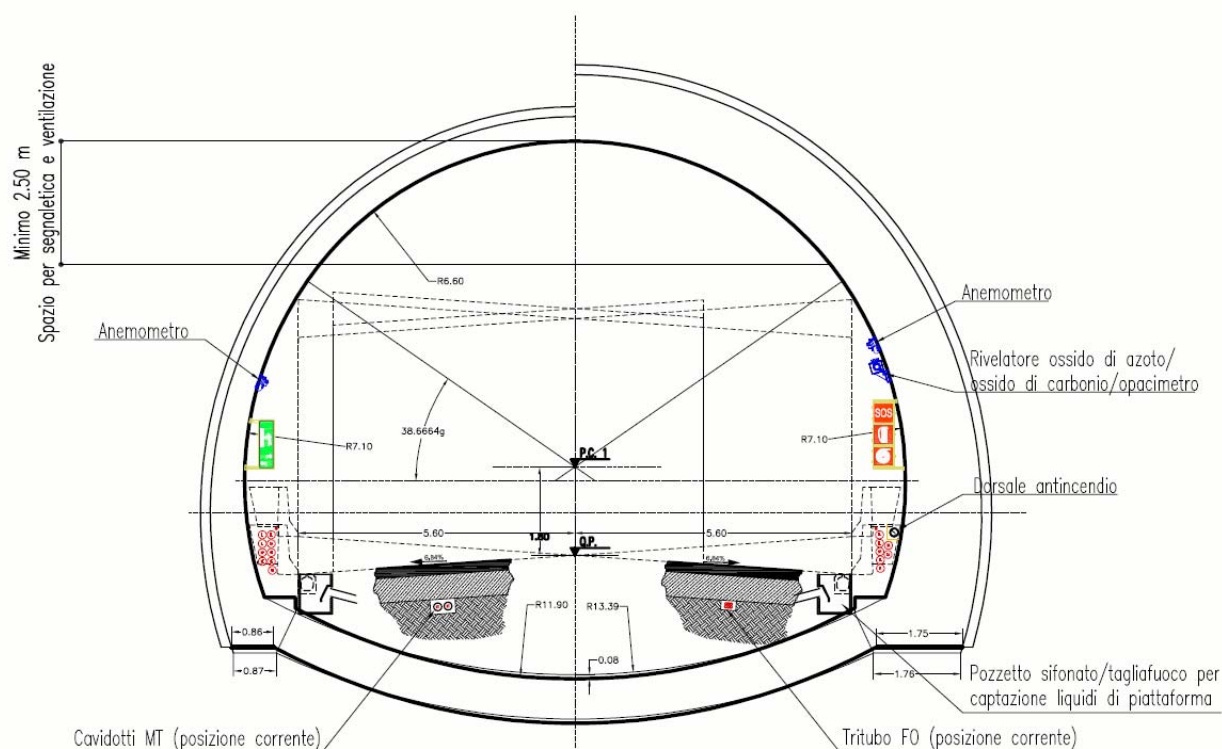


Fig. 2.2 – Sezione tipo gallerie stradali

2.2 Gallerie ferroviarie

La ferrovia esistente interessata dall'intervento in progetto sul versante calabrese è la tratta della linea Tirrenica Rosarno - Reggio Calabria, tutta a doppio binario, le cui caratteristiche sono: Velocità di tracciato dell'itinerario Ponte – AC Salerno è pari a 120 km/h per il primo tratto in policentrica, e pari a 140km/h per il tratto fino a Gioia Tauro, mentre quella dell'itinerario Opera di Attraversamento – AC Reggio Calabria è limitata a 100Km/h.

Il tracciato piano altimetrico della ferrovia si sviluppa quasi totalmente in galleria ed in prossimità del Ponte è condizionato dall'involuppo degli svincoli stradali (anch'essi in galleria), la cui vicinanza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

si è ulteriormente accentuata a seguito della nuova soluzione di viabilità individuata che, ai fini di limitare l'impatto ambientale, prevede una maggiore estesa in galleria per i collegamenti viari ed una compattazione di tutto il complesso infrastrutturale.

Ciò premesso, il collegamento ferroviario nel versante Calabria, prevede a partire dalla struttura terminale del Ponte:

a. partendo dall'asse della torre lato Calabria:

- 233 ml opera di collegamento
- 50 ml viadotto di accesso
- 137 ml tratto allo scoperto di rilevato fra muri

Alla progressiva 0+420 ml circa è previsto l'imbocco della galleria artificiale.

b. Una galleria di imbocco in curva policentrica ($R1p = 2000$ mt, $R2p = 1300$ mt, $R3p = 2000$ mt per il binario pari e $R1d = 2000$ mt, $R2d = 1265$ mt per il binario dispari) con il primo limitato tratto a sezione unica (data la ristrettezza di spazio disponibile tra le strade adiacenti) per circa 144 mt; successivamente ottenuta la divaricazione dei due binari si procede con due gallerie separate a semplice binario con interasse medio di circa 40 mt, secondo le più recenti linee guida di RFI.

c. Per entrambi i binari, dopo circa 1,2 Km dal Ponte, sono presenti bivi di uscita/ingresso (mediante cameroni in galleria) per le direzioni Salerno ($V=140$ Km/h) e Reggio Calabria ($V=100$ Km/h). Dopo un ulteriore chilometro circa, sia lato Reggio Calabria che lato Salerno, è previsto il limite di competenza dell'intervento. Pertanto la lunghezza complessiva della linea ferroviaria risulta pari a circa 2200 ml a partire dall'asse della pila del Ponte.

d. Per quanto riguarda la linea A.C. il tratto terminale, prevede un innesto sulla linea Tirrenica a circa 1,5 Km a Sud di Villa San Giovanni con due diramazioni a doppio binario, una rivolta a Nord (verso Villa San Giovanni) e l'altra a Sud (direzione Reggio Calabria).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

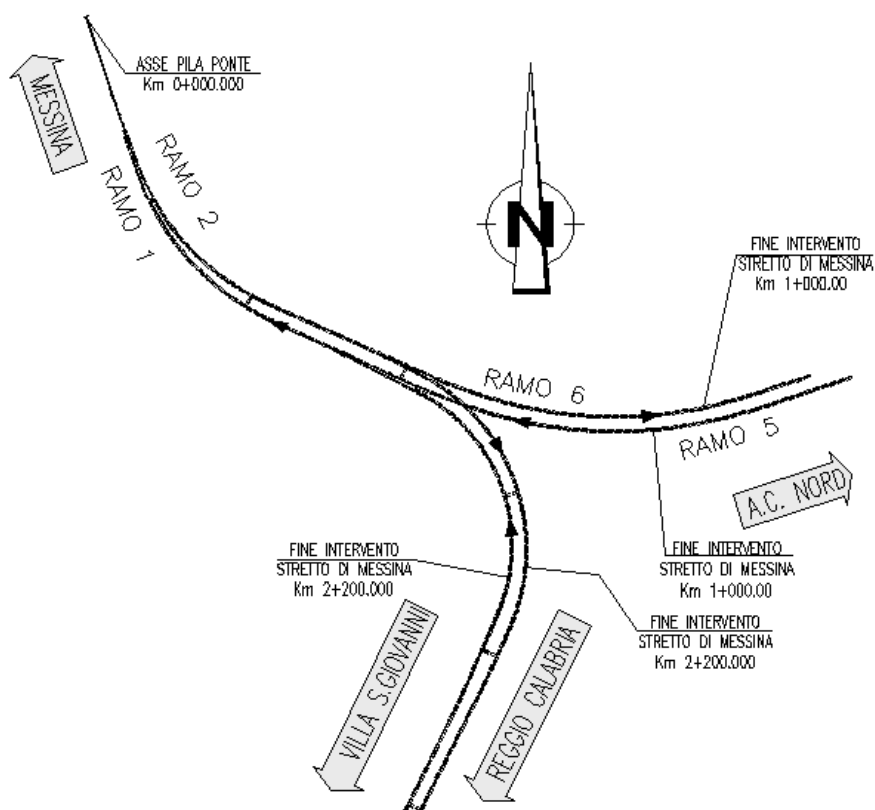


Fig. 2.3 – Schema planimetrico delle gallerie ferroviarie

Per le gallerie si è adottata la tipologia galleria bitubo a singolo binario con collegamenti a prova di fumo ogni 250 mt costituenti rifugi (luoghi sicuri) di adeguate dimensioni. Sono previsti anche i relativi impianti idrici, di eliminazione fumi, elettrici, comunicazioni e segnaletica di emergenza.

Per quanto riguarda le vie di esodo, tenuto conto delle distanze in gioco relativamente brevi, si è prevista, come accennato, solo la realizzazione di un accesso mediante rampe per un veicolo bimodale all'imbocco della galleria lato Ponte, con adiacente/prossima area di emergenza (triage).

Il Posto di Manutenzione lato Calabria potrà essere localizzato nell'ambito degli impianti adiacenti la Stazione di Villa San Giovanni (distanza su ferro dal Ponte pari a circa 5 Km, equivalente alla distanza dal Ponte del P.M. previsto in Sicilia) mentre un veicolo bimodale per manutenzione potrà utilizzare anche l'accesso di emergenza di cui sopra.

Di seguito si riporta lo schema tipologico delle gallerie naturali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

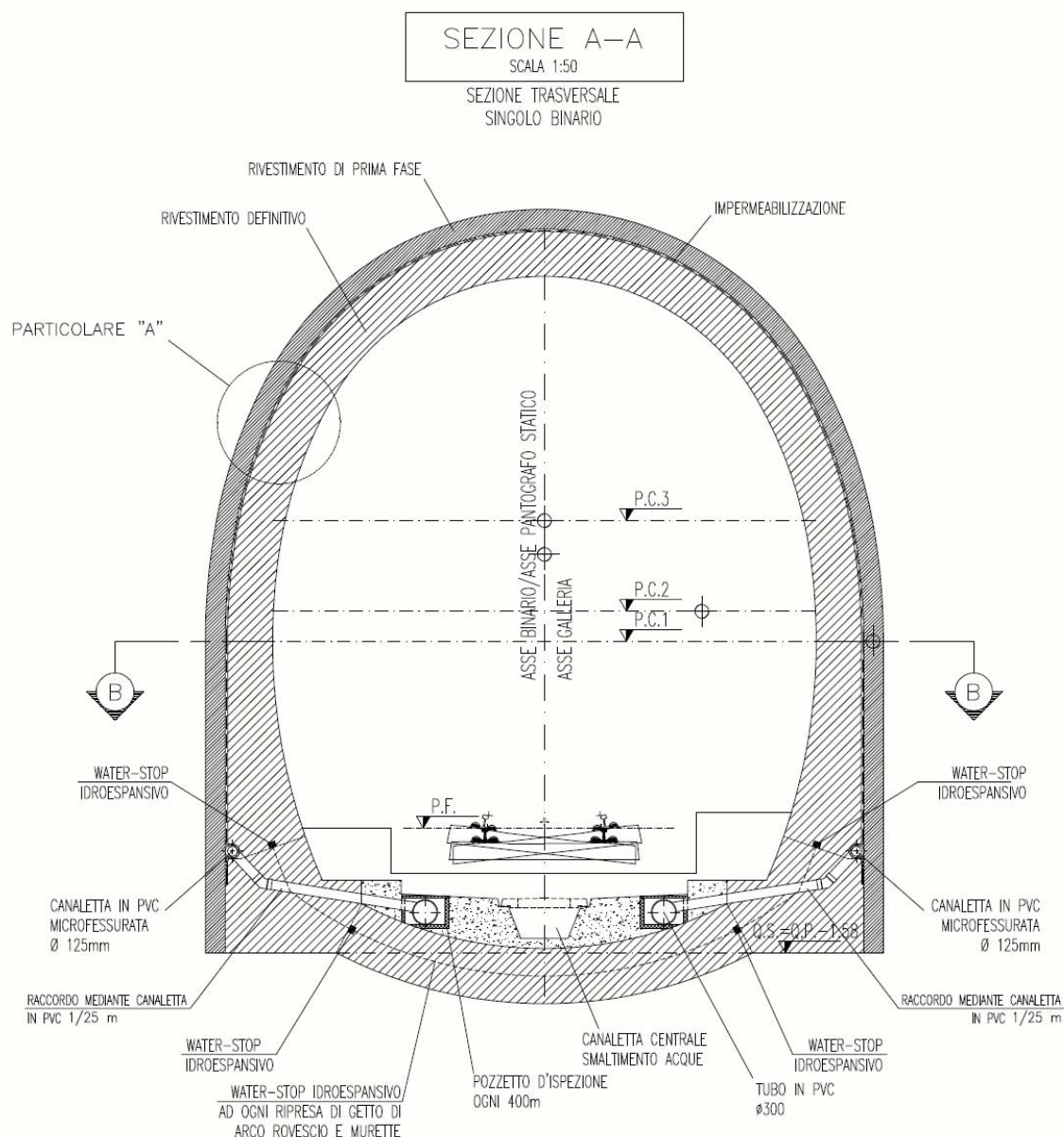


Fig. 2.4 – Sezione tipo gallerie ferroviarie

Anche per le gallerie ferroviarie la tecnologia di scavo prevista è di tipo “tradizionale”. La previsione del comportamento dell’ammasso allo scavo, la definizione delle sezioni tipo, le modalità costruttive, le fasi di avanzamento dello scavo, l’applicazione e la variabilità delle differenti sezioni tipo da applicare in fase di scavo sono descritte nel documento CG0800PRGDCFC00GN00000001, “Relazione tecnica generale” gallerie autostradali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Quadro geologico di riferimento

L'evoluzione geologica del territorio comprendente le due aree sulle sponde dello Stretto è riconducibile alla complessa storia deformativa della Sicilia nord-orientale e della Calabria, il cui assetto strutturale è stato da tempo oggetto di analisi e di diversa interpretazione da parte di vari Autori, in un contesto più ampio che comprende l'intero Arco Calabro-Peloritano (Ogniben, 1973; Amodio-Morelli et al., 1976; Ghisetti, 1980, 1981a, 1981b; Ghisetti & Vezzani, 1980, 1982; Ricchetti & Ricchetti, 1991).

Alla migrazione di quest'ultimo verso SE, a partire dal Tortoniano, ed alla concomitante apertura del Bacino Tirrenico si attribuisce la sovrapposizione di diverse unità strutturali alloctone, derivanti dagli effetti collisionali nel corso delle varie fasi orogenetiche. Risultato di tale evoluzione sono tre edifici a thrust tettonicamente sovrapposti fra loro e complessivamente in accavallamento, con vergenza sud-orientale, sulle aree del dominio di avampaese; essi sono individuati come Catena Kabilo-Calabride, Catena Appenninico-Maghrebide e Catena Sicana (Lentini et alii., 1990, 1996). Nel territorio considerato restano compresi termini della Catena Kabilo-Calabride, costituita da unità di basamento ercinico con resti delle originarie coperture sedimentarie meso-cenozoiche. Al tetto di tali unità si hanno sedimenti terrigeni di età miocenica e plio-pleistocenica, oltre a depositi olocenici presenti lungo i corsi d'acqua e le fasce costiere (Lombardo, 1980; Atzori et al., 1981).

I terreni più antichi affioranti nelle aree oggetto di studio, appartengono alla terminazione meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano, che costituisce un segmento dell'orogene appenninico-maghrebide, esteso dall'Appennino meridionale alla Sicilia. Detti terreni, appartenenti all'unità tettonica dell'Aspromonte, costituiscono il basamento dei sedimenti miocenici e plio-pleistocenici, più estesamente affioranti nelle aree in esame.

3.1 Successione stratigrafica

La successione litostratigrafica dei terreni affioranti nell'area interessata dai collegamenti viari al Ponte è in gran parte uguale a quella del settore siciliano, tranne per l'assenza di alcune formazioni e la presenza di altre. Essa è così riassumibile a partire dal basso :

- Metamorfiti e plutoniti dell'Aspromonte

Paragneiss grigi, passanti a micascisti grigio scuri, localmente associati a corpi di gneiss occhiadini e metagraniti, con intercalazioni di anfiboliti, quarziti e marmi. I primi mostrano grana da medio-grossa a minuta, tessitura da massiva ad orientata, a foliata. I secondi hanno grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Plutoniti a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

composizione leucogranodioritica e granitico-monzonitica, in masse di notevole dimensione e in filoni di pegmatiti e apliti intrusi nelle metamorfiti di medio-alto grado. Il complesso è interessato da una tettonica alpina, responsabile di effetti da cataclastici a milonitici.

▪ Formazione di S. Pier Niceto (Conglomerato di Pezzo)

Conglomerato a grossi blocchi e clasti eterometrici, in massima parte cristallini, in abbondante matrice arenacea, da scarsamente a ben cementato, con passaggi laterali a livelli sabbioso-siltosi, e di sabbie grossolane. Spessore complessivo presunto fino ad alcune centinaia di metri. *MIOCENE MEDIO-SUPERIORE*

▪ Trubi

Marne e calcari marnosi bianco crema con intercalazioni di lenti sabbiose. Limite inferiore netto e discordante sui sedimenti miocenici o sui terreni cristallini. *PLIOCENE INFERIORE*

▪ Calcareniti di San Corrado (Calcareniti di Vinco)

Calcareniti e calciruditi organogene giallo-bruno a stratificazione incrociata con livelli sabbioso-limosi a macrofossili. *PLEISTOCENE MEDIO*

▪ Formazione di Le Masse

Marne sabbiose biancastre massive, in banchi di diversi metri, passanti verso l'alto ad alternanze di sabbie e calcareniti fossilifere. *PLEISTOCENE INFERIORE*

▪ Ghiaie e sabbie di Messina

Sabbie e ghiaie grigio-giallastre con abbondante matrice siltosa, ciottoli prevalentemente cristallini, da subarrotondati ad appiattiti, spesso embricati. Sono presenti livelli e lenti di sabbie fini e silt quarzosi, a tratti anche livelli cementati. La formazione è caratterizzata da clinostratificazione ad alto angolo, che diminuisce progressivamente verso l'alto. Facies di tipo deltizio e/o di conoide sottomarina legata agli apporti di paleofiumare. Spessore da alcune decine di metri ad oltre 200 m. *PLEISTOCENE MEDIO*

▪ Depositi marini terrazzati

Ghiaie, sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa e limi di colore bruno o grigiastro, in assetto massivo o leggermente stratoide, distribuiti in più ordini, spesso ricoperti da terre rosse. *PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE*

▪ Depositi alluvionali attuali e recenti, depositi di piana litorale, coltre eluvio-colluviale

Ghiaie e sabbie ad elementi cristallino-metamorfici in matrice limosa degli alvei dei corsi d'acqua e delle piane costiere. *OLOCENE*

3.2 Tettonica

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'attuale configurazione del territorio sulle due sponde dello Stretto deriva dalle strutture tettoniche più recenti che controllano le linee di costa e l'orografia nel suo complesso. Particolare importanza riveste il sistema di faglie orientato NNE-SSO, che predomina nelle aree di affioramento della catena e che, si ritiene abbia controllato l'evoluzione nel Pleistocene inferiore del cosiddetto bacino di Reggio Calabria. Altro importante sistema di faglie è quello orientato ENE-OSO che determina un evidente elemento morfologico lungo la direttrice Ganzirri-Scilla. A detto sistema si collega l'alto strutturale, evidenziato dagli affioramenti del basamento cristallino tra Cannitello e Piale, che interrompe le sequenze sedimentarie del bacino di Reggio Calabria ed è in gran parte ricoperto da depositi recenti rappresentati da più ordini di terrazzi. Le faglie normali che determinano l'alto strutturale immergono verso Sud (Campo Piale) e verso Nord (Pezzo-Cannitello), originando una morfologia a gradini e pendii ad accentuata acclività, principalmente sul versante settentrionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Caratteristiche idrogeologiche

4.1.1 Permeabilità relativa delle unità litostratigrafiche

In relazione alla variabilità litologica ed alle complesse condizioni stratigrafico-strutturali prima descritte, i terreni affioranti nel settore in esame presentano sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno. Ciò dipende principalmente dalla permeabilità dei litotipi, ma anche dall'estensione, continuità e spessore dei termini permeabili, che condizionano l'esistenza di corpi idrici estesi e dotati di apprezzabile potenzialità.

Alle quote maggiori, dove affiorano in prevalenza rocce cristalline e metamorfiche, la permeabilità è sostanzialmente bassa, dipendendo principalmente dalle condizioni di fessurazione dell'ammasso roccioso, ossia dalla frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità di origine tettonica. Queste sono spesso riempite da depositi limoso-argilloso-sabbiosi e generalmente tendono a chiudersi in profondità. Nelle zone collinari, caratterizzate da estese coperture di depositi recenti con permeabilità complessivamente medio-alta, le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la spiccata eterogeneità granulometrica e per la variabilità dello spessore. Nelle piane costiere e lungo i fondovalle, dove più estesi e consistenti sono i depositi alluvionali, si riscontrano condizioni di permeabilità per porosità alta, che favoriscono l'esistenza di falde relativamente estese e localmente di apprezzabile produttività.

In base alle caratteristiche di permeabilità, le unità litostratigrafiche presenti possono essere così classificate:

- Terreni con grado di permeabilità alto per porosità: Depositati alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua e delle piane costiere.
- Terreni con grado di permeabilità medio-alto per porosità ed in parte per fessurazione: Depositati alluvionali e marini terrazzati, Ghiaie e sabbie di Messina, Calcareni di San Corrado.
- Terreni con grado di permeabilità medio-basso per porosità: Formazione di Le Masse.
- Terreni con grado di permeabilità da basso a molto basso: Trubi, Conglomerato di Pezzo, Terreni cristallino-metamorfici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.1.2 Complessi idrogeologici

Le unità litologiche costituenti la successione stratigrafica dell'area in esame sono state assimilate a diversi complessi idrogeologici in base alle condizioni spaziali e giaciture ed alle relative caratteristiche di permeabilità. Sono stati così distinti i seguenti complessi:

- COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI (*OLOCENE*)
Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua e delle piane costiere.
- COMPLESSO DEI SEDIMENTI GHIAIOSO – SABBIOSO – SILTOSI E CALCARENITICI (*PLIOCENE-
PLEISTOCENE*)
Depositi alluvionali e marini terrazzati, sabbie e ghiaie con abbondante matrice siltosa e livelli di ciottoli, calcareniti organogene e sabbie.
- COMPLESSO MARNOSO-SABBIOSO E CALCAREO-MARNOSO (*PLIOCENE INFERIORE*)
Marne sabbiose, sabbie e calcareniti, marne e calcari marnosi.
- COMPLESSO CONGLOMERATICO-ARENACEO SABBIOSO (*MIOCENE MEDIO-SUPERIORE*)
Conglomerati, arenarie e sabbie.
- COMPLESSO CRISTALLINO-METAMORFICO
Paragneiss biotitici e micascisti, gneiss occhialini e metagraniti, plutoniti.

4.1.3 Idrostrutture principali

Le variabili e complicate interrelazioni esistenti fra le diverse unità litostratigrafiche, derivanti dalla prolungata e complessa evoluzione tettonica dell'area, rendono difficoltosa l'identificazione di idrostrutture definite da limiti certi, principalmente nelle zone collinari e montane. In considerazione del significato idrogeologico di tali unità si è ritenuto opportuno considerare come limiti di idrostrutture, gli spartiacque idrografici dei principali corsi d'acqua, mentre alle quote più basse sono stati generalmente considerati limiti idrodinamici.

Le idrostrutture così definite sono di tipo semplice nella parte settentrionale dell'area e di tipo complesso in quella meridionale.

In particolare, le idrostrutture semplici, afferenti ai bacini delle fiumare con foce al litorale ionico, da Villa San Giovanni alla Fiumara di Catona, sono costituite essenzialmente da due complessi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

idrogeologici comprendenti acquiferi simili per litologia e caratteristiche di permeabilità, in relazione fra loro, tali da determinare la formazione di un unico corpo idrico di tipo libero, sostenuto da termini a minore permeabilità o dall'interfaccia acqua dolce /acqua salata.

Le idrostrutture complesse, afferenti ai bacini dei corsi d'acqua con foce al litorale tirrenico, da Pezzo a Porticello, con estensione da Piale ai rilievi orientali, sono costituite da tutti i complessi idrogeologici distinti, comprendenti acquiferi con diversa litologia e variabili caratteristiche di permeabilità. Si hanno così acquiferi liberi con capacità produttiva da discreta a bassa, sede di corpi idrici sostenuti da termini semipermeabili o impermeabili con scarsa capacità produttiva, salvo locali condizioni determinate da fattori strutturali che favoriscono la trasmissione delle acque. La ricarica media annua delle idrostrutture è stata valutata mediante il bilancio idrogeologico, utilizzando un modello numerico implementato in GIS. A tale scopo il territorio sotteso dai bacini idrografici afferenti alle idrostrutture meridionale e settentrionale è stato discretizzato secondo una griglia a maglie quadrate di 100 x 100 m, effettuando l'elaborazione spaziale dei dati relativi ai vari fattori mediante il software utilizzato e tools collegati. Per ogni singola maglia è stata calcolata l'infiltrazione efficace, data dalla differenza tra precipitazione media annua ed evapotraspirazione e deflusso superficiale ($I_e = P - E_r - R$).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

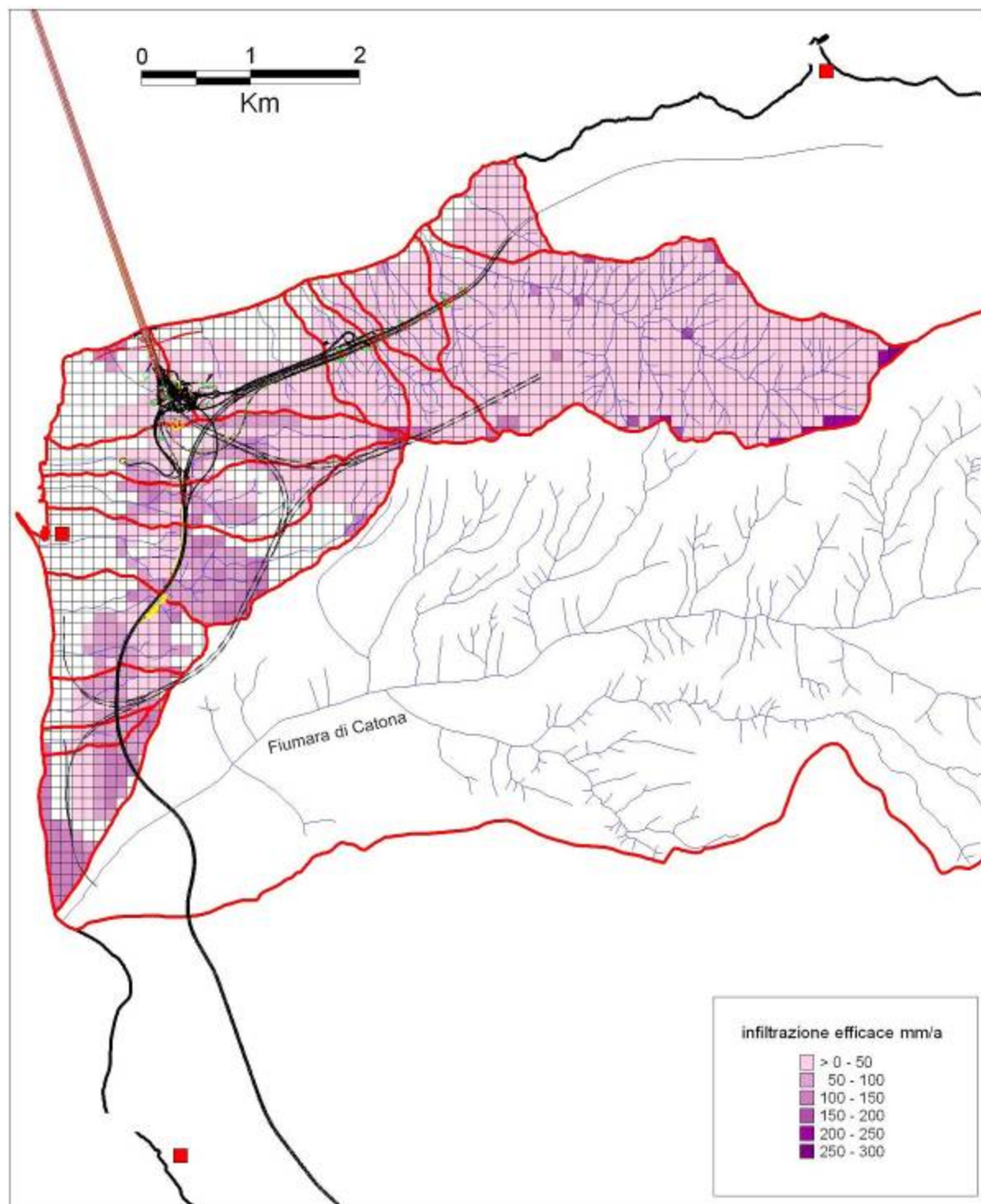


Fig. 4.1 – Distribuzione spaziale – Infiltrazione efficace

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le precipitazioni e le temperature sono stati utilizzati i dati disponibili delle stazioni termo-pluviometriche afferenti alla rete dell'ARPACAL ricadenti nell'area e nell'intorno di questa. I dati sono stati interpolati utilizzando il metodo delle triangolazioni con smoothing polinomiale di quinto ordine, ottenendo un modello, senza soluzioni di continuità, della distribuzione dei due parametri, che ha permesso di assegnare ad ogni cella i relativi valori.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

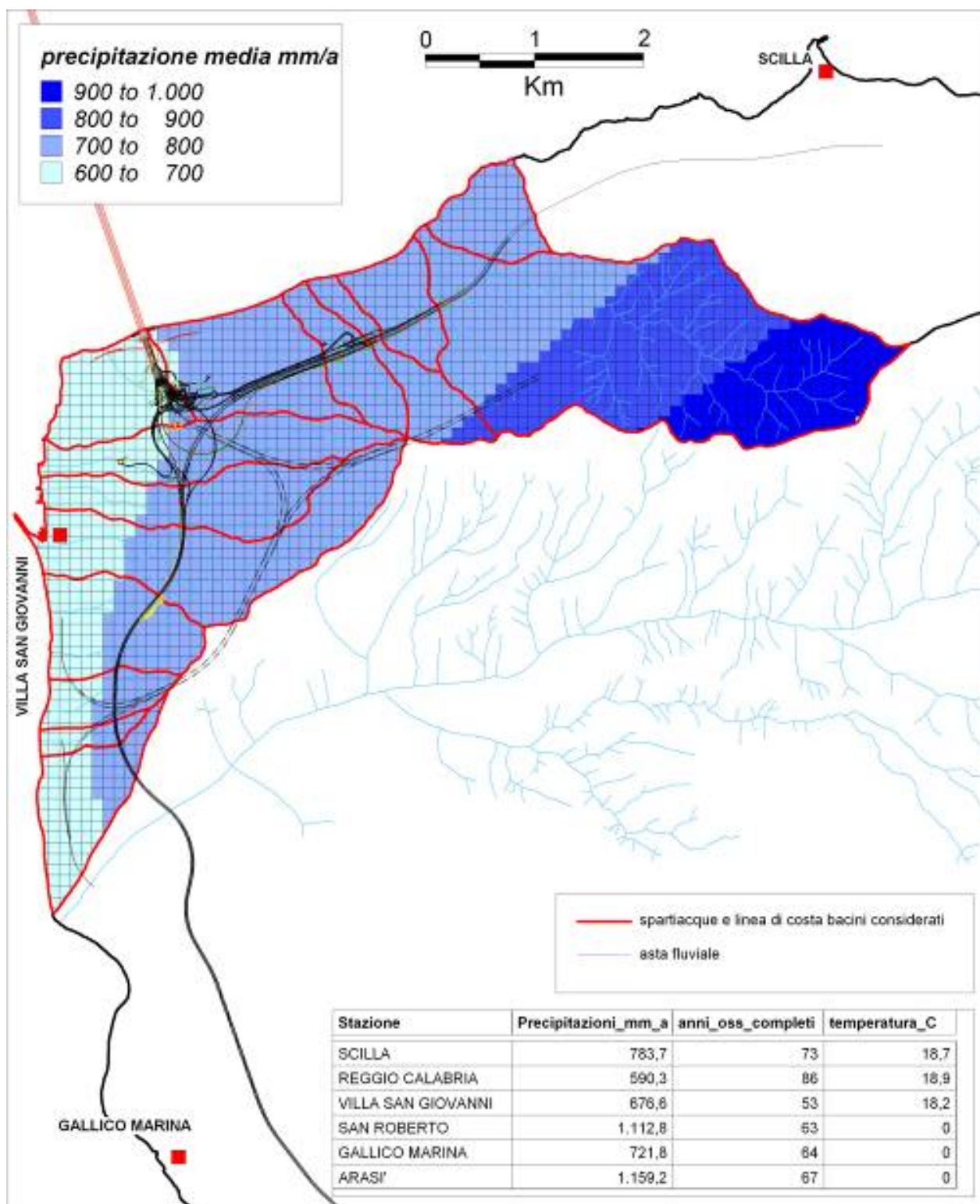


Fig. 4.2 – Distribuzione spaziale – Precipitazione media

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

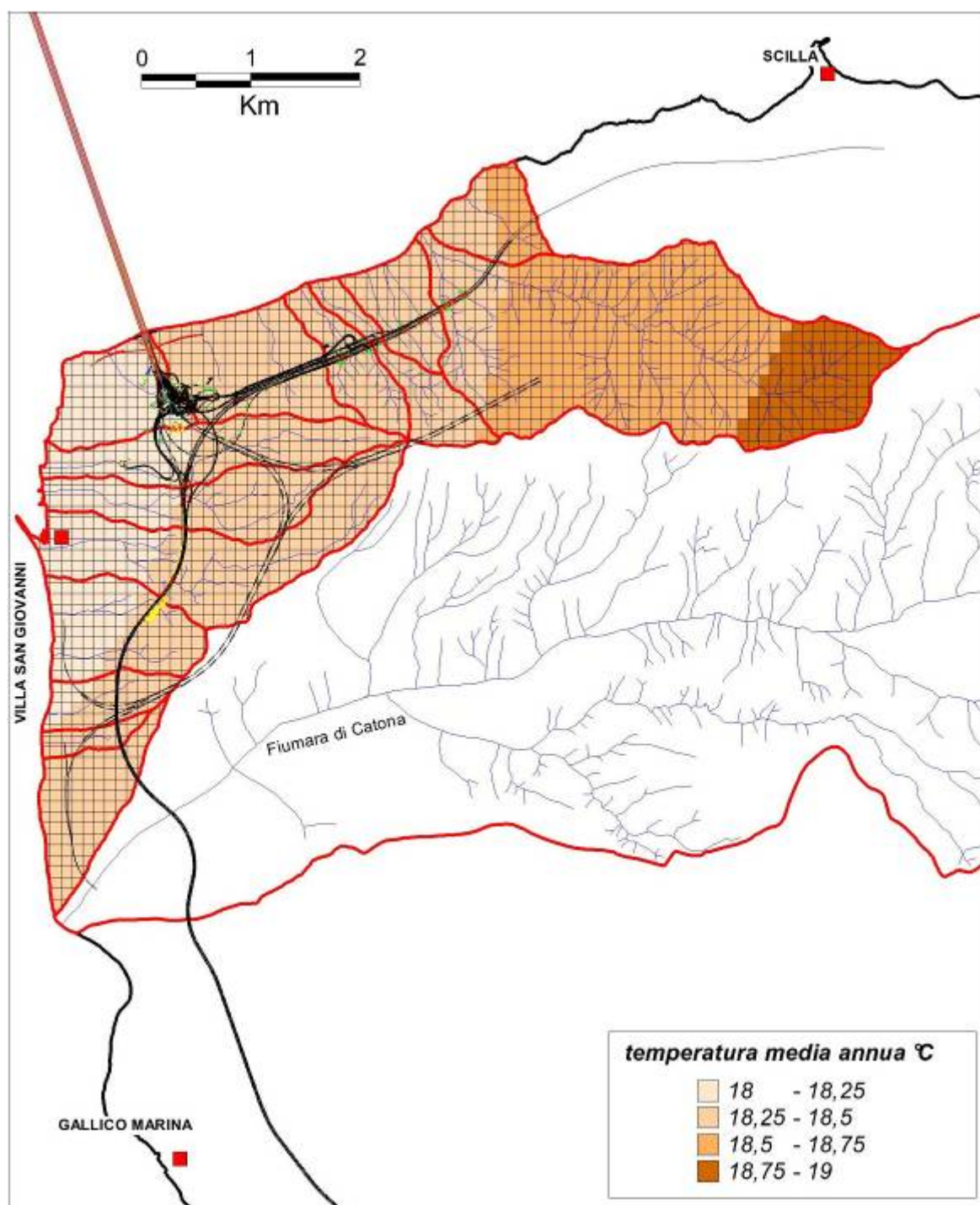


Fig. 4.3 – Distribuzione spaziale – Temperatura media

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'evapotraspirazione reale è stata calcolata utilizzando il modello empirico di Turc (1954)

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{09 + (P^2 / L^2)}}$$

con $L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$, secondo la modifica indicata da Santoro (1970).

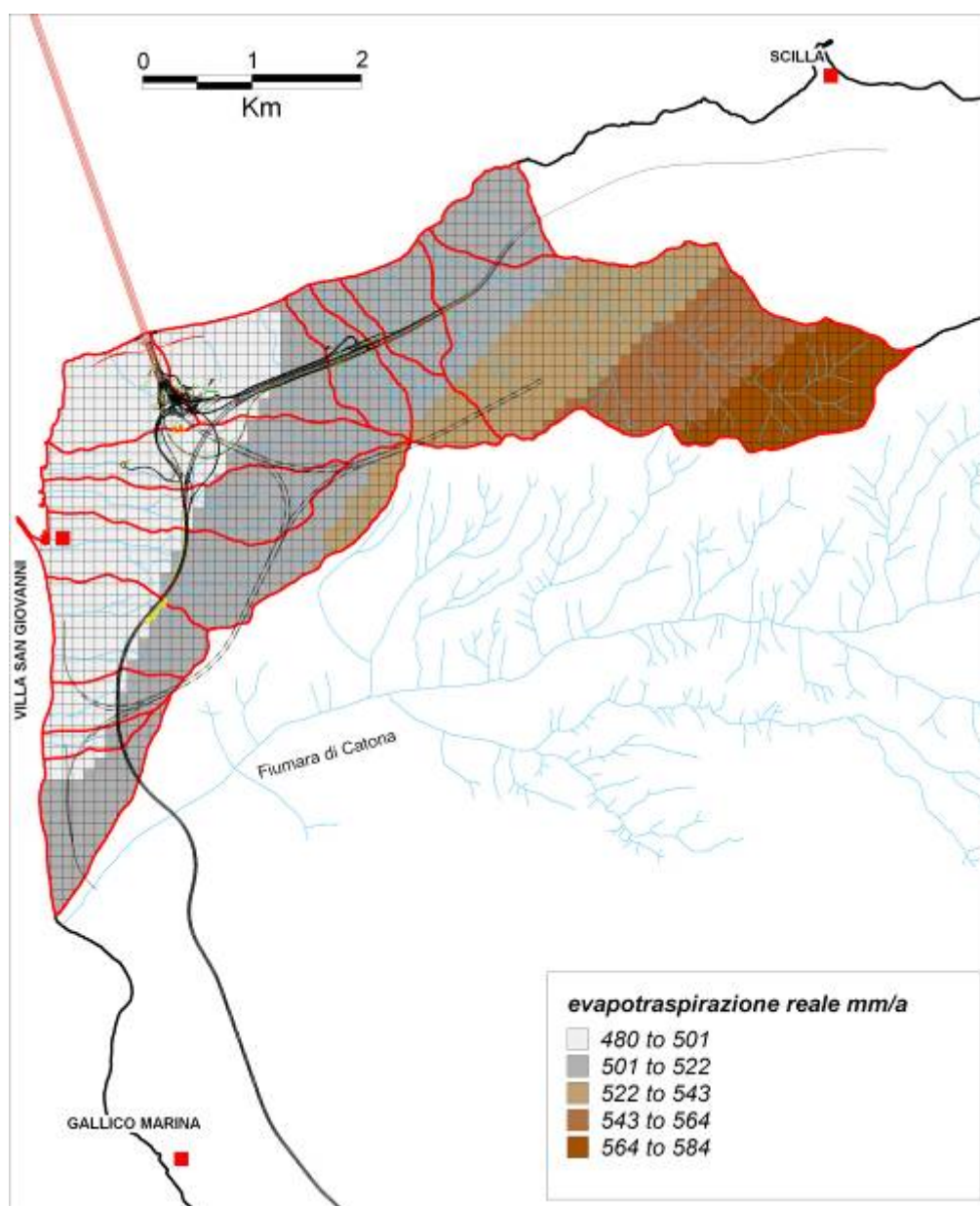


Fig. 4.4 – Distribuzione spaziale – Evapotraspirazione reale

Il deflusso superficiale è stato calcolato per ogni maglia dal prodotto tra il valore di precipitazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prima assegnato ed il coefficiente di deflusso della maglia medesima. Questo è stato determinato in base all'uso del suolo, al tipo di suolo, alla pendenza media riscontrata in ogni maglia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

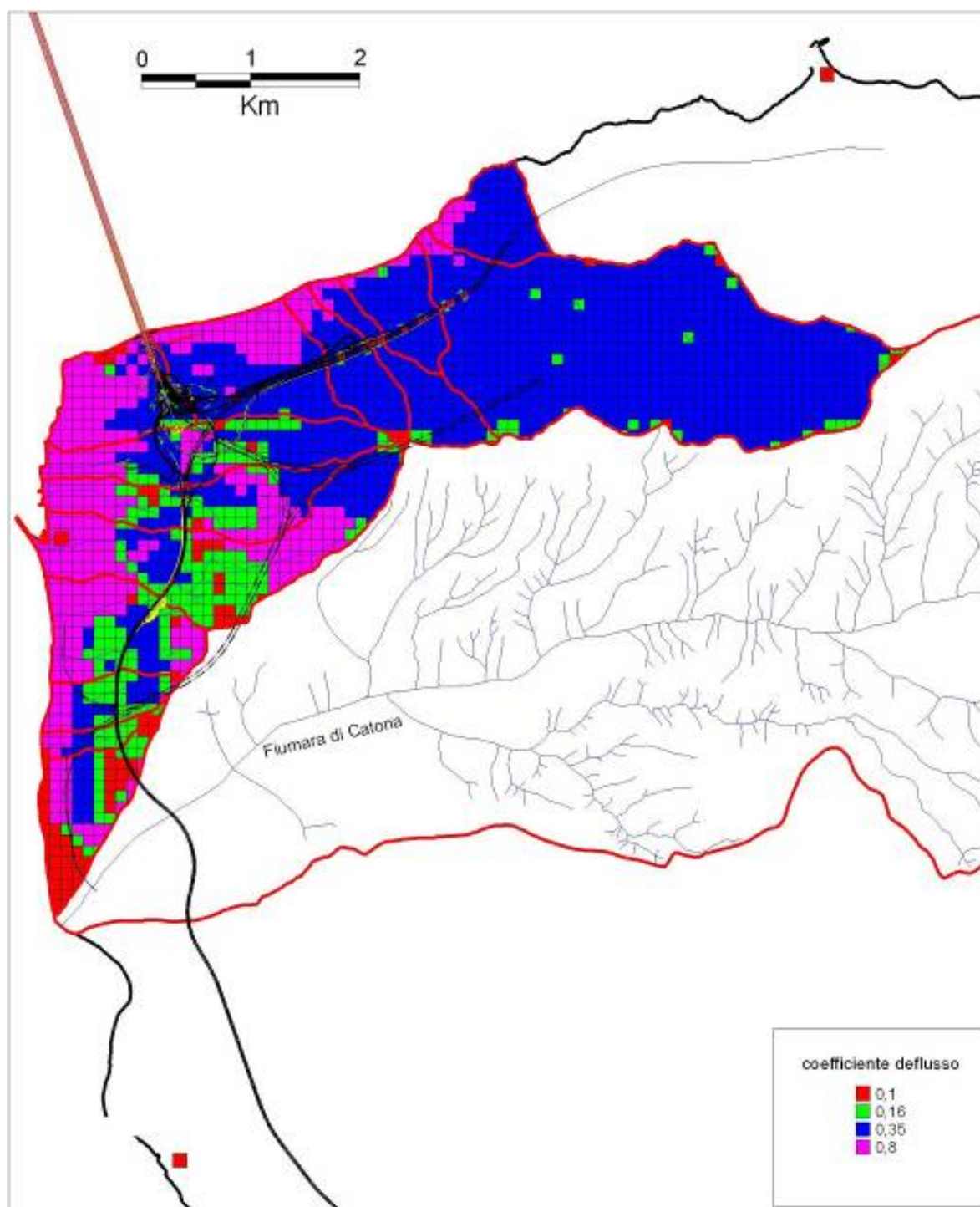


Fig. 4.5 – Distribuzione spaziale – Coefficiente di deflusso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La pendenza media è stata calcolata da un modello digitale del terreno; per l'uso del suolo si è utilizzato Corine Land Cover e per il tipo di suolo si è fatto riferimento alla litologia affiorante. Nell'ambito urbano o assimilabile non si è tenuto conto della pendenza e del tipo di suolo.

