

VALUTAZIONE DEL DANNO AMBIENTALE CONSEGUENTE AI LAVORI
PER LA REALIZZAZIONE DELLA FERROVIA AD ALTA VELOCITÀ MILANO – NAPOLI
(TRATTO IN TERRITORIO TOSCANO FRA FIRENZE E BOLOGNA)

Valutazione del danno subito dalle risorse idriche

Premessa	2
1 – L’OPERA E I CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO	4
2 – L’AMBIENTE ANTE OPERAM	8
2.1 – Il clima	8
2.2 – La situazione geologica	11
2.3 – Caratteristiche generali degli acquiferi	16
2.4 – Caratteristiche generali delle sorgenti e loro eventuale utilizzazione	19
2.5 – Caratteristiche dei pozzi e loro eventuale utilizzazione	21
2.6 – Le acque superficiali, il loro regime e le utilizzazioni	22
3 – IL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	24
3.1 Individuazione dei punti di monitoraggio idrogeologico	24
3.2 La frequenza delle misurazioni	27
4 – GLI IMPATTI SULLE RISORSE IDRICHE	28
4.1 – Le conseguenze dello scavo di una galleria drenante sulla circolazione idrica in ammassi rocciosi fratturati	28
4.1.1 - I modelli idrogeologici applicati	29
4.2 - Cronistoria degli eventi dall’inizio dei lavori, per ogni fronte di scavo	30
4.3 – Quadro sintetico degli impatti sulle risorse idriche	34
4.3.1 – Metodologia di valutazione	34
4.3.2 – Impatti sulle sorgenti	35
4.3.3 – Impatti sui corsi d’acqua	47
4.3.4 Conseguenze della mancanza di deflusso negli alvei	51
4.4 – I volumi di acqua drenati dalle gallerie	53
4.5 – L’impatto sul chimismo delle acque e sulla “riserva geologica”	58
4.6 - L’estensione areale degli impatti sulle risorse idriche e la possibilità di estensione futura del danno	63
5 – QUANTIFICAZIONE DEL COSTO DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO	65
6 - CONCLUSIONI – RISPOSTA AI QUESITI	66
APPENDICE: Casi emblematici	69
A1.1 – Le sorgenti di Casa d’Erci e lo scavo della galleria di Firenzuola	71
A1.2 - Situazione al contorno del tratto meridionale della galleria di Firenzuola, al Settembre 2003	74
A1.3 - Situazione al contorno del tratto settentrionale della galleria di Firenzuola, al Settembre 2003	75
APPENDICE 2	80
Analisi climatica circa le anomalie riscontrate alla sorgente “I Guazzini”	80
(indagine OAL del 27.07.2000)	80
BIBLIOGRAFIA	83

Premessa

L'acqua costituisce una risorsa naturale fondamentale in quanto assolve due principali funzioni:

- i) *soddisfa gli usi domestici, industriali e agricoli delle popolazioni;*
- ii) *assicura il mantenimento degli ecosistemi naturali (flora, fauna).*

Semplificando il concetto, si può asserire che la vivibilità di un territorio, e la sua produttività, dipendono strettamente dalla quantità d'acqua disponibile, sia sottoforma di acque sotterranee (sorgenti, falde acquifere) che di acque superficiali (corsi d'acqua, invasi naturali o artificiali). Pertanto, una diminuzione della disponibilità ("impoverimento") sia per cause naturali (diminuzione degli afflussi meteorici) o artificiali (opere dell'uomo) può indurre situazioni di grave crisi sia dell'ambiente naturale che del tessuto sociale ed economico di un determinato comprensorio.

Nel corso dei lavori per la realizzazione del tratto toscano della cosiddetta "Ferrovia ad Alta Velocità" Milano-Napoli, in seguito citata con l'acronimo "AV", che prevede un tracciato caratterizzato da tre gallerie principali (Vaglia, km 18,561; Firenzuola, km 15,060; Raticosa, parte terminale) e di altre minori, si sono verificati impatti sulle risorse idriche superficiali e profonde superiori alle previsioni di progetto. Soprattutto in conseguenza degli scavi di dette gallerie, alcune sorgenti di importanza strategica per usi civili, e altre minori, hanno fatto registrare diminuzioni significative di portata, anche fino al completo esaurimento; contemporaneamente, alcuni tratti di fossi e torrenti caratterizzati da deflusso perenne, ancorché modesto, si sono venuti a trovare in condizioni anomale di "secca" per lunghi periodi (mesi); alcuni pozzi sia per usi civili che agricoli, anche spinti a profondità notevoli, hanno fatto registrare significativi abbassamenti del livello statico, talora fino al completo prosciugamento.