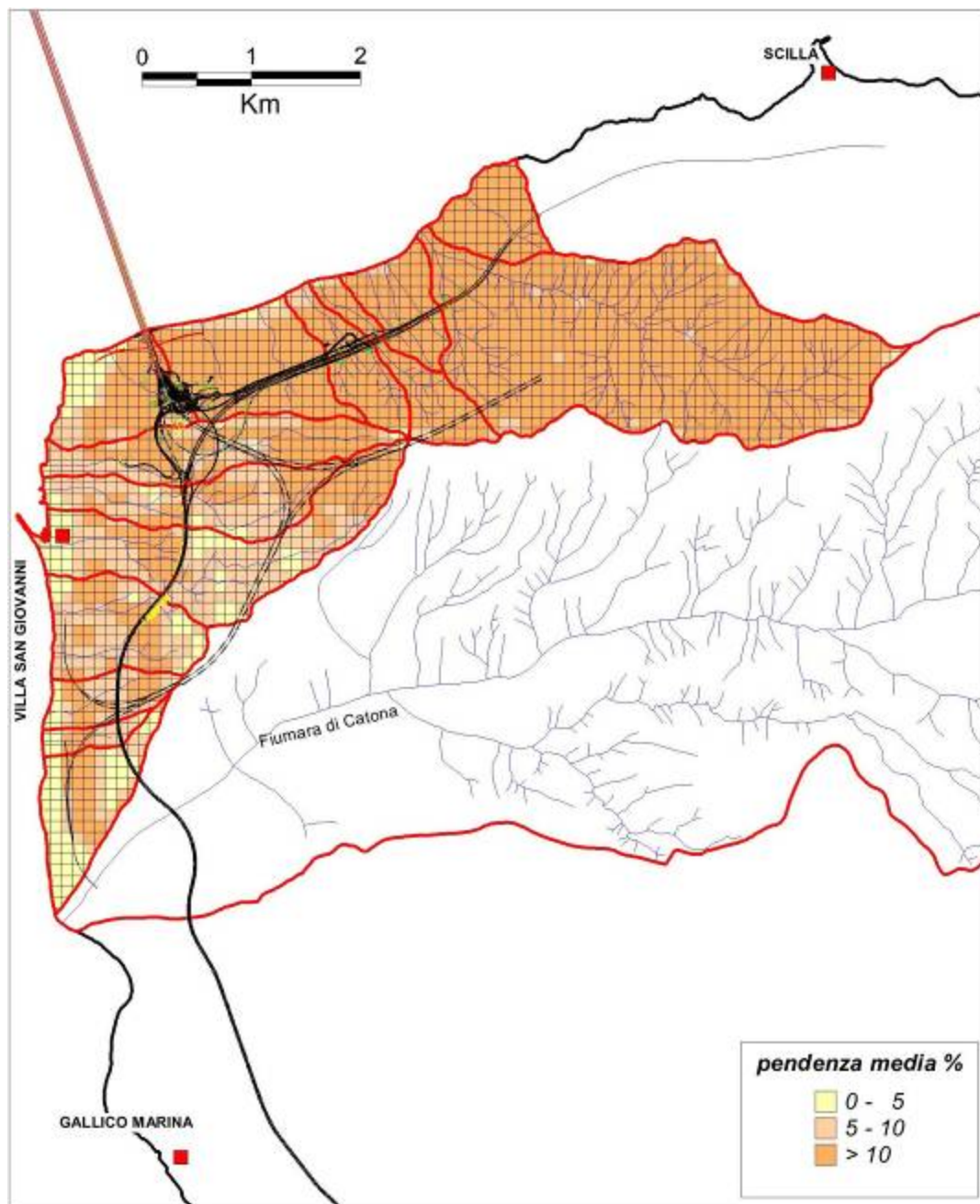


Fig. 4.6 – Distribuzione spaziale – Pendenza media

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il valore della ricarica media annua da precipitazioni (i.e. infiltrazione efficace) nel territorio comprendente le idrostrutture considerate, viene stimato in complessivi 246.222 m³/anno, dei quali 141.107 m³/anno nella idrostruttura settentrionale e 105.115 m³/anno in quella meridionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

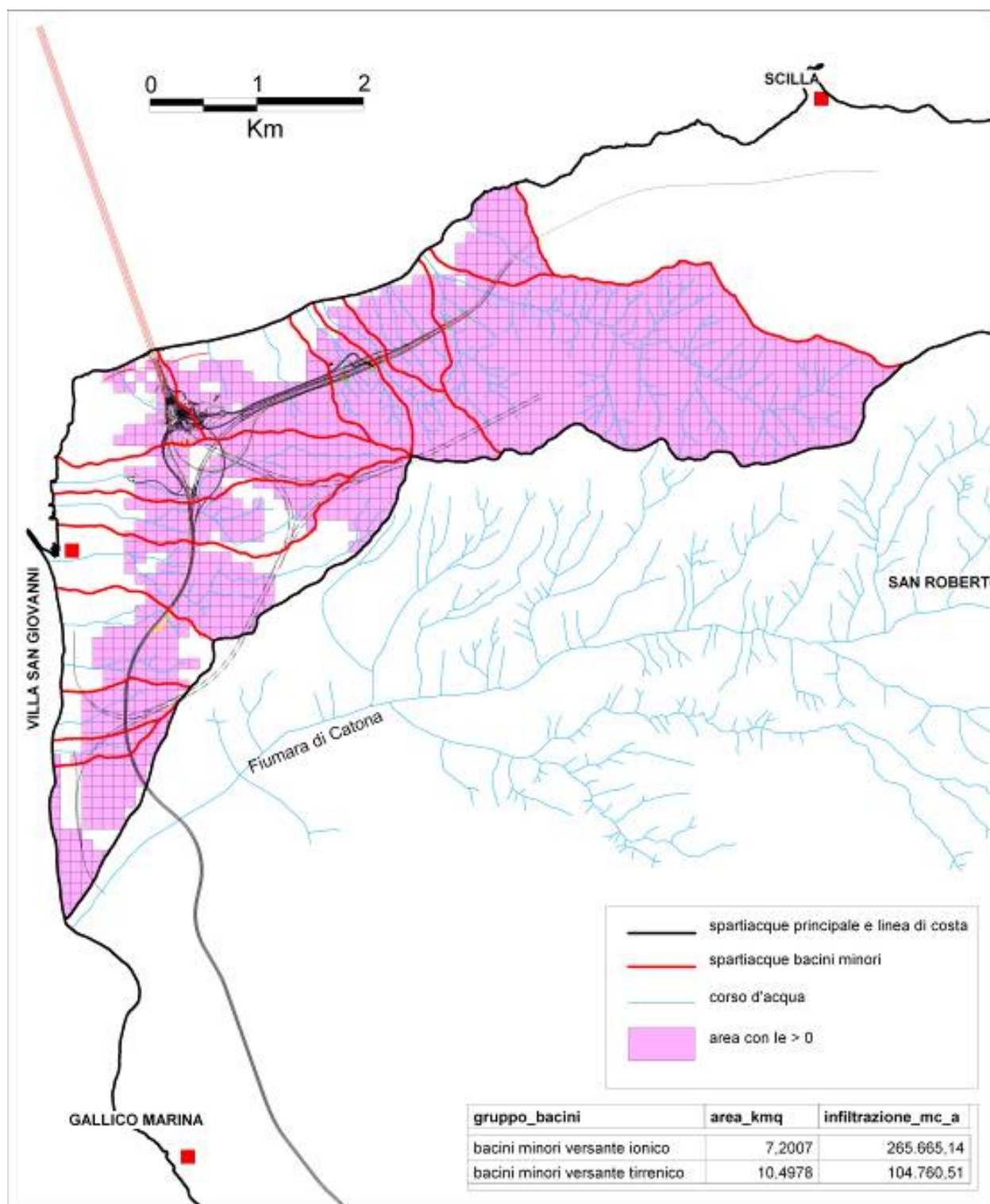


Fig. 4.7 – Distribuzione spaziale – Ricarica media annua da precipitazioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La maggior parte dell'infiltrazione diretta avviene nei terreni dotati di permeabilità medio-alta e principalmente nei depositi alluvionali di fondo valle e delle piane costiere, dove le acque di precipitazione meteorica tendono a confluire in relazione alle condizioni morfologiche.

All'alimentazione dei corpi idrici contenuti in tali terreni concorrono pertanto parte dei deflussi superficiali e le acque che si infiltrano negli altri terreni dotati di un grado di permeabilità medio, sotto forma di circolazione epidermica che talora dà origine a modeste manifestazioni sorgentizie.

4.2 Acquiferi e relative caratteristiche

In base ai dati acquisiti con le indagini idrogeologiche ed il censimento dei punti d'acqua, nell'area studiata si riconoscono acquiferi con diverse caratteristiche e differente comportamento nei confronti della circolazione idrica sotterranea, contenenti corpi idrici dotati di diversa potenzialità, oggetto di sfruttamento per i fabbisogni locali.

Le risorse idriche di maggiore interesse sono contenute nei depositi alluvionali di fondovalle delle fiumare, sotto forma di corpi idrici relativamente indipendenti, che in parte confluiscono in corrispondenza della fascia costiera.

Le aree di alimentazione sono rappresentate dai bacini imbriferi, i cui spartiacque idrografici sono stati considerati come limiti di idrostrutture in base alle caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche e strutturali oltre che di permeabilità dei terreni. La ricarica è costituita principalmente dalle precipitazioni efficaci dirette e dall'infiltrazione di un'aliquota dei deflussi superficiali lungo gli alvei. Un limitato contributo deriva inoltre dalle acque di ruscellamento lungo i versanti delle valli e dalle acque di infiltrazione nei terreni meno permeabili e nelle relative coperture detritiche e di alterazione che, in base alle predette condizioni morfologiche, stratigrafiche e strutturali, raggiungono gli acquiferi di fondovalle. Nella zone più estesamente antropizzate un ulteriore contributo può essere rappresentato dalle perdite delle reti di acquedotto e fognarie dei centri abitati.

4.2.1 Acquifero delle metamorfiti

I terreni metamorfici costituiscono un acquifero anisotropo, caratterizzato da circolazione idrica discontinua e localizzata, che esclude l'esistenza di corpi idrici estesi e produttivi.

La permeabilità è principalmente localizzata nella parte superficiale alterata degli affioramenti e diminuisce rapidamente con la profondità. Fanno eccezione situazioni locali in cui la roccia è interessata da particolare disturbo tettonico con estese fratture, spesso beanti e prive di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riempimento, che permettono una maggiore capacità di immagazzinamento delle acque di infiltrazione ed una circolazione più attiva, lasciando tuttavia immutato il ruolo di acquiferi scarsamente produttivi, dato il limitato volume dei serbatoi ricettori.

Dette caratteristiche determinano l'esistenza, nelle zone di affioramento di questi terreni, al di fuori dell'area studiata, di numerose sorgenti, la maggior parte delle quali di modesta portata e a carattere temporaneo. Quelle con portata maggiore sono captate per scopi idropotabili e per usi locali. Tutte presentano un'elevata variabilità stagionale della portata, essendo questa strettamente dipendente dalla quantità e distribuzione delle precipitazioni meteoriche. Il rapido decremento dei valori di portata dimostra sia il limitato volume dei serbatoi naturali, sia la rapidità con la quale le acque di infiltrazione sono restituite al deflusso superficiale, concorrendo all'alimentazione degli acquiferi alluvionali di fondovalle delle incisioni torrentizie.

4.2.2 Acquifero conglomeratico – sabbioso miocenico

Fra i depositi terrigeni che si sovrappongono alle metamorfiti, il conglomerato sabbioso miocenico, affiorante nella zona nord-occidentale dell'area, si riscontra spesso al di sotto delle coperture recenti in larga parte dell'area, con spessori anche rilevanti. In questo deposito, in parte sciolto ed in parte cementato, costituito da livelli e lenti di ghiaie, ciottoli e blocchi anche di grosse dimensioni e generalmente alterati, la circolazione idrica è discontinua essendo la permeabilità bassa per la frequente presenza di materiale pelitico frammisto al materiale grossolano e di livelli di sabbie limose intercalati nella successione. La circolazione idrica si attua preferenzialmente nelle zone interessate da dislocazioni tettoniche, con direzione di flusso parallela a queste ultime.

Le risorse idriche complessivamente immagazzinate nell'acquifero sono da ritenere di non trascurabile interesse, seppure l'accentuato frazionamento della circolazione idrica limita detto interesse a situazioni strettamente locali.

4.2.3 Acquifero calcarenitico – sabbioso pleistocenico

L'acquifero costituito dalle calcareniti organogene e sabbie pleistoceniche affiora limitatamente nella zona Sud-occidentale dell'area, in relazione ad un sistema di dislocazioni tettoniche orientate all'incirca Est-Ovest, che pongono a brusco contatto i sedimenti con le metamorfiti ed i conglomerati, ma anche con le sabbie e ghiaie di Messina. L'acquifero poggia verosimilmente sulle marne infraplioceniche (Trubi) poco permeabili, affioranti in un piccolo lembo più ad Est, ed è in connessione idraulica con l'acquifero sabbioso-ghiaioso pleistocenico. Il grado di permeabilità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

media per porosità e per fessurazione favorisce una circolazione idrica sotterranea discretamente attiva, che si traduce nell'esistenza di un corpo idrico di potenzialità non trascurabile, seppure limitata dalla continuità dell'acquifero. Condizioni più favorevoli si riscontrano generalmente nelle zone dove l'acquifero riceve alimentazione per travaso dalle metamorfiti e per percolazione dai depositi clastici soprastanti.

4.2.4 Acquifero ghiaioso – sabbioso pleistocenico

L'acquifero delle sabbie e ghiaie di Messina affiora per una discreta estensione tra Pezzo superiore e Acciareello, a ridosso della fascia costiera, e più all'interno tra Musalà e Campo Piale. In gran parte dell'area è presente al di sotto dei depositi alluvionali recenti e dei terrazzi, con spessori molto diversi in relazione alla quota dei sottostanti terreni dislocati da faglie con diverso rigetto. La variabilità granulometrica comporta continue differenze di permeabilità sia verticale che orizzontale che influiscono sulla circolazione idrica sotterranea, la quale risulta più attiva dove predominano la granulometria grossolana rispetto alle pareti nelle quali predomina la componente sabbioso-siltosa. Nell'acquifero possono riscontrarsi a varia profondità livelli idrici discontinui, di estensione e spessore diverso, assimilabili a falde sospese, la cui temporanea esistenza e produttività dipendono strettamente dall'andamento delle precipitazioni meteoriche. Alla base è presente un corpo idrico relativamente continuo con produttività generalmente modesta ma di interesse locale, sostenuto dall'interfaccia acqua dolce/acqua salata e connesso idraulicamente con i soprastanti depositi alluvionali e costieri.

4.2.5 Acquiferi alluvionali e acquiferi dei depositi marini terrazzati e costieri

Gli acquiferi alluvionali sono poco rappresentati nell'area di interesse; essi sono presenti sul fondo valle dei corsi d'acqua. Essi sono caratterizzati da permeabilità tendenzialmente alta per porosità, seppure molto variabile in relazione alla granulometria. Sono sede di un'attiva circolazione idrica che comporta il rapido trasferimento delle acque verso la costa. L'alimentazione è rappresentata principalmente dalle piogge dei mesi autunnali e invernali, dal ruscellamento lungo i versanti dei bacini imbriferi e dal deflusso superficiale lungo gli alvei dei corsi d'acqua. Ciò determina l'esistenza all'interno dei depositi di corpi idrici con persistente deflusso in subalveo, seppure variabile nell'arco delle stagioni, con conseguenti fluttuazioni del livello piezometrico.

I depositi marini terrazzati affiorano in posizione rilevata rispetto alla costa in trasgressione sui depositi più antichi. Dal punto di vista idrogeologico essi presentano discrete caratteristiche, poiché

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

si tratta di sabbie talora con alternanze di livelli ghiaiosi (soprattutto alla base). Tuttavia il loro grado di permeabilità, seppur elevato, risulta inferiore rispetto ai precedenti depositi alluvionali poiché, soprattutto verso il tetto, subisce delle riduzioni causate da fenomeni di pedogenizzazione e blanda cementazione. Essi costituiscono comunque dei corpi idrici importanti, che a livello locale garantiscono una delle maggiori riserve di acqua di falda.

I depositi costieri sono piuttosto eterogenei dal punto di vista idrogeologico a causa della loro complessità idrostratigrafica. Essi sono costituiti da sabbie con ciottoli a cui si intercalano livelli argillosi e torbosi. Essi costituiscono sicuramente uno dei corpi idrici più importanti dell'area. Il loro grado di permeabilità medio può essere paragonato a quello dei depositi marini terrazzati, quindi buono ma inferiore a quello dei depositi alluvionali.

4.2.6 Parametri idrogeologici

Valori di conducibilità idraulica e di trasmissività degli acquiferi sono stati ottenuti mediante prove di emungimento e slug test in pozzi e piezometri accessibili, mentre altri dati sono stati desunti da studi precedenti e confrontati con quelli direttamente acquisiti. Sono stati inoltre considerati i risultati di prove Lefranc effettuate in perforazioni della campagna di indagini geognostiche per il Progetto Definitivo, con le limitazioni imposte dalla metodologia.

La determinazione dei valori di trasmissività degli acquiferi principali è stata effettuata mediante Prove di emungimento a portata costante, eseguite su alcuni pozzi comunali che intercettano l'acquifero alluvionale, e su pozzi privati perforati, nell'acquifero delle ghiaie e sabbie di Messina (vedi Allegati).

L'assenza, a distanza utile dal pozzo di prova, di pozzi o sondaggi da utilizzare come piezometri per la misura degli abbassamenti, ha costretto ad adottare il metodo di prova su pozzo singolo, misurando i valori di abbassamento in regime transitorio nel pozzo utilizzato.

Le prove, eseguite misurando la depressione del livello statico educendo una portata costante di valore tale da indurre basse depressioni, hanno permesso di calcolare con buona approssimazione valori della trasmissività e di valutare la conducibilità idraulica dallo spessore dell'acquifero. Misure sono state anche effettuate in fase di risalita del livello idrico a fine prova.

I dati ottenuti sono stati interpretati con la formula di approssimazione logaritmica di Jacob (1950) e Cooper-Jacob (1946):

$$\Delta h_p = \frac{0,183Q}{T} \cdot \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

da cui

$$T = \frac{0.183Q}{C}$$

dove C rappresenta l'accrescimento della depressione (Δh_p) in un ciclo logaritmico.

I risultati delle prove di emungimento effettuate su alcuni pozzi più significativi sono riportati in forma grafica in allegato.

Al fine di estendere le informazioni sull'intera area interessata dal progetto, una stima dei valori di trasmissività e di conducibilità idraulica è stata effettuata utilizzando i dati di portata e di depressione stabilizzata, desunti da prove per la messa in produzione di nuove opere o da monitoraggio in pozzi per uso potabile in produzione continuativa. Dai valori di portata specifica, calcolata in base alla depressione del livello idrico corrispondente ad un basso valore della portata erogata, si sono ricavate correlazioni con la trasmissività in condizioni di regime stazionario, basate sull'equazione di Thiem e considerando le successive espressioni semplificatrici di Dupuit e di Jacob, come riportato nella letteratura specialistica (Castany, 1967; Custodio e Llamas, 1996).

I dati ottenuti con il predetto metodo sono stati confrontati con quelli determinati mediante le prove di emungimento effettuate, utilizzando la relazione di correlazione statistica per i due diversi acquiferi (Pollak, 1967; Huntley et al., 1992), rilevando una buona concordanza di valori.

Si è potuto così ottenere un quadro sufficientemente indicativo dei parametri idrogeologici dei principali acquiferi dell'area considerata.

I valori di trasmissività degli acquiferi alluvionali, ottenuti dalle prove di emungimento sui pozzi utilizzati, risultano variare tra $1,08 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e $1,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ dai quali si desumono valori della conducibilità idraulica variabili tra $1,27 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ e $2,54 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Considerando anche i dati ricavati dalle stime su un numero maggiore di casi i valori variano tra $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e $5,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, dai quali si desumono valori della conducibilità idraulica variabili tra $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ e $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ in relazione alla composizione e allo spessore dei depositi. Per gli acquiferi costituiti da depositi marini e depositi costieri, che peraltro nella zona costiera sono i più frequenti, si è fatto riferimento a valori stimati della conducibilità idraulica compresi tra 1×10^{-3} e $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

Nel caso delle ghiaie e sabbie di Messina i dati di trasmissività ottenuti dalle prove di emungimento risultano mediamente di $2,30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ al quale può essere correlato un valore della conducibilità idraulica di $2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, mentre considerando le stime si ha mediamente un valore di trasmissività di $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ al quale può essere correlato un valore della conducibilità idraulica di $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. I test idraulici eseguiti durante la campagna di sondaggi per il Progetto Definitivo hanno invece restituito valori della conducibilità idraulica inferiori, dell'ordine degli $1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (cfr. 8.2.1.2); trattandosi di dati statisticamente più rappresentativi, nel corso del presente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

lavoro si è fatto ad essi riferimento.

Per il conglomerato di Pezzo i dati relativi a prove idrauliche in foro eseguiti nel corso del Progetto Definitivo hanno permesso di stabilire che le conducibilità idrauliche in condizioni non affette da disturbi relativi a zone di faglia, sono piuttosto basse e comprese tra 1×10^{-8} m/s e 1×10^{-6} m/s (cfr.8.2).

Di seguito si riporta il dettaglio dei parametri di permeabilità K ottenuti dall'analisi dei dati ottenuti dai pozzi e dalle prove eseguite nel corso dei sondaggi, e riportati nei seguenti documenti, Relazione idrogeologica (elaborato CG0800PRGDCSBC6G000000003), Relazione geotecnica generale (elaborato CG0800PRBDCSBC8G000000001).

Litologia	Rel.Idrogeol.+C.Idrogeol.	Rel.Geotecnica	Note
Depositi alluvionali e recenti	$10^{-2} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-6}$	Con riferimento ai paragrafi 2.11.8 e 2.11.9 della rel.geotecnica, non ci sono prove dirette e pertanto si assumono valori compresi nel range indicato
Depositi di versante	-	$10^{-3} - 10^{-5}$	Con riferimento ai paragrafi 2.13.7 e 2.13.8 della rel.geotecnica, non ci sono prove dirette e pertanto si assumono in base alla correlazione Somerville, 1986, in quanto terreni eterogenei, valori compresi nel range indicato
Depositi costieri di spiaggia	-	$10^{-4} - 10^{-5}$	Con riferimento ai paragrafi 2.10.8 e 2.10.9 della rel.geotecnica, si è assunto un valore pari a 10^{-5} (Somerville, 1986) in quanto terreni eterogenei, mentre da prove Lefranc si è assunto $10^{-4} - 10^{-5}$ (da 5 a 40m di profondità); confronta fig. 326 e tabella 37 della rel.geotecnica generale e figg. 3 e 4 del documento Trattamento dei terreni – relazione tecnica, elaborato CG0800PRGDPSTF3TO00000001B.
Depositi marini terrazzati	$10^{-3} - 10^{-4}$	$10^{-5} - 10^{-6}$	Con riferimento ai paragrafi 2.9.8 e 2.9.9 della rel.geotecnica, da prove Lefranc si ha un range pari a $10^{-5} - 10^{-6}$; confronta fig. 304 e tabella 31 della rel.geotecnica generale e figg. 3 e 4 del documento Trattamento dei terreni – relazione tecnica, elaborato CG0800PRGDPSTF3TO00000001B.
Ghiaie e sabbie di Messina	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	Con riferimento ai paragrafi 2.8.8 e 2.8.9 della rel.geotecnica, si è assunto un valore pari a 10^{-4} (Somerville, 1986) in quanto terreni eterogenei, mentre da prove Lefranc si ha un range pari a $10^{-4} - 10^{-5}$; confronta fig. 160 e tabella 24 della rel.geotecnica generale; figg. 12 e 13 del documento Trattamento dei terreni – relazione tecnica, elaborato CG0800PRGDPSTF3TO00000001B.
Calcareniti di S.Corrado	$10^{-3} - 10^{-5}$	10^{-7}	Con riferimento al paragrafo 2.14 della rel.geotecnica, da n. 2 prove Lefranc si è assunto un valore pari a 10^{-7} ; confronta fig. 421 e tabella 55 della rel.geotecnica generale.
Formazione di Le	$10^{-4} - 10^{-5}$	10^{-7}	Con riferimento al paragrafo 2.14 della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Masse			rel.geotecnica, da n. 2 prove Lefranc si è assunto un valore pari a 10^{-7} ; confronta fig. 421 e tabella 55 della rel.geotecnica generale.
Trubi	$10^{-7} - 10^{-8}$	10^{-7}	Con riferimento ai paragrafi 2.11.8 e 2.11.9 della rel.geotecnica, da n. 1 prova Lefranc si è assunto un valore pari a 10^{-7} ; confronta fig. 384 (prova Lefranc $K=10^{-7}$), fig. 383 (prova edometrica $K=10^{-4}$).
Conglomerato di Pezzo	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-4} - 10^{-7}$	Con riferimento ai paragrafi 2.6.7 e 2.6.15 della rel.geotecnica, si è assunto un range di $10^{-4} - 10^{-7}$, con un valore medio caratteristico di 10^{-7} , confronta fig. 81 e tabelle 5, 6 della rel.geotecnica generale; figg. 3 e 20 del documento Trattamento dei terreni – relazione tecnica, elaborato CG0800PRGDPSTF3TO00000001B.
Plutoniti	Molto bassa legata alla presenza di discontinuità	$10^{-7} - 10^{-8}$	Con riferimento ai paragrafi 2.7.6 e 2.7.7 della rel.geotecnica, si è assunto un range di $10^{-7} - 10^{-8}$, confronta tabella 16.

Fig. 4.1 – Tabella di sintesi dei valori di permeabilità K

E' importante precisare che i valori riportati nella Relazione idrogeologica degli "Studi di Base" (elaborato CG0800PRGDCSBC6G000000003) sono valori stimati in un contesto areale esteso, che media la notevole variabilità all'interno dei depositi, ricorrendo anche a dati di letteratura. Anche per il Conglomerato di Pezzo i valori di K sono stati stimati in base alle poche prove disponibili e sempre tenendo conto di un vasto contesto areale, data l'accentuata variabilità della litologia e della permeabilità. Mentre, per il Metamorfico, nella Relazione idrogeologica è stato precisato che non è possibile definire i parametri T e K, in quanto la circolazione idrica sotterranea è determinata essenzialmente dalle discontinuità tettoniche, a parte quella che può aversi nelle coperture di alterazione, di scarso significato ai fini delle valutazioni. Nella relazione geotecnica sono stati invece presi in considerazione principalmente dati puntuali derivati dalle prove eseguite (in situ ed in laboratorio).

La carta idrogeologica di sintesi allegata alla presente nota riporta i range dei valori di K associati ad ogni complesso acquifero. I range riportati tengono dei valori estremi ottenuti da tutte le analisi eseguite.

4.3 Condizioni idrodinamiche

Le curve isopiezometriche, ricostruite mediante i dati di livello idrico rilevati nel corso del censimento dei punti d'acqua, indicano direzioni di deflusso sotterraneo da Est verso Ovest nel versante ionico prospiciente lo Stretto e da Sud verso Nord nel versante tirrenico, analogamente ai deflussi superficiali.

La circolazione idrica sotterranea è particolarmente attiva nei depositi alluvionali e più ridotta nei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sedimenti ghiaioso-sabbiosi pleistocenici, mentre in tutti gli altri complessi idrogeologici essa risulta ancora più ridotta e frazionata, tranne nelle zone tettonicamente disturbate e particolarmente lungo le principali linee di faglia.

Le direzioni di deflusso delle acque sotterranee si identificano generalmente con gli assi delle valli dei piccoli corsi d'acqua dove si hanno spessori più consistenti di depositi alluvionali.

I corpi idrici contenuti in tali depositi sono di tipo libero, con comportamento influenzato dalle variazioni granulometriche dei depositi e dalle modalità di alimentazione. In base ai dati di precedenti studi, la piezometria mostra mediamente variazioni stagionali limitate fra il periodo asciutto e quello piovoso in corrispondenza dei tratti montani, mentre queste sono di poco più accentuate allo sbocco dei corsi d'acqua nelle piane costiere, data la scarsa incidenza dei prelievi esistenti. I valori del gradiente idraulico sono generalmente elevati ed oscillano tra il 15% e il 2% nella zona del blocco ancoraggio-costa ovest e tra 12% e il 16.5% nella zona blocco ancoraggio-costa nord.

4.4 Modello concettuale degli Acquiferi

Gli acquiferi in depositi marini, depositi costieri e depositi alluvionali sono generalmente assimilabili a sistemi monostrato, sede di corpi idrici di tipo libero, spesso connessi idraulicamente con i corsi d'acqua. La loro alimentazione deriva in parte dall'infiltrazione diretta delle precipitazioni sull'area di affioramento dei depositi, in parte dall'infiltrazione delle acque di ruscellamento provenienti dai versanti e in parte da quelle che defluiscono negli alvei.

Nelle zone collinari e costiere tali acquiferi sono in diretta connessione idraulica con l'acquifero delle Ghiaie e sabbie di Messina. In generale si ha un unico corpo idrico con direzione di deflusso all'incirca ortogonale alla linea di costa, come evidenziato dall'andamento della superficie piezometrica nei due versanti. Leggere inflessioni delle isolinee individuano gli apporti dalle zone collinari mediante il drenaggio preferenziale lungo gli alvei dei piccoli corsi d'acqua che costituiscono il reticolo idrografico dell'area. Nel versante settentrionale le modalità di deflusso delle acque sotterranee nei depositi marini e alluvionali sono influenzate dalla maggiore acclività determinata da condizioni strutturali, senza tuttavia modificare sostanzialmente le modalità anzidette.

Alle quote maggiori l'assenza di punti di misura significativi per la ricostruzione della piezometria non ha permesso di definire le condizioni idrodinamiche degli acquiferi, se non in tratti delle colline prospicienti verso la costa dove si è potuto disporre di livelli idrici misurati in alcune perforazioni geognostiche. In linea di massima si può considerare l'esistenza di un deflusso sotterraneo con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

direzione analoga a quella riscontrata nelle zone costiere, con una diversa direzione di deflusso nella parte più meridionale dell'area, dove questo è diretto verso la valle della fiumara di Catona, esterna all'area in esame.

Va comunque considerato che le condizioni idrogeologiche della zona centro-orientale del territorio, dove prevalgono gli acquiferi costituiti da rocce cristalline e dal conglomerato sabbioso miocenico, possono ritenersi caratterizzate da scarsa circolazione idrica sotterranea che permette l'esistenza di locali livelli idrici contenuti essenzialmente nelle coperture detritiche e di alterazione.

Le caratteristiche chimico fisiche delle acque contenute nelle formazioni permeabili del sistema mostrano differenze nel contenuto salino totale in relazione alla presenza di alcuni ioni con valori particolarmente alti. Tali condizioni si evidenziano nelle zone costiere e collinari per commistione con acque salate o acque reflue di centri abitati o di attività produttive, che comportano spesso qualità delle acque non idonee al consumo umano e con limitazioni per gli altri usi.

4.5 Vulnerabilità degli acquiferi

4.5.1 Cenni sulla metodologia

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

La vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia, la struttura e la geometria del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica-discarda del sistema ed i processi di interazione fisica e geochemica che determinano la qualità naturale dell'acqua sotterranea e la mitigazione di eventuali inquinanti che penetrano il sistema.

Uno dei metodi di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è quello parametrico a punteggi e pesi SINTACS (Civita e De Maio, 2000).

L'acronimo deriva dalle denominazioni dei parametri che vengono presi in considerazione, ossia:

- Soggiacenza;
- Infiltrazione efficace;
- Non – saturo (effetto di autodepurazione del);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Tipologia della copertura;
- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del);
- Conducibilità idraulica dell'acquifero;
- Superficie topografica (acclività della).

Questi parametri sono definiti in base ai dati acquisiti direttamente o desunti da studi precedenti.

La soggiacenza è la profondità della superficie piezometrica misurata rispetto al piano di campagna.

L'infiltrazione efficace si ottiene dal calcolo del bilancio idrogeologico.

L'effetto di autodepurazione del non saturo si valuta dalle caratteristiche idrogeologiche della zona compresa fra la superficie del suolo e la zona satura dell'acquifero.

La tipologia della copertura è data dalla natura dei suoli che ricoprono gli acquiferi.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero sono quelle che regolano i processi che si realizzano all'interno della zona satura dell'acquifero e che dipendono dalla struttura di quest'ultimo.

La conducibilità idraulica rappresenta la capacità di spostamento di un fluido nel mezzo saturo e si determina mediante prove di pompaggio nei pozzi o slug test nei piezometri.

L'acclività della superficie topografica condiziona la velocità di spostamento delle acque superficiali e quindi l'infiltrazione e viene determinata tramite un DEM dell'area da trattare.

Il territorio oggetto di valutazione viene suddiviso in elementi finiti quadrati (EFQ), ovvero secondo una griglia a maglie regolari georeferenziate, con lato delle celle adeguatamente scelto in funzione della disponibilità e qualità dei dati. Ad ogni cella vengono assegnati i punteggi dei sette parametri e per ciascun elemento della griglia si calcolano i pesi relativi, ottenendo l'indice di vulnerabilità.

4.5.2 Valutazione della vulnerabilità

L'applicazione del metodo SINTACS all'area oggetto di studio, analizzata dal punto di vista idrogeologico alla scala 1:5.000, è stata effettuata discretizzando il territorio sotteso dai bacini considerati mediante una griglia a maglie quadrate di 100 m di lato. Ad ogni cella sono stati assegnati i punteggi dei sette parametri previsti dal metodo, realizzando le relative carte tematiche. Per l'analisi e l'elaborazione spaziale la procedura è stata implementata in ambiente GIS.

La soggiacenza è stata determinata mediante confronto tra la carta piezometrica ed il modello digitale del terreno (DTM) derivato da acquisizioni in telerilevamento. Data la scarsa frequenza di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

punti di accesso alla falda in alcune zone o l'impossibilità di effettuare una corretta correlazione dei dati di livello misurati, il punteggio attribuito riguarda solo una parte delle celle del territorio discretizzato. Buona parte delle zone costiere e collinari sono state tuttavia valutate, ottenendo punteggi variabili tra 10 e 1 procedendo dalla costa verso le colline, con prevalenza di valori compresi fra 2 e 4.

In base ai valori di piovosità e di temperatura, registrati nelle stazioni pluviometriche disponibili all'interno dell'area e nelle zone limitrofe, l'infiltrazione efficace è stata stimata con il metodo del bilancio idrogeologico trattato nel capitolo 4.3. Ottenuto il valore dell'infiltrazione efficace, l'attribuzione del punteggio per ogni elemento della griglia, secondo gli intervalli definiti dal metodo, ha dato come risultato valori compresi tra 1 e 7, con ampia prevalenza tra 1 e 4.

Per la stima dell'effetto di auto-depurazione determinato dal non-saturo si è fatto riferimento ai dati di pozzi e perforazioni geognostiche a stratigrafia nota, distribuiti nell'area di studio, che interessano a profondità variabile complessi idrogeologici diversi. Sulla base di detta analisi il punteggio attribuito varia tra 3 e 9, con prevalenza dei valori alti (7 - 9).

La valutazione del parametro che esprime l'effetto di attenuazione e riduzione del carico inquinante esercitato dai suoli è stata effettuata tenendo conto della tipologia e spessore dei suoli evidenziati dalle perforazioni, delle caratteristiche della roccia madre e dell'uso del suolo. In base a detta metodologia si è adottato un punteggio compreso tra 5 e 8, con prevalenza di quest'ultimo valore.

Per la valutazione delle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi si è fatto riferimento ai dati stratigrafici delle perforazioni, utilizzati nel caso del non-saturo, adottando la stessa metodologia di assegnazione dei punteggi in considerazione della natura e della variabilità litologica dei vari complessi. I punteggi attribuiti sono compresi tra 2 e 9, con prevalenza dei valori 8 e 9 nel caso dei complessi sabbioso-calcarenitico e alluvionale, pari a 3 per il complesso calcareo-marnoso e pari a 2 per quello argilloso.

La valutazione del parametro conducibilità idraulica è stata effettuata in base ai dati disponibili, i quali sono stati opportunamente territorializzati al fine di caratterizzare ogni complesso interessato dall'analisi. I punteggi attribuiti variano sostanzialmente tra 4 e 7.

Per la determinazione dei punteggi relativi all'acclività della superficie topografica si è costruita la Carta delle pendenze utilizzando il DTM prima indicato per la soggiacenza. In relazione alla morfologia del territorio i punteggi prevalenti sono quelli medio-bassi, ossia tra 1 e 6.

I punteggi attribuiti ai parametri anzidetti sono stati rivalutati per ogni singola maglia utilizzando le linee di pesi moltiplicatori previsti dal metodo per esaltare l'importanza di alcuni parametri rispetto ad altri in relazione alle differenti condizioni idrogeologiche e di impatto presenti nei diversi settori

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dell'area studiata. Gli scenari di impatto ottenuti dall'utilizzazione di 2 delle 5 linee di pesi previste dal metodo sono:

- Aree soggette a impatto normale, rappresentate da limitate porzioni di territorio alle quote maggiori, con presenza di aree incolte e con vegetazione spontanea.
- Aree soggette a impatto rilevante, le quali caratterizzano la maggior parte del territorio, principalmente dove si concentrano attività antropiche, quali centri abitati, infrastrutture, servizi a questi connessi e secondariamente aree coltivate con uso di fitofarmaci.

Sommando per ogni cella il prodotto dei punteggi dei sette parametri (laddove definiti) per i relativi pesi si è ottenuto l'indice di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, i cui valori normalizzati, secondo il rapporto gradi di vulnerabilità/intervalli di punteggio indicato nel metodo, sono stati utilizzati per la redazione della relativa carta tematica. Come si desume chiaramente da quest'ultima, la mancanza di dati relativi al parametro soggiacenza non ha permesso l'applicazione della metodologia SINTACS in tutte quelle maglie dove il suddetto parametro è rimasto indefinito. Pertanto in legenda è stato introdotto il termine "non determinato".

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Rilievi, misure e monitoraggi

5.1 Rilievi di campagna eseguiti: censimento sorgenti e pozzi

5.1.1 Censimento dei punti d'acqua

Il censimento di pozzi, sorgenti e sondaggi geognostici, iniziato alla fine del mese di aprile 2010, ha permesso di individuare complessivamente N. 91 punti d'acqua costituiti da N. 43 pozzi scavati a largo diametro o trivellati e da N. 48 sondaggi geognostici, nei quali si è riscontrata presenza d'acqua (N. 25 pregressi e N. 23 recenti). Tali opere sono state realizzate da privati per scopi domestici, irrigui o industriali, in qualche caso da comuni per scopi idropotabili e in maggioranza da società ed enti pubblici per indagini relative a progetti di infrastrutture.

Dei 91 punti d'acqua censiti, per 28 di essi è stato possibile accedere alle opere e aggiornare i dati, verificando le variazioni dei livelli idrici intervenuti nel tempo, il che ha permesso di calibrare la piezometria anche nelle zone i cui punti di misura erano inaccessibili. In N. 20 sondaggi in precedenza utilizzati per monitoraggio non si è riscontrato alcun livello d'acqua.

La completezza dei dati è stata infatti condizionata in molti casi dall'impossibilità di acquisire tutte le informazioni previste, per insormontabili difficoltà legate alla disponibilità dei proprietari o alle condizioni e alle modalità di equipaggiamento delle opere. In questi casi è stato possibile acquisire soltanto dati parziali e verificare l'ubicazione riportata.

I dati ottenuti dall'attività di censimento sono riportati nelle schede allegate alla "Relazione Idrogeologica generale", documento CG0800PRGDCSBC6G000000003, all'interno degli "Studi di base".

Nessuna sorgente è stata riscontrata all'interno dell'area considerata, essendo questa solo marginalmente interessata da affioramenti di terreni cristallini, ai quali sono generalmente collegate sorgenti, alcune delle quali, con portata maggiore e continua, affioranti al di fuori del territorio studiato, sono captate per approvvigionamento idropotabile e addotte ai punti di utilizzazione mediante lunghi acquedotti.

5.2 Caratteristiche chimico – fisiche delle acque sotterranee

Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee sono state verificate mediante le determinazioni in campo di temperatura, pH e conducibilità elettrica, eseguite durante il censimento dei punti d'acqua, e mediante analisi di laboratorio su alcuni campioni prelevati da

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pozzi e piezometri, sempre nel corso della recente campagna di indagini. Le determinazioni hanno riguardato i principali parametri che permettono la determinazione della facies idrochimica delle acque, oltre ad alcuni parametri indicativi di processi naturali o antropici. Dato il limitato numero di campioni che è stato possibile prelevare, si è fatta una correlazione con dati precedenti, riscontrando una sufficiente coerenza con i dati dei campioni d'acqua prelevati negli stessi acquiferi.

In linea generale si rileva una certa omogeneità di composizione delle acque campionate, potendo riferire la maggior parte di esse alla facies solfato calcica, con tendenza verso la facies bicarbonato calcica. Un solo campione (PZ10) mostra una decisa appartenenza al secondo tipo, mentre in tutti gli altri i solfati raggiungono valori circa il doppio rispetto al campione anzidetto.

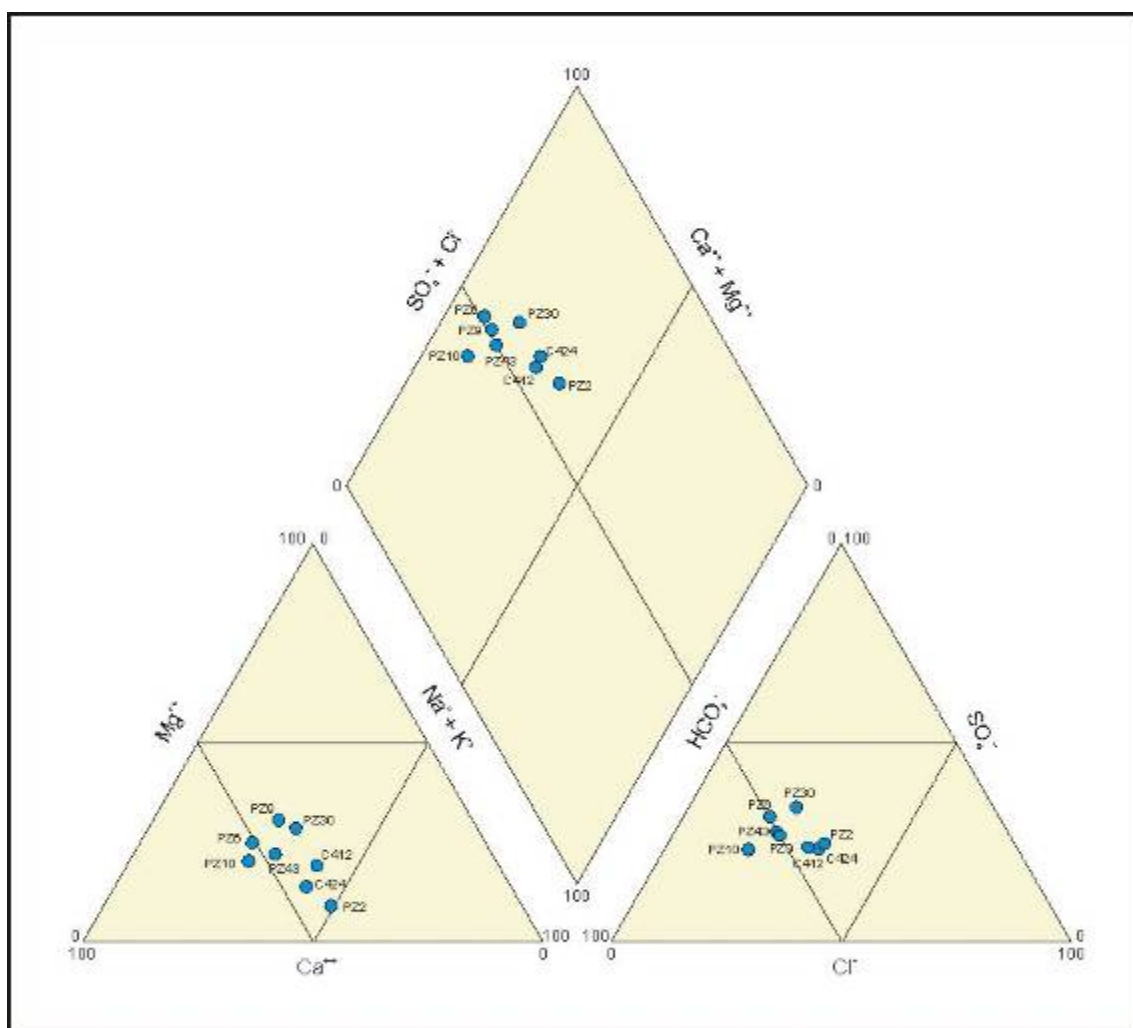


Fig. 5.1 – Caratteristiche chimico – fisiche delle acque sotterranee

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il gruppo più numeroso di campioni presenta valori di salinità totale, più frequenti tra 600 e circa 800 mg/l, anche se in alcuni il valore si dimezza e fra questi rientrano i due campioni sopra evidenziati. La correlazione con la conducibilità elettrica esalta ancor più queste differenze, che tuttavia trovano riscontro nel contenuto dei parametri dominanti. I punti di prelievo ricadono in zone diverse, sia in vicinanza della costa, sia nell'entroterra. Il contenuto in cloruri e in solfati dei campioni prelevati in prossimità della costa, hanno rivelato valori più alti, che risultano tuttavia più contenuti rispetto ai valori accertati nel passato, quando l'effetto dell'intrusione salina nell'acquifero alluvionale e ghiaioso sabbioso era più accentuato a causa dei più consistenti e continui prelievi da questi acquiferi.

Due campioni prelevati nella zona di Piale hanno mostrato un contenuto di Ferro totale e di Manganese particolarmente elevato, correlabile probabilmente ai depositi conglomeratici con frequenti clasti di rocce cristalline alterate. Un contenuto elevato dei due parametri si riscontra anche in un pozzo dell'area industriale, ricadente nell'estrema parte meridionale dell'area.

Per quanto concerne la valutazione della qualità delle acque sotterranee dell'area in relazione agli usi a cui possono essere destinate, sia nella loro condizione naturale sia a seguito di opportuni trattamenti, è stata utilizzata la metodologia di classificazione proposta da Civita et al. (1993). Utilizzando lo schema della tabella seguente sono state riconosciute diverse classi di qualità e la loro presenza nelle varie zone del territorio.

In base a tale classificazione le acque campionate sono generalmente di qualità media (B1 B2), ad eccezione di alcuni campioni in cui i valori di parametri, quali Ferro totale, Manganese e Nitrati, presentano valori particolarmente alti. In questi casi si evidenzia una qualità scadente delle acque, presumibilmente per condizioni naturali ed in parte per cause antropiche, risultando esse appartenere alla classe B1 C2, per eccedenza del Ferro e dell'Ammoniaca, alla classe C1 B2 per eccedenza di Nitrati e alla classe C1 C2 per eccedenza di Ferro, Manganese e Ammoniaca.

Schema di classificazione della qualità delle acque sotterranee (da CIVITA et al., 1993)

		Gruppo Parametri							
		1 (chimico-fisici)					2 (sostanze indesiderabili)		
Giudizio	Classe	TH °F	C.E.S. µScm-1	SO4 mg/l	Cl mg/l	NO3 Mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	NH4 mg/l
Ottimale	A	15+÷30*	<1000*	<50**	<50	<10*	<0,05	<0,02	<0,05

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Media	B	30*÷50	1000÷2000*	50**÷250	50÷200	10*÷50	0,05÷0,2	0,02÷0,05	0,05÷0,5
Scadente	C	>50	>2000	>250	>200	>50	>0,2	>0,05	>0,5
Note: +) valore minimo consigliato; *) valore intermedio tra Concentrazione Massima Ammissibile (CMA) e Valore guida (VG) - D.P.R. 236/88; **) valore doppio rispetto al VG									
Giudizio d'uso									
A	Acqua potabile senza alcun trattamento; idonea a quasi tutti gli usi industriali ed irrigui.								
B	Acqua potabile senza alcun trattamento; alcune limitazioni per gli usi industriali ed irrigui.								
C - Acqua non idonea ad essere utilizzata tal quale per usi potabili e con limitazioni per altri usi: C1 - da sottoporre a trattamenti specifici; C2 - da sottoporre a trattamento di ossidazione semplice o spinta.									

5.3 Prelievi ed utilizzazioni

Le acque utilizzate per scopo potabile dai comuni dell'area, provengono tutte da sorgenti captate sui rilievi di terreni cristallini, al di fuori dell'area studiata, tranne un solo pozzo, utilizzato in casi di emergenza dal Comune di Campo Calabro, ubicato in località Valle degli Ammalati, subito a Sud del limite dell'area di indagine.

Le risorse idriche del territorio sono utilizzate per scopi irrigui e industriali mediante pozzi ubicati nelle zone costiere e sul fondo valle dei corsi d'acqua.

Si tratta di pozzi, in parte scavati a largo diametro (1-3 m) e più frequentemente perforati, di profondità variabile da pochi metri, nel primo caso, ad alcune decine di metri per quelli perforati. Questi interessano gli acquiferi alluvionali per alcune decine di metri e alcuni si spingono a maggiore profondità, captando le acque di acquiferi sottostanti. Si tratta spesso di pozzi incompleti, in quanto non raggiungono un terreno impermeabile.

Le portate prelevate dagli acquiferi alluvionali sono generalmente di qualche l/s con rare eccezioni in dipendenza non soltanto della locale produttività dell'acquifero ma anche della profondità delle opere e delle esigenze dei fondi coltivati, la cui variabilità dipende anche dalle condizioni climatiche dell'annata. L'esercizio di questi pozzi è generalmente limitato alla stagione asciutta per alcune ore al giorno.

Il volume complessivo di risorse prelevate annualmente dagli acquiferi è quindi compatibile con il volume di risorse rinnovabili, derivante dal calcolo dell'infiltrazione efficace nelle aree di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

alimentazione. Nelle zone costiere questi prelievi influenzano tuttavia l'equilibrio tra acque dolci e acque salate per variazioni del carico idraulico dei corpi idrici in considerazione della variabilità delle precipitazioni meteoriche nei diversi anni, con conseguenti effetti di ingressione del cuneo salino, che in passato si sono rivelati molto incidenti sulla qualità delle acque utilizzate.

5.4 Monitoraggio piezometrico

Nel corso della campagna di indagini eseguita nel periodo aprile – febbraio 2010 sono stati installati una serie di piezometri, a tubo aperto e con celle tipo Casagrande, all'interno delle verticali di sondaggio previste. La strumentazione installata è operativa per il controllo della piezometrica ante-operam e pertanto dell'assetto idrogeologico che verrà incontrato lungo le gallerie autostradali e ferroviarie.

Per quanto riguarda la ricostruzione dei livelli piezometrici attesi in corrispondenza delle opere si è presa come riferimento la carta delle isopieze riportata negli elaborati a cura del Prof. Ferrara. Questa piezometria è stata ricostruita utilizzando i livelli d'acqua registrati nei pozzi censiti (vedi schede censimento) e corrisponde ad un livello mediato su rilievi eseguiti nei mesi di aprile, maggio e giugno 2010. E' stata successivamente affinata tenendo conto delle letture piezometriche disponibili. Tale riferimento piezometrico è stato utilizzato anche come riferimento di calibrazione nelle simulazioni numeriche di seguito illustrate.

Poiché il dato di calibrazione piezometrico rappresenta un dato essenziale nelle ricostruzioni modellistiche e dal momento che la carta delle isopieze utilizzata mediava dati su tre mesi è stata eseguita un'accurata verifica della sua validità in funzione dei dati piezometrici raccolti da Eurolink nei mesi di ottobre, novembre, dicembre 2010, gennaio e febbraio 2011. Tale verifica aveva il duplice scopo da un lato di valutare se nella zona di interesse le oscillazioni della superficie di falda sono di entità consistente o meno, dall'altro di valutare se i livelli d'acqua indicati dalla ricostruzione della superficie di falda corrispondano o meno a quelli osservati nei piezometri.

Per quanto attiene al primo aspetto (oscillazioni della falda) i dati dei piezometri indicano che le oscillazioni piezometriche non sono particolarmente rilevanti; esse risultano spesso circoscritte nell'ordine del metro, talora dei 2-3m e, se confrontate con i forti gradienti idraulici della falda in questo settore (dell'ordine del 15%), possono essere considerate del tutto trascurabili ai fini della modellizzazione numerica.

Per quanto attiene al secondo aspetto (corrispondenza tra ricostruzione della falda e dati piezometrici), se si tiene conto del fatto che la ricostruzione delle isopieze considera anche il livello piezometrico nei pozzi in un periodo ben specifico dell'anno (aprile – giugno) per il quale non si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dispone di letture di livello d'acqua nei piezometri, si osserva, dalle letture dei mesi successivi, una buona corrispondenza, con scarti dell'ordine di qualche metro giustificabili nell'ambito delle normali variazioni stagionali oppure con il fatto che talora i piezometri sono attrezzati con rilevatori tipo Casagrande, che registrano il livello di falda a una profondità specifica ove i carichi dinamici possono differire da quelli medi che si ottengono su una colonna a tubo aperto. Ciò conferma che sostanzialmente la ricostruzione delle isopiezometriche utilizzata per i modelli numerici ed analitici è affidabile e che non sono da attendersi grosse variazioni rispetto allo scenario da essa rappresentato.

Alcuni dati piezometrici, concentrati perlopiù all'estremità est dell'area di progetto e ben al di fuori del settore in cui sono state eseguite le modellizzazioni numeriche, mostrano tuttavia scarti piuttosto forti rispetto alla ricostruzione della piezometria. Si tratta dei piezometri C427, C429, C432 e C435. Anomalo risulta invece il dato del piezometro C401, unico piezometro nella zona degli imbocchi delle gallerie a restituire un valore piezometrico molto elevato rispetto alla superficie di falda ricostruita. Tale dato non può essere ragionevolmente correlato con quelli dei piezometri adiacenti e pertanto è da ritenersi indicativo di una situazione locale o di un malfunzionamento della cella Casagrande.

Pertanto solo nella zona est dell'area di interesse la ricostruzione della superficie piezometrica è da ritenersi imprecisa mentre nel resto dell'area (rilevante ai fini della modellizzazione numerica) la ricostruzione è da ritenersi affidabile, almeno per gli obbiettivi della fase di Progettazione Definitiva, con differenze tra letture piezometriche e modello idrogeologico di 4 – 5 metri massimi.

In sede di Progettazione Esecutiva sarà comunque necessario, anche a valle di un ciclo di letture di durata almeno annuale, procedere alla realizzazione di una carta isopiezometrica di maggior dettaglio, con definizione dei livelli di magra e di morbida. A valle della realizzazione di tale carta dovrà inoltre essere verificata la congruenza delle modellizzazioni numeriche ed analitiche eseguite nella presente fase progettuale, eventualmente attraverso una loro ritaratura, qualora ciò si rendesse necessario.

Nel complesso il confronto tra le isopiezometriche riportate sulla Carta idrogeologica, tracciate sulla base delle misure nei pozzi e sulla base delle letture disponibili a novembre 2010 e le ultime letture piezometriche eseguite nel gennaio e febbraio 2011, ha dato un riscontro positivo.

Il controllo effettuato sui singoli piezometri e la isopiezza corrispondente, ha evidenziato che solo in due casi si osserva una differenza compresa tra i 10 – 15 m, nei piezometri C401 e C404. Negli altri piezometri gli scostamenti sono dell'ordine di 4 – 5 m, e pertanto accettabili.

E' importante, a questo proposito, osservare che:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- i due piezometri in cui sono state rilevate discordanze importanti rispetto alla isopieza corrispondente, sono entrambi del tipo Casagrande, per i quali è sufficiente un malfunzionamento della cella per ottenere valori non più affidabili; i piezometri tubo aperto in generale forniscono maggiori garanzie di affidabilità nel tempo
- la carta delle isopieze è ricostruita non solo sulla base dei singoli punti d'acqua, ma anche tenendo conto anche delle caratteristiche morfologiche locali.

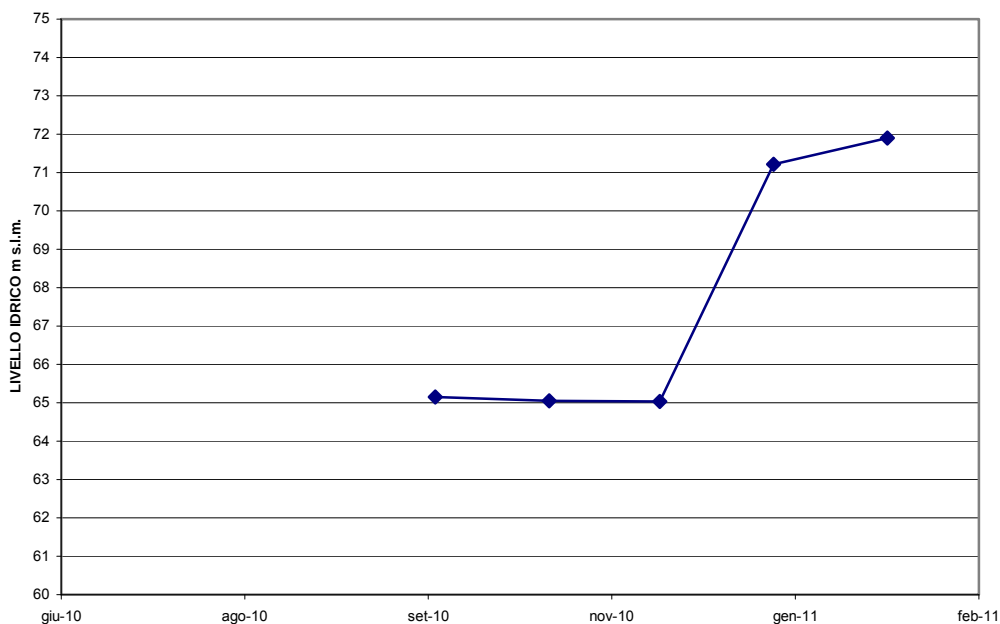
Di seguito si riportano le ultime letture piezometriche disponibili alla data del 16/02/2011.

Sondaggio	Piezometro	Data installazione	Prof. (m)	Quota terreno m s.l.m.	Livello idrico quota m s.l.m.	Livello falda da p.c. m
C401	Casagrande	09/11/2010	60	80.152	65.05	-8.25
C404	Casagrande	05/05/2010	30	99.754	81.14	-17.40
C405	Casagrande	13/05/2010	45	100.715	74.96	-26.16
C406	Casagrande	27/05/2010	50	99.814	96.06	-4.69
C407	Casagrande	27/05/2010	65	124.804	108.33	-17.27
C408	Tubo aperto	14/05/2010	60	100.581	92.56	-8.27
C410	Casagrande	22/06/2010	35	112.088	-	assente
C411	Casagrande	22/06/2010	35	83.736	63.27	-20.34
C412	Tubo aperto	15/06/2010	70	142.356	112.16	-30.43
C414	Tubo aperto	08/07/2010	25	82.336	58.34	assente
C424	Tubo aperto	25/05/2010	31	109.155	94.92	-14.48
C425	Casagrande	04/08/2010	29.9	93.067	69.74	-23.45
C427	Tubo aperto	10/08/2010	40	92.772	78.64	-13.69
C428	Tubo aperto	15/06/2010	60	71.493	58.45	-13.36
C429	Casagrande	26/07/2010	40	66.396	62.13	-4.58
C432	Casagrande	19/07/2010	40	74.417	54.91	-19.08
C434	Casagrande	30/07/2010	35	83.086	71.49	-10.50
C435	Tubo aperto	12/07/2010	40	93.494	80.24	-13.66

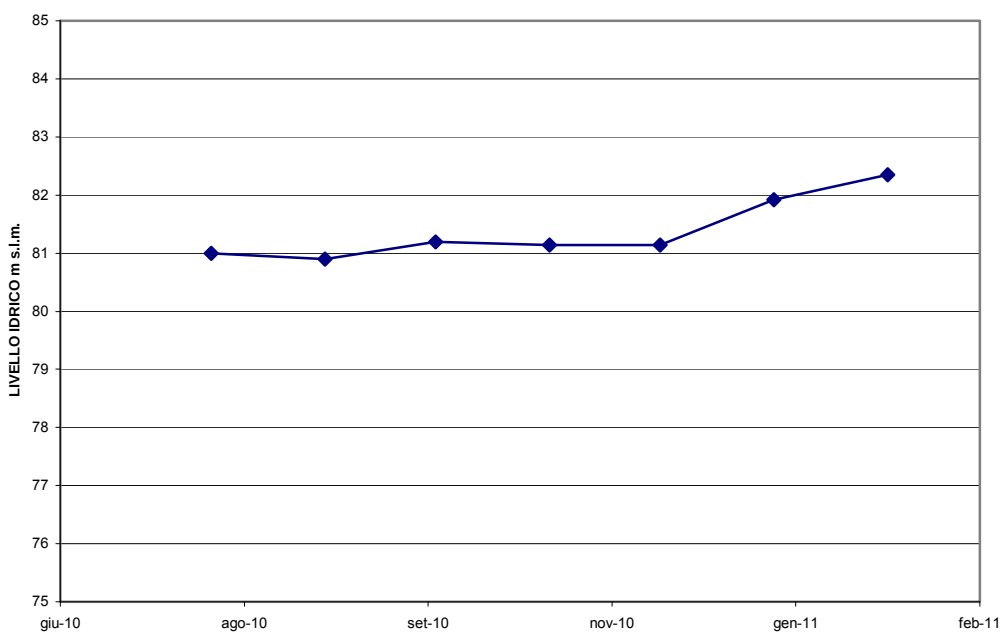
Di seguito si riportano inoltre, i grafici relativi ai singoli piezometri al fine di valutare la variazione della piezometrica nel periodo agosto 2010 – febbraio 2011.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) C401

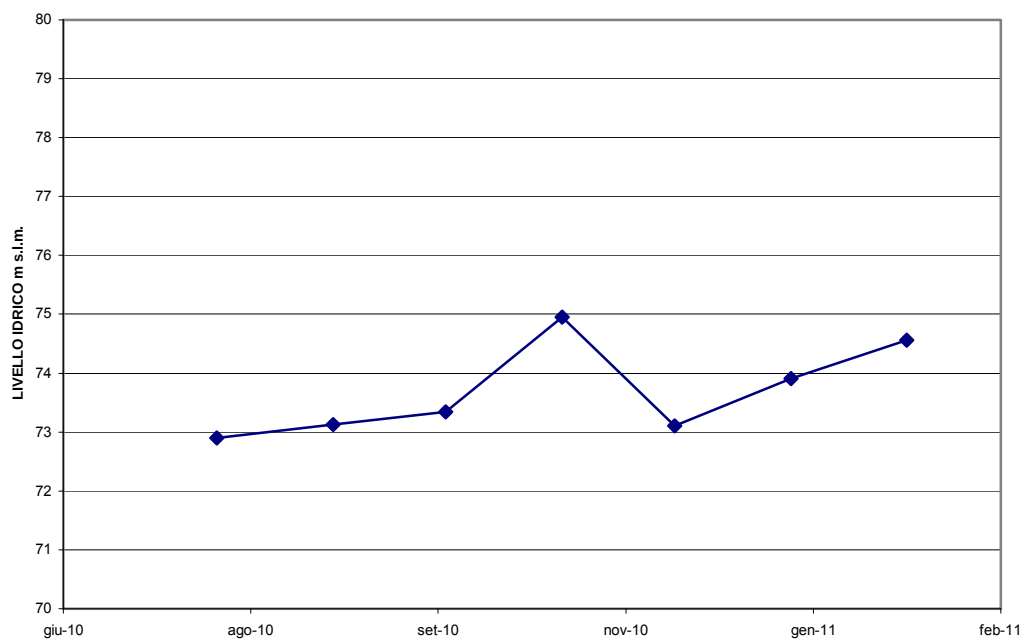


PIEZOMETRO (Casagrande) C404

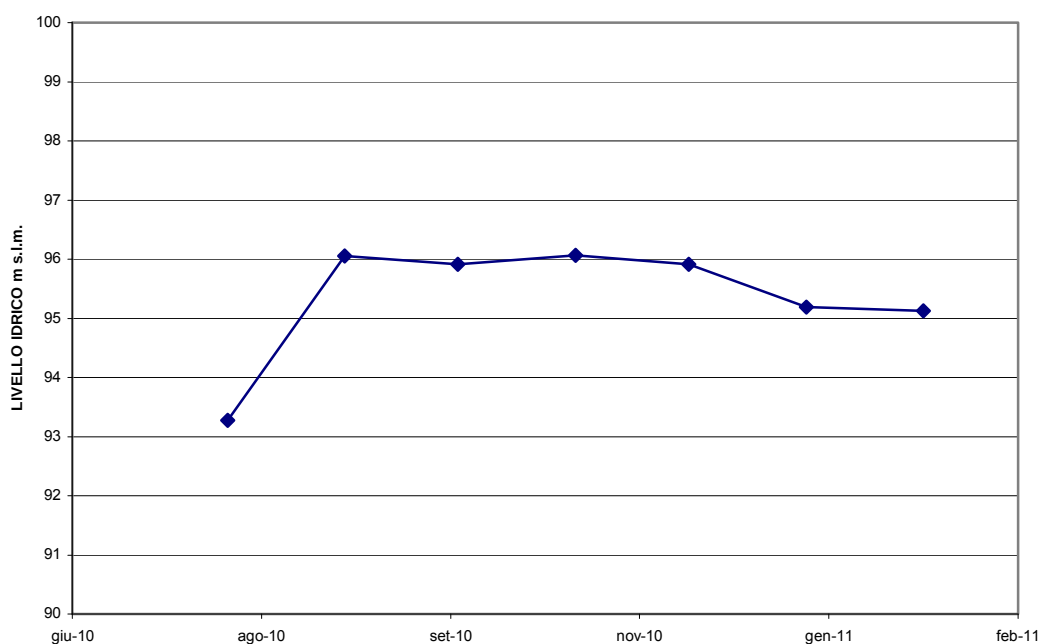


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) C405

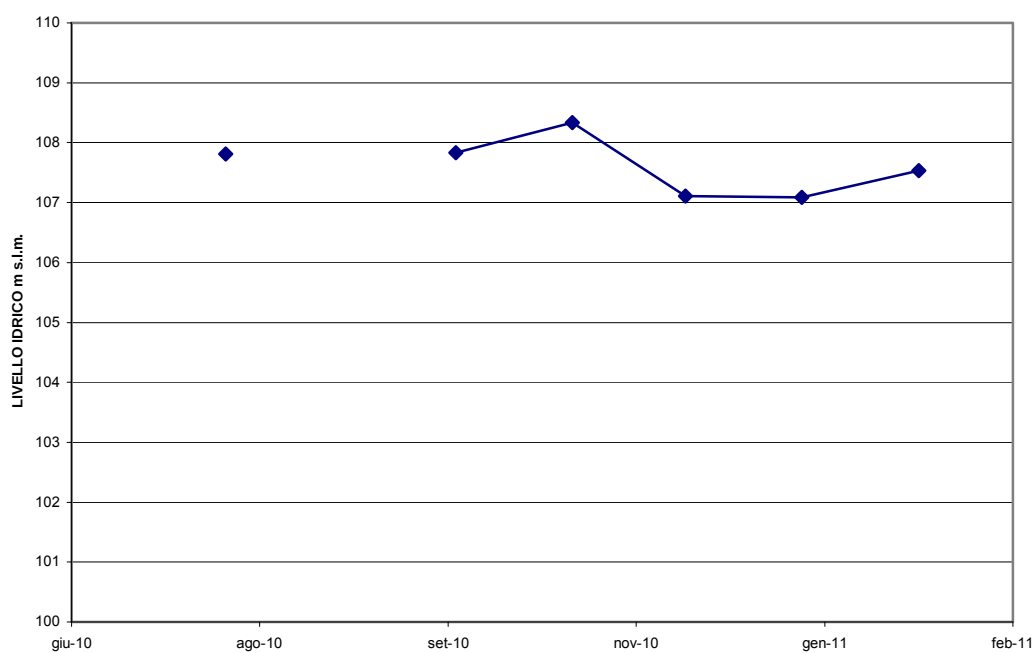


PIEZOMETRO (Casagrande) C406

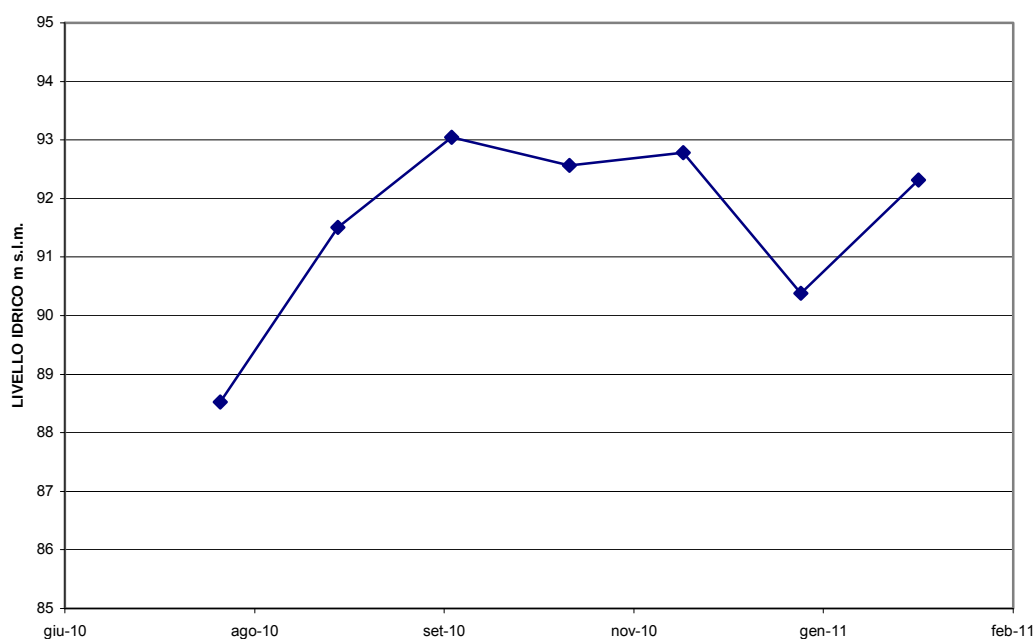


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) C407

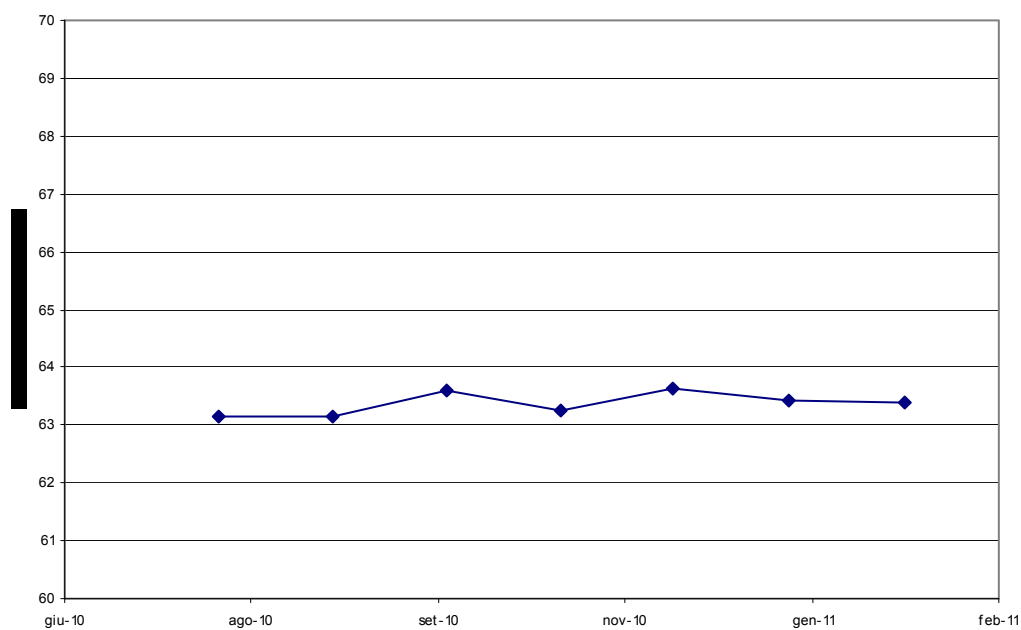


PIEZOMETRO (Tubo aperto) C408

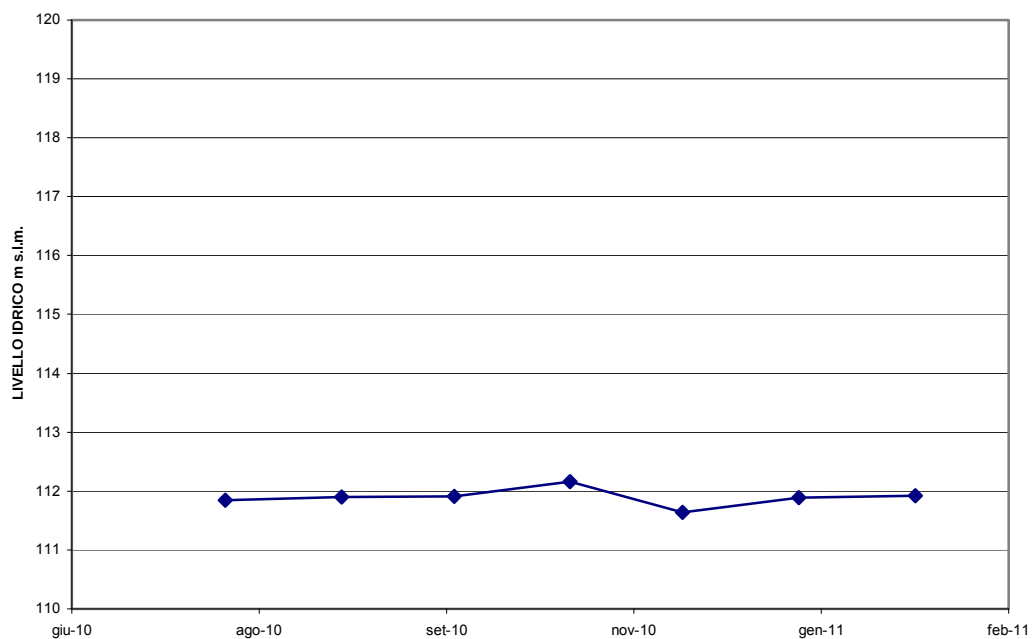


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) C411

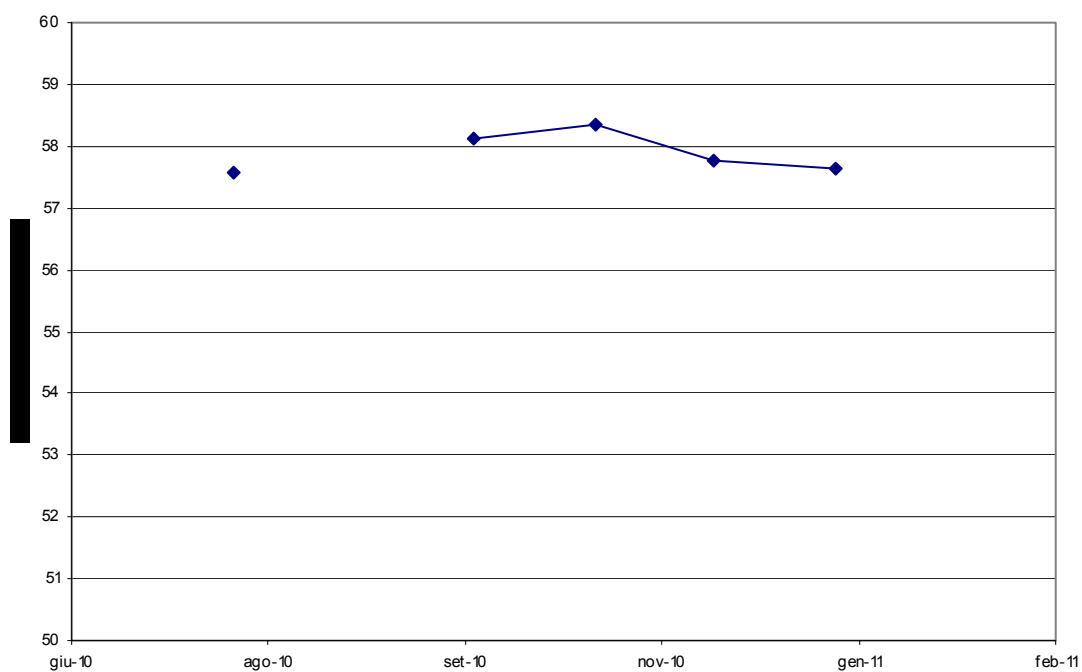


PIEZOMETRO (Tubo aperto) C412

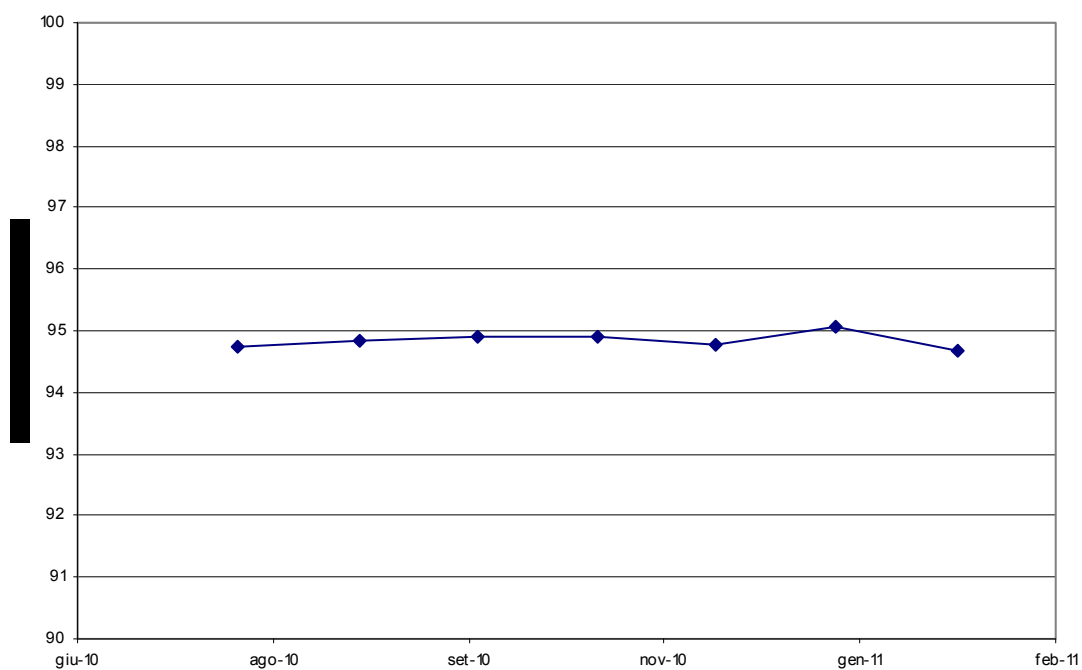


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) C414

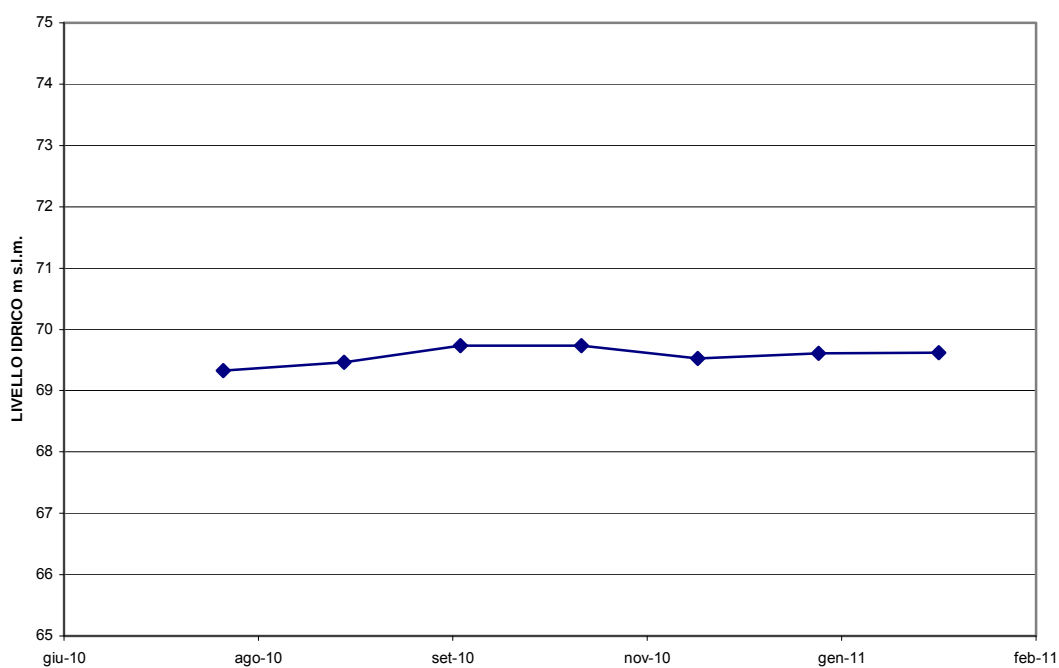


PIEZOMETRO (Tubo aperto) C424

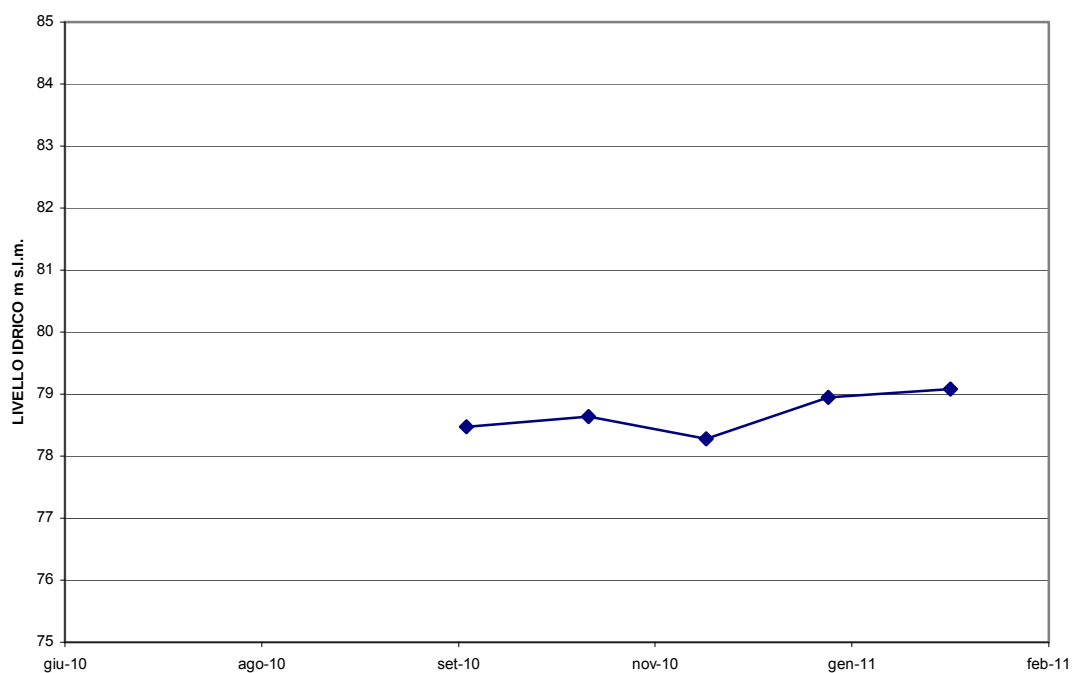


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) C425

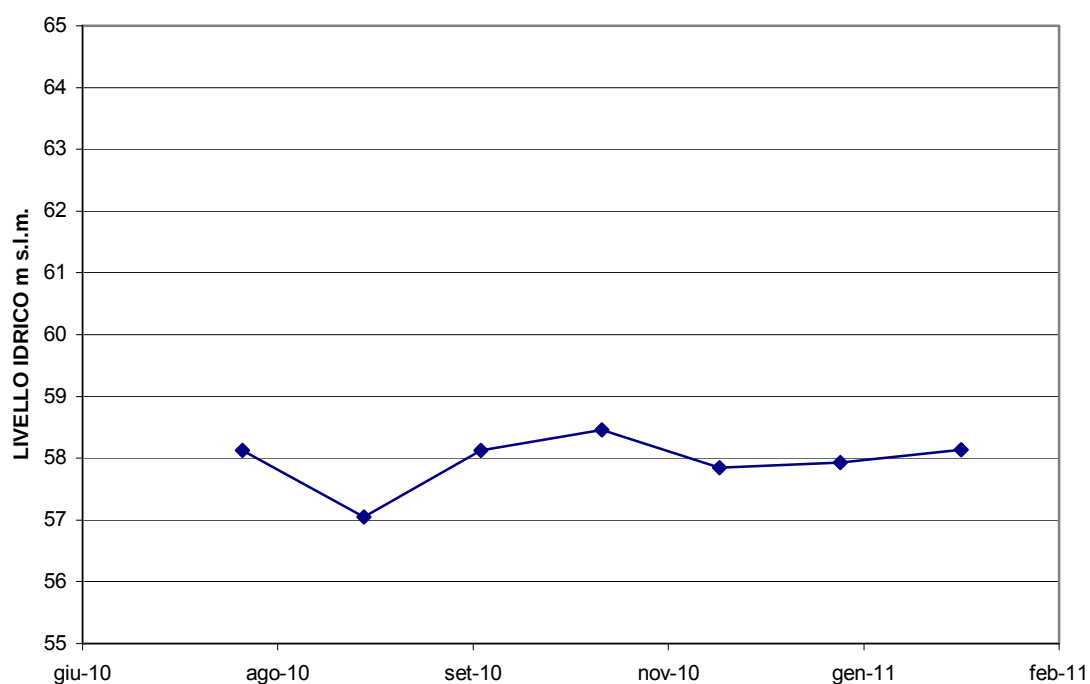


PIEZOMETRO (Tubo aperto) C427

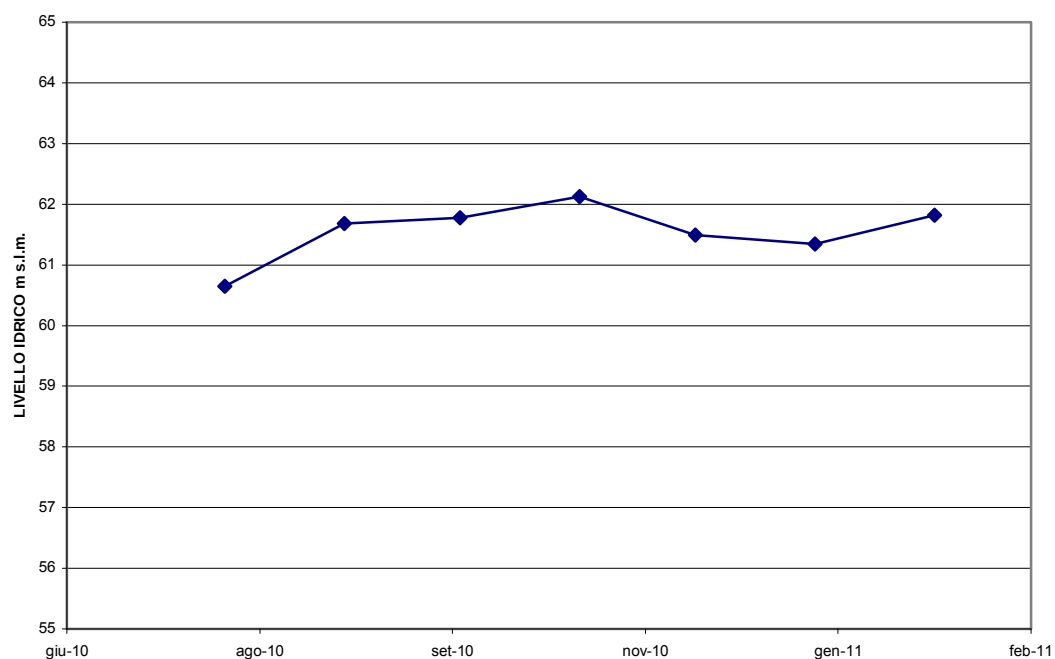


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) C428

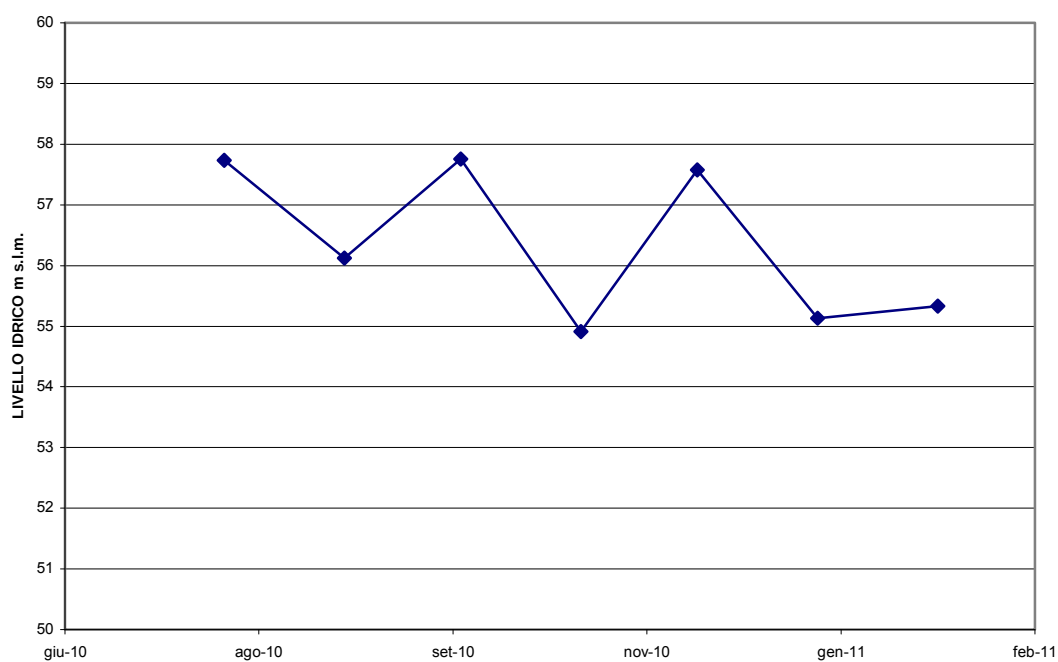


PIEZOMETRO (Casagrande) C429

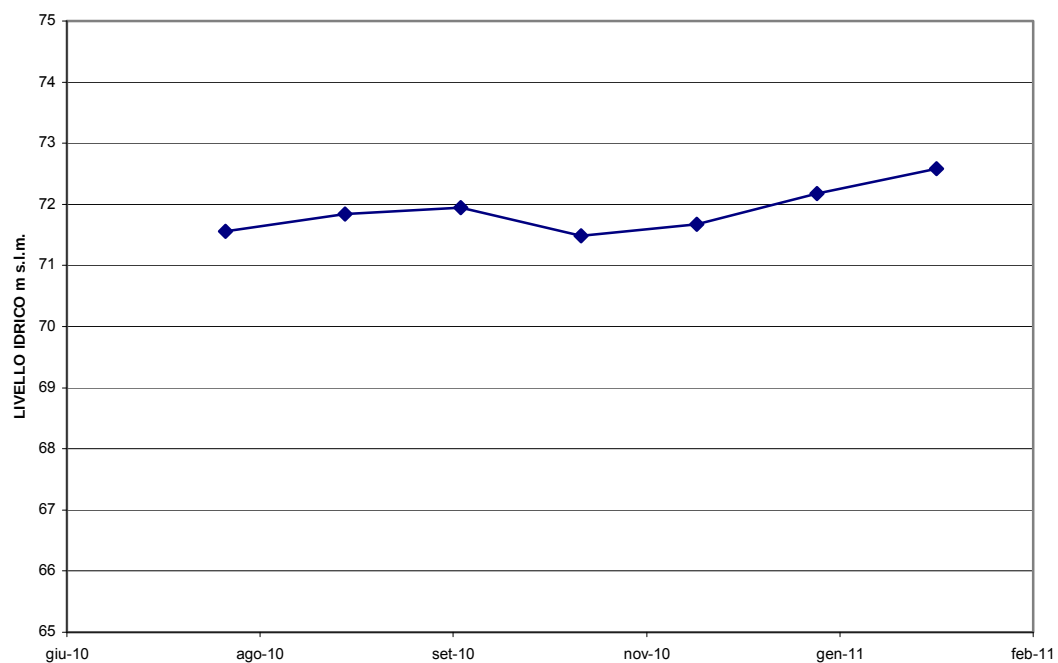


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Casagrande) C432

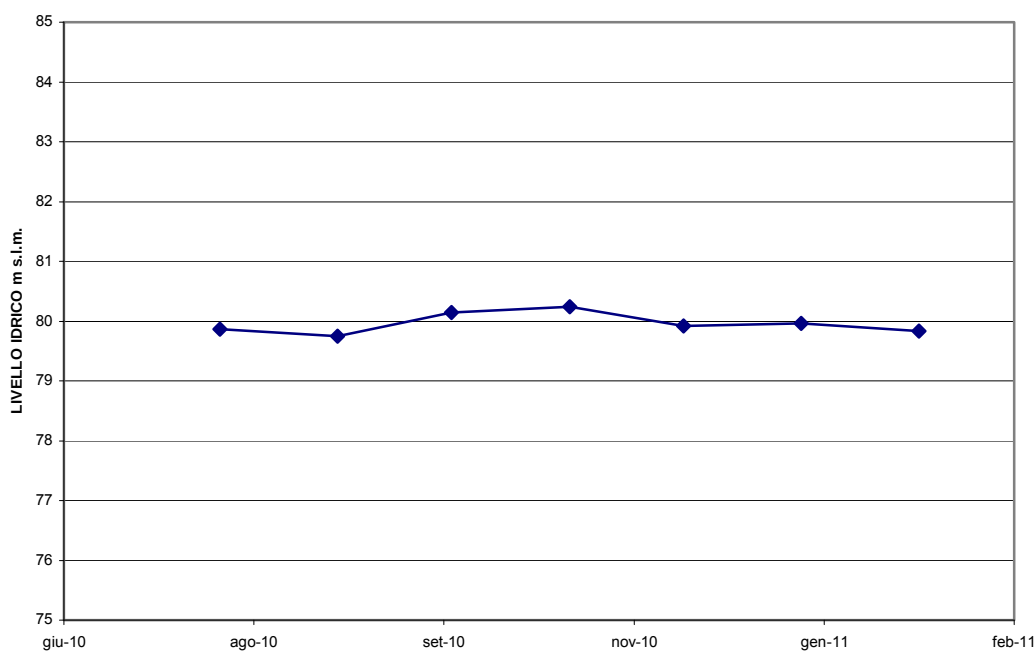


PIEZOMETRO (Casagrande) C434



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PIEZOMETRO (Tubo aperto) C435



Sono inoltre stati analizzati i dati relativi alle caratteristiche chimico – fisiche delle acque relativi ai piezometri del Monitore Ambientale. I grafici di sintesi dei principali parametri chimico – fisici sono stati riportati nella tavole di sintesi “Carta della distribuzione dei valori analitici delle acque di falda”, (4 tavole), allegate alla presente nota.

Nelle tavole allegate sono stati inseriti anche i grafici dei piezometri sopra riportati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Inquadramento generale dell'assetto idrogeologico lungo il tracciato delle gallerie autostradali

Nel presente paragrafo verrà descritto per singole opere e per tratte con caratteristiche omogenee, l'assetto idrogeologico lungo le gallerie autostradali di accesso al ponte.

Le osservazioni di seguito riportate sono state sviluppate a partire dalla previsione idrogeologica eseguita a cura del Prof. Ferrara nella parte riguardante gli studi idrogeologici generali. Pertanto la descrizione farà riferimento alle previsioni di afflussi definite nei profili idrogeologici relativi ai suddetti studi.

Come introduzione di carattere generale va rilevato che le rampe stradali costituiscono un complesso nodo infrastrutturale, che interessa una porzione piuttosto limitata di un unico sistema acquifero. Tale sistema acquifero verrà pertanto drenato in più punti dalle varie gallerie stradali, cui si devono aggiungere le gallerie ferroviarie, che si trovano ad una quota inferiore e che pertanto saranno in realtà gli elementi di principale rilevanza per le interazioni con la falda.

Il nodo di gallerie si inserisce in un contesto idrogeologico generale piuttosto complesso, ove si può individuare la presenza di un sistema acquifero costituito principalmente dal conglomerato di Pezzo, cui si aggiungono verso l'alto le ghiaie e sabbie di Messina, i depositi attuali costieri attuali e recenti ed i depositi recenti dei terrazzi marini. Alla base, il sistema acquifero è delimitato dal basamento cristallino pre-mesozoico, che presenta generalmente un grado di permeabilità molto basso. Il conglomerato di Pezzo è l'unità idrostratigrafica volumetricamente più importante del sistema, ma con minor grado di permeabilità, mentre gli altri termini citati sono volumetricamente meno importanti e anche discontinui, ma sono quelli in cui avviene la maggior parte del flusso, a causa della elevata permeabilità.

Il contesto generale è quindi quello di un sistema di flusso con falda a superficie libera, dalle caratteristiche di trasmissività estremamente variabili da punto a punto e in cui il movimento delle acque sotterranee avviene in maniera piuttosto disomogenea. Peraltro a rendere più complesso il contesto idrogeologico interviene anche la presenza locale dei Trubi, che costituiscono un orizzonte impermeabile, interposto tra il conglomerato di Pezzo e le unità idrostratigrafiche superiori. Non trascurabili infine sono le numerose faglie con orientazione prevalente ENE-WSW e NW-SE. I Trubi sono presenti soltanto nel settore est del nodo di gallerie, mentre nel settore ovest sono stati erosi. Pertanto, nel settore est, sarà possibile anche la presenza di un doppio sistema di flusso, con una falda sospesa al di sopra dei Trubi, nelle ghiaie e sabbie di Messina e nei depositi recenti e, una falda sottostante, all'interno del conglomerato di Pezzo.

La presenza delle faglie, può condizionare soprattutto l'idrodinamica all'interno del conglomerato di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pezzo, molto meno gli altri termini acquiferi. Il conglomerato, infatti, che è interessato da diffusi ma discontinui fenomeni di cementazione, presenta degli incrementi di permeabilità per fratturazione e frammentazione lungo le zone di faglia, mentre gli altri termini (ghiaie e sabbie di Messina e depositi recenti), non cementati, o comunque meno cementati, risentono meno della presenza dei disturbi tettonici, che anzi, localmente potrebbero agire da elementi di compartimentazione, sebbene questo ruolo non emerga con chiarezza dai dati disponibili. Dalle ricostruzioni piezometriche effettuate, il ruolo idrogeologico delle faglie non emerge in maniera evidente. E' tuttavia probabile che questo ruolo vari da zona a zona.

Nel settore orientale dell'area di studio, dove le ricostruzioni piezometriche indicano un flusso a prevalente direzione sud-nord, le faglie a direzione ENE-WSW non hanno verosimilmente un ruolo idrogeologico importante, poiché costituiscono dei volumi a permeabilità maggiore imballati all'interno di un acquifero a permeabilità minore. Tali corpi a permeabilità maggiore presentano uno sviluppo trasversale rispetto alle linee di flusso, il cui effetto di incremento di permeabilità viene smorzato dalla presenza di materiale meno permeabile a monte e a valle. Diverso è il ruolo di questi sistemi nel settore ovest, dove il flusso avviene principalmente in direzione est-ovest, circa parallelamente allo sviluppo delle discontinuità; in questo caso esse possono costituire degli assi di drenaggio preferenziali dell'acquifero alla scala locale.

Per le faglie a direzione NW-SE vale il discorso inverso, poiché hanno una direzione obliqua rispetto al flusso nel settore ovest, mentre risultano circa parallele alle direzioni di flusso nel settore est.

Il fatto che la ricostruzione piezometrica disponibile non indichi una influenza evidente delle faglie sul deflusso sotterraneo generale potrebbe essere dovuto al fatto che la ricostruzione fotografa bene il flusso nelle porzioni più alte dell'acquifero, quelle più permeabili e poco disturbate dalla presenza di faglie, mentre nelle porzioni più basse, seppur in continuità con quelle superiori, il flusso, meno attivo, può presentare direttrici preferenziali leggermente diverse da quelle superficiali.

Stante la ricostruzione piezometrica ottenuta negli studi idrogeologici generali, il nodo di gallerie stradali e ferroviarie si colloca in un settore di spartiacque idrogeologico, con flussi diretti verso N e NNE in corrispondenza della rampe D e C, e flussi diretti verso SW in corrispondenza delle rampe A e B.

6.1 Rampa A

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tratta in galleria si sviluppa prevalentemente all'interno della Formazione del conglomerato di Pezzo. Questa unità idrostratigrafica dovrebbe presentare un grado di permeabilità relativamente basso per la presenza di frequenti fenomeni di cementazione. Sulla base delle ricostruzioni piezometriche eseguite la galleria si trova, per buona parte del suo sviluppo, in zona satura, in particolar modo tra il Km 0+600 e 1+800 circa.

Nella tratta compresa tra il Km 0+600 e 0+800 ca. la galleria correrà solo parzialmente (piedritti e soletta) all'interno della zona satura, mentre il livello d'acqua non raggiungerà la calotta. Successivamente tra il Km 0+800 e 1+100 il livello d'acqua potrebbe salire progressivamente e attestarsi al di sopra della quota della calotta tra 0 e 5m. Tra il Km 1+100 e 1+400 il livello d'acqua sulla calotta della galleria oscillerà tra 5 e 10m, per poi tornare a decrescere progressivamente oltre il Km 1+400, e fino al km 1+600, ove esso sarà pari alla quota della calotta. Oltre questa progressiva il tracciato uscirà gradualmente dalla zona satura.

Quando non sono presenti disturbi tettonici la conducibilità idraulica dovrebbe essere dell'ordine dei 1×10^{-7} o 5×10^{-7} m/s (si vedano le considerazioni derivanti dal modello numerico del capitolo 8.2), è dunque possibile la presenza di modesti afflussi diffusi. La probabilità che si verifichino afflussi più significativi cresce invece quando la galleria attraversa zone di faglia, in questo caso i fenomeni di fratturazione possono generare una permeabilità secondaria piuttosto elevata, con conducibilità crescenti fino ai 10^{-6} o 10^{-5} m/s. Gli afflussi maggiori legati alla presenza di zone di faglia nel conglomerato di Pezzo si potranno verificare nell'intorno dei Km 1+030, 1+220 e 1+460. Tutte le altre faglie saranno interessate dal tracciato in zona insatura oppure con battenti d'acqua molto bassi e non in grado di determinare afflussi idrici importanti. Va specificato che tutte le faglie intercettate da questo tracciato saranno direttamente o indirettamente interessate da drenaggio, alle quote inferiori, da parte delle gallerie ferroviarie. L'entità degli afflussi nella Rampa A lungo queste strutture, sarà pertanto funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora le gallerie ferroviarie fossero scavate prima di quelle stradali l'entità delle venute in queste ultime sarebbe probabilmente assai ridotta o possibilmente anche nulla.

Nell'intorno del Km 1+000 è inoltre previsto (cfr. Profilo geologico – geotecnica di previsione allegato alla componente n. 8, "Studi di base"), che la galleria corra all'interfaccia tra il conglomerato di Pezzo e le soprastanti ghiaie e sabbie di Messina, che presentano permeabilità piuttosto elevate, anche al di fuori delle zone di faglia. In questo settore, alla presenza della faglia, si aggiunge la possibilità di venute importanti per l'attraversamento del contatto.

A partire dal Km 1+740 ca. la galleria viene scavata nei granitoidi del basamento pre-mesozoico. In questa zona la galleria si sviluppa quasi interamente sopra falda o in prossimità della superficie

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

freatica, non sono pertanto da attendersi afflussi rilevanti. Cautelativamente il profilo idrogeologico previsionale riporta la possibilità di venute lungo le zone di faglia, che saranno verosimilmente afflussi temporanei, legati ad infiltrazione dalla superficie e non strettamente riferibili all'intersezione con una zona satura.

Una quantificazione degli afflussi transitori legati alle fasi di scavo per questa e le altre gallerie è stata realizzata con l'applicazione di metodi analitici ed è riportata al paragrafo 8.1; gli effetti del drenaggio sulla falda sono stati esaminati invece nel contesto più generale di un modello numerico ove sono state integrate anche le altre gallerie presenti e sono descritti al paragrafo 8.2.

6.2 Rampa B

La tratta in galleria della Rampa B si sviluppa per gran parte all'interno del conglomerato di Pezzo e solo per un breve tratto all'interno delle ghiaie e sabbie di Messina. Il tracciato rimane quasi sempre ben al di sopra della superficie piezometrica calcolata e ricostruita negli studi idrogeologici generali. Con questo assetto geometrico non si prevedono pertanto afflussi significativi.

L'unico settore in cui potranno verificarsi venute consistenti è quello posto in corrispondenza della faglia che interseca il tracciato in prossimità del km 0+400. Anche in questo caso gli afflussi non saranno particolarmente elevati proprio a causa del ridotto battente idraulico.

6.3 Rampa C

La tratta in galleria della Rampa C si sviluppa quasi interamente all'interno del conglomerato di Pezzo e all'interno della zona satura. Viste le caratteristiche di permeabilità relativamente basse, previste per il conglomerato, è possibile che si verifichino afflussi diffusi ma di modesta entità.

Tra il Km 0+550 e 0+620 ca. il livello d'acqua non dovrebbe mai salire al di sopra della calotta della galleria, e interesserà solo i piedritti e la soletta. In queste condizioni non sono da attendersi venute significative. Tra il Km 0+620 e 0+820 ca. il livello d'acqua si attesterà invece al di sopra della calotta tra 0 e 10m ca., con punto di massimo carico posto proprio in corrispondenza del Km 0+820. Tra il Km 0+820 e 1+050 il livello d'acqua tornerà progressivamente a diminuire fino a 0m sulla calotta della galleria, per poi abbassarsi ulteriormente e scendere in corrispondenza della soletta in corrispondenza del termine della galleria naturale.

Gli afflussi più consistenti sono da attendersi in corrispondenza della faglia localizzata intorno al Km 0+770 ca. Questa faglia verrà intercettata e drenata, anche ai livelli più bassi, dalle gallerie ferroviarie, nonché dalla Rampa D. L'entità degli afflussi nella Rampa C lungo questa faglia sarà

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pertanto funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora le gallerie ferroviarie fossero scavate prima di quella stradale, l'entità delle venute in quest'ultima sarà assai ridotta o possibilmente nulla.

A partire dal Km 1+120 ca. la galleria sarà scavata all'interno del substrato cristallino pre-mesozoico, caratterizzato da buone permeabilità solo nelle zone di faglia. Si prevede che tutte le zone di faglia siano attraversate sopra il tetto della zona satura e pertanto non sono attese venute consistenti. Il profilo idrogeologico in asse galleria ha comunque previsto che venute temporanee possano essere incontrate in corrispondenza delle discontinuità, principalmente per tenere conto di possibili infiltrazioni, consistenti, dalla zona non satura.

6.4 Rampa D

La situazione per la Rampa D è paragonabile a quella prevista per la Rampa C. Anch'essa si sviluppa quasi interamente in zona satura e all'interno del conglomerato di Pezzo, per una certa lunghezza attraversa anche i Trubi e, marginalmente, le ghiaie e sabbie di Messina.

La galleria inizia ad interessare parzialmente la zona satura (piedritti e soletta) a partire dal Km 0+260 fino al Km 0+320 ca. Successivamente, fino al Km 0+820 il livello d'acqua cresce al di sopra della calotta da 0 a circa 10-12m per poi tornare a decrescere tra il km 0+820 ed il Km 1+150, ove il battente sopra la calotta torna ad annullarsi. Tra il Km 1+150 e il limite sud della galleria naturale, il livello d'acqua scende progressivamente fino alla quota della soletta.

Dal punto di vista idrogeologico possono essere distinte diverse tratte. Tra l'imbocco ed il Km 0+980 ca., il tracciato si sviluppa interamente all'interno del conglomerato di Pezzo. In questo settore venute generalizzate di scarsa entità sono possibili, mentre venute più consistenti sono attese all'intersezione con le zone di faglia. Tra queste, quelle più importanti che saranno intersecate in zona satura, sono localizzate intorno ai Km 0+500, 0+770, 0+870 e 0+980 ca. Come già ricordato per tutte le altre rampe autostradali, le faglie verranno interessate da drenaggio a quote più basse, per la presenza delle gallerie ferroviarie, pertanto l'entità degli afflussi lungo tali strutture per la Rampa D è strettamente funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora la galleria ferroviaria intersecasse le zone di faglia in anticipo rispetto alla rampa D, quest'ultima non darebbe origine ad afflussi significativi.

Tra il Km 0+980 e 1+140, la galleria si sviluppa in un contesto di fronti misti che interessa elementi litostratigrafici a permeabilità differente. Il maggior sviluppo dello scavo avverrà all'interno della formazione dei Trubi, in un contesto non permeabile e in assenza di venute d'acqua. La presenza di zone di faglia all'interno dei Trubi non dovrebbe generare permeabilità significative, trattandosi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

materiali a grana fine, all'interno dei quali le fratture tendono ad essere sigillate dal punto di vista idraulico. Tuttavia, intorno al Km 1+170, è presente un contatto stratigrafico in calotta, tra Trubi e ghiaie e sabbie di Messina. In questa situazione sono possibili afflussi, probabilmente di modesta entità, dal momento che il livello d'acqua sulla calotta della galleria non risulta essere elevato e anzi si colloca a quote inferiori rispetto a quella della calotta medesima.

Tra il km 1+140 ed il termine della galleria naturale il tracciato si sviluppa nuovamente all'interno del conglomerato di Pezzo, ma non sono da attendersi afflussi rilevanti poiché il battente idraulico è molto modesto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Inquadramento generale dell'assetto idrogeologico lungo il tracciato delle gallerie ferroviarie

Le gallerie ferroviarie rappresentano gli elementi di drenaggio più profondi dell'interno nodo delle opere di accesso al ponte, sulla sponda calabrese. Esse verranno scavate con metodo tradizionale e potranno essere soggette ad afflussi. Nel seguito la descrizione idrogeologica verrà realizzata separatamente per i rami 1+2 e 5+6, poiché per ogni coppia di diramazioni i tracciati delle due gallerie sono molto simili e presentano pressoché le medesime intersezioni con i diversi elementi idrogeologici.

7.1 Rami 1 e 2

Queste gallerie si sviluppano per gran parte del loro tracciato in zona satura. Facendo riferimento per semplicità al Ramo 1, sulla base delle ricostruzioni piezometriche disponibili, la galleria dovrebbe trovarsi al di sotto della superficie di falda a partire dal Km 0+500 ca. Da questo punto fino al Km 1+670 ca. (1+600 ca. per il Ramo 2) essa si svilupperà all'interno del conglomerato di Pezzo, che in questo settore, assieme alle ghiaie e sabbie di Messina e ai depositi alluvionali e dei terrazzi marini costituisce un corpo acquifero unico che ospita un sistema di flusso a falda libera.

Per quanto attiene al livello d'acqua nell'intorno delle gallerie, tra il Km 0+450 e 0+550 esso sarà trascurabile, collocandosi tra la quota della platea e quella della calotta delle opere. Nel successivo tratto fino al Km 0+800 esso tende a crescere progressivamente, fino a raggiungere i 40m al di sopra della calotta. Oltre i 400m, facendo riferimento ai dati piezometrici attualmente disponibili per il sondaggio C412, che per i mesi di ottobre-dicembre restituisce quote piezometriche di circa 112 m.s.l.m., si può stimare che il livello piezometrico si attesti intorno ai 40-50m sopra la quota della galleria, fino al termine della tratta scavata nel conglomerato di Pezzo.

Analogamente a quanto già osservato per le gallerie stradali, nel conglomerato dovrebbero manifestarsi venute d'acqua diffuse, ma non consistenti, a causa di una bassa permeabilità. I punti in cui si prevedono gli afflussi più consistenti sono in corrispondenza dell'intersezione con le faglie, che possono determinare locali incrementi della permeabilità. Per effetto del richiamo del flusso da parte delle gallerie, la falda a superficie libera tenderà a mostrare delle perturbazioni che a grande scala dovrebbero risultare piuttosto omogenee ma che, a causa della presenza delle faglie, che costituiscono elementi di maggior permeabilità, potrebbero subire accentuazioni locali, con senso di allungamento parallelo alle strutture intercettate dalle gallerie.

In particolare, si osserva che, le faglie intercettate dai due rami sono strutture a sviluppo ENE-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

WSW prevalente, che sono estese in pianta soprattutto a ENE dell'intersezione con le gallerie, pertanto sarà probabile un richiamo di flussi sotterranei da quel settore.

Una valutazione della perturbazione media sul flusso di falda è stata ottenuta mediante la modellizzazione numerica che viene presentata al paragrafo 8.2.

Le intersezioni in zona satura con le faglie principali nel conglomerato di Pezzo per il Ramo 1, sono previste al Km 0+750, 1+140 e 1+270 ca.; le faglie intersecate prima del Km 0+500 non sono previste in zona satura. Per il ramo 2 valgono le medesime considerazioni, ma le zone di intersezione saranno al km 0+750, 1+000, 1+170 e 1+290 ca.

Una stima delle venute transitorie all'ingresso degli scavi in zona di faglia è presentata al paragrafo 8.1.

A partire dal Km 1+670 ca. per il Ramo 1 e 1+600 per il Ramo 2 le gallerie saranno scavate all'interno delle rocce granitoidi del basamento pre-mesozoico. In questo caso gli afflussi saranno molto bassi, ad eccezione delle zone di faglia, ove saranno possibili incrementi considerevoli del grado di permeabilità. Si prevede l'intersezione con due sole zone di faglia, localizzate alle progressive 1+680 e 2+130 ca. (Ramo 1) e 1+620, 2+120 ca. (Ramo 2). Per queste faglie non si esclude che il livello d'acqua possa essere superiore a quello del tratto precedente, scavato nel conglomerato di pezzo, e attestarsi localmente sui 60-70m al di sopra della calotta.

7.2 Rami 5 e 6

Queste gallerie vengono scavate parzialmente all'interno del conglomerato di Pezzo e, per la maggior parte, all'interno del basamento cristallino pre-mesozoico. Esse si collocheranno per l'intero sviluppo del loro tracciato in zona satura e potranno quindi essere interessate da venute di varia importanza. Per quanto attiene alla tratta all'interno del conglomerato di Pezzo valgono considerazioni del tutto analoghe a quanto già riportato per i Rami 1 e 2. La permeabilità relativamente bassa della formazione dovrebbe consentire venute diffuse ma di debole intensità. Sulla base dei dati piezometrici relativi al sondaggio C412 si possono stimare livelli d'acqua dell'ordine dei 40-50m al di sopra della calotta.

La tratta all'interno del basamento pre-mesozoico appare potenzialmente più critica, dal punto di vista costruttivo, poiché il settore in cui si inseriscono le opere è interessato da numerose faglie. In particolare, tra il Km 0+800 e 1+100 viene attraversata una complessa struttura, costituita da un fascio di discontinuità a direzione NW-SE, che dal settore di Piale, dove viene intersecata dalle gallerie, si estende fino alla costa (settore di Cannitello). Questa complessa struttura è verosimilmente sede di circolazioni all'interno del basamento, in direzione SE-NW, che possono

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

alimentare la falda del soprastante acquifero, costituito dai depositi porosi per permeabilità (conglomerato di Pezzo, ghiaie e sabbie di Messina), alla base del versante in prossimità della costa (settore a valle dei pozzi Pz30 e Pz44). Essa è stata messa in evidenza nella carta idrogeologica allegata al presente rapporto, indicante le direzioni di flusso. L'azione di drenaggio nei confronti di tale struttura potrebbe determinare indirettamente perturbazioni su questo acquifero principale, soprattutto nel settore dei pozzi Pz30 e Pz44. Nel paragrafo 8.1 sono state realizzate alcune valutazioni mediante modelli analitici per determinare le portate transitorie che si possono verificare all'intersezione tra le gallerie e queste strutture. Inoltre, attraverso soluzioni analitiche, si sono eseguite delle stime della diminuzione di flusso in falda, alla base del versante (zona dei pozzi Pz30 e Pz44), legate ai possibili afflussi in galleria in corrispondenza della sua intersezione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 Valutazioni quantitative sulle portate in galleria e sulle interferenze opere – falda

8.1 Valutazioni tramite modelli analitici

8.1.1 Modelli analitici impiegati

Questo paragrafo fornisce un breve riepilogo delle soluzioni analitiche utilizzate. In generale tutte le funzioni analitiche impiegate non possono che fare riferimento a modelli semplificati che assumono condizioni poroso-equivalenti.

8.1.1.1 Calcolo delle portate massime transitorie

Al fine di simulare l'ingresso di uno scavo in una galleria sotto falda, valutando quindi l'entità della portata transitoria che si può generare nelle prime fasi di avanzamento nell'acquifero, è possibile utilizzare una soluzione analitica del tipo di quella proposta da Goodman et al. (1965), che si può esprimere come segue:

$$Q = \frac{2\pi ks}{\ln\left(\frac{2z}{r_0}\right)} L \quad (1)$$

Dove Q è la portata, k la conducibilità idraulica, s è il carico idraulico, z è lo spessore dell'acquifero, r_0 è il raggio approssimativo del tunnel ed L è la lunghezza della tratta di galleria su cui si intende calcolare la portata.

La funzione si basa sullo schema concettuale riportato nella figura che segue, il quale assume un acquifero lateralmente infinito e una tavola d'acqua fissa. Per una galleria scavata in un acquifero la portata si ottiene generalmente facendo coincidere il livello della tavola d'acqua con lo spessore dell'acquifero (cioè s con z).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

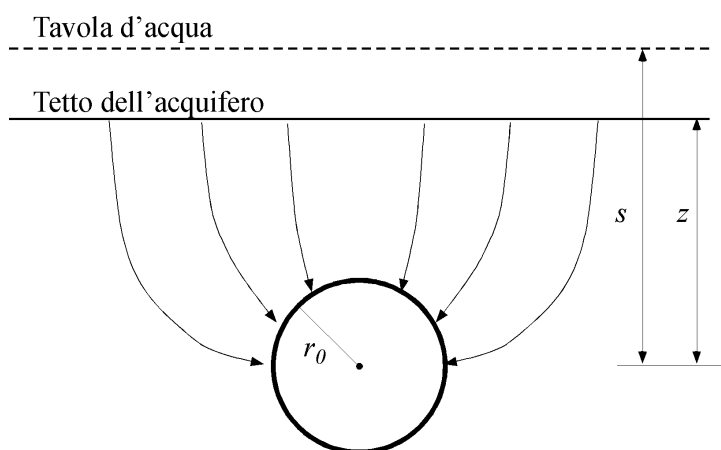


Figura 8.1: Schema concettuale per il calcolo delle portate con la formula proposta da Goodman et al. (1965).

Ad ulteriore chiarimento di quanto già riportato nelle righe precedenti, si precisa che nel presente studio la formula proposta da Goodman et al. (1965) è stata utilizzata esclusivamente per simulare le venute massime transitorie che si verificano nei primi momenti (ore) in cui lo scavo della galleria fa il suo ingresso all'interno della zona acquifera. Si tratta quindi di un dato progettuale rilevante per dimensionare i sistemi di aggotamento e per gestire gli afflussi nel momento in cui essi raggiungono i valori più rilevanti. Successivamente alle prime venute importanti, le portate tendono a decrescere piuttosto rapidamente, secondo un fenomeno fisico regolato da una legge esponenziale. Gli avanzamenti dello scavo successivi ai primi momenti di ingresso all'interno dell'acquifero non producono più picchi di afflussi così accentuati come quello iniziale, poiché avvengono in un contesto già parzialmente drenato. Essi debbono quindi essere gestiti attraverso altre funzioni analitiche.

Va rimarcato che la funzione proposta da Goodman et al. (1965) non può essere utilizzata per stimare il valore delle portate stabilizzate, poiché essa non può tenere in conto gli ovvi abbassamenti di carico che avvengono a seguito del drenaggio.

Un ultimo chiarimento va infine fornito circa la lunghezza di galleria sulla quale la formula viene applicata, dalla quale dipende la portata transitoria massima stimata. A tal proposito, la formula originaria è una soluzione analitica valida per ottenere i valori di portata su una lunghezza pari a 1m di galleria. Tale lunghezza, ai fini progettuali, è poco rilevante, poiché in genere lo scavo, una volta entrato in zona acquifera, procede piuttosto rapidamente per un certo tratto, generando nuovi afflussi, ancora prossimi al massimo transitorio. E' pertanto verosimile che ci si trovi con una certa lunghezza di galleria in condizioni di drenare, per ogni metro di sviluppo, portate molto prossime al massimo transitorio. Solo con il procedere degli scavi si verificherà una progressiva diminuzione delle portate complessive, poiché si entrerà in una fase del regime transitorio che tende

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rapidamente a valori prossimi a quello che sarà il valore finale stabilizzato e nella quale fase, nuovi incrementi di scavo, non determinano particolari aumenti di portata.

In questo lavoro, considerata l'ampia superficie dei fronti di scavo, che non permettono avanzamenti particolarmente rapidi, ma dell'ordine degli 1 – 1,5m per sfondo, si è ritenuto che integrare su 5m di sviluppo i valori forniti dalla formula di Goodman et al., possa costituire una ragionevole approssimazione per stimare quelle che saranno le massime venute transitorie reali. I 5m di avanzamento rappresentano un valore che si ottiene nel giro di alcune ore/giorni, quindi significativi per modellizzare una fase di drenaggio da parte della galleria, in cui non si è verificato un abbassamento apprezzabile dei carichi idraulici.

8.1.1.2 Calcolo delle portate stabilizzate

Per il calcolo delle portate stabilizzate in caso di gallerie completamente drenanti lungo tutta la loro sezione, è stata utilizzata la seguente funzione proposta da Kresic (2007):

$$Q = k \frac{h_1^2 - h_G^2}{2L} + w \frac{L}{2} \quad (2)$$

dove h_1 è l'altezza d'acqua ad una distanza pari al raggio d'influenza del tunnel, h_G è la quota del tunnel, w è l'infiltrazione ed L è il raggio di influenza. La figura che segue illustra lo schema concettuale di riferimento per l'utilizzo della precedente funzione.

Si tratta ovviamente di una funzione che semplifica considerevolmente le condizioni naturali che spesso sono molto più complesse, ma può essere presa come riferimento per avere indicazioni di larga massima su quelli che possono essere gli effetti in regime stabilizzato di una galleria drenante. L'assunzione alla base del modello è che, nell'immediato intorno della galleria, il livello d'acqua si stabilizzi alla quota della calotta, cosa che non sempre accade, ma che può comunque essere assunta come un principio conservativo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

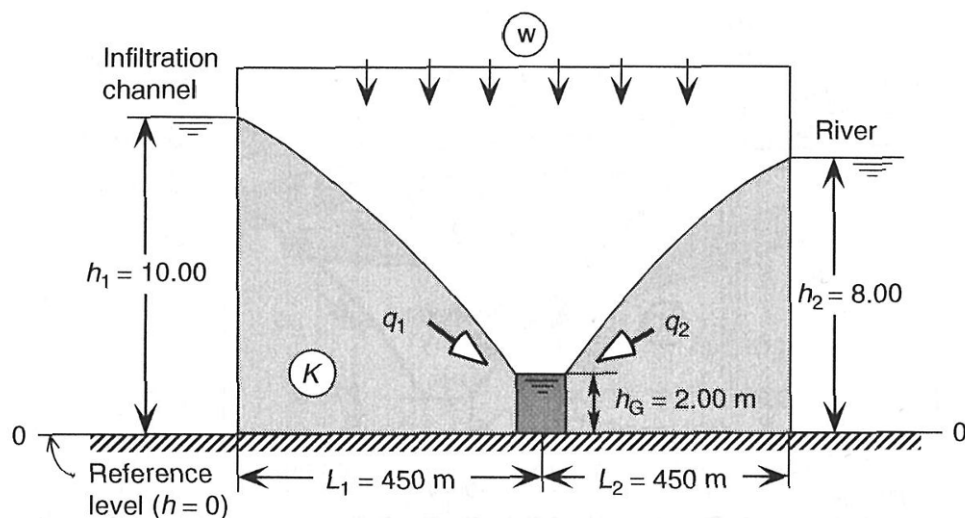


Figura 8.2: Schema concettuale per il calcolo delle portate stabilizzate con la formula proposta da Kresic (2007).

8.1.1.3 Valutazione del flusso in falda a superficie libera

Nel corso delle varie analisi eseguite nei paragrafi che seguono si è reso talora necessario fare delle stime del flusso in falda attraverso acquiferi a superficie libera. In questo caso si è fatto ricorso alla classica soluzione analitica proposta da Dupuit (Kresic, 2007):

$$Q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + w \frac{L}{2} \quad (3)$$

Dove h_1 e h_2 sono rispettivamente il livello d'acqua a monte e a valle, L è la lunghezza su cui si misura la caduta del livello d'acqua, k la conducibilità idraulica e w l'infiltrazione efficace. Lo schema concettuale di riferimento per questa soluzione analitica è quello riportato nella figura seguente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

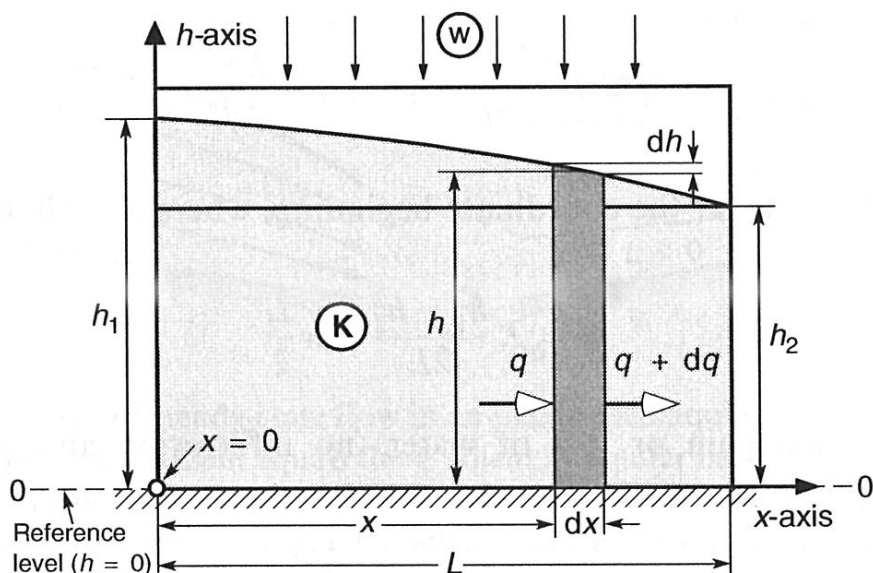


Figura 8.3: Schema concettuale per il calcolo del flusso in falda libera in acquifero a base orizzontale come proposto da Dupuit (Kresic, 2007).

8.1.2 Afflussi lungo 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 8.1.1.1. 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, 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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. § 8.1.1.1); 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. § 8.2.1.5) 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 con la minima permeabilità delle zone di faglia (cfr. ipotesi 1°, 1b, 2°, 2b, 3°, 3b e 4°, 4b della tabella precedente).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.1.3 Afflussi lungo i Rami ferroviari

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

8.1.3.1 Afflussi in regime transitorio

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. § 8.1.1.1); ID = identificativo della situazione stimata, utilizzato per commenti nel testo.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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
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. § 8.1.1.1); ID = identificativo della situazione stimata, utilizzato per commenti nel testo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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).

8.1.3.2 Afflussi in regime permanente

Gli afflussi in regime permanente nelle condizioni idrogeologiche più ricorrenti in cui verranno a trovarsi le gallerie sono stati ottenuti mediante modellizzazione numerica e sono riportati al successivo capitolo. Tuttavia per le gallerie ferroviarie ed in particolare per i Rami 5 e 6 sussiste una condizione particolare, già ricordata al paragrafo 7.2. Essa riguarda l'intersezione con un fascio di faglie piuttosto importante, orientato secondo la direzione di flusso principale della falda (NNE-SSW), probabilmente ospitante anch'esso flussi rilevanti. Per ottenere delle informazioni sull'effetto che l'intersezione delle gallerie potrà avere sul regime di flusso lungo il fascio di faglie, viene qui presentata una valutazione mediante formule analitiche.

Per inquadrare la problematica si può fare riferimento alla carta idrogeologica allegata al presente rapporto. Il fascio di faglie in questione è quello intersecato dai Rami 5 e 6, nella loro tratta terminale, tra il Km 0+800 e 1+250m ca. Esso ha direzione da NNW-SSE a NW-SE, il flusso lungo la sua direttrice è stato evidenziato simbolicamente con frecce rosse, che indicano la presenza, in questo settore, oltre che di un importante flusso in acquifero poroso (frecce blu in carta), anche di una consistente componente di flusso lungo zona di faglia. Va notato che spostandosi da monte verso mare, il fascio di faglie sembra convergere in un'unica discontinuità maggiore che passa nel settore del pozzo Pz30.

Data questa situazione, è probabile che il pozzo Pz30, ed anche il vicino pozzo Pz44, vengano a trovarsi in un settore ove il flusso in falda è alimentato, in parte da circolazioni in mezzo poroso (conglomerato di Pezzo e ghiaie e sabbie di Messina), in parte da circolazioni in mezzo fratturato (zona di faglia). In queste condizioni è evidente che un disturbo da monte al flusso in zona di faglia, potrebbe determinare un'alterazione del flusso complessivo in questo settore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per fare una stima dell'ordine di grandezza degli impatti possibili al regime di flusso in questo settore, si è proceduto come segue:

1. Stima della portata complessiva defluente in falda, tramite relazione di Dupuit (§ 8.1.1.3) utilizzando la ricostruzione delle isopieze realizzata in fase di studio idrogeologico generale dal prof. Ferrara.
2. Stima delle portate stabilizzate in galleria all'intersezione con le zone di faglia tramite la funzione proposta da Kresic (§ 8.1.1.2).
3. Calcolo della differenza tra i due valori di portata ottenuti, che è indicativa dell'aliquota di flusso che potrebbe venire a mancare all'acquifero in caso drenaggio parziale da parte delle gallerie.

Per il calcolo di cui al punto 1) sono stati valutati tre scenari di permeabilità validi per le sabbie e ghiaie di Messina; sulla base della cartografia geologica esistente risulta infatti probabile che l'acquifero nel settore dei pozzi sia composto quasi esclusivamente da ghiaie e sabbie di Messina poggianti su un basamento pre-mesozoico impermeabile. La base dell'acquifero è stata posta a 30m.s.l.m., compatibilmente con quanto osservabile sulla cartografia geologica, dalla quale si evince che la superficie d'appoggio delle ghiaie e sabbie si deve collocare intorno a questa quota. Le portate ricavate sono valide per una sezione verticale dell'acquifero di spessore laterale pari a 1m; esse vengono riportate nella tabella seguente.

K	h_1	h_2	L	Q
m/s	m	m	m	l/s*m
1,0E-05	30	20	75	0,03
5,0E-05	30	20	75	0,17
1,0E-04	30	20	75	0,33

Tabella 8.4: Stime analitiche eseguite tramite la relazione di Dupuit per calcolare il flusso in falda nel settore dei pozzi Pz30 e Pz44.

Per il calcolo di cui al punto 2) si sono utilizzate due ipotesi diverse di raggio d'influenza, che dovrebbero rappresentare ragionevolmente due casi limite per la massima e minima estensione possibile. Più in particolare sono stati utilizzati raggi d'influenza pari a 500 e 1000m, poiché, considerando le geometrie del reticolo di faglie non si ritiene possibile un richiamo di acque da monte lungo faglia verso la galleria su distanze superiori ai 1000m. Anche concatenando più rami di faglie con orientazioni diverse, l'assunzione di un raggio d'influenza pari a 1000m sembra essere ragionevole. L'altezza piezometrica in corrispondenza del raggio d'influenza allo stesso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

modo, è stata fatta variare tra due valori limite ragionevolmente ipotizzabili, pari a 25 e 50m. Se si considera infatti l'orografia dei luoghi, le gallerie ferroviarie intersecano la zona di faglia in prossimità di uno spartiacque morfologico che coincide, presumibilmente, anche con uno spartiacque idrogeologico; pertanto, la faglia viene attraversata nel settore con massimo carico piezometrico. In questa situazione, considerando anche l'effetto di drenaggio da parte della galleria, ipotizzare che, al limite del raggio d'influenza, l'altezza piezometrica sia superiore di 50m rispetto alla calotta della galleria, risulterebbe piuttosto irrealistico. La permeabilità della zona di faglia è stata assunta pari a 1×10^{-5} m/s, ritenuto il valore medio più probabile per una condizione come quella ipotizzata. I valori di portata in galleria ottenuti tramite le simulazioni analitiche sono riportati nella tabella che segue.

ID	h_1	h_G	k	L	w	Q
	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	(l/s*m)
1a	25	12	1,0E-05	500	1,0E-08	0,007
1b	25	12	1,0E-05	1000	1,0E-08	0,007
2a	50	12	1,0E-05	500	1,0E-08	0,026
2b	50	12	1,0E-05	1000	1,0E-08	0,017

Tabella 8.5: Stime analitiche eseguite tramite la relazione di Kresic per calcolare il gli afflussi in galleria dalla zona di faglia intercettata dai Rami 5 e 6 della galleria ferroviaria tra il Km 0+800 e 1+250.

Le portate ottenute sono sempre inferiori a quelle calcolate per il deflusso in falda presso i pozzi Pz30 e Pz44. Tuttavia per avere un miglior quadro comparativo, si può fare riferimento alla tabella successiva che confronta i risultati ottenuti per il deflusso in falda e il deflusso in galleria.

Deflussi in falda	Afflussi in galleria		Scarto %
<i>Ante-operam</i>	<i>Portata</i>	<i>ID</i>	<i>deflusso galleria vs. deflusso originario in falda</i>
(l/s*m)	(l/s*m)		
0,033	0,007	1a	22,15%
0,033	0,007	1b	22,44%
0,033	0,026	2a	78,97%
0,033	0,017	2b	50,85%
0,167	0,007	1a	4,38%
0,167	0,007	1b	4,43%
0,167	0,026	2a	15,60%

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

0,167	0,017	2b	10,05%
0,333	0,007	1a	2,20%
0,333	0,007	1b	2,22%
0,333	0,026	2a	7,83%
0,333	0,017	2b	5,04%

Tabella 8.6: Comparazione tra i deflussi in regime imperturbato e gli afflussi in galleria per la zona di faglia intersecata dai Rami 5 e 6 della galleria ferroviaria tra il Km 0+800 e 1+250.

La maggior parte delle simulazioni indica riduzioni del deflusso in falda nell'ordine del 3-30%. Solo per permeabilità basse (meno realistiche) dell'acquifero in ghiaie e sabbie, si ottengono riduzioni più consistenti e nell'ordine del 50-70%. E' estremamente importante considerare che, non tutti gli afflussi in galleria derivano da sottrazione di flusso a settori del reticolo di faglie, che originariamente alimentavano la zona di piede del versante. Gli afflussi in galleria origineranno sicuramente un'aliquota di richiamo di acque anche da settori che prima non alimentavano la zona di faglia. Gli impatti su questo settore risulteranno naturalmente mitigati. Pertanto, alla luce di questa considerazione si può concludere che:

- Le riduzioni di deflusso nel settore dei pozzi Pz30 e Pz44, anche nella peggiore delle ipotesi, saranno inferiori al 50% del flusso originario; modeste variazioni del livello di falda imperturbato saranno possibili per questi pozzi.
- Le riduzioni di flusso più probabili si possono stimare nell'ordine del 10-30%. Qualche influenza si potrà avvertire al massimo fino al settore del pozzo denominato ANAS/Pz3
- Tali riduzioni potranno determinare un calo del rendimento dei pozzi ma verosimilmente non un loro disseccamento.
- Perturbazioni al regime di deflusso originario potranno verificarsi anche nell'intorno della faglia stessa, con intensità progressivamente in diminuzione, soprattutto verso ovest, cioè allontanandosi dal nodo di gallerie ferroviarie e stradali. Verso est le riduzioni di flusso possono essere meglio stimate, facendo riferimento ai modelli numerici di cui al paragrafo successivo.

Date le numerose assunzioni e approssimazioni realizzate per l'analisi del particolare caso trattato in questo capitolo si deve concludere che i risultati ottenuti hanno un certo grado di incertezza. Pertanto nel corso della Progettazione esecutiva si dovrà procedere a realizzare ulteriori indagini per vincolare con maggiori dati l'assetto idrogeologico di questo settore.

In particolare tali indagini dovranno essere volte a valutare le proprietà idrogeologiche della zona di faglia nel basamento ed il suo assetto idrodinamico. Esse dovranno quindi prevedere preferenzialmente, uno o più sondaggi intersecanti la zona di faglia, adatti a svolgere test idraulici

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(preferenzialmente prove di pompaggio di lunga durata) ed alcuni piezometri di controllo, finalizzati a valutare le variazioni dei livelli d'acqua nell'intorno della zona di faglia durante la realizzazione dei test idraulici. Durante la realizzazione dei test idraulici il comportamento stesso dei pozzi Pz30 e Pz44 dovrà essere tenuto sotto controllo.

8.1.4 Afflussi dai pozzi di fondazione delle torri 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.

8.2 Valutazioni tramite modelli numerici¹

I modelli numerici applicati alla circolazione idrica nel sottosuolo costituiscono uno strumento di analisi che permette di rappresentare le caratteristiche fisiografiche di un sistema idrogeologico e di calcolare la distribuzione nello spazio e nel tempo di alcuni parametri idrodinamici. 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.

¹ Alla presente parte ha contribuito il Dott. Alessandro Baietto di GDP per la realizzazione dei modelli numerici

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

8.2.1 Modello numerico per il settore delle rampe autostradali e dei rami ferroviari

Allo scopo di fornire una descrizione quanto più dettagliata possibile dell'interazione che si 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 (CG0800AG5DCI700ID00000001) 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 CG0800PRBDCSBC8G000000001, relativa agli "Studi di base". In particolare occorre fare riferimento a quanto descritto al precedente paragrafo 4.2.6 ed alla tabella

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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. A conforto delle permeabilità adottate nei modelli si possono citare le seguenti prove idrauliche eseguite nel conglomerato di Pezzo:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

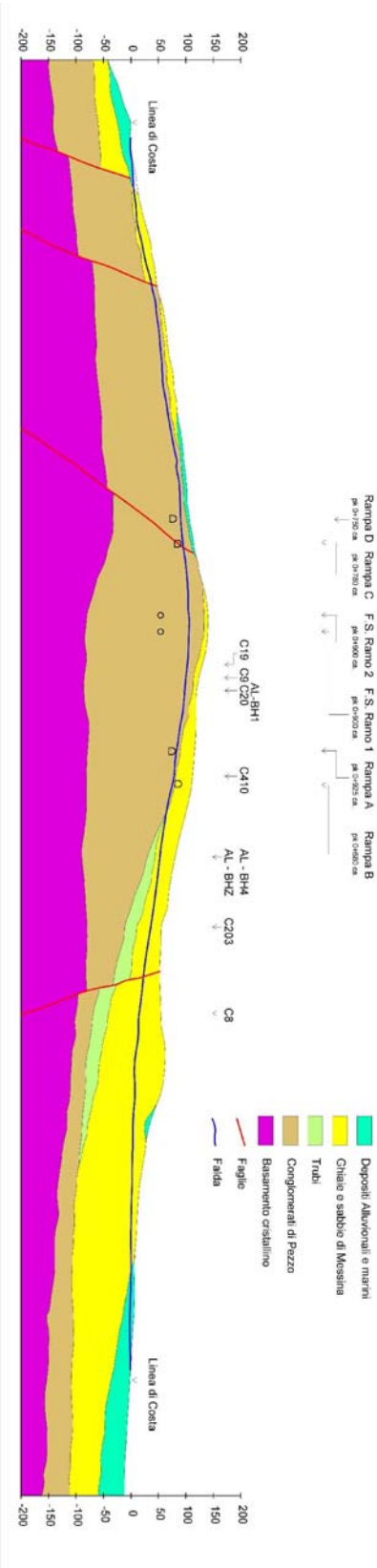


Figura 8.4: Profilo geologico ricostruito lungo la traccia riportata nella tavola idrogeologica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Sondaggio C401; k dell'ordine dei 3×10^{-7} m/s a -35m; k dell'ordine dei 1×10^{-8} m/s a -40m; k dell'ordine dei 1×10^{-8} m/s a -50m.
- Sondaggio C402; k dell'ordine dei 2×10^{-7} m/s a -70m; k dell'ordine dei 1×10^{-7} m/s a -85m.
- Sondaggio C404; k dell'ordine dei 1×10^{-6} m/s a -16m; 5×10^{-7} m/s a -39m.
- Sondaggio C407; k dell'ordine dei 3×10^{-7} m/s a -49m; k dell'ordine dei 5×10^{-9} m/s a -59m.

Come si può notare dal precedente elenco la permeabilità media si attesta intorno ai 10^{-7} m/s e solo raramente raggiunge ordini di grandezza dei 10^{-6} m/s. Sembra esistere un gradiente di permeabilità, la quale verso il basso tende decisamente a decrescere fino ai 10^{-8} m/s ca.

La distribuzione delle permeabilità ottenute nei sondaggi precedentemente citati è stata visualizzata nel diagramma della figura che segue.

Alla luce di questi dati, i valori di permeabilità adottati nelle modellizzazioni sembrano ampiamente in linea con una rappresentazione della realtà.

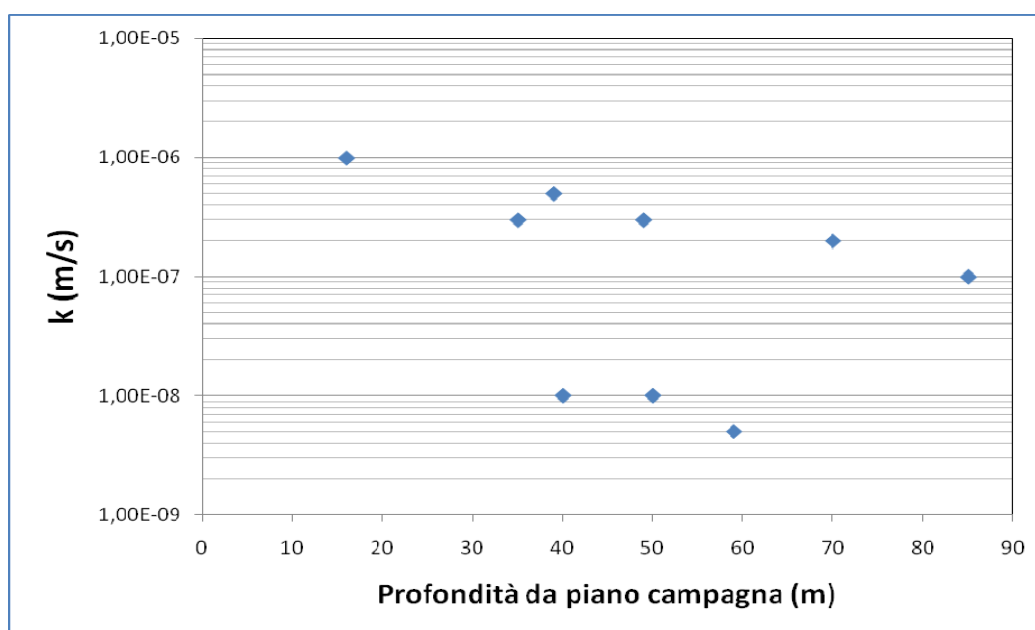


Figura 8.5: Conducibilità idrauliche misurate nel conglomerato di Pezzo nei sondaggi della campagna 2010; sono stati selezionati i sondaggi più significativi per l'area di interesse della sezione modellizzata.

8.2.1.1 Contesto progettuale delle gallerie e criticità ambientali

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prefero 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.

8.2.1.2 Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in condizioni naturali ante-operam

Questo modello integra al suo interno le caratteristiche geologiche relative alla Sezione 1, mostrate in Figura 8.6. L'assunzione alla base delle simulazioni svolte sul modello 2D verticale è che, il sistema idrogeologico sia caratterizzato da componenti di deflusso principalmente longitudinali al modello stesso, mentre siano sostanzialmente trascurabili le componenti trasversali. In realtà,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dall'analisi della carta di distribuzione piezometrica risulta che in corrispondenza dello spartiacque idrogeologico ubicato ad Est di Piale sussista, almeno in minima parte, un'alimentazione con direzione trasversale al profilo stesso. Questa alimentazione laterale è stata incorporata nel modello 2D verticale, assumendo un'infiltrazione sulla superficie del modello superiore rispetto all'infiltrazione efficace reale. Il valore di infiltrazione necessario a raggiungere la calibrazione è stato ricavato per tentativi, fino a riprodurre la conformazione originaria della superficie piezometrica. Questa procedura ha consentito di calibrare il modello in maniera soddisfacente, senza rendere indispensabile il ricorso ad un modello di tipo tridimensionale, formalmente più adeguato per rappresentare questa condizione, ma decisamente più oneroso dal punto di vista computazionale e di difficile gestione, vista la complessità geometrica dovuta all'articolata situazione dei corpi geologici e dei tracciati dei diversi tunnel.

Geometria e discretizzazione

Il modello è stato costruito assumendo come riferimento il profilo geologico mostrato in *Figura 8.4***Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** E' stata generata una maglia (*mesh*) di elementi finiti triangolari, per un totale di 11.890 nodi e 21.315 elementi. Il processo di discretizzazione è stato realizzato avendo cura di ottenere un maggiore grado di raffinamento degli elementi finiti in corrispondenza dei livelli acquiferi rispetto ai corpi geologici che si comportano come acquiclude. La maglia di elementi finiti realizzata per questo modello è rappresentata in *Figura 8.6***Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

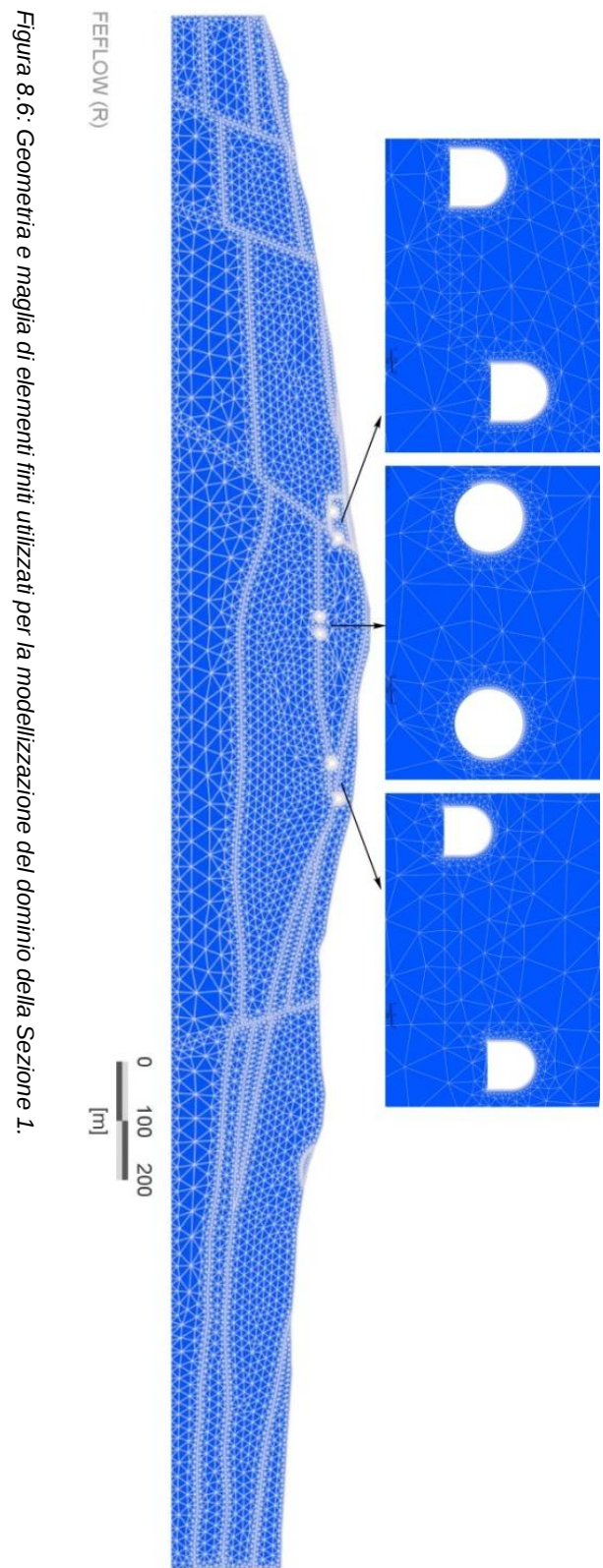


Figura 8.6: Geometria e maglia di elementi finiti utilizzati per la modellizzazione del dominio della Sezione 1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Simulazione di flusso idraulico

Per la simulazione del regime di deflusso delle acque sotterranee in condizioni naturali (*ante-operam*) sono state applicate al modello diverse tipologie di condizioni al contorno:

- Condizioni di carico, 1° tipo (Dirichlet). Lungo la scarpata marina è stato applicato un carico variabile in funzione della profondità e dipendente dall'altezza della colonna di acqua marina che insiste sul bordo del modello. Il gradiente applicato ai nodi è dovuto al peso della colonna d'acqua salata è di 0.025 z;
- Condizioni di flusso, 2° tipo (Neumann). Lungo la superficie del modello è stato applicato un flusso variabile da 200 mm a 360 mm. A tale infiltrazione è stato aggiunto, sulla sola zona di spartiacque idrogeologico:
 - un flusso (imposto come infiltrazione efficace) di 2.900 mm, entrante trasversalmente al modello , per lo scenario A;
 - un flusso (imposto come infiltrazione efficace) di 5.000 mm, entrante trasversalmente al modello per lo scenario B

Relativamente alle condizioni di flusso, si specifica che le due condizioni imposte prendono in considerazione la compensazione necessaria per calibrare in maniera soddisfacente il modello applicando, rispettivamente, una conducibilità idraulica più bassa (Scenario A) ed una più alta (Scenario B), secondo quanto discusso precedentemente.

Relativamente alle condizioni di conducibilità idraulica imposta ai vari corpi geologici si fa riferimento a quanto riportato nella *Figura 8.7*.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

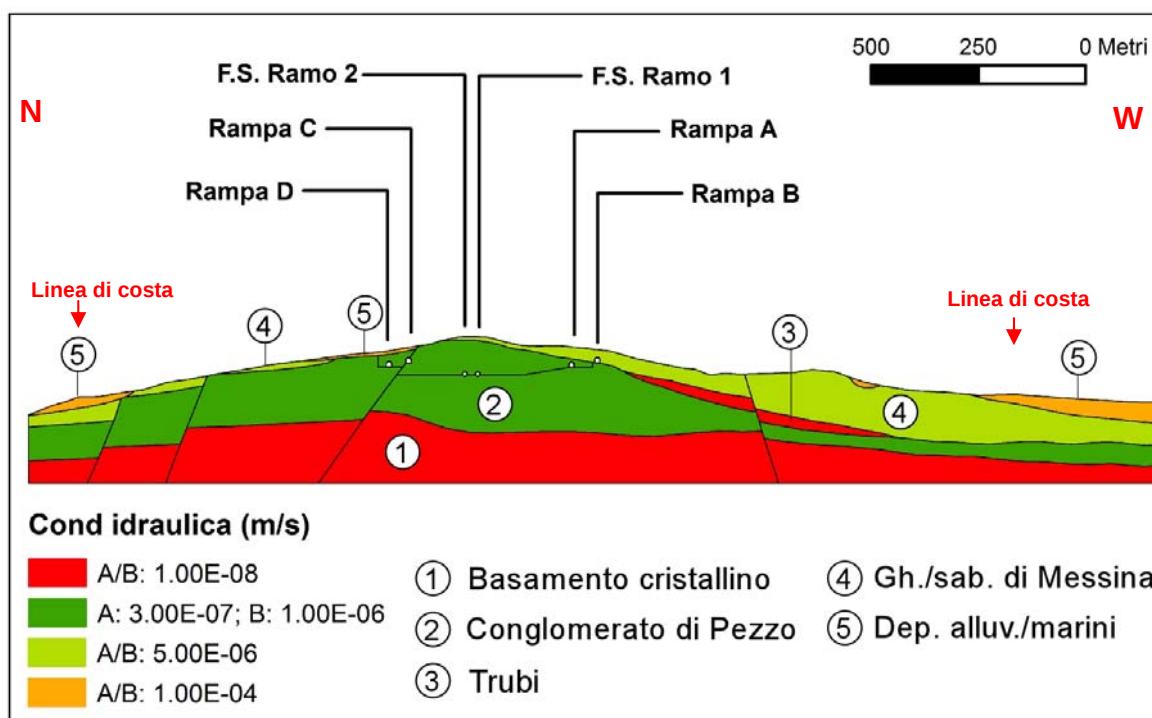


Figura 8.7: Conducibilità idraulica imposta ai vari corpi geologici; sono riportate le condizioni per lo Scenario A ed lo Scenario B, relativo rispettivamente ad una condizione di bassa e di alta permeabilità del conglomerato di Pezzo.

La scelta delle permeabilità per il conglomerato di Pezzo è già stata commentata al paragrafo 8.2.1, meritano invece un breve commento le scelte operate per le altre formazioni.

Per le ghiaie e sabbie di Messina la scelta di una conducibilità idraulica di 1×10^{-5} m/s deriva principalmente dall'analisi dei dati di test idraulici eseguiti in alcuni sondaggi significativi della campagna 2010 per la zona in cui è ubicata la sezione. Si tratta in particolare dei seguenti sondaggi: C410, C411, C414, C415, C416. La distribuzione delle permeabilità nelle ghiaie e sabbie di Messina osservata in questi sondaggi è visualizzata nel diagramma che segue.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

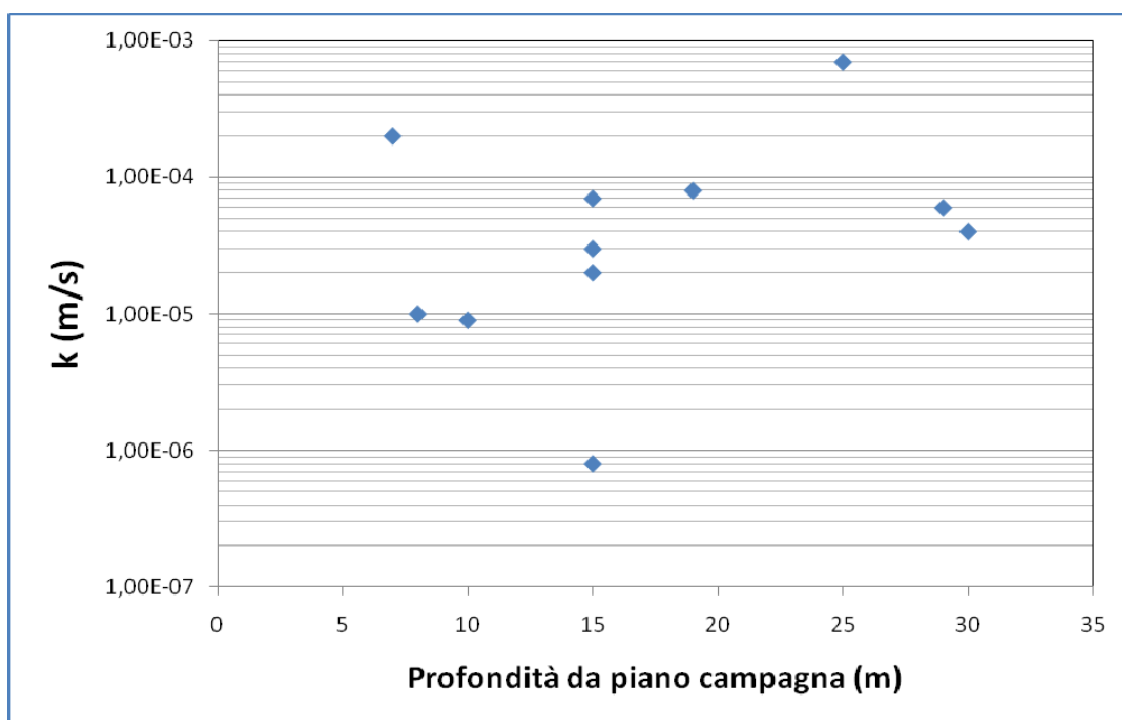


Figura 8.8: Conducibilità idrauliche misurate nelle ghiaie e sabbie di Messina nei sondaggi della campagna 2010 in Calabria; sono stati selezionati i sondaggi più significativi per l'area di interesse della sezione modellizzata.

Come si può osservare la maggior parte dei dati si distribuisce tra 1×10^{-5} e 1×10^{-4} m/s. Il valore di 1×10^{-5} m/s è stato adottato sia perché coerente con quanto misurato nei sondaggi, sia perché fornisce il miglior dato di calibrazione dello stato naturale. Una calibrazione su bassi valori di permeabilità delle ghiaie e sabbie di Messina appare peraltro ragionevole se si considera che le permeabilità misurate nei sondaggi riflettono situazioni locali e hanno campionato livelli prevalentemente sabbiosi, mentre alla grande scala, nelle sabbie sono presenti anche livelli maggiormente limosi e con parziale cementazione, che possono indurre una moderata diminuzione della permeabilità globale dell'acquifero.

Ai depositi marini terrazzati, coerentemente con quanto previsto nello studio idrogeologico generale, è stata attribuita una conducibilità idraulica di 1×10^{-4} m/s, corrispondente al limite inferiore previsto dal medesimo studio. Anche in questo caso è stato scelto il limite inferiore per tenere in conto di una probabile minor permeabilità, su grande scala, dell'acquifero rispetto ai dati locali, dovuta principalmente alla possibile presenza di lenti limoso-sabbiose fini, che inducono riduzioni di trasmissività.

Il basamento cristallino in condizioni di normale stato di fratturazione è stato assunto come

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

scarsamente permeabile, condizione maggiormente probabile data l'assenza di una porosità primaria.

La figura che segue illustra le condizioni di calibrazione raggiunte. Tali condizioni sono piuttosto soddisfacenti poiché simulano abbastanza fedelmente la ricostruzione piezometrica riportata nello studio idrogeologico generale. Alcuni scostamenti sono presenti soprattutto sul versante tirrenico, ove la falda per un breve tratto tocca la superficie topografica nel caso dello scenario A. Tali scostamenti sono comunque ritenuti tollerabili se si considera che la falda ricostruita nello studio idrogeologico generale rappresenta un dato singolo passibile anch'esso di modificazioni stagionali.

8.2.1.3 Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in presenza delle gallerie con permeabilità in zona di faglia equivalente alla permeabilità dell'acquifero circostante

In questo modello è stata assunta una condizione di drenaggio considerando che, gli afflussi in galleria saranno regolati dalla presenza di coppie di tubi di scarico alla base dei piedritti, distanziate tra loro di 25m. Il modello prevede la presenza contemporanea dell'insieme di gallerie stradali e ferroviarie, allo scopo di osservare la configurazione della superficie di falda in condizioni stabilizzate ed a scavi ultimati. Questa situazione costituisce quella di maggior rilevanza ai fini ambientali.

Sono state ovviamente eseguite due simulazioni, che considerano le condizioni relative allo Scenario A ed allo Scenario B. Come condizioni iniziali è stata assunta la distribuzione di carico idraulico ottenuta tramite il modello di simulazione dello stato naturale della falda. Come condizioni idrauliche al contorno, oltre a quelle descritte nel modello di flusso in condizioni naturali, sono stati imposti i carichi idraulici alle pareti delle gallerie stradali e ferroviarie in modo da consentire il deflusso solo dai tubi di scarico previsti alla base dei piedritti, per i quali sono stati imposti carichi corrispondenti alla quota dei nodi degli elementi finiti. Inoltre, a tali nodi è stato imposto un vincolo di flusso in modo tale che essi siano attivi solo nel caso in cui la superficie piezometrica si attesti ad una quota superiore a quella del carico imposto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

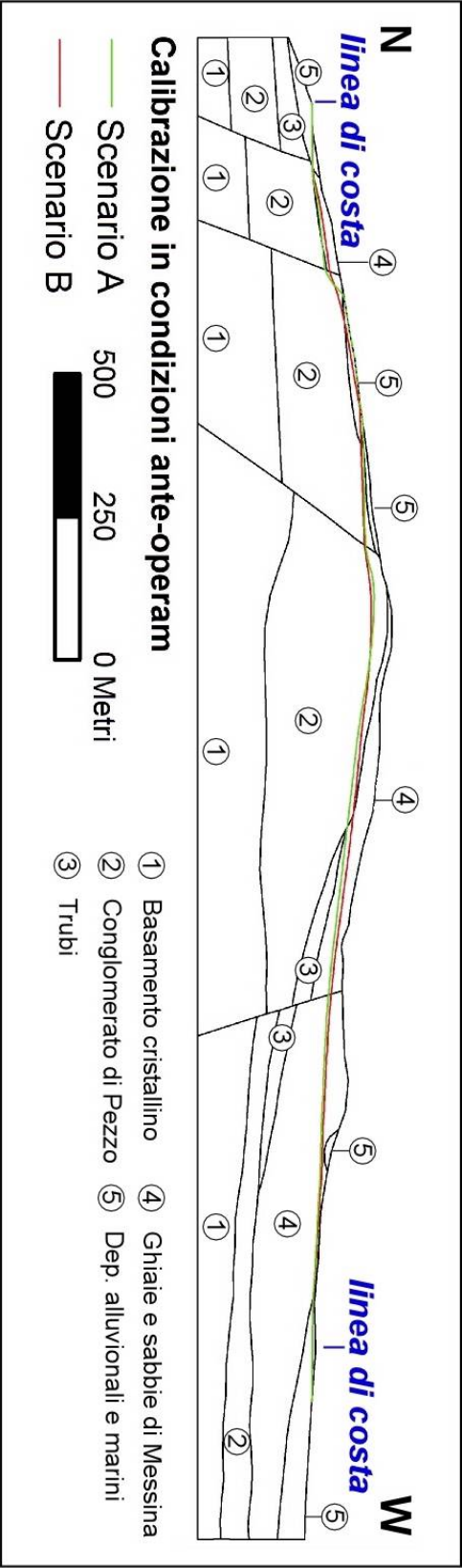


Figura 8.9: Calibrazione dello stato naturale della falda ipotizzando le condizioni di riferimento dello Scenario A (bassa permeabilità del conglomerato di Pezzo) e dello Scenario B (alta permeabilità del conglomerato di Pezzo).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

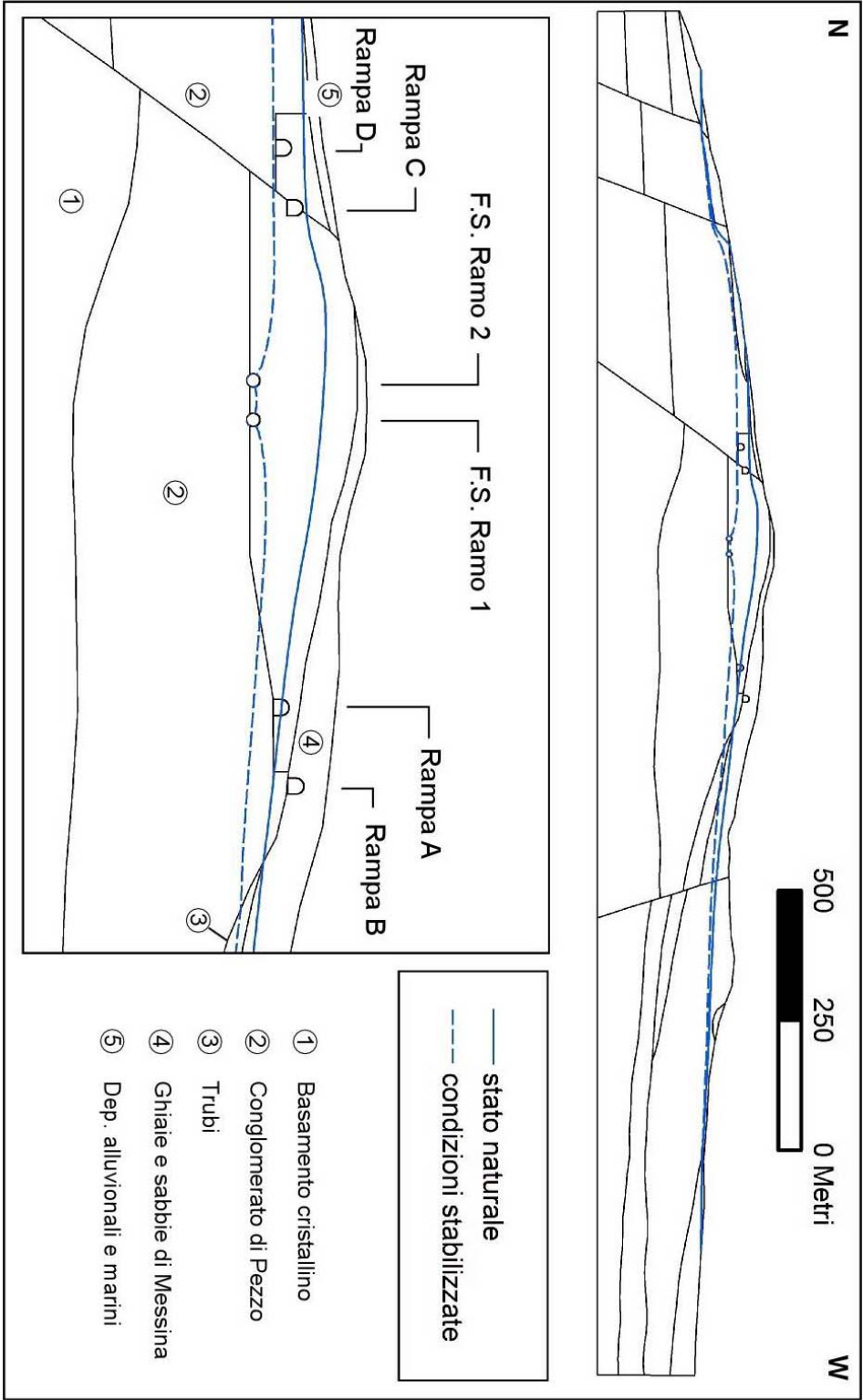


Figura 8.10: Confronto tra l'altezza della superficie di falda in condizioni naturali (ante-operam) e in condizioni stabilizzate (Scenario A).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

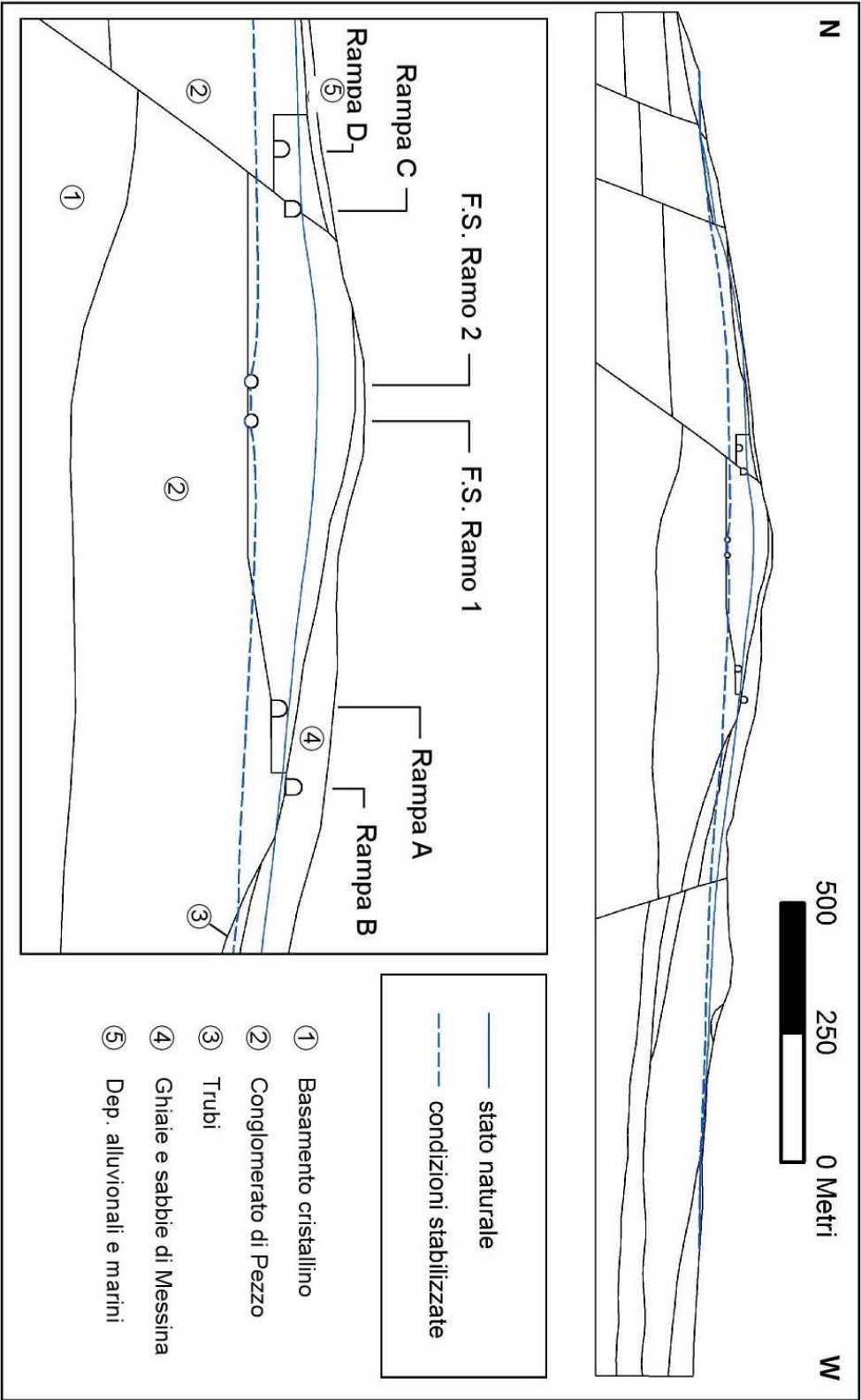


Figura 8.11.: Confronto tra l'altezza della superficie di falda in condizioni naturali (ante-operam) e in condizioni stabilizzate (Scenario B).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dalla Figura 8.10 e 8.11 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** **Errore. L'origine 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.2.1.4 Variazioni di deflusso in falda e variazioni dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata in presenza delle gallerie

La variazione del deflusso dovuta alla perturbazione ad opera delle gallerie rispetto alla situazione di deflusso in condizioni *ante-operam* è stata effettuata in corrispondenza delle sezioni di deflusso A e B, scelte per le porzioni a valle dello spartiacque idrogeologico e a monte del litorale marino, nord ed ovest, della sezione (*Figura 8.12* **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Come logica, le due sezioni di misurazione del flusso sono state tracciate fino al tetto del basamento, quindi fino al primo livello acquiclude, e attraversano quindi l'acquifero per il suo sviluppo verticale complessivo. Esse inoltre sono state collocate in corrispondenza di due settori su cui insistono captazioni idriche. Pertanto, la stima del flusso attraverso tali sezioni fornisce una valutazione dell'impatto sulle captazioni dovuta alla variazione dello stock idrico in seguito allo scavo delle gallerie. L'entità della variazione del deflusso, assumendo i due scenari di simulazione, è riportata in Tabella 8.8. Dalla tabella risulta che, il flusso di falda diminuisce del 30-40 % rispetto alla situazione originaria, il che può comportare delle riduzioni della resa sul normale esercizio dei pozzi.

Scenario A		
	Linea A	Linea B
<i>Stato naturale</i> (m ³ /giorno)	1,8	3,0
<i>Stato in presenza delle gallerie</i> (m ³ /giorno)	1,1	1,9
Δq (m ³ /giorno)	0.7	1,1
Δq (%)	37	36
Scenario B		
	Linea A	Linea B
<i>Stato naturale</i> (m ³ /giorno)	2,8	3,1
<i>Stato in presenza delle gallerie</i> (m ³ /giorno)	1,8	2,0
Δq (m ³ /giorno)	1,0	1,1
Δq (%)	33	35

Tabella 8.8: Stima delle variazioni del deflusso lungo segmentale sezioni rappresentate in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

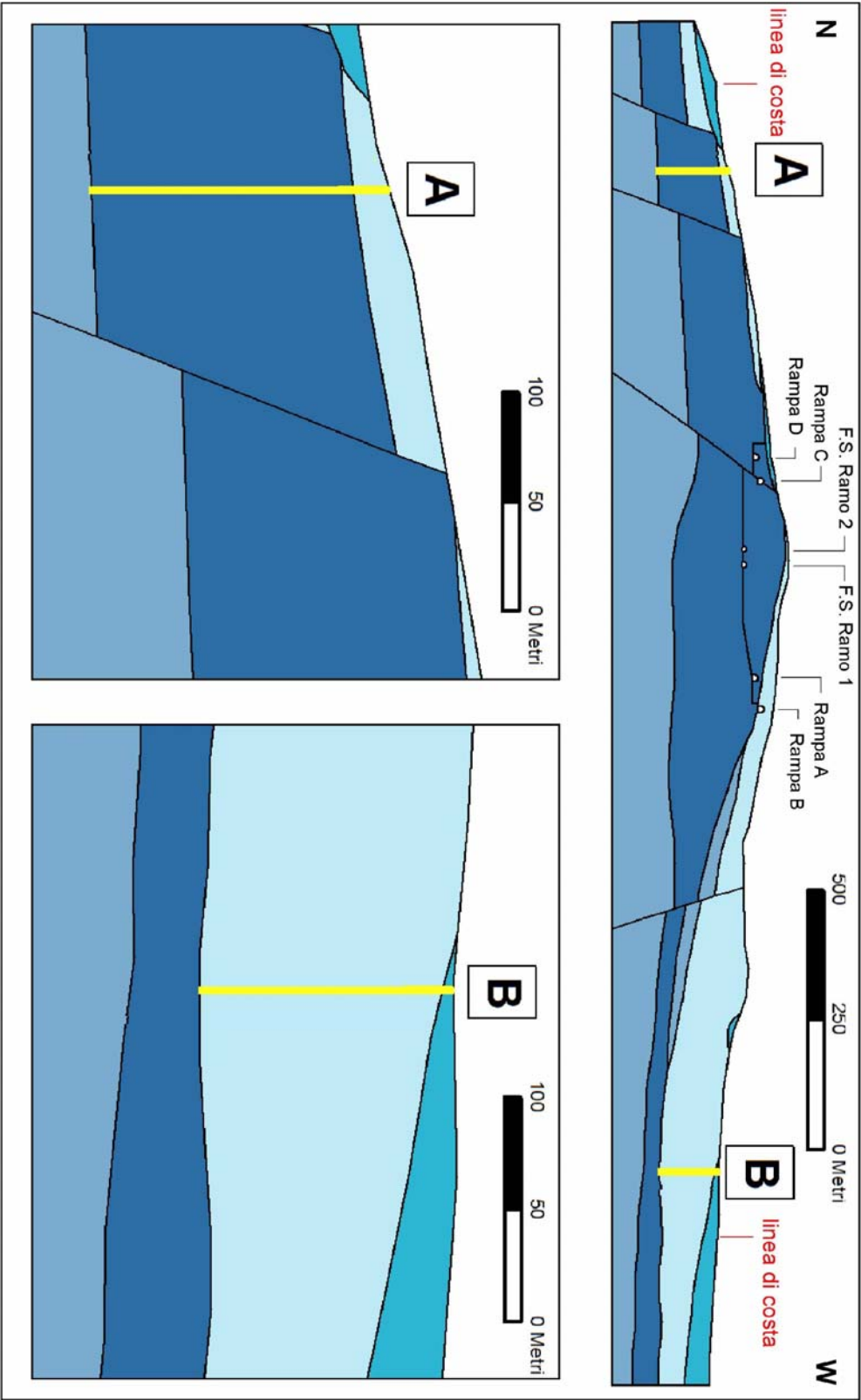


Figura 8.12: Ubicazione delle sezioni lungo le quali sono state effettuate le stime della variazione del deflusso in seguito alla realizzazione delle gallerie stradali e ferroviarie (regime stabilizzato).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si ricorda che alle precedenti variazioni di deflusso in falda, nei settori interessati dalle sezioni 1 e 2 di misurazione, non corrisponderanno significative variazioni del livello piezometrico in condizioni di assenza di pompaggio dei pozzi. Ovvero in assenza di pompaggio dai pozzi, il livello piezometrico si attesterà su livelli comparabili a quelli ante-operam. Il deflusso diminuirà solo a causa della diminuzione del gradiente verso monte.

In particolare estrapolando i risultati della presente simulazione al contorno della sezione modellizzata si può ipotizzare che i seguenti pozzi potranno subire delle alterazioni della produttività senza che tuttavia si verifichino sostanziali variazioni del livello di falda (da est verso ovest): Pz2, Pz3, Pz 39 e ANAS/PZ4. Per il pozzo ANAS/Pz5 che si trova invece nel settore di massima perturbazione della falda, sulla verticale dei tracciati stradali e ferroviari, è probabile il disseccamento. Per i pozzi Pz30 e Pz44 vale invece quanto già discusso al paragrafo 8.1.3.2.

Oltre alla valutazione dell'impatto generato dallo scavo delle gallerie sulla falda, è stata effettuata una previsione delle variazioni sull'interfaccia tra acqua dolce e salata nelle due aree costiere interessate dalla Sezione 1. A questo scopo, è stata realizzata una simulazione in regime transitorio per lo scenario A (più probabile) sviluppata in due fasi successive:

- simulazione della distribuzione della concentrazione di acqua salata in condizioni di equilibrio con la falda acquifera in una condizione *ante-operam*;
- simulazione della distribuzione della concentrazione di acqua salata con la falda acquifera successivamente alla realizzazione delle gallerie.

I risultati della simulazione per lo scenario A sono riportati nelle figure che seguono. Dal confronto tra la simulazione relativa allo stato naturale della falda e la simulazione relativa alla perturbazione indotta dallo scavo delle gallerie, risulta che la variazione della distribuzione della salinità è comunque di bassa entità (cfr. *Figura 8.13*, riquadro A-B e C-D). Una particolarità della geometria dell'interfaccia tra acqua dolce e acqua salata simulata è che essa, anziché tendere a rientrare verso terra in profondità, tende a rientrare verso mare. Ciò è dovuto ai gradienti idraulici elevati che caratterizzano il sistema di flusso di acque dolci nella zona di recapito a mare. Tali gradienti determinano un flusso verso mare piuttosto elevato con carichi idraulici dinamici che in profondità crescono da terra verso mare, come ben esemplificato dalla *Figura 8.14*. **L'origine riferimento non è stata trovata.** Tali carichi dinamici determinano un'analoga inclinazione dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata da terra verso mare e spiegano quindi la sua forma piuttosto peculiare.

Si osserva che in seguito allo scavo delle gallerie si instaura un avanzamento dell'interfaccia verso l'entroterra per effetto della diminuzione del carico idraulico della falda.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Va però rimarcato che dal confronto con i dati multiparametrici ottenuti nel corso della campagna di monitoraggio eseguita dal Monitore Ambientale, risulta che lo scenario sopra discusso non è rappresentativo della reale distribuzione della concentrazione salina nell'area costiera di Villa San Giovanni. Ad esempio, il piezometro SO-VA-C-VS-009, ubicato a ca. 200 m dalla costa in una zona limitrofa al profilo lungo cui è stata eseguita la simulazione numerica, rivela la presenza di elevate concentrazioni di sale a partire da -9m s.l.m. e così pure altri piezometri della zona.

Al fine dell'ottenimento di una migliore calibrazione della distribuzione della salinità sono stati effettuati numerosi tentativi di calibrazione del modello numerico tramite variazione combinata dei parametri di permeabilità dei litotipi e di flusso al contorno per tentare di riprodurre la stessa distribuzione di salinità lungo la fascia costiera. Tali tentativi tuttavia indicano che risultati soddisfacenti non sono ottenibili tramite questa procedura, a meno di considerare condizioni di infiltrazione ai bordi del modello di entità decisamente minore. Tali condizioni implicherebbero comunque un sensibile allontanamento da una calibrazione soddisfacente della distribuzione piezometrica.

Una soluzione soddisfacente dal punto di vista della calibrazione della distribuzione piezometrica e salina è stata invece ottenuta inserendo nel modello un pompaggio da parte di un pozzo posizionato a 200 m dalla linea di costa nella zona relativa a Villa San Giovanni. Dall'esame dei documenti di censimento dei pozzi in Calabria risulta infatti che in questo settore sono presenti pozzi ad uso irriguo, quali Pz2, Pz3 e Pz20. Attraverso le simulazioni è stato infatti possibile osservare che, pur imponendo delle portate esigue, dell'ordine di 0.25 l/s, l'effetto di richiamo dell'interfaccia tra acqua salata e acqua dolce è evidente, mentre l'influenza sui livelli piezometrici è trascurabile; si ottengono infatti in pratica gli stessi livelli piezometrici derivati per le modellizzazioni delle portate in galleria. La *Figura 8.15* evidenzia la formazione di un'interfaccia con valori di concentrazione salina compatibili con quelli riscontrati nei piezometri del Monitore Ambientale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

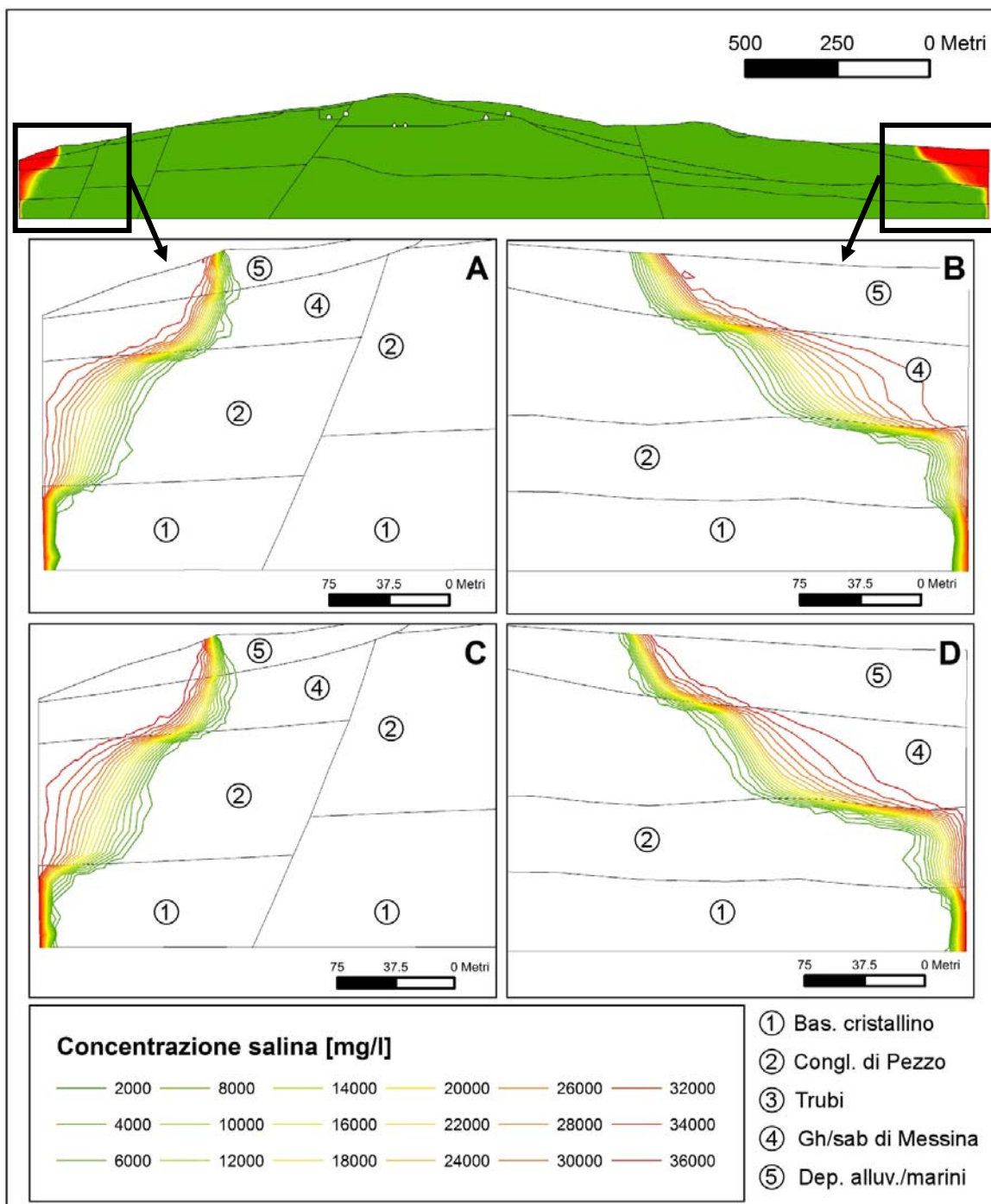


Figura 8.13: Immagine in alto: rappresentazione generale della concentrazione salina lungo la sezione modellizzata; la salinità cresce andando da colori verdi (acqua dolce) a colori rossi (acqua marina). Isolinee con distribuzione della concentrazione di sale in condizioni di deflusso naturale di falda (riquadro A e B) e in condizioni stabilizzate dopo lo scavo delle gallerie stradali e ferroviarie (riquadro C e D); la simulazione è relativa allo scenario A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

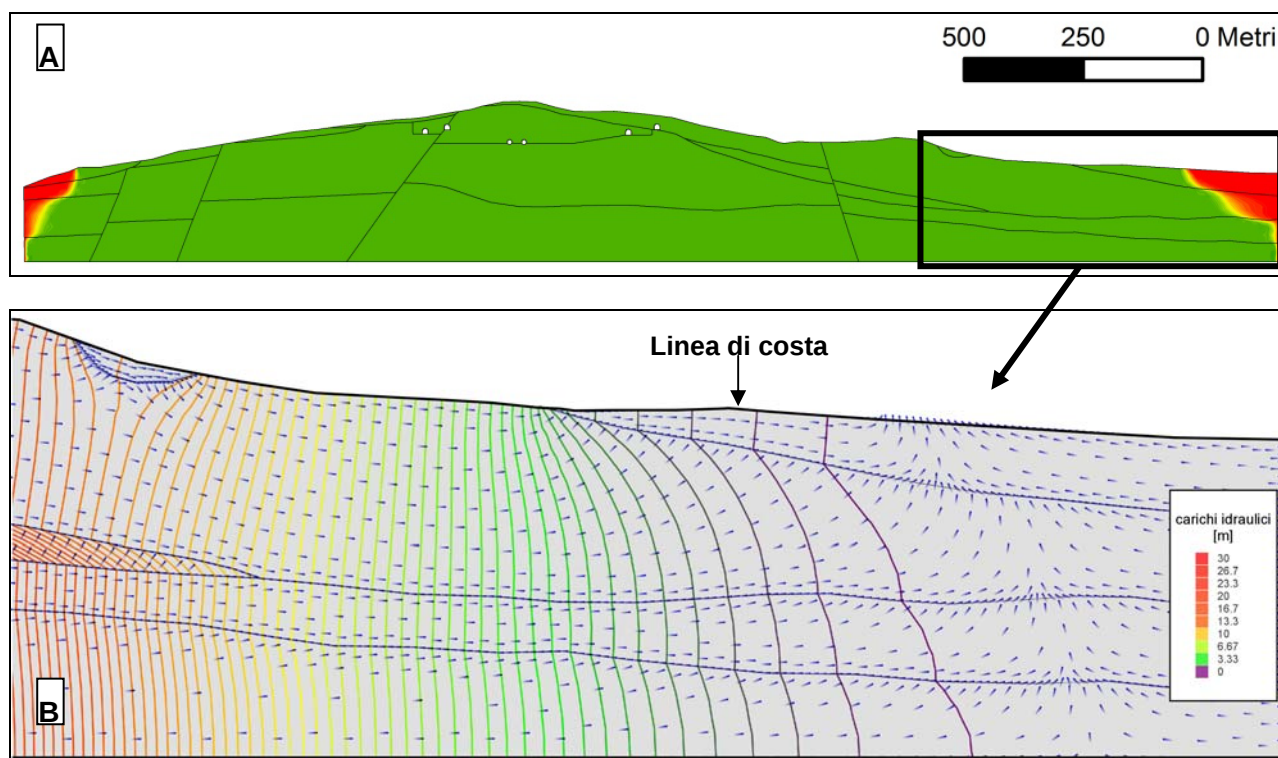


Figura 8.14: A = Distribuzione della salinità lungo la sezione modellizzata (vedi Figura 8.14), la salinità cresce andando da colori verdi (acqua dolce) a colori rossi (acqua di mare); B = distribuzione dei carichi idraulici e delle direttrici di flusso sotterraneo in prossimità della linea di costa.

La forma dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata ottenuta ha ovviamente un aspetto piuttosto anomalo, ma ciò è ampiamente giustificato dal fatto che si tratta di un'interfaccia condizionata da emungimento in un contesto geologico complesso. Si è verificato che tale risultato stato può essere ottenuto considerando entrambi gli scenari di permeabilità (i.e. scenario A e B).

In particolare risulta ovviamente peculiare la presenza di acqua dolce al di sotto dell'acqua salmastra, poiché generalmente dovrebbe verificarsi la situazione opposta. Tale peculiarità si spiega se si considera che il richiamo di acqua salata da mare indotto dal pompaggio, ha effetto principalmente nell'acquifero da cui si ha emungimento, che nel caso specifico è rappresentato dai depositi marini e dalle ghiaie e sabbie di Messina. Questo acquifero, oltre ad essere appunto quello direttamente sottoposto ad emungimento, ha anche un grado di permeabilità nettamente superiore alle formazioni sottostanti, ovvero sia il conglomerato di Pezzo e il substrato cristallino metamorfico. L'acqua salata, richiamata artificialmente dal pompaggio, penetra agevolmente nelle formazioni più permeabili, mentre non riesce a propagarsi nei livelli sottostanti, meno permeabili.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La simulazione dell'ingressione marina sotto effetto di pompaggio lungo costa è stata eseguita unicamente lungo la fascia costiera di Villa San Giovanni, poiché è in questo settore che i dati piezometrici riportano le principali evidenze di salinificazione dell'acquifero. Ovviamente è probabile che situazioni analoghe si verifichino anche nel settore interessato dalla terminazione opposta della sezione.

La Figura 8.15 oltre alla distribuzione di salinità ottenuta illustra anche le variazioni dell'interfaccia acqua dolce/salata indotte dal drenaggio delle gallerie. Come si può osservare la presenza delle gallerie non determina alcuna variazione significativa della distribuzione di salinità.

La modellizzazione numerica eseguita permette quindi di concludere che nell'acquifero costiero della zona interessata dalle opere l'esistenza di fenomeni di ingressione di acqua marina sono determinati dalla presenza di emungimenti da pozzi. La distribuzione della salinità lungo costa è quindi piuttosto irregolare e controllata dalla presenza di maggiori o minori estrazioni di acqua. L'inserimento delle gallerie in assetto drenante non determina significative perturbazioni sulla situazione antecedente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

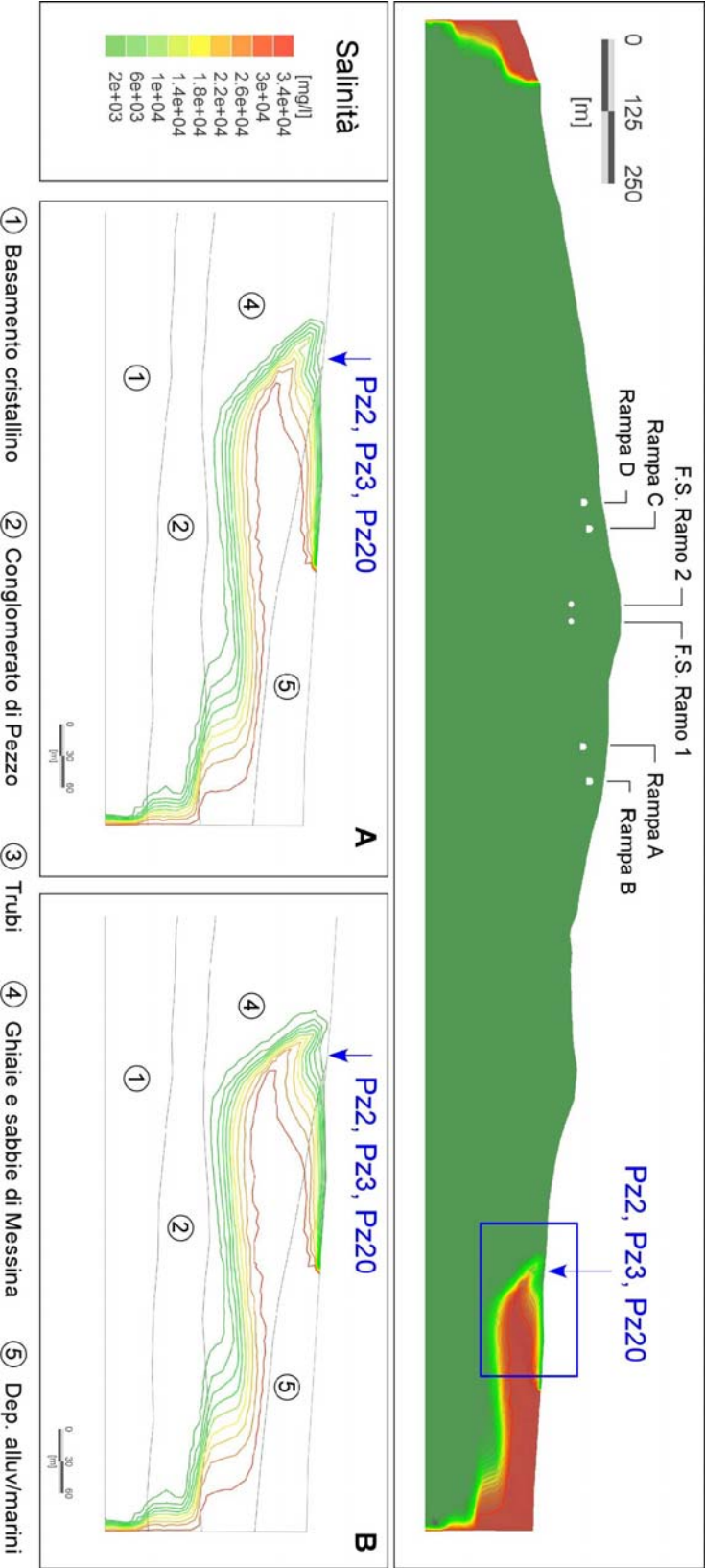


Figura 8.15: Isolinee con distribuzione della concentrazione di sale in condizioni di deflusso naturale di falda (ante-operam) considerando il funzionamento dei pozzi Pz2, Pz3 e Pz20 (proiettati sulla sezione) nell'area di piana costiera evidenziata nel riquadro di colore blu; il riquadro A riporta la distribuzione della concentrazione salina ante-operam con i pozzi in attività, mentre il riquadro B riporta la distribuzione dopo 10 anni dallo scavo delle gallerie; le simulazioni sono relative allo scenario A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.2.1.5 **Modello 2D verticale – simulazione della circolazione idrica in presenza delle gallerie con permeabilità in zona di faglia maggiore rispetto alla permeabilità dell'acquifero circostante**

Nei modelli concettuali che descrivono il contesto idrogeologico delle opere di attraversamento stradali e ferroviarie, viene specificato che esistono alcuni margini di incertezza circa le caratteristiche idrauliche delle faglie, che però tendenzialmente vengono collegate a possibili aumenti di permeabilità non meglio definibili. Per questo motivo, nei modelli precedenti, alle faglie non sono state applicate proprietà idrauliche diverse da quelle del mezzo circostante e, di fatto, esse sono state integrate ai corpi geologici adiacenti. In questo paragrafo si descrivono i risultati inerenti la realizzazione di una simulazione, in cui è stata considerata la presenza di una circolazione idraulica nelle faglie che interessano il conglomerato di Pezzo. E' stata fatta l'ipotesi che tali faglie abbiano una permeabilità maggiore rispetto a quella considerata nelle simulazioni descritte precedentemente per il conglomerato di Pezzo (Scenario A: 3×10^{-7} m/s; Scenario B: 1×10^{-6} m/s). La faglia è stata simulata utilizzando la funzione ad "elementi discreti" implementata nel codice Feflow. Tramite tale funzione è possibile attribuire delle caratteristiche specifiche al bordo degli elementi finiti, quali la sezione e la conducibilità idraulica. Nello specifico, è stata attribuita una conducibilità idraulica di 1×10^{-5} m/s ed una sezione di 1 m^2 . Le simulazioni hanno quindi considerato la variazione della superficie di falda in seguito allo scavo delle gallerie stradali e ferroviarie.

Teoricamente nel simulare in 2D un elemento a maggior permeabilità (faglia) trasversale alla sezione, sarebbe necessario prendere in conto un possibile maggior afflusso lungo tale elemento, per effetto di richiamo di acqua da settori esterni alla sezione. Ciò non è stato preso in considerazione principalmente per il fatto che, per la sezione modellizzata si tratta sempre di faglie a direzione ENE-WSW, che vengono intercettate al di sotto di uno spartiacque idrogeologico ai lati del quale, in linea di massima, la piezometria lungo la faglia tende a decrescere già nella situazione naturale, quindi con scarsa possibilità di ricarica laterale verso la galleria.

Dal punto di vista delle portate stabilizzate si specifica che, l'abbassamento che si realizza attraverso il dominio di simulazione della Sezione 4, è lo stesso di quello analizzato nei paragrafi precedenti, considerando sia lo Scenario A sia quello B in assenza di faglie. La variazione più evidente è invece quella che regola gli effetti transitori di venuta in galleria. In particolare, questa problematica è stata modellizzata per la galleria stradale sulla Rampa C, la quale, lungo la sezione considerata, intercetta una faglia nel conglomerato di Pezzo. La

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

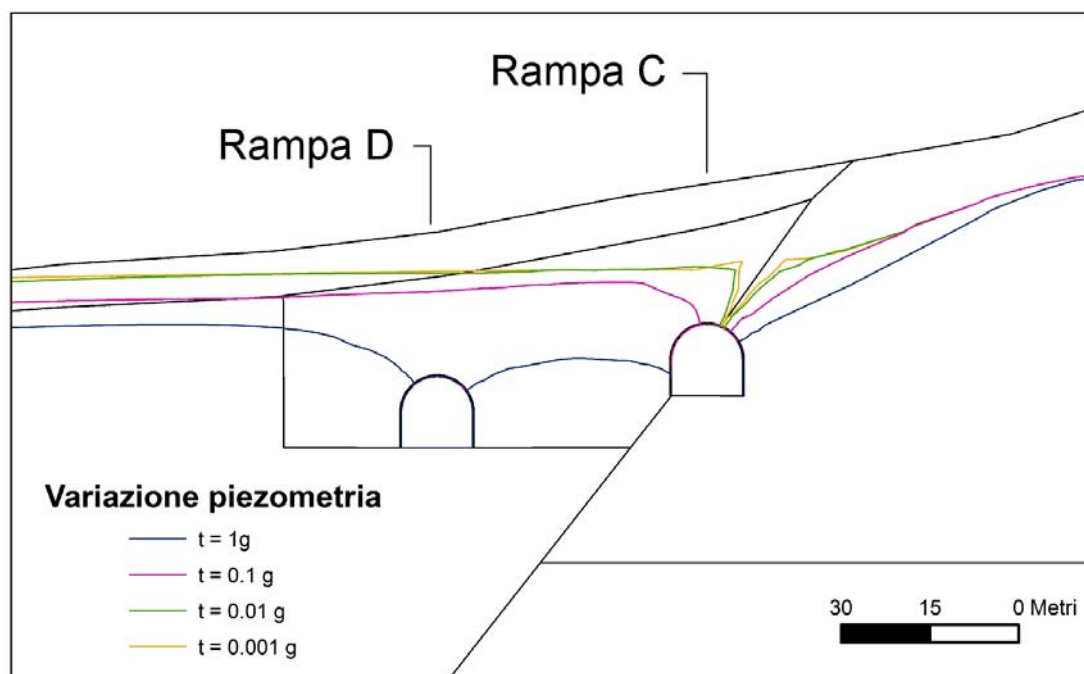


Figura 8.16 riporta l'abbassamento piezometrico nelle prime fasi dallo scavo delle gallerie.

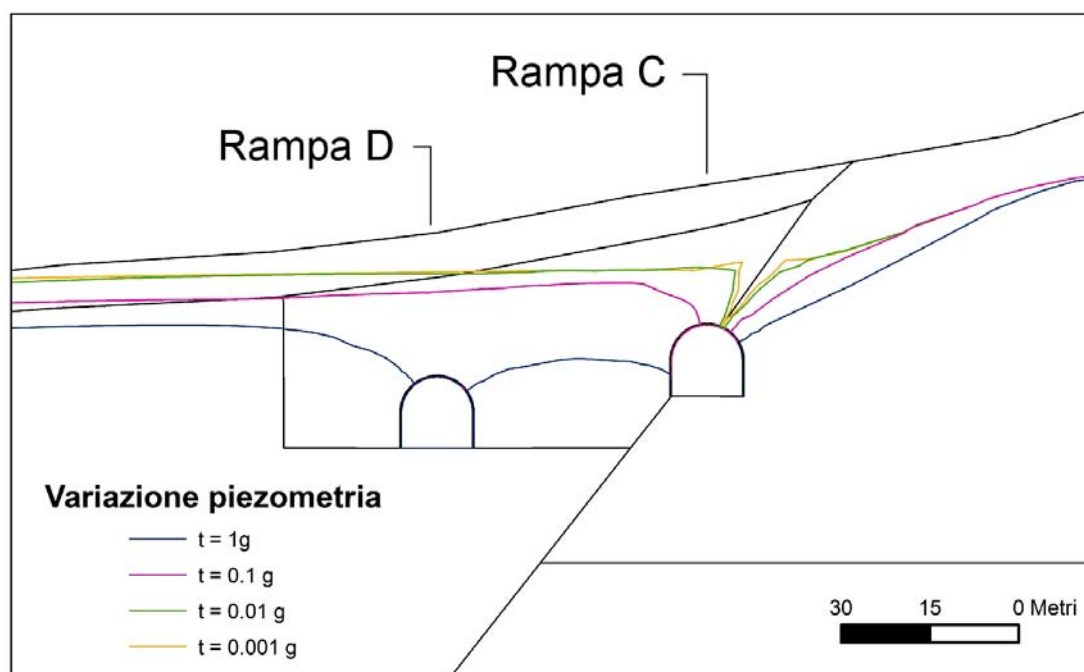


Figura 8.16: Variazione della superficie piezometrica dovuta al drenaggio delle gallerie stradali della rampa D e C in presenza di circolazione attraverso la faglia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si può dunque concludere che per le faglie, ove più permeabili del resto dell'acquifero, è da considerarsi un'influenza soprattutto in regime transitorio, poiché esse determinano una maggior rapidità degli abbassamenti. In regime stazionario il loro effetto dipende sostanzialmente dalla disponibilità di ricarica da monte e/o laterale, che nella maggior parte dei casi è piuttosto modesta, considerando che si tratta di faglie trasversali alle linee di flusso. Solo nel caso della faglia a direzione da NNW-SSE a NW-SE, di cui ai paragrafi 7.2 e 8.1.3.2, sono possibili influenze di maggior conto sulla falda a valle delle gallerie, ma questa situazione è stata trattata analiticamente al paragrafo 8.1.3.2.

8.2.2 Considerazioni sulle perturbazioni del livello piezometrico indotte dalle oscillazioni di marea

Il modello numerico realizzato aveva come punto di minimo potenziale la superficie del mare, che è stata collocata alla quota standard di 0m. Questa superficie di minimo potenziale tuttavia non è fissa, a causa della presenza degli effetti di marea. Vale la pena fare alcune considerazioni su questo aspetto per comprendere se le oscillazioni tidali possano avere qualche effetto significativo sui risultati ottenuti con le modellizzazioni numeriche.

L'effetto di marea, come noto, non può essere approssimato ad una funzione regolare, poiché è un effetto che varia in maniera non armonica. Le perturbazioni di gradiente prodotte nell'acquifero per effetto dell'innalzamento del livello d'acqua lungo la linea di costa si possono propagare all'interno dell'acquifero costiero in modo più o meno accentuato, a seconda di diversi parametri caratteristici dell'acquifero e del ciclo di marea. Jacob (1950) ha fornito una funzione che permette di stimare fino a che distanza si possano propagare le perturbazioni all'interno di un acquifero costiero e che entità esse possano avere. La funzione è la seguente:

$$H_x = H_0 \exp\left(-x\sqrt{\pi S / t_0 T}\right)$$

Dove H_x è l'ampiezza della fluttuazione della falda all'interno dell'acquifero alla distanza x (riferita alla quota 0m); t_0 è il tempo che intercorre tra un massimo ed un minimo; S è il coefficiente di immagazzinamento; T è la trasmissività; H_0 è la semi-ampiezza delle oscillazioni del ciclo tidale, ossia:

$$(H_{\max} + H_{\min}) / 2$$

dove $H_{\max}$ è la massima altezza di marea considerata e $H_{\min}$ è la minima altezza di marea

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

considerata (si utilizza una somma algebrica poiché $H_{\min}$ è un valore negativo).

Naturalmente le variazioni indotte dalle maree nell'acquifero variano in modo molto complesso nel tempo; esse non simulate sono simulabili efficacemente attraverso un modello numerico, poiché non è possibile disporre di una funzione che ne descriva lo sviluppo. Tuttavia, disponendo di dati mareografici, attraverso la precedente formula di Jacob (1950) è possibile stimare, in funzione di un ciclo di maree medio, i disturbi indotti a varie distanze dalla costa all'interno dell'acquifero e fare alcune considerazioni su quanto essi siano in grado di indurre degli scostamenti rispetto alla situazione modellizzata numericamente.

Nel caso della zona in esame si può fare riferimento ai dati del mareografo di Messina tratti dalla banca dati ISPRA, disponibile on-line (<http://www.mareografico.it/>). Il diagramma che segue riporta la serie di dati registrata dal mareografo per l'anno 2009, che è quella più completa disponibile.

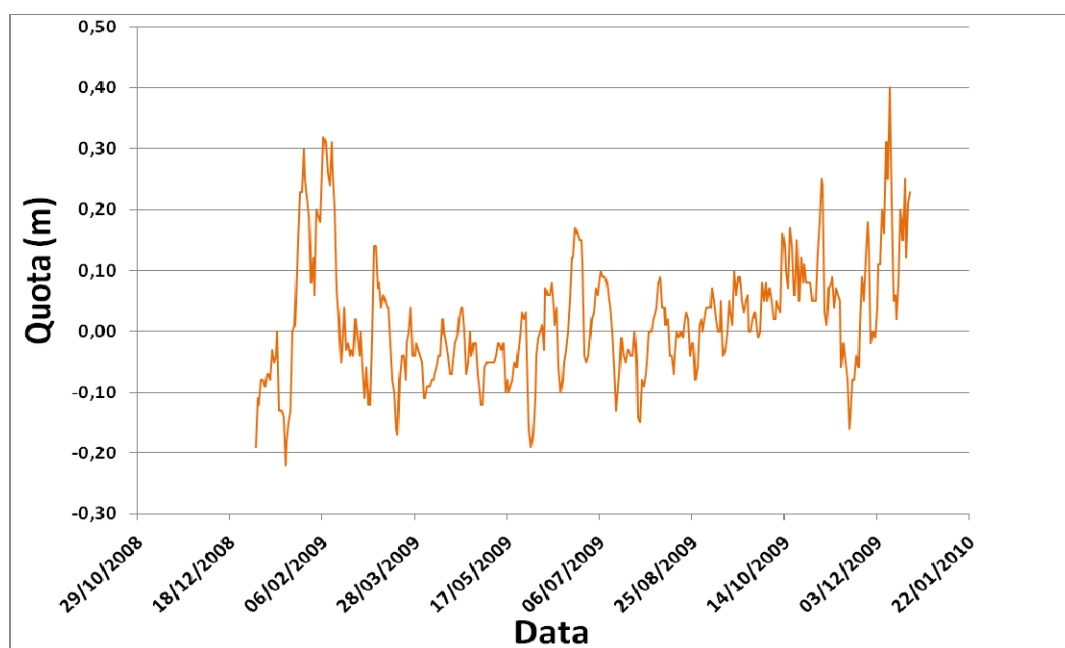


Figura 8.17: Oscillazioni tidali registrate dal mareografo di Messina per l'anno 2009; dati medi giornalieri.

Nel periodo considerato, il livello marino ha oscillato mediamente tra i ± 0.20 m rispetto ad un valore medio di riferimento di 0.05 m, con picchi di ± 0.25 m nel mese di Febbraio 2009 (il picco di Gennaio 2010 è stato escluso poiché è un valore piuttosto eccezionale ed ha una durata minima ridotta, poco significativa ai fini della perturbazione di falda). Sulla base di questi dati è stato possibile stimare le variazioni indotte nell'acquifero costiero sfruttando la funzione proposta da Jacob (1950). Come valore di trasmissività è stato considerato il prodotto tra la conducibilità idraulica dei depositi costieri (1×10^{-4} m/s) e il loro spessore medio nel settore di costa (ca. 25 m),

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mentre come coefficiente di immagazzinamento è stato considerato il valore della porosità efficace stimato da letteratura (0.2) per i depositi alluvionali marini (Fetter, 2001). L'attenzione è stata focalizzata sui depositi marini poiché essi costituiscono l'acquifero più rilevante lungo la linea di costa e con conducibilità idraulica nettamente superiore rispetto a quella delle altre formazioni acquifere che possono quindi essere trascurate ai fini del presente calcolo.

Dal grafico si desume che, già a distanza di circa 50 m dalla costa, le oscillazioni indotte sono dell'ordine dei 10 cm, mentre a 100 m si riducono a circa 6 cm. Considerando che, sulla base della ricostruzione delle isopieze ottenuta nel corso degli studi idrogeologici di base, a 100 m dalla linea di costa la quota della falda è già dell'ordine dei 10 m, si può comprendere come queste oscillazioni non possano avere alcuna influenza significativa sui risultati delle modellizzazioni eseguite.

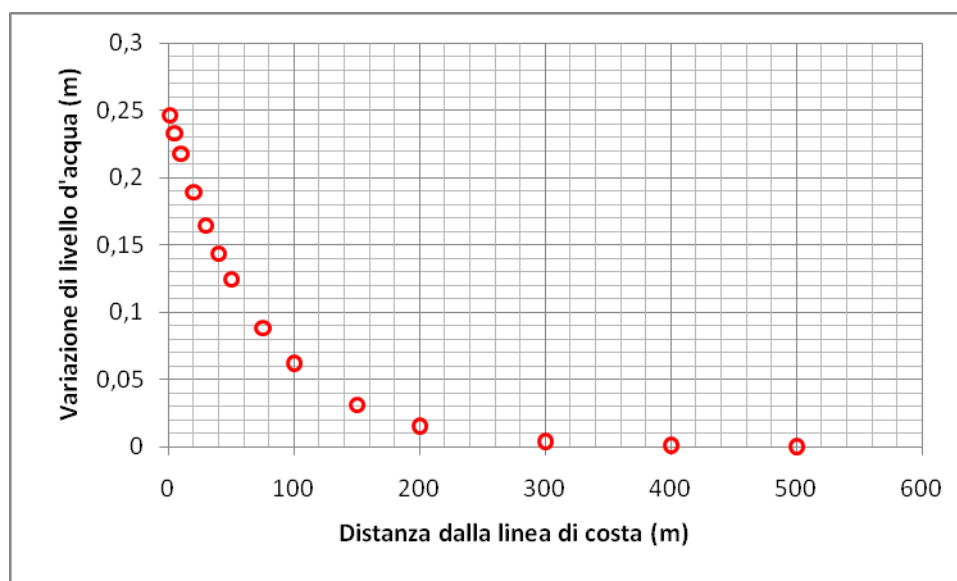


Figura 8.18: Variazioni di falda indotte nell'acquifero costiero dalle oscillazioni tidali calcolate attraverso la formula di Jacob; per l'acquifero è stata considerata cautelativamente la permeabilità dei depositi marini ($k=1 \times 10^{-4}$), che rappresentano la parte più superficiale e più permeabile dell'acquifero, e un loro spessore medio di circa 25m.; il coefficiente di immagazzinamento (S) è stato posto pari a 0,2, ossia equivalente alla porosità efficace stimata, poiché si sta esaminando una situazione di acquifero a superficie libera; per le oscillazioni di marea è stata considerata una semi-ampiezza (H_0) di 25cm e un tempo di ricorrenza (t_0) di 15 giorni, valori che possono essere ritenuti rappresentativi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 Valutazioni sulla possibile dispersione di inquinanti e loro velocità di diffusione

L'area in cui insiste il nodo stradale e ferroviario di accesso al ponte sulla sponda calabrese sarà interessata dalla realizzazione di numerose opere, che in parte costituiscono dei potenziali centri di immissione in falda di inquinanti. Le fasi di lavorazione più sensibili per la problematica della immissione di agenti inquinanti in falda, sono indubbiamente rappresentate dalla realizzazione di opere che non comportano emungimento. Infatti nel caso di opere che avvengono con un contestuale emungimento (es. scavo di gallerie drenanti sotto falda ecc.), essendo il flusso di falda diretto verso l'opera, che costituisce un elemento di drenaggio, non è prevedibile una diffusione di eventuali sostanze utilizzate, durante la lavorazione, verso la falda.

Diverso è invece il discorso per le operazioni che avvengono senza emungimento, che per il caso specifico dell'area di accesso al ponte sulla sponda calabrese sono :

1. Scavo delle gallerie ferroviarie e stradali (tratti sopra falda)
2. Realizzazione dell'opera di ancoraggio
3. Operazioni di approntamento ed esercizio delle aree di cantiere
4. Operazioni di pre-trattamento nella zona delle fondazioni delle torri
5. Operazioni di getto delle fondazioni nella zona delle fondazioni delle torri

Nel caso dello scavo delle gallerie sarà più sensibile lo scavo delle gallerie che interessano principalmente la zona insatura, quali la Rampa B e le parti prossime agli imbocchi di tutte le altre rampe. Per i rami ferroviari e le tratte delle rampe che si svilupperanno sotto falda, la problematica è meno rilevante, poiché il flusso tenderà a convergere verso la galleria stessa o eventualmente verso gallerie adiacenti già realizzate.

L'opera di ancoraggio verrà presumibilmente scavata principalmente sotto falda, pertanto nelle fasi di scavo non vi sono evidenti problematiche di diffusione di inquinanti sussistendo una condizione di drenaggio, mentre nelle successive fasi di getto e completamento (quindi in assenza di drenaggio) non possono essere escluse diffusioni accidentali di sostanze. Le aree di cantiere vengono ovviamente realizzate sopra falda, pertanto l'eventuale impatto di immissione di inquinanti potrebbe essere in parte mitigato e rallentato dagli effetti di adsorbimento che si verificano in zona insatura.

Nel caso delle fondazioni delle torri, le lavorazioni interessano direttamente la falda e pertanto un'eventuale immissione di sostanze inquinanti avverrebbe direttamente in zona satura.

La tipologia di inquinanti che possono venire immessi in falda è di vario tipo e di entità variabile;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'elenco successivo riporta le principali tipologie:

- Poliuretani e altri agenti chimici derivanti dall'utilizzo di resine bi-componenti e mono-componenti per l'impermeabilizzazione;
- Nitrati e ammonio derivanti dall'uso eventuale di esplosivi
- Idrocarburi sversati accidentalmente durante le lavorazioni
- Inquinanti biologici derivanti da aumento di carico antropico nelle aree di cantiere.
- Variazioni di chimismo in falda nel caso di utilizzo di cementi e bentonite.

Quest'ultimo punto in particolare, merita una discussione più approfondita poiché, ovviamente i cementi e le miscele bentonitiche sono tra le sostanze più utilizzate nell'ambito della realizzazione delle opere. Il cemento di per se stesso non è da considerarsi una sostanza problematica dal punto di vista dell'inquinamento. Il suo effetto principale in acqua può essere quello di generare acque alcaline, con pH basso nell'intorno della zona di intervento. Tali acque, proprio a causa della forte variazione di pH rispetto a quello naturale possono generare precipitazione di specie solide (soprattutto carbonatiche) nella porzione di acquifero "sotto flusso" rispetto alle opere. Si potrà quindi generare nell'acquifero un pennacchio di riduzione della trasmissività, che però normalmente è circoscritto ad una zona piuttosto limitata nell'intorno dell'opera. Assieme al cemento possono essere immesse in acqua altre sostanze usate come additivi, tra i quali il più comune è il silicato di sodio, che è una molecola poco inquinante e anzi talora utilizzata per potabilizzare l'acqua. Tuttavia questa sostanza può dare origine a incremento della silice disciolta. Ancora una volta le problematiche di alterazione di chimismo di cui sopra sono significative soltanto per opere realizzate sotto falda e in condizioni non drenanti.

Per quanto attiene alla bentonite, non è da considerarsi un elemento inquinante. Essa può originare fenomeni di adsorbimento di alcuni cationi disciolti in acqua, quali ad esempio Na^+ , tuttavia si tratta di fenomeni molto localizzati e transitori.

In merito alle altre tipologie di inquinanti sopra richiamate, si sottolinea quanto segue:

- tutte le aree di cantiere prevedono un sistema di raccolta e trattamento delle acque, che impedisce la contaminazione delle falde per sversamenti di inquinanti. Tale sistema è descritto nel "Manuale di Gestione Ambientale" dei cantieri.
- E' previsto il trattamento, nelle aree di cantiere, di tutti gli inquinanti di origine biologica.
- Per la realizzazione delle opere non si prevede utilizzo di esplosivi.
- Tutti i prodotti eventualmente utilizzati per iniezioni di consolidamento o impermeabilizzazioni, sono considerati stabili, come risulta dalle specifiche schede tecniche dei prodotti. Non si prevede in ogni caso l'utilizzo di poliuretani e di resine mono o bi –

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

componenti.

La diffusione degli inquinanti è un fenomeno estremamente complesso da modellizzare, che implica la conoscenza di dettaglio di alcune proprietà tipiche del mezzo poroso acquifero (es. dispersività) ma anche di proprietà tipiche dell'inquinante (coefficiente di diffusione molecolare, concentrazione ecc.), che possono variare considerevolmente da caso a caso. Il problema è ancora più complesso quando si prenda in considerazione la modellizzazione in zona insatura, poiché in questo caso subentrano aspetti ulteriori, quali i processi di adsorbimento, scambio ionico ecc.

Alla luce di queste considerazioni è evidente che non è possibile eseguire stime di diffusione degli inquinanti sufficientemente dettagliate, ma allo stesso tempo valide per diversi possibili tipi di inquinanti e concentrazioni. Per contro, in questo capitolo vengono fornite delle indicazioni su quella che può essere la velocità di propagazione di un inquinante generico, una volta preso in carico dal sistema di flusso. Queste stime sono comunque stime cautelative, perché prevedono che l'inquinante si comporti come il mezzo acquoso e non tengono in considerazione i possibili effetti di mitigazione della zona insatura, che pure possono essere molto importanti nel ritardare o addirittura bloccare la diffusione degli inquinanti.

Il modello numerico 2D ottenuto per la zona del nodo stradale e ferroviario, consente, mediante la funzione "particle tracking", di valutare le traiettorie e le velocità di spostamento di particelle immesse in falda in punti pre-determinati. Ovviamente trattandosi di un modello 2D esso è limitato ad un settore particolare. Le simulazioni ottenute per questo settore possono comunque venire ragionevolmente estrapolate ai settori adiacenti, ove si incontrano condizioni di gradienti idraulici e grado di permeabilità del tutto analoghe.

Sfruttando le potenzialità offerte dal modello sono state eseguite simulazioni di tracciamento per differenti potenziali siti di immissione di inquinanti collegati alla realizzazione delle opere. In particolare sono state valutate due situazioni: i) immissione di inquinanti in condizioni di flusso non perturbate dall'emungimento determinato dallo scavo delle gallerie; ii) immissione di inquinanti in condizioni perturbate.

La condizione (i) è valida per stimare il rischio di eventuali inquinamenti associati ad opere che verranno realizzate prima dello scavo delle gallerie sotto falda, mentre la condizione (ii) è utile per simulare la situazione delle opere che vengono realizzate durante lo scavo delle gallerie con effetto drenante.

In entrambe le simulazioni sono stati presi in considerazione i seguenti centri potenziali di contaminazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1. Area degli imbocchi nord delle gallerie
2. Area di cantiere dell'opera di ancoraggio e della zona di scavo della Rampa B;

Il punto 1, che non cade direttamente sulla sezione, è stato proiettato su quest'ultima; le condizioni idrogeologiche consentono questa proiezione poiché le condizioni di flusso non variano sensibilmente dal punto di collocazione esatta delle opere e il punto proiettato sulla sezione; le direzioni di deflusso, nei due casi, sono praticamente parallele e i gradienti idraulici del tutto paragonabili.

Per le simulazioni in regime perturbato è stato inoltre aggiunto un ulteriore punto potenziale di immissione di inquinanti, rappresentato dalla Rampa A, che dopo lo scavo delle gallerie ferroviarie si collocherà in zona insatura.

Si sottolinea che un parametro aggiuntivo, che riveste un'importanza critica sulla valutazione della vulnerabilità della falda alla contaminazione, è il periodo di tempo necessario alla propagazione di un inquinante verso zone in cui insistono captazioni ad uso civile ed industriale. Pur con il limite delle assunzioni necessarie sopra discusse, le simulazioni numeriche permettono di fornire una stima dei tempi di migrazione e quindi di delimitare con maggiore precisione le zone maggiormente vulnerabili e pertanto di prevedere le azioni preventive più adeguate.

Nelle simulazioni descritte nei paragrafi successivi, si fa riferimento alle condizioni assunte per quello che precedentemente è stato denominato *Scenario B*, ovvero le condizioni in cui si suppone che il conglomerato di Pezzo sia caratterizzato da una conducibilità idraulica relativamente elevata. Tale assunzione è maggiormente cautelativa rispetto a quella riferibile allo *Scenario A*, in quanto permette di definire dei tempi di transito minimi per la dispersione degli eventuali contaminanti.

Si ricorda che queste analisi sono condotte a titolo di analisi di rischio, sono sempre previsti nei cantieri, sistemi di raccolta e trattamento delle acque.

9.1 Simulazione relativa all'immissione di inquinanti in condizioni di flusso non perturbate dallo scavo delle gallerie

9.1.1 Area degli imbocchi nord delle gallerie

Questa simulazione considera l'eventuale versamento di contaminanti in falda, nel settore interessato dagli imbocchi nord delle gallerie. Si ribadisce che la posizione delle opere sulla sezione è stata ricavata proiettando in pianta in direzione perpendicolare alla sezione stessa.

La *Figura 9.19* mostra i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante ad un anno dall'avvenuto eventuale versamento. La simulazione, per i motivi spiegati in precedenza non

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prende in considerazione i tempi di migrazione in zona insatura; essa risulta pertanto conservativa. Peraltro la zona insatura, in questo settore, ha uno spessore di pochi metri. Si osserva che durante il periodo di un anno, la migrazione avviene per una distanza media di 50-60 m. Dopo due anni (Figura 9.20.) le particelle d'acqua coprono una distanza media di 125 m ed una distanza massima di 145 m. Appare evidente che le linee di flusso si concentrino principalmente lungo le ghiaie e sabbie di Messina, mentre minore è il transito attraverso il conglomerato di Pezzo.

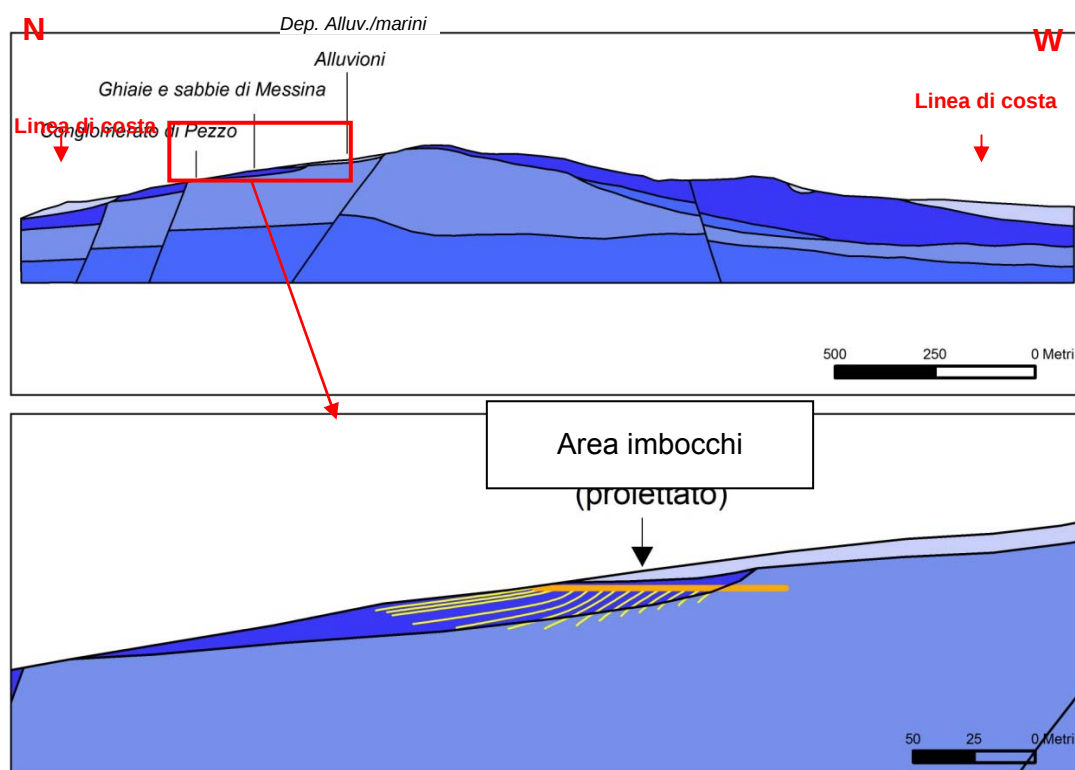


Figura 9.19: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori di scavo per la realizzazione degli imbocchi nord delle gallerie (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante ad un anno dall'avvenuto versamento (riquadro inferiore).

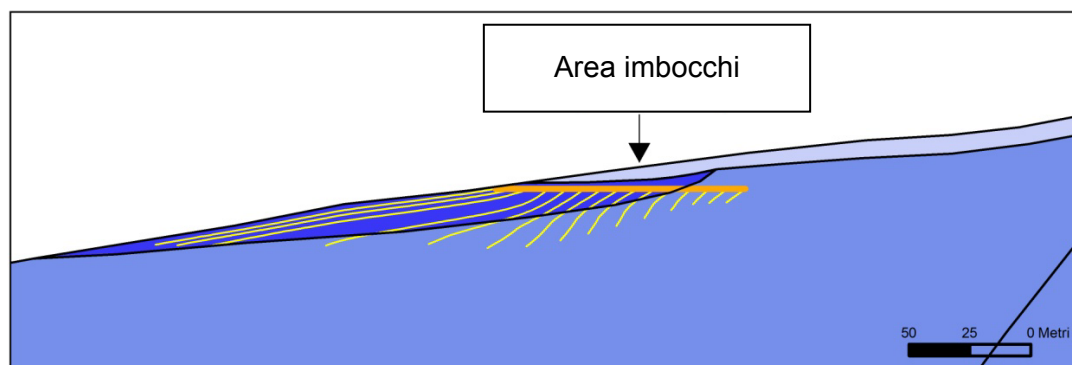


Figura 9.20: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori di scavo per la realizzazione degli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

imbocchi nord delle gallerie (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante dopo due anni dall'avvenuto versamento.

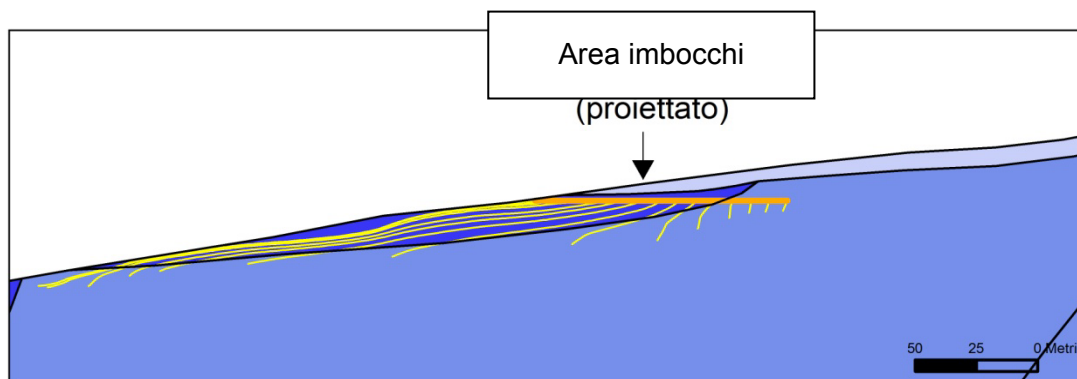


Figura 9.3: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori di scavo per la realizzazione degli imbocchi nord delle gallerie (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante dopo tre anni dall'avvenuto versamento.

Dopo tre anni le particelle d'acqua che trasportano il contaminante, hanno attraversato le ghiaie e sabbie di Messina e parte del conglomerato di Pezzo affioranti. Potenzialmente, dopo questo periodo la migrazione dei contaminanti inizia ad interessare un settore a maggiore carico antropico e pertanto maggiormente vulnerabile, prossimo alla linea di costa.

9.1.2 Scavo della Rampa B e dell'ancoraggio

La tratta in galleria della Rampa B si sviluppa per gran parte all'interno del conglomerato di Pezzo e solo per un breve tratto all'interno delle ghiaie e sabbie di Messina. Lungo la Sezione 4, e per buona parte del resto del tracciato della Rampa B, la galleria rimane al di sopra della superficie piezometrica (cfr. *Figura 8.9* **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

L'ancoraggio è posizionato a poca distanza dalla sezione modellizzata, e può essere facilmente proiettato sul tracciato della sezione.

E' stata eseguita una simulazione di flusso al fine di verificare quali sarebbero i tempi di deflusso in falda di un ipotetico inquinante nel caso in cui, durante il corso dello scavo di tale galleria e la realizzazione dell'ancoraggio, nei settori adiacenti la Sezione 1, si verificassero degli episodi di contaminazione della falda. Utilizzando la funzione *particle tracking* è possibile effettuare una valutazione di massima della migrazione del contaminante, assimilandone le caratteristiche a quelle delle particelle d'acqua che defluiscono attraverso il dominio di simulazione. La presenza della zona insatura non viene presa in considerazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		Codice documento AC0038_F0_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

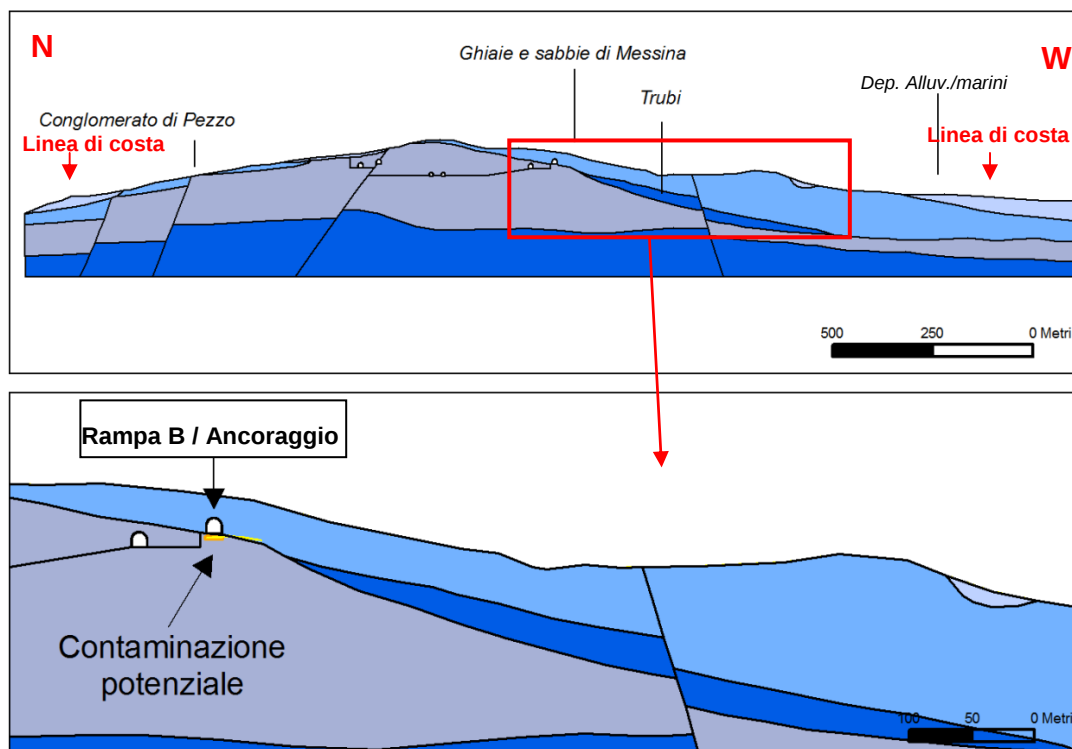


Figura 9.4: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori per la realizzazione della Rampa B e dell'ancoraggio (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante ad un anno dall'avvenuto versamento (riquadro inferiore).

Dalle simulazioni effettuate si osserva che i contaminanti tendono a migrare in direzione di Villa San Giovanni attraverso le ghiaie e sabbie di Messina (Figura 9.4, Figura 9.5, Figura 9.6). Tuttavia dalla stima delle distanze percorse nell'arco dei primi tre anni, si può dedurre che l'impatto dei contaminanti accidentalmente sversati dalla Rampa B sia molto lento ed impieghi diversi anni per raggiungere le risorse idriche che vengono utilizzate più a valle. Dopo tre anni le distanze coperte dalle particelle d'acqua sono di 170 m, quindi molto contenute. Oltre a questo si evidenzia anche che i percorsi di migrazione sono concentrati spazialmente lungo una direttrice molto stretta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

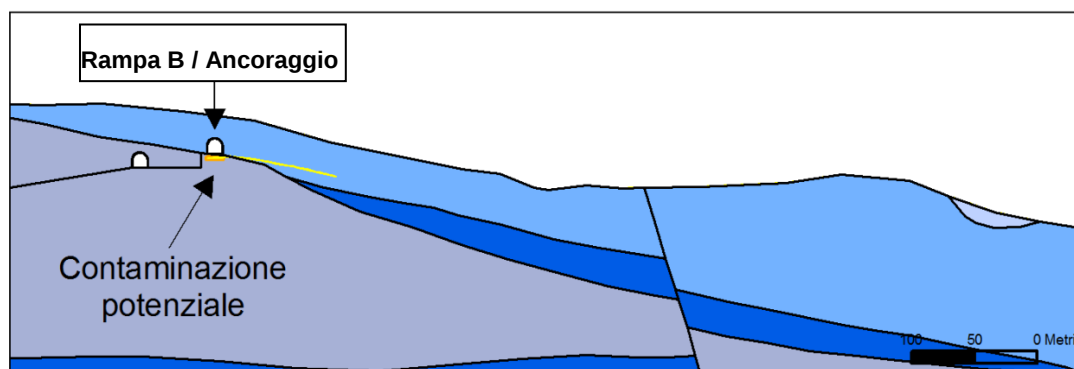


Figura 9.5: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori per la realizzazione della Rampa B e dell'ancoraggio (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante dopo due anni dall'avvenuto versamento.

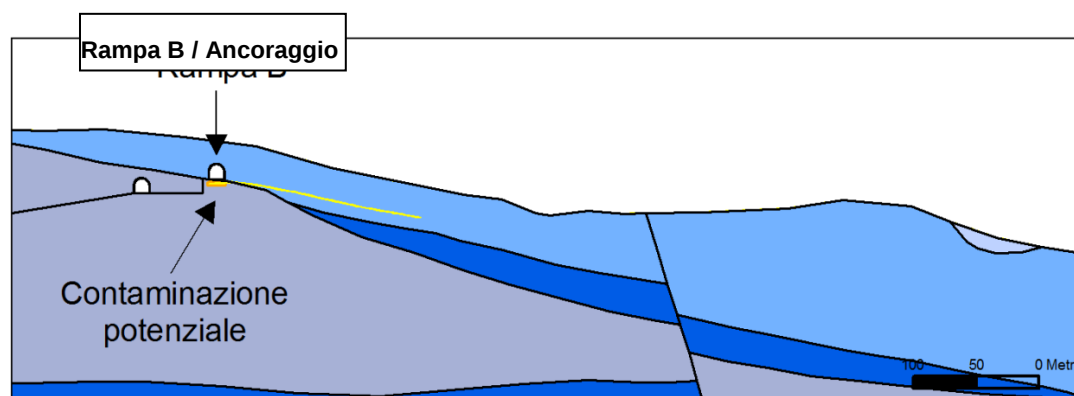


Figura 9.6: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori per la realizzazione della Rampa B e dell'ancoraggio (riquadro superiore); in giallo sono mostrati i potenziali percorsi di migrazione di un contaminante dopo due anni dall'avvenuto versamento.

Dati i lunghi periodi di transito, si può supporre che altri fenomeni, quali la dispersione diffusiva, l'adsorbimento e il decadimento ambientale del contaminante, contribuiscano a ridurre i possibili impatti sulle falde utilizzate più a valle per scopi civili ed industriali. Si specifica tuttavia che tale valutazione ha il carattere di un'indicazione di massima, in quanto una stima quantitativa non può prescindere oltre che dalle caratteristiche dell'inquinante stesso, anche dai volumi effettivamente dispersi attraverso l'acquifero.

9.2 Simulazione relativa all'immissione di inquinanti in condizioni di flusso perturbate dallo scavo delle gallerie

9.2.1 Area di cantiere degli imbocchi nord delle gallerie

Rispetto alla simulazione descritta precedentemente, vengono di seguito discussi i percorsi di migrazione dei contaminanti accidentalmente sversati in falda, a partire dall'area di cantiere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dell'opera di ancoraggio e degli imbocchi nord delle gallerie, in una situazione di falda stabilizzata successivamente allo scavo delle rampe stradali e dei rami ferroviari rappresentati in Sezione 1 (cfr. Figura 8.10 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Anche in questo caso si ricorda che non vengono presi in considerazione i tempi di transito in zona insatura.

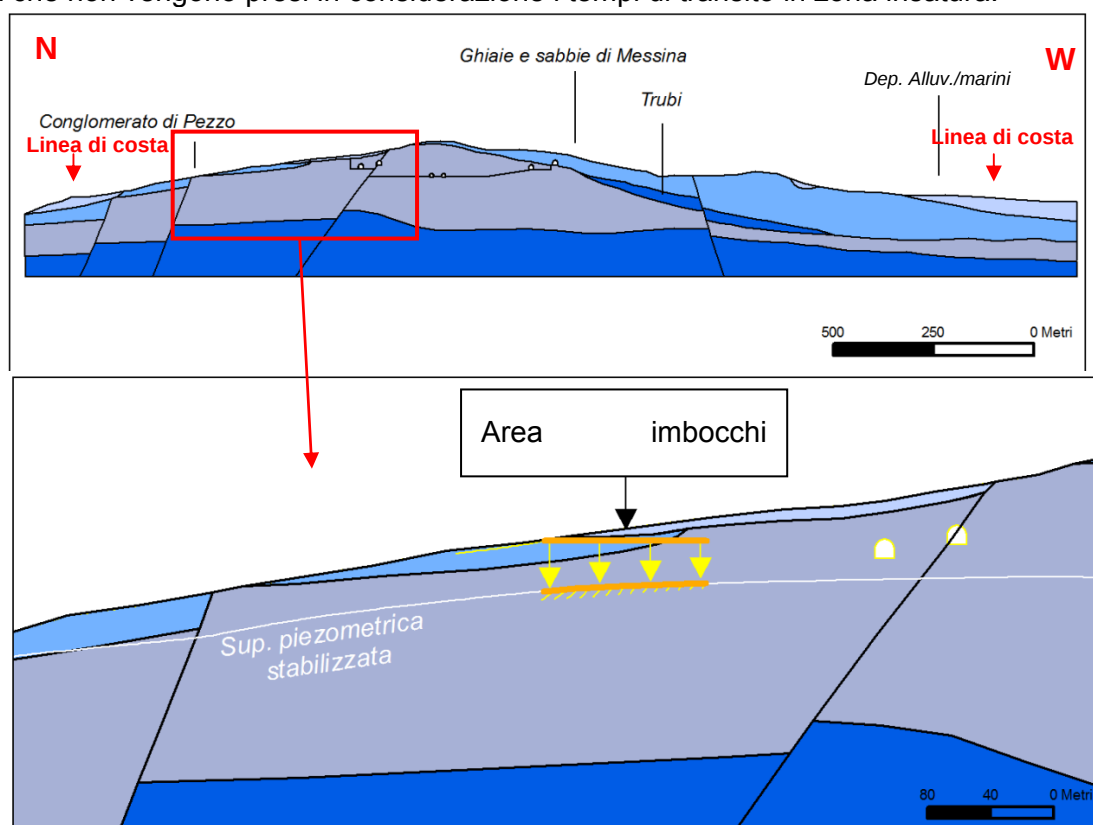


Figura 9.7: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori di scavo per la realizzazione degli imbocchi nord delle gallerie (riquadro superiore); potenziali percorsi di migrazione di un contaminante (in giallo) ad un anno dall'avvenuto versamento; le stime sono effettuate considerando una situazione di falda stabilizzata dopo lo scavo delle gallerie stradali e ferroviarie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

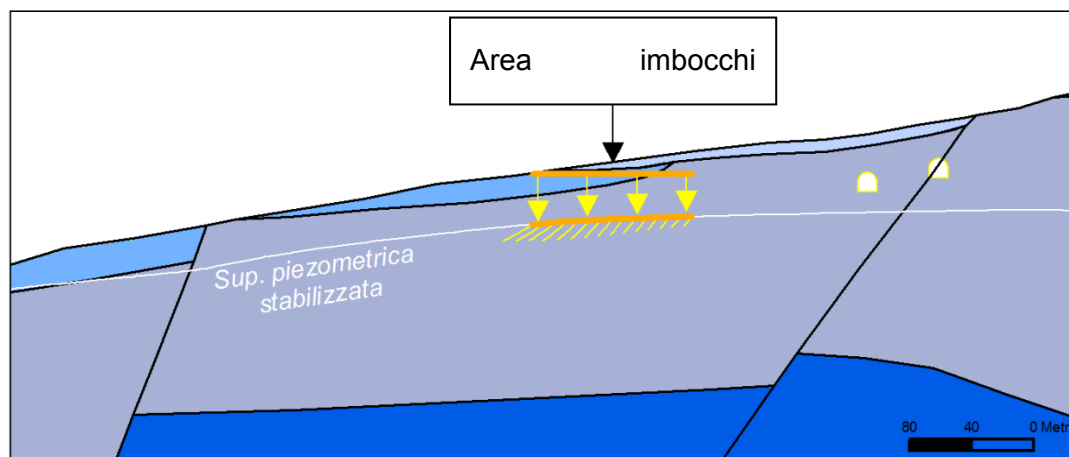


Figura 9.8: Modellizzazione dei flussi in falda per l'area interessata dai lavori di scavo per la realizzazione degli imbocchi nord delle gallerie (riquadro superiore); potenziali percorsi di migrazione di un contaminante (in giallo) dopo due anni dall'avvenuto versamento; le stime sono effettuate considerando una situazione di falda stabilizzata dopo lo scavo delle gallerie stradali e ferroviarie.

Come si può notare dalle figure precedenti la presenza del drenaggio esercitato dalle gallerie, determinando una diminuzione del gradiente in falda, è anche all'origine di un'ulteriore riduzione della già bassa velocità di flusso. Peraltro in questo caso, il flusso avviene interamente all'interno del conglomerato di Pezzo, la formazione meno permeabile tra quelle che costituiscono l'acquifero, mentre originariamente una parte dei flussi si sviluppava all'interno delle ghiaie e sabbie di Messina che, a causa della elevata permeabilità consentivano anche una maggior velocità di flusso.

Nel caso specifico, a tre anni dalla eventuale immissione di un agente inquinante in falda questo avrebbe compiuto un percorso di soli 30-50m. Un aspetto da rimarcare è che nonostante la presenza delle gallerie, la direzione di propagazione continua ad essere verso la costa.

9.2.2 Area sottostante le gallerie delle rampe stradali e dei rami ferroviari

Dal modello numerico realizzato emerge che, dopo la realizzazione delle gallerie ferroviarie, le gallerie stradali verranno a trovarsi sopra falda. Si è dunque ritenuto opportuno eseguire una valutazione sui possibili tempi di propagazione di eventuali inquinanti sversati all'interno di queste gallerie. La simulazione fornisce indicazioni anche su eventuali versamenti di inquinanti prodotti a partire dall'area dell'ancoraggio.

La valutazione è stata eseguita partendo dalla situazione di regime permanente in condizioni di falda perturbata dallo scavo. I risultati sono riassunti nelle figure che seguono.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

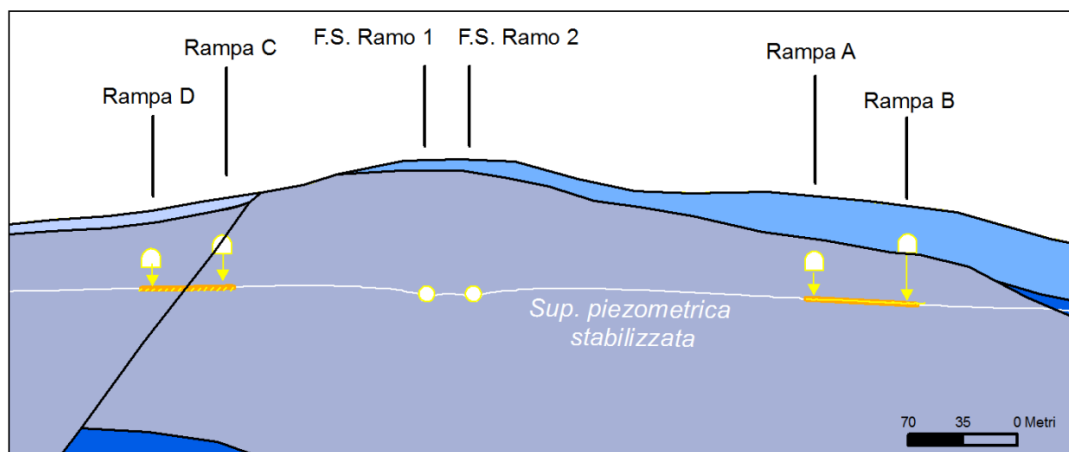


Figura 9.9. Modellizzazione dei flussi in falda nel settore delle gallerie stradali in condizioni di falda perturbata dopo lo scavo delle gallerie ferroviarie; potenziali percorsi di migrazione di un contaminante (in giallo) ad un anno dall'avvenuto versamento; le stime sono effettuate considerando che la propagazione degli inquinanti avvenga, nell'insaturo, lungo la verticale al di sotto delle gallerie stradali, e successivamente dalla superficie di falda stabilizzata.

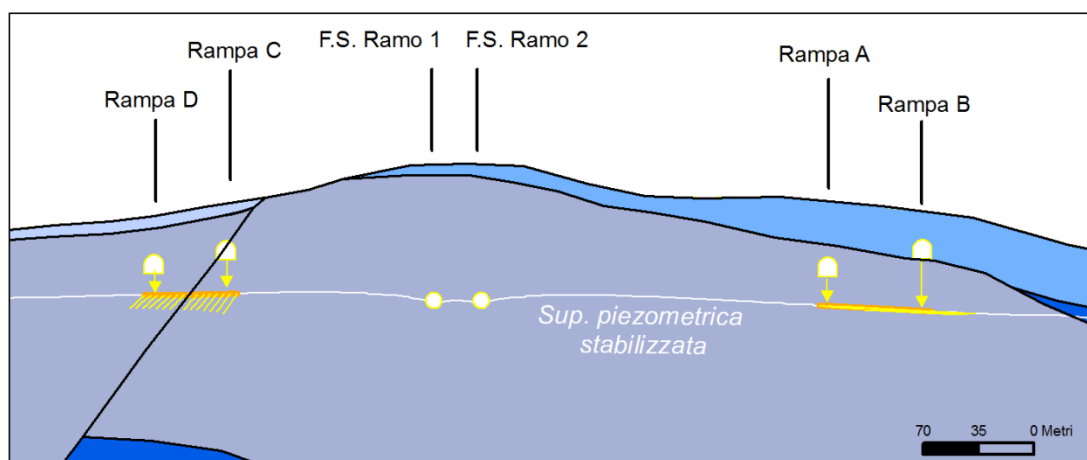


Figura 9.10. Modellizzazione dei flussi in falda nel settore delle gallerie stradali in condizioni di falda perturbata dopo lo scavo delle gallerie ferroviarie; potenziali percorsi di migrazione di un contaminante (in giallo) dopo cinque anni dall'avvenuto versamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

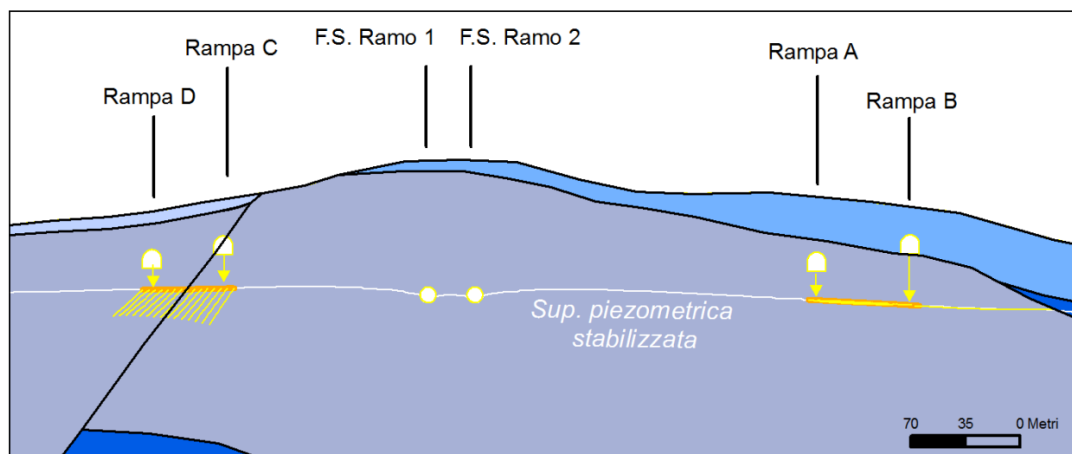


Figura 9.11. Modellizzazione dei flussi in falda nel settore delle gallerie stradali in condizioni di falda perturbata dopo lo scavo delle gallerie ferroviarie; potenziali percorsi di migrazione di un contaminante (in giallo) dopo dieci anni dall'avvenuto versamento.

Come per le simulazioni precedenti, non è stato modellizzato il comportamento degli eventuali inquinanti in zona insatura. Anche in questo caso le velocità di propagazione sono molto ridotte. Nonostante la perturbazione indotta dallo scavo delle gallerie ferroviarie la direzione di propagazione di eventuali inquinanti immessi in falda a partire dalle gallerie stradali continua ad essere verso le linee di costa. Più in particolare la velocità di propagazione a partire dalle rampe C e D è molto bassa, dell'ordine dei 30-40m in tre anni. Sul lato opposto, rispetto alle gallerie ferroviarie (Rampa A e B), si osservano velocità maggiori, e dell'ordine dei 70-100m in tre anni. Questo differente comportamento sulla parte nord della sezione è probabilmente dovuto alla presenza di una lente di materiale a bassa permeabilità, (Trubi), all'interno dell'acquifero, che canalizza il flusso restringendo la sezione e determinando quindi velocità maggiori. In questo secondo caso, le velocità di propagazione nella situazione perturbata non diminuiscono di molto rispetto alla situazione non perturbata.

In ogni caso, per le acque drenate in galleria, sono previsti interventi di raccolta e trattamento in vasche appositamente realizzate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10 Conclusioni

I modelli analitici e numerici sviluppati in questo studio hanno permesso di chiarire quattro diversi aspetti inerenti lo scavo delle gallerie:

1. fornire delle stime delle portate drenate;
2. chiarire gli effetti di perturbazione sulla piezometria dello scavo delle gallerie
3. chiarire gli effetti dello scavo sul cuneo salino;
4. fornire indicazioni sul percorso di possibili inquinanti.

I principali risultati delle analisi condotte vengono riassunti ai paragrafi che seguono.

I risultati si basano sulle conoscenze idrogeologiche derivanti dai monitoraggi disponibili alla data di stesura del presente rapporto i quali, benché significativi, coprono solo parzialmente un ciclo idrologico annuale. La prosecuzione dei monitoraggi da parte del Contraente Generale e del Monitoraggio di Area Vasta consentirà di affinare le conoscenze sulle variazioni piezometriche e permetterà quindi una revisione di maggior precisione della modellizzazione idrogeologica nell'ambito del Progetto Esecutivo.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

portate drenate in fase di scavo, attraverso il tappo di fondo, saranno complessivamente dell'ordine del litro per secondo.

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 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:

1. Impatti elevati
2. Impatti medi
3. Impatti bassi
4. 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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.

10.2.1 Analisi delle subsidenze e valutazione dei danni indotti sui fabbricati

Nell'ambito del progetto definitivo delle gallerie, si sono condotte specifiche analisi volte a valutare l'interazione tra gli scavi in sotterraneo e le preesistenze in superficie, in particolare modo con i fabbricati destinati a civile abitazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dapprima si sono applicate le usuali correlazioni empiriche volte a determinare l'ampiezza dei bacini di subsidenza, in funzione dei valori di ricoprimento in calotta galleria e considerate le caratteristiche dei terreni e delle formazioni attraversate; è stato così possibile valutare le fasce di territorio, al contorno dell'impronta della galleria, interessate dal fenomeno. Si è poi stimata l'entità dei cedimenti, sempre attraverso formulazioni empiriche di letteratura, 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, si sono ritenuti associabili anche gli eventuali fenomeni di subsidenza indotti dall'azione di drenaggio delle gallerie, connessi all'abbattimento della piezometrica ed ai successivi fenomeni di consolidazione. Vi è peraltro da osservare che, essendo la maggior parte dei terreni interessati dall'opera in oggetto poco plastici e perciò poco compressibili, si è ritenuto che gli spostamenti a lungo termine, legati a tali fenomeni di consolidazione, risultassero trascurabili se paragonati a quelli a breve termine.

Vi è da considerare che, in considerazione dei ricoprimenti presenti e delle modalità di avanzamento adottate, le analisi di interazione condotte non hanno evidenziato, anche in presenza dei maggiori volumi persi allo scavo, classi di danno non significative.

Nel dettaglio, le analisi condotte per le gallerie autostradali hanno preso in conto l'interferenza verso 112 edifici; sia considerando volumi persi pari all'1.0% del volume di scavo sia con riferimento a volumi persi dell'1.5%, si sono valutate classi di danno inferiori o uguali a 2; solo per un edificio, nel caso di volume perso pari a 1.5%, si è determinata una classe di danno pari a 3: si è quindi considerata l'adozione di sezioni tipo di avanzamento, caratterizzate da interventi atti a limitare il volume perso allo scavo (interventi di consolidamento e presostegno, passo centina ridotto, ...).

Le analisi condotte per le gallerie ferroviarie hanno riguardato 27 edifici; sia assumendo volume perso pari all'1.0% o all'1.5% si sono identificate classi di danno pari a 0, quindi l'assenza di significative ripercussioni a seguito dell'esecuzione delle gallerie.

Le analisi e le valutazioni descritte sono riportate nei documenti allegati al progetto, elaborati CG0800PRXDCSC00GN00000001 (Relazione sulla valutazione delle subsidenze indotte e sui possibili danni agli edifici, opere stradali Calabria), CG0800PRXDCFC00GN00000001 (Relazione sulla valutazione delle subsidenze indotte e sui possibili danni agli edifici, opere ferroviarie Calabria).

10.3 Perturbazione sul cuneo salino

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La modellizzazione numerica e i dati del monitoraggio ambientale hanno permesso di mettere in evidenza un contesto in cui la salinizzazione dell'acquifero in fascia costiera (in particolare per il settore di Villa San Giovanni) è determinata da emungimento. I modelli hanno evidenziato che pompaggi lungo costa, pur se di esigua entità determinano ingressione di acqua salata di qualche centinaio di metri.

Tuttavia in questo contesto il drenaggio esercitato dalle gallerie, che avviene lontano dalla linea di costa non influenza significativamente la posizione delle interfacce di isosalinità. Le variazioni della piezometria non avranno effetti significativi nei confronti dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata.

Si può pertanto escludere che la realizzazione delle gallerie induca impatti significativi sulle opere di captazione.

Per quanto attiene ai pozzi di fondazione delle torri del ponte, che eserciteranno un drenaggio temporaneo in prossimità della linea di costa, pur non essendo stata eseguita una modellizzazione numerica specifica, i modelli eseguiti lungo la sezione S1 con presenza di pozzi in pompaggio lungo costa, suggeriscono, che nell'intorno delle fondazioni possa determinarsi un richiamo di acqua salata. Questo effetto dovrebbe rimanere piuttosto circoscritto, all'incirca ad un intorno dell'ordine dei 100-200m rispetto ai pozzi di fondazione. In fase di progettazione esecutiva, anche a valle di una maggior disponibilità di dati di salinità, per questa zona, in ragione del completamento delle campagne di rilevamento annuali previste per i piezometri, si provvederà a dettagliare maggiormente questa problematica, eventualmente anche attraverso la realizzazione di un modello numerico specifico.

10.4 Percorsi di possibili inquinanti e variazioni del chimismo in falda

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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.

10.5 Opere compensative e di mitigazione

Dagli studi qui presentati risulta pertanto che, il maggiore impatto sulle falde sarà prodotto dalla realizzazione delle gallerie ferroviarie, con portate drenate in condizioni di esercizio dell'ordine di $0.1 - 0.2 \text{ l/s} \cdot 10 \text{ m}$ di galleria e conseguente impatto su un certo numero di pozzi (10) ubicati fra i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tracciati delle gallerie e la fascia costiera. Infatti quest'acquifero è di piccole dimensioni e scarsamente alimentato, e risente in modo significativo del drenaggio, ancorchè modesto, prodotto dalle opere.

Sono stati posizionati all'interno delle gallerie ferroviarie, due tubi di drenaggio diametro Ø 300mm, che raccoglieranno le acque drenate in questo settore. Tali acque saranno così raccolte in opportune vasche all'esterno delle opere e, trattate; da qui potranno essere restituite al territorio. Inoltre saranno previste opere di compensazione specifiche per quanto riguarda i pozzi impattati dal drenaggio delle falde, prodotto dalle gallerie.

L'impatto possibile individuato per tali pozzi è stato suddiviso in quattro differenti classi:

classe 1 – impatto elevato (rischio di disseccamento)

- ricade in classe 1 soltanto il pozzo ANAS/Pz5, pozzo privato ad uso irriguo con portate attuali di 0.1 lt/sec

classe 2 – impatto medio (abbassamento del livello piezometrico statico e riduzione della produttività)

- ricadono in classe 2 due pozzi, che potrebbero avere un rischio consistente di una riduzione della produttività del 30 – 40 %. Nello scenario peggiore, come massimo del 50 %. Il pozzo Pz30 , privato ad uso irriguo, ed il pozzo Pz44 , privato ad uso irriguo.

classe 3 – impatto basso (possibile riduzione della produttività, ma non del livello statico)

- ricadono in classe 3 otto pozzi, cinque con rischio di impatto più probabile:

Pz2, privato ad uso irriguo

Pz3 , privato ad uso irriguo

Pz39, privato ad uso irriguo

PZ20, privato antincendio

ANAS/Pz4, privato ad uso irriguo

- e tre pozzi con rischio di impatto più modesto:

Pz15, comunale (Villa San Giovanni), in disuso

Pz35, privato ad uso irriguo

Pz42, privato ad uso irriguo

Per quanto attiene alle opere di compensazione, trattandosi in tutti i casi di pozzi non adibiti ad uso idropotabile, bensì irriguo prevalente, va innanzitutto tenuta in conto la possibilità di riutilizzo delle acque drenate dalle gallerie. Sono stati posizionati all'interno delle gallerie ferroviarie due tubi di drenaggio diametro Ø 300mm, che raccoglieranno le acque drenate in questo settore. Tali acque saranno così raccolte in opportune vasche all'esterno delle opere e trattate; da qui potranno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

essere restituite al territorio. Questa soluzione verrà applicata, in modo preferenziale, a pozzi posti nelle vicinanze degli imbocchi, lato ponte, delle gallerie e a quote inferiori rispetto a quelle degli imbocchi stessi (Pz2, Pz3, Pz39, Pz20). In ogni caso, per i medesimi pozzi, sarà valutata di volta volta anche l'opzione di procedere ad un approfondimento che permetta il pompaggio da una quota inferiore, dal momento che questi pozzi si trovano in un settore esistono acquiferi piuttosto potenti e con buone caratteristiche di permeabilità. Gli approfondimenti potranno essere dell'ordine dei 20 – 30 m al massimo, compatibilmente con la presenza di acque saline nella zona costiera.

Nei casi dei pozzi più distanti dalla zona degli imbocchi e in settori con acquiferi meno potenti che non garantiscono un incremento di portate con l'approfondimento del pozzo (Pz30, Pz44, Pz15, Pz35 e Pz42), si opterà, in modo preferenziale, per la realizzazione di piccoli invasi di raccolta delle acque piovane. Peraltro questi pozzi costituendo due gruppi ben definiti (Pz30+Pz44 e Pz15 + Pz35 + Pz42) possono essere sostituiti da due soli invasi ad uso di più utenze.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ALLEGATI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SCHEDE DEI PUNTI D'ACQUA

Sono stati anche censiti pozzi in anni precedenti, riportati nelle schede con la dizione “dati storici”, in quanto ritenuti utili per integrare il censimento nelle zone sprovviste di punti d’acqua o nelle quali non è stato possibile ottenere nessun dato per assoluta indisponibilità dei proprietari o perché i pozzi sono stati coperti da nuove costruzioni.

Per l’utilizzazione di detti dati si è proceduto alla verifica della natura dell’acquifero interessato e quindi al confronto tra il valore del livello idrico e quello rilevato nei pozzi censiti più vicini, verificando la corrispondenza del dato storico con i dati di riferimento, valutando l’entità delle eventuali differenze. Ciò è servito a calibrare il valore da attribuire alla piezometria per dare continuità alla rappresentazione della falda in dette zone, dove anche i recenti sondaggi geognostici non hanno fornito dati utili o per non avere riscontrato presenza d’acqua o perché questa non è stata ritenuta indicativa della falda di base.

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

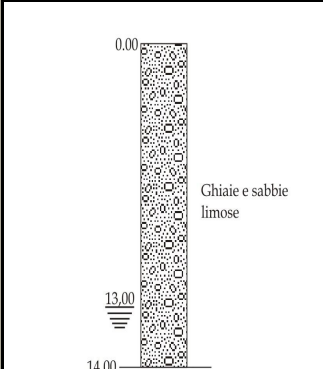
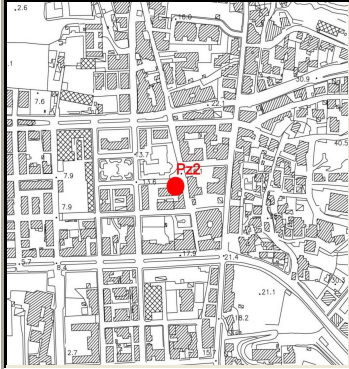
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
	27		20		7	1160	798	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
	102	13	136	5	137	130	284	64

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Dato storico
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	1995
	Località	PEZZO INF.		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4231166
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2575768
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	10
------------	----

Profondità m da pc 12

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico m da p.c. 6

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

Livello	m	l/s
---------	---	-----

Uso

Irriguo

Portata di esercizio l/s

ote

Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Dato storico
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	CAMPO CALABRO	Data	1995
	Località	PIANO D'ARENA		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4229531
--------------	---------

Acquifero	
-----------	--

Pozzo perforato ☒

Coordinate E	2576773
--------------	---------

Tipo di

Quota m sl	88
------------	----

Profondità m da pc	123
--------------------	-----

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso

Irriguo

Portata di esercizio l/s

ote

Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO₃-CO₃
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

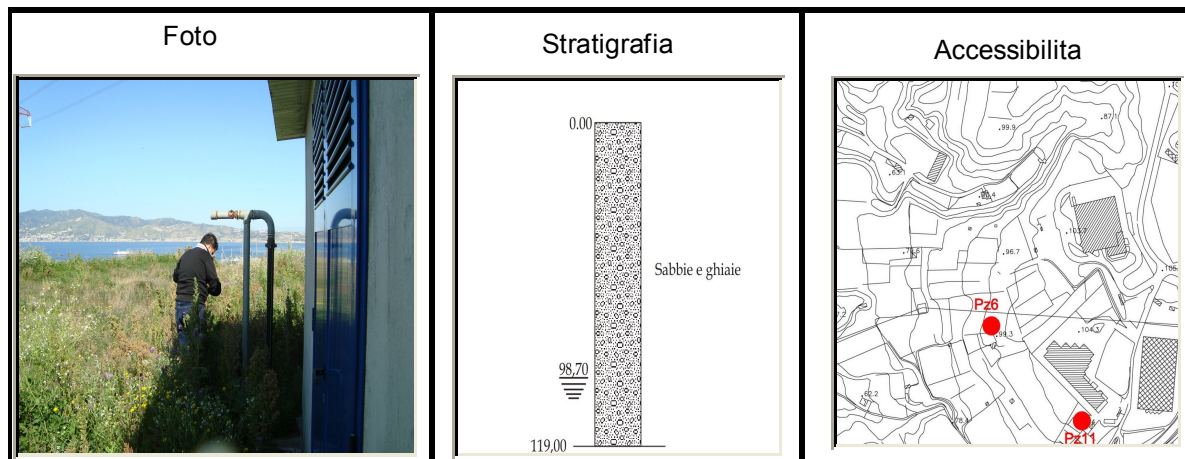
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria °C	Temperatura acqua °C	pH	EC mS/cm	TDS mg/l
28	23,1	6,83	566	342

Determinazioni
in laboratorio

Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
53	16	27	4	33	70	145	28

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

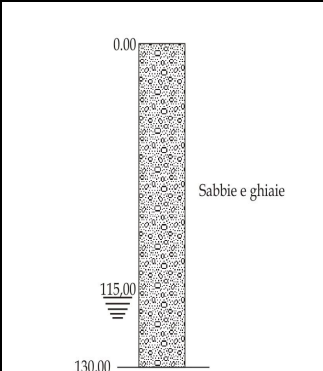
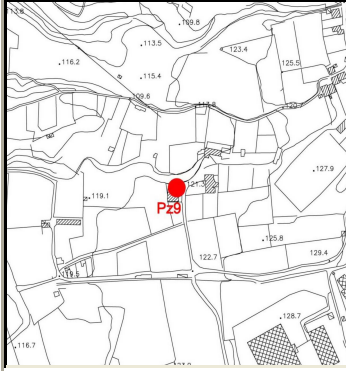
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in campagna	28		21,9		6,66	1265	790	
	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
Determinazioni in laboratorio	104	45	75	7	90	133	323	115

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

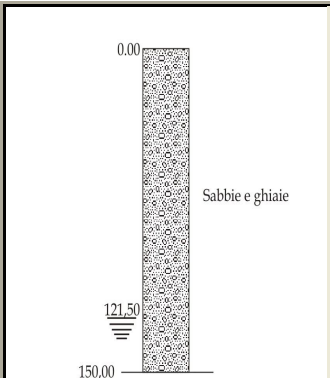
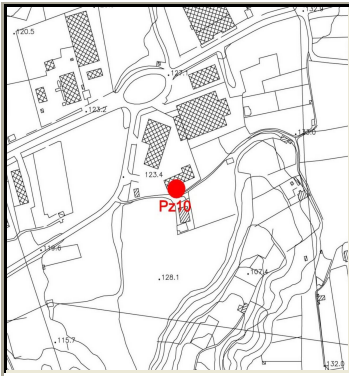
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
	27		20,3		7,2	845	517	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
	91	21	47	6	53	84	277	54

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	01/04/2010
	Località	ZONA INDUSTRIALE C		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4228630
--------------	---------

Acquifero	
-----------	--

Coordinate E	2576637
--------------	---------

Tipo di acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	100
------------	-----

Profondità m da pc 140

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Attina srl
--------------	------------

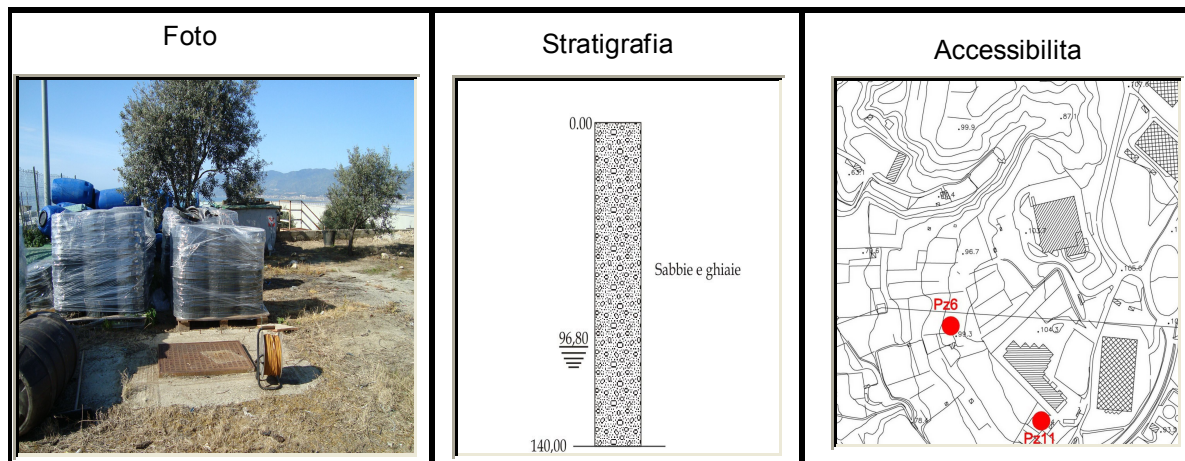
Livello	m	l/s
---------	---	-----

Uso

Industriale

Portata di esercizio l/s

Note



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi PZ15

Settore	Calabria
Provincia	Reggio Calabria
Comune	VILLA SAN GIOVANNI
Località	VALLONE IMMACOLAT

Rilevatore	Virduci
------------	---------

Data	27/04/2010
------	------------

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4230324
--------------	---------

Acquifero	
-----------	--

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	45
------------	----

Tipo di acquifero

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativ

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario	Comune villa
--------------	--------------

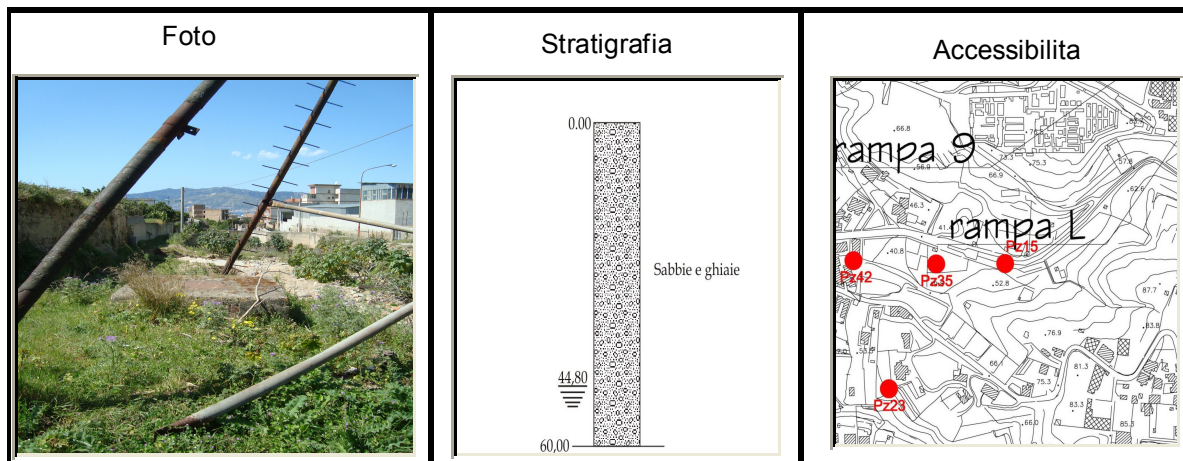
	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso	In disuso
-----	-----------

Portata di esercizio l/s

Note

IN DISUSO



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

SO4
mg/l

HCO₃-CO₃
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

IN DISUSO



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO₄
mg/l

HCO₃-CO₃
mg/l

NO₃
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia

Comune Data

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata

Livello m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

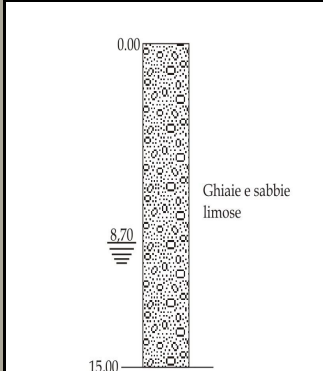
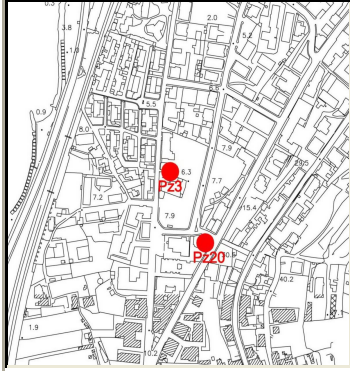
Depress. Portata

Livello m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	18/06/2010
	Località	VILLA S.G. HOTEL IL D		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4229715
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2575784
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	12
------------	----

Profondità m da pc 12

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

Livello	m	l/s
---------	---	-----

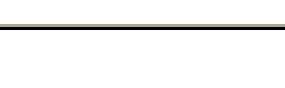
Uso

Antincendio

Portata di esercizio l/s

Note

Pozzo non più in esercizio

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	10/05/2010
	Località	PORTICELLO		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4232450
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2578350
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

10

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

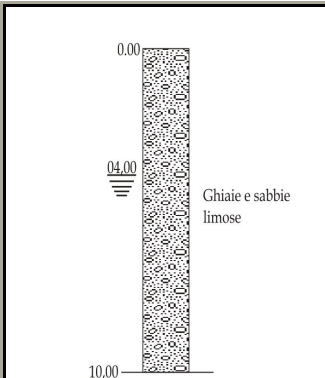
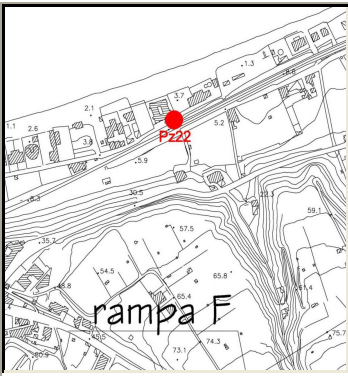
Livello	m	l/s
---------	---	-----

Uso

Irriguo

Portata di esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

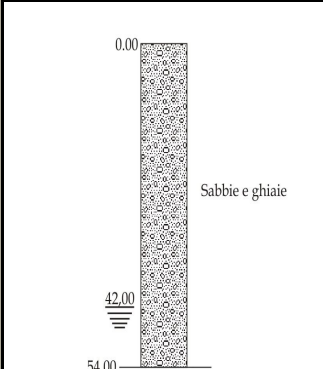
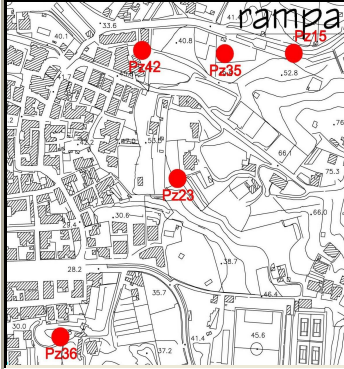
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm		TDS mg/l
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

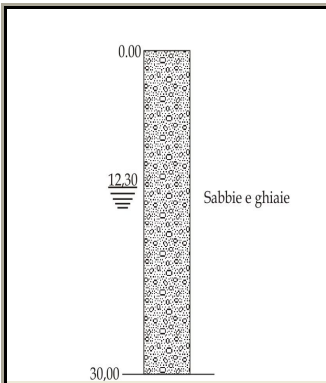
Depress. Portata

Livello m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	19/05/2010
	Località	PORTICELLO		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4232863
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2579013
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc	19,5
--------------------	------

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

Livello	m	l/s
---------	---	-----

Uso	Irriguo
-----	---------

Portata di esercizio l/s

Note

--

Foto	Stratigrafia	Accessibilita

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☒

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☐

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

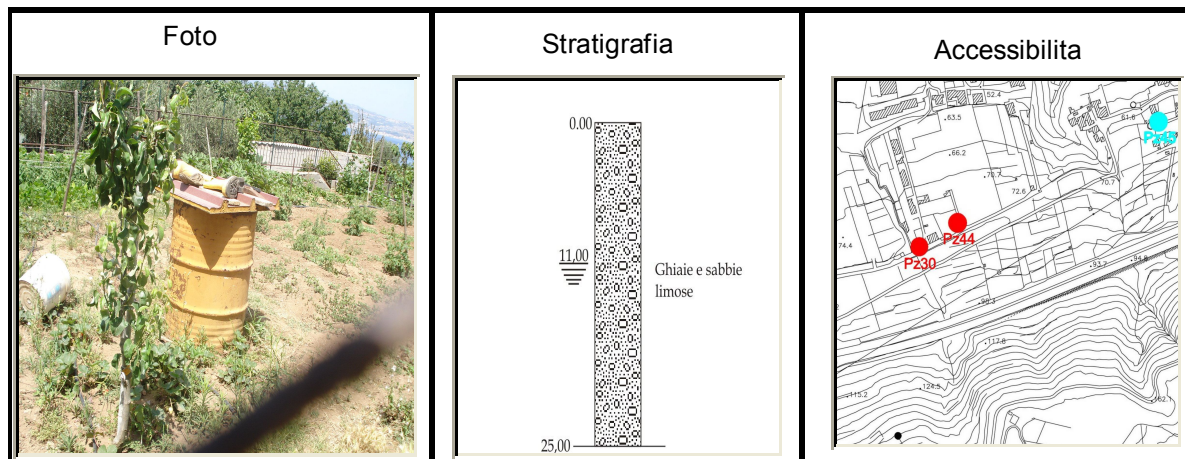
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
	32		29,2		6,86	803	491	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
	58	25	53	5	62	111	186	20

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	24/05/2010
	Località	V.NE SAN FILIPPO NE		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4229082
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2575966
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	42
------------	----

Profondità m da pc 50

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

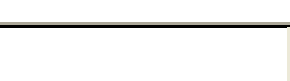
	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso	Irriguo
-----	---------

Portata di esercizio l/s

ote

Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

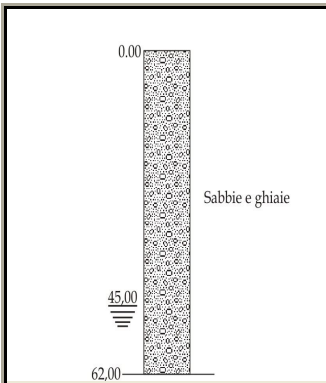
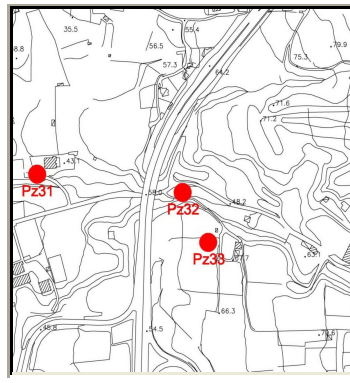
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

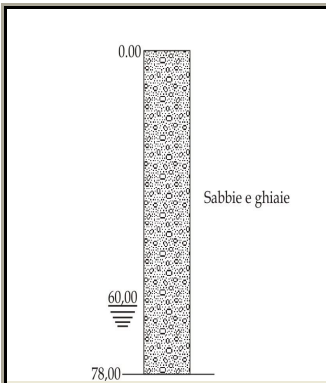
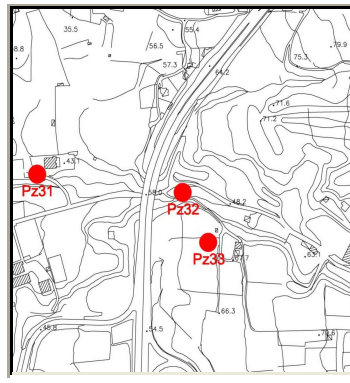
Depress. Portata

Livello m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

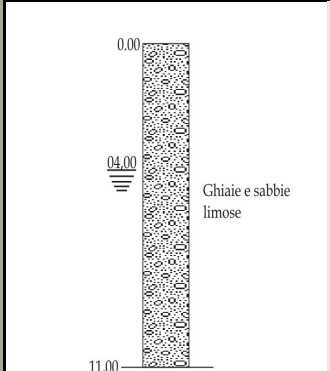
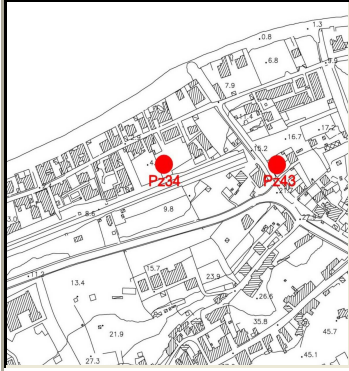
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

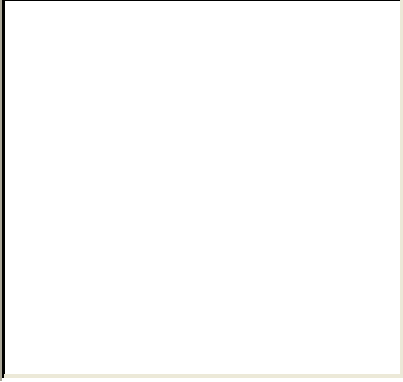
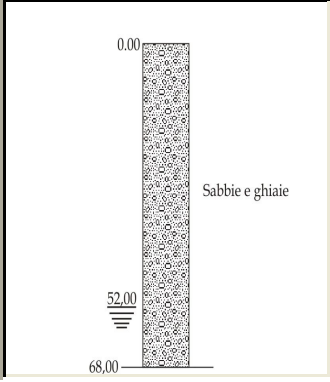
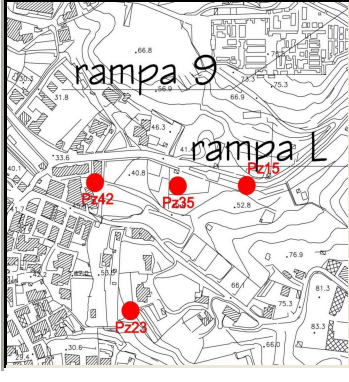
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm		TDS mg/l
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

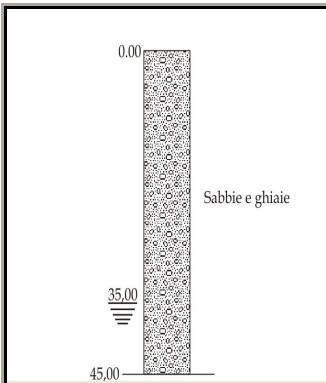
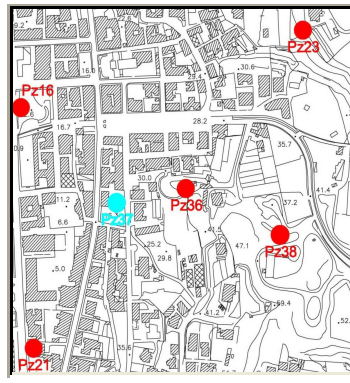
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm		TDS mg/l
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	16/06/2010
	Località	CENTRO		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☒

Coordinate N	4229915
--------------	---------

Acquifero

--

Pozzo perforato ☒

Coordinate E	2575905
--------------	---------

Tipo di

Quota m sl	23
------------	----

Profondità m da pc	25
--------------------	----

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

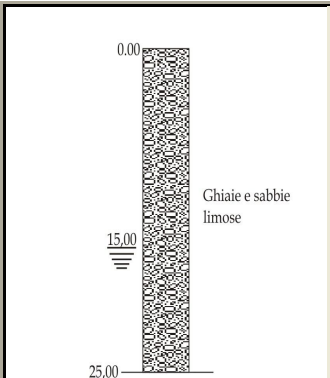
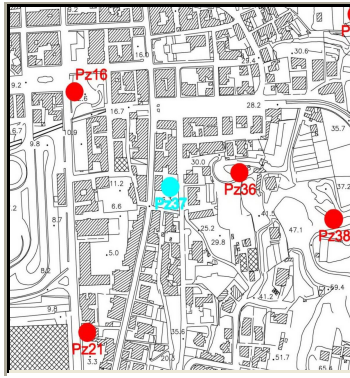
Proprietario	Privato
--------------	---------

	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso	Irriguo
-----	---------

Portata di esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

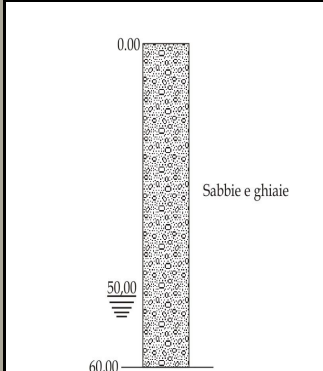
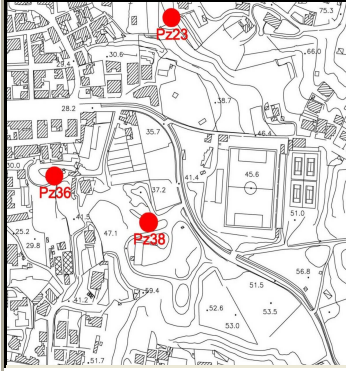
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	09/06/2010
	Località	PEZZO INF.		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4231617
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2576067
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	10
------------	----

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso	Irriguo
-----	---------

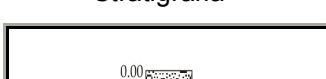
Portata di esercizio l/s

ote

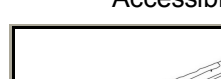
Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/lK
mg/lCl
mg/lSO4
mg/l

HCO₃-CO₃
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	16/06/2010
	Località	BOLANO		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato	☒
---------------	-------------------------------------

Coordinate N	4228770
--------------	---------

Acquifero

--

Coordinate E	2575630
--------------	---------

Tipo di

Pozzo perforato ☐

Quota m sl	6
------------	---

Profondità m da pc	3,5
--------------------	-----

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

	Depress.	Portata
Livello	m	l/s

Uso	Irriguo
-----	---------

Portata di esercizio l/s

Note

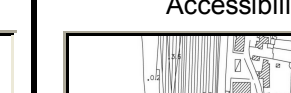
Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cmTDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

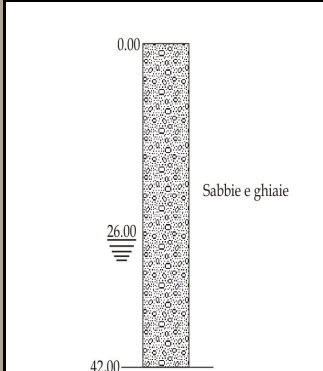
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

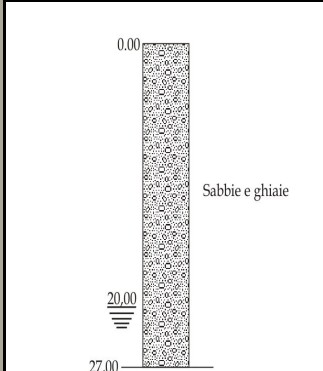
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

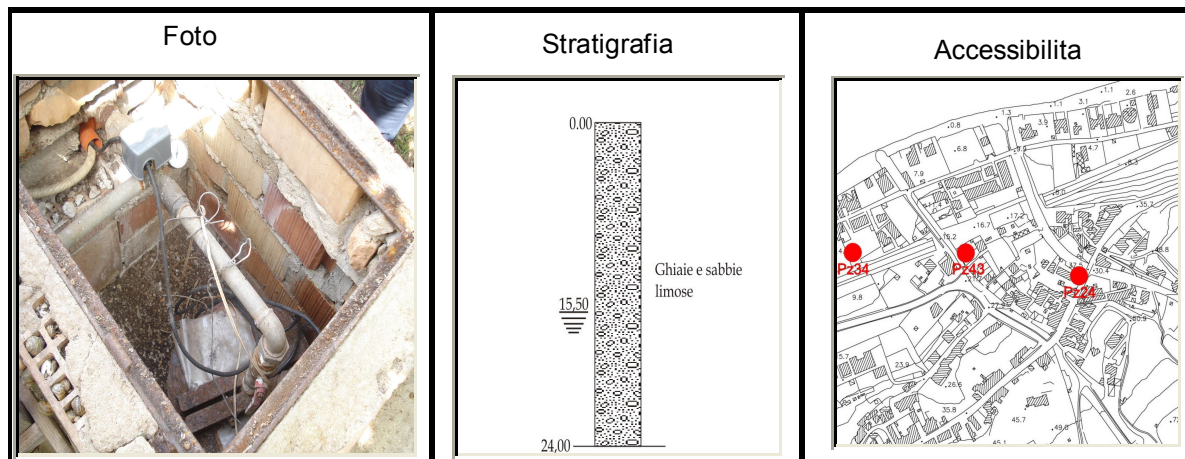
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna	Temperatura aria °C		Temperatura acqua °C		pH	EC mS/cm	TDS mg/l	
	29		24,3		7,67	967	600	
Determinazioni in laboratorio	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3-CO3 mg/l	NO3 mg/l
	86	24	61	6	70	108	265	28

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi

Settore Rilevatore

Provincia Data

Comune

Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Proprietario

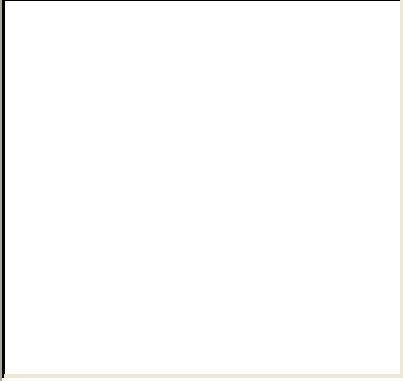
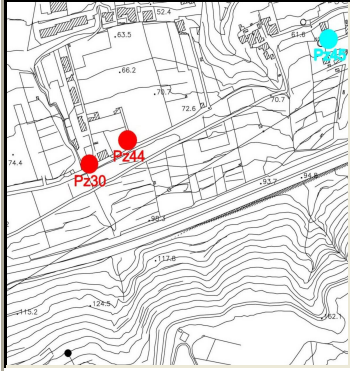
Depress. Portata

Livello m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi	Settore	Calabria	Rilevatore	Virduci
	Provincia	Reggio Calabria		
	Comune	VILLA SAN GIOVANNI	Data	27/04/2010
	Località	TORRENTE ZAGARELL		

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N	4231922,445
--------------	-------------

Acquifero

--

Coordinate E	2578069,387
--------------	-------------

Tipo di

Pozzo perforato ☒

Quota m sl	60
------------	----

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

Depress. Portata

Proprietario	Privato
--------------	---------

Livello	m	l/s
---------	---	-----

Uso

Irriguo

Portata di esercizio l/s

ote

Foto	Stratigrafia	Accessibilità

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

°C pH

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni in laboratorio

Ca
mg/lMg
mg/lNa
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/lSO4
mg/lHCO3-CO3
mg/lNO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi Settore Rilevatore
Provincia Data
Comune
Località

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N

Acquifero

Coordinate E

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c.

Data

Prova di portata

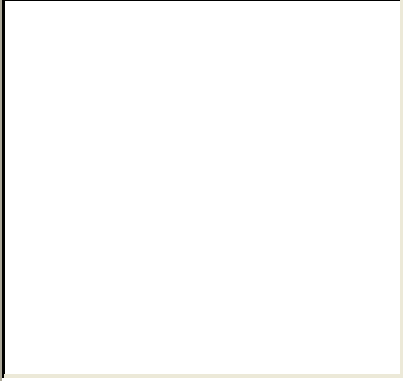
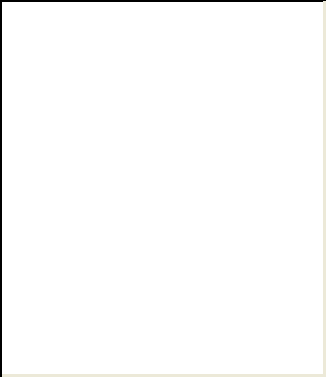
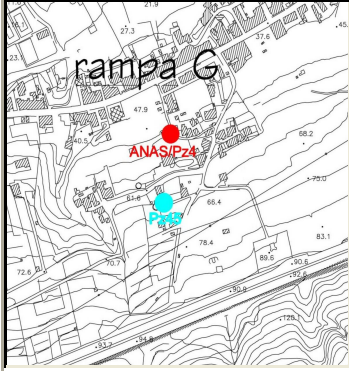
Proprietario

Depress. Portata
m l/s

Uso

Portata di
esercizio l/s

Note

Foto	Stratigrafia	Accessibilità
		

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

Temperatura acqua °C

pH

EC
mS/cm

TDS
mg/l

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

SCHEDA POZZO O
SONDAGGIO

LOCALIZZAZIONE

N° identi **ANAS/Pz5**

Settore **Calabria** Rilevatore **Virduci**

Provincia **Reggio Calabria**

Comune **VILLA SAN GIOVANNI** Data **27/04/2010**

Località **GALLERIA PIALE**

Tipo di opera

Coordinate GB Fuso Est (ED 50)

Dati idrogeologici

Pozzo scavato ☐

Coordinate N **4230891,6191**

Acquifero

Coordinate E **2576865,799**

Tipo di
acquifero

Pozzo perforato ☒

Quota m sl **120**

Profondità m da pc

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Dati amministrativi

Livello statico
m da p.c. **27,5**

Data

Prova di portata

Proprietario **Privato**

Depress. Portata
m l/s

Uso **Irriguo**

Portata di
esercizio l/s **0,1**

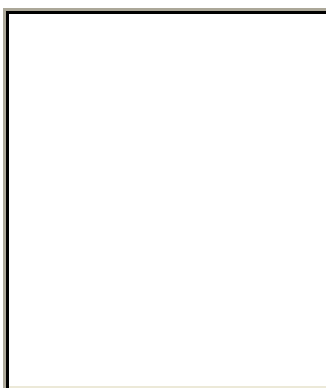
Note

Monitorato dall'ANAS

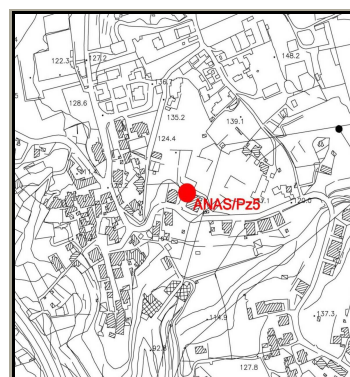
Foto



Stratigrafia



Accessibilità



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

Determinazioni in
campagna

Temperatura aria
°C

15,4

Temperatura acqua °C

16,9

pH

7,96

EC
mS/cm

TDS
mg/l

869

Determinazioni
in laboratorio

Ca
mg/l

Mg
mg/l

Na
mg/l

K
mg/l

Cl
mg/l

SO4
mg/l

HCO3-CO3
mg/l

NO3
mg/l

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PROVE DI EMUNGIMENTO

Identificativo Pozzo		PZ23	
Prof. pozzo (m dal. Boccaforo):		54,0	
Livello statico (m dal. Boccaforo):		42,0	
Spessore acquifero (m dal. Boccaforo):		12,0	
Portata emunta (m³/s):		0,0034	
Tempo (min)	letture (m)	ΔV (m)	Diagramma abbassamenti-tempi Tempo (min) Abbassamenti (m)
5	42,98	0,98	
10	43,12	1,12	
15	43,56	1,56	
20	43,81	1,81	
25	44,02	2,02	
30	44,15	2,15	
40	44,21	2,21	
50	44,29	2,29	
60	44,36	2,36	
70	44,41	2,41	
80	44,42	2,42	
90	44,43	2,43	
100	44,45	2,45	
120	44,47	2,47	
140	44,48	2,48	
160	44,48	2,48	
180	44,49	2,49	
200	44,51	2,51	
250	44,52	2,52	
300	44,53	2,53	
400	44,54	2,54	
500	44,56	2,56	
600	44,57	2,57	
700	44,58	2,58	
800	44,58	2,58	
900	44,59	2,59	
1000	44,60	2,60	
Depressione max (m)		2,60	
Portata specifica (m³/s)		0,0013	
Trammissività (m²/s):		3,46E-03	
Permeabilità (m/s):		2,88E-04	

		Identificativo Pozzo	PZ31			
		Prof. pozzo (m dal . Boccaforo):	50,0			
		Livello statico (m dal . Boccaforo):	40,0			
		Spessore acquifero (m dal . Boccaforo):	10,0			
		Portata emunta (m³/s):	0,0048			
Tempo (min)	letture (m)	ΔV (m)				
5	41,10	1,10	Diagramma abbassamenti-tempi Tempo (min)			
10	41,52	1,52				
15	41,74	1,74				
20	41,83	1,83				
25	41,92	1,92				
30	41,98	1,98				
40	42,01	2,01				
50	42,05	2,05				
60	42,09	2,09				
70	42,13	2,13				
80	42,16	2,16				
90	42,19	2,19				
100	42,22	2,22				
120	42,23	2,23				
140	42,25	2,25				
160	42,31	2,31				
180	42,39	2,39				
200	42,45	2,45				
250	42,51	2,51				
300	42,63	2,63				
400	42,71	2,71				
500	42,86	2,86				
600	42,95	2,95				
700	42,99	2,99				
800	43,04	3,04				
900	43,08	3,08				
1000	43,12	3,12				
		Depressione max (m)	3,12		Portata specifica (m³/s)	0,0015
		Tramissività (m²/s):	1,14E-03			
		Permeabilità (m/s):	1,14E-04			

		Identificativo Pozzo	PZ43		
		Prof. pozzo (m dal . Boccaforo):	24,00		
		Livello statico (m dal . Boccaforo):	15,5		
		Spessore acquifero (m dal . Boccaforo):	8,50		
		Portata emunta (m³/s):	0,013		
Tempo (min)	letture (m)	ΔV (m)			
5	15,80	0,30	Diagramma abbassamenti-tempi Tempo (min) Abbassamenti (m)		
10	16,25	0,75			
15	16,37	0,87			
20	16,41	0,91			
25	16,45	0,95			
30	16,48	0,98			
40	16,49	0,99			
50	16,53	1,03			
60	16,56	1,06			
70	16,59	1,09			
80	16,68	1,18			
90	16,70	1,20			
100	16,73	1,23			
120	16,76	1,26			
140	16,79	1,29			
160	16,81	1,31			
180	16,84	1,34			
200	16,87	1,37			
250	16,89	1,39			
300	16,90	1,40			
400	16,92	1,42			
500	16,94	1,44			
600	16,97	1,47			
700	16,98	1,48			
800	16,99	1,49			
900	17,01	1,51			
1000	17,03	1,53			
Depressione max (m)	1,53		Portata specifica (m³/s)	0,0085	
		Trammissività (m²/s):	1,08E-02		
		Permeabilità (m/s):	1,27E-03		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROGEOLOGICA DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> AC0038_F0_F0		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CERTIFICATI CHIMICO – FISICI

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446642 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3740/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara
Via Veneto, 62
95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.740 **Data ricevimento:** 24/06/10 **Data inizio prove:** 24/06/10 **Data termine prove:** 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 30 - Località Valle di Canne
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente **Data di Campionamento:** 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	29 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	6,9 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	714 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	62 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	111 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	58 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	25 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	53 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	5 mg/L (K)		
Nitrati	UNI EN ISO 10304-1:1997	20 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	< 0,05 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	186 mg/L (HCO3)		
Ammoniacale (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0.26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	< 20 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	< 5 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	24,8 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3741/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara
Via Veneto, 62
95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.741 Data ricevimento: 24/06/10 Data inizio prove: 24/06/10 Data termine prove: 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 6 - Località Zona Industriale Campo
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 Restituzione Campione: No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente Data di Campionamento: 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	23 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	6,8 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	497 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	33 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	70 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	53 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	16 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	27 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	4 mg/L (K)		
Nitrati	UNI EN ISO 10304-1:1997	28 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	< 0.05 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	145 mg/L (HCO3)		
Ammoniaca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0.26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	39 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	< 5 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	19,4 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3742/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara

Via Veneto, 62

95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.742 **Data ricevimento:** 24/06/10 **Data inizio prove:** 24/06/10 **Data termine prove:** 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 10 - Località Zona Industriale
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente **Data di Campionamento:** 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	20 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	7,2 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	752 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	53 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	84 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	91 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	21 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	47 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	6 mg/L (K)		
Nitrati .	UNI EN ISO 10304-1:1997	54 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	0,07 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	277 mg/L (HCO3)		
Ammoniacca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0,26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	351 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	33 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	31,4 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3743/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara
Via Veneto, 62
95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.743 **Data ricevimento:** 24/06/10 **Data inizio prove:** 24/06/10 **Data termine prove:** 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 43 - Località Torrente Zagarella
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente **Data di Campionamento:** 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	24 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	7.7 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	872 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	70 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	108 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	86 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	24 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	61 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	6 mg/L (K)		
Nitrati .	UNI EN ISO 10304-1:1997	28 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	< 0,05 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	265 mg/L (HCO3)		
Ammoniaca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0,26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	57 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	8 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	31,4 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3744/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara

Via Veneto, 62

95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.744 **Data ricevimento:** 24/06/10 **Data inizio prove:** 24/06/10 **Data termine prove:** 06/07/10

Categoria Merceologica: ACQUE

Prodotto dichiarato: Acqua

Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 9 - Località Piano d'Arena

Etichetta Campione:

Descrizione Sigillo:

Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No

Imballaggio:

Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente **Data di Campionamento:** 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	22 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	6,6 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	1 148 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	90 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	133 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	104 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	45 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	75 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	7 mg/L (K)		
Nitrati .	UNI EN ISO 10304-1:1997	115 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	< 0,05 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	323 mg/L (HCO3)		
Ammoniacca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0,26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	< 20 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	< 5 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	44,5 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3745/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara
Via Veneto, 62
95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.745 **Data ricevimento:** 24/06/10 **Data inizio prove:** 24/06/10 **Data termine prove:** 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo PZ 2 - Località Villa S. Giovanni Via Micene
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente **Data di Campionamento:** 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	20 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	7,0 Unità pH		(144)
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	1160 microS/cm20°C		(144)
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	137 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	130 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	102 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	13 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	136 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	5 mg/L (K)		
Nitrati .	UNI EN ISO 10304-1:1997	64 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	0.27 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	284 mg/L (HCO3)		
Ammoniaca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0.26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	292 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	6 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	30.8 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3746/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara

Via Veneto, 62

95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.746 Data ricevimento: 24/06/10 Data inizio prove: 24/06/10 Data termine prove: 05/07/10
Categoria Merceologica: ACQUE
Prodotto dichiarato: Acqua
Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo C 424 - Località Cannitello - cimitero
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 Restituzione Campione: No
Imballaggio:
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente Data di Campionamento: 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	20 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	7,7 Unità pH		(144
Conducibilità elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	1 156 microS/cm20°C		(144
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	162 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	144 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	113 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	21 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	117 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	9 mg/L (K)		
Nitrati	UNI EN ISO 10304-1:1997	3 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	0,22 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	348 mg/L (HCO3)		
Ammoniaca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0,26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	1 891 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	118 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	36,9 °F		

**Dott. BRUNO CÀTARA**

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 16G - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9

THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 3747/10

Catania 06/07/10

Committente: Prof. Dott. Vincenzo Ferrara

Via Veneto, 62

95024 Acireale (CT)

Numero campione: 3.747 Data ricevimento: 24/06/10 Data inizio prove: 24/06/10 Data termine prove: 06/07/10

Categoria Merceologica: ACQUE

Prodotto dichiarato: Acqua

Descrizione Campione: Ponte sullo stretto di Messina - Rocksoil s.p.a. - Milano
Pozzo C 412 - Località Piale

Etichetta Campione:

Descrizione Sigillo:

Quantità Campione: 1 Restituzione Campione: No

Imballaggio:

Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente Data di Campionamento: 24/06/10

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
PARAMETRI CHIMICO-FISICI	-	-		
Temperatura	APAT 29/03 - met. 2100	21 °C		
pH (metodo potenziometrico)	ISS.BCA.023.rev. 00	7,7 Unità pH		(144
Conduttività elettrica (20°C)	ISS.BDA.022.rev. 00	567 microS/cm20°C		(144
Cloruri	UNI EN ISO 10304 -1:2009	58 mg/L (Cl)		
Solfati	UNI EN ISO 10304 -1:2009	59 mg/L (SO4)		
Calcio	UNI EN ISO 14911:2001	46 mg/L (Ca)		
Magnesio	UNI EN ISO 14911:2001	13 mg/L (Mg)		
Sodio	UNI EN ISO 14911:2001	53 mg/L (Na)		
Potassio	UNI EN ISO 14911:2001	4 mg/L (K)		
Nitrati	UNI EN ISO 10304-1:1997	29 mg/L (NO3)		
Nitriti	APAT 29/03 - met. 4050	0,12 mg/L (NO2)		
Carbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	0 mg/L (CO3)		
Bicarbonati	APAT 29/03 - met. 2010/B	149 mg/L (HCO3)		
Ammoniaca (NH4)	APAT 29/03 - met. 4030/C	< 0,26 mg/L		
Ferro	EPA 200.2:1994 + EPA 200.7:1994	2 663 µg/L (Fe)		
Manganese	EPA 200.2 rev. 2.8:1994 + EPA 200.7 rev. 4.4:1994	86 µg/L (Mn)		
Durezza totale	Per calcolo	16,8 °F		