Tale situazione di acclarata diminuzione di disponibilità della risorsa idrica nell'intero comprensorio interessato dai lavori AV, ha comportato pesanti conseguenze non solo sulle utenze civili, agro-zootecniche o industriali, ma anche sul delicato equilibrio dell'ecosistema montano, influenzando negativamente sia sulla flora che sulla fauna. In conseguenza di ciò è stata promossa un'azione legale contro i realizzatori dell'opera, volta al risarcimento del danno subito dalla comunità.

Il Pubblico Ministero incaricato dell'inchiesta nominava un Gruppo di Consulenza coordinato dal prof. Donato Romano, cui fu affidato il compito della valutazione globale del danno in termini economici. Per quanto riguarda la quantificazione della diminuita disponibilità di risorsa idrica, i quesiti posti allo scrivente, esperto del settore, circa il "**danno alle risorse idriche in relazione alle condotte contestate agli imputati**", erano i seguenti:

- 1 – *quale sia stato il danno complessivo stimabile in termini di impoverimento delle risorse idriche cagionato nel corso degli anni, dall'inizio dei lavori dei cantieri allo stato attuale;*
- 2 – *si specifichi il danno di cui al punto 1) distinguendolo per ciascuna delle risorse idriche indicate nel capo di imputazione alle lettere A) e B) e per altre eventualmente non rilevate;*
- 3 - *....omissis...*
- 4 - *...omissis.....*
- 5 – *in particolare si precisi, ove possibile, quanto delle risorse idriche emunte sia stato definitivamente sottratto e non sia ripristinabile o in caso di ripristino secondo fenomeni naturali, quanto tempo sia necessario perché si ristabilisca il medesimo livello pre-intervento;*
- 9 – *.....si quantifichi il costo degli interventi di ripristino eventualmente necessari.....*

L'analisi illustrata di seguito cercherà di rispondere nel modo più esauriente possibile, mediante un esame critico della documentazione prodotta nel tempo sia dal Consorzio

CAVET (schede idrogeologiche mensili, Piano di Monitoraggio Ambientale) che dagli Enti di controllo sulla esecuzione dei lavori (ARPAT - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana; OAN - Osservatorio Ambientale Nazionale del Ministero dell'Ambiente). E' stata inoltre consultata la letteratura geologica inerente l'area interessata dai lavori, nonché alcune recenti pubblicazioni a stampa che illustrano metodologie di valutazione delle modificazioni del bilancio idrogeologico locale, manifestatisi nel corso dei lavori e ancora in atto.

Lo scrivente consulente ha inoltre effettuato sopralluoghi nelle aree critiche, al fine di validare o meno i dati forniti dal Consorzio CAVET.

Conoscenza personale dei luoghi

1 – L’OPERA E I CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO

L’opera di cui trattasi costituisce il tratto Bologna-Firenze del collegamento ferroviario veloce che unirà Milano a Napoli. Tale iniziativa, comunemente definita come “Alta Velocità” o, più recentemente, come “Quadruplicamento Veloce” o, ancora, come “Alta Capacità”, interessa la Toscana e, in particolare, la Provincia di Firenze, su entrambi i versanti della dorsale appenninica principale. La quasi totalità del tracciato, facendo eccezione per le pendici meridionali di Monte Morello (Comuni di Firenze e di Sesto Fiorentino), interessa i territori del Mugello (Comuni di Vaglia, San Piero a Sieve, Borgo San Lorenzo, Scarperia) e dell’Alto Mugello (Comune di Firenzuola) (**fig. 1.1**).

Dovendo collegare la tratta emiliana con la conca di Firenzuola e le depressioni del Mugello e del bacino di Firenze, separate rispettivamente dalla dorsale Raticosa - M. La Fine, dallo spartiacque principale appenninico, e dalla dorsale M. Morello – M. Senario, la quasi totalità del percorso si svolge in galleria.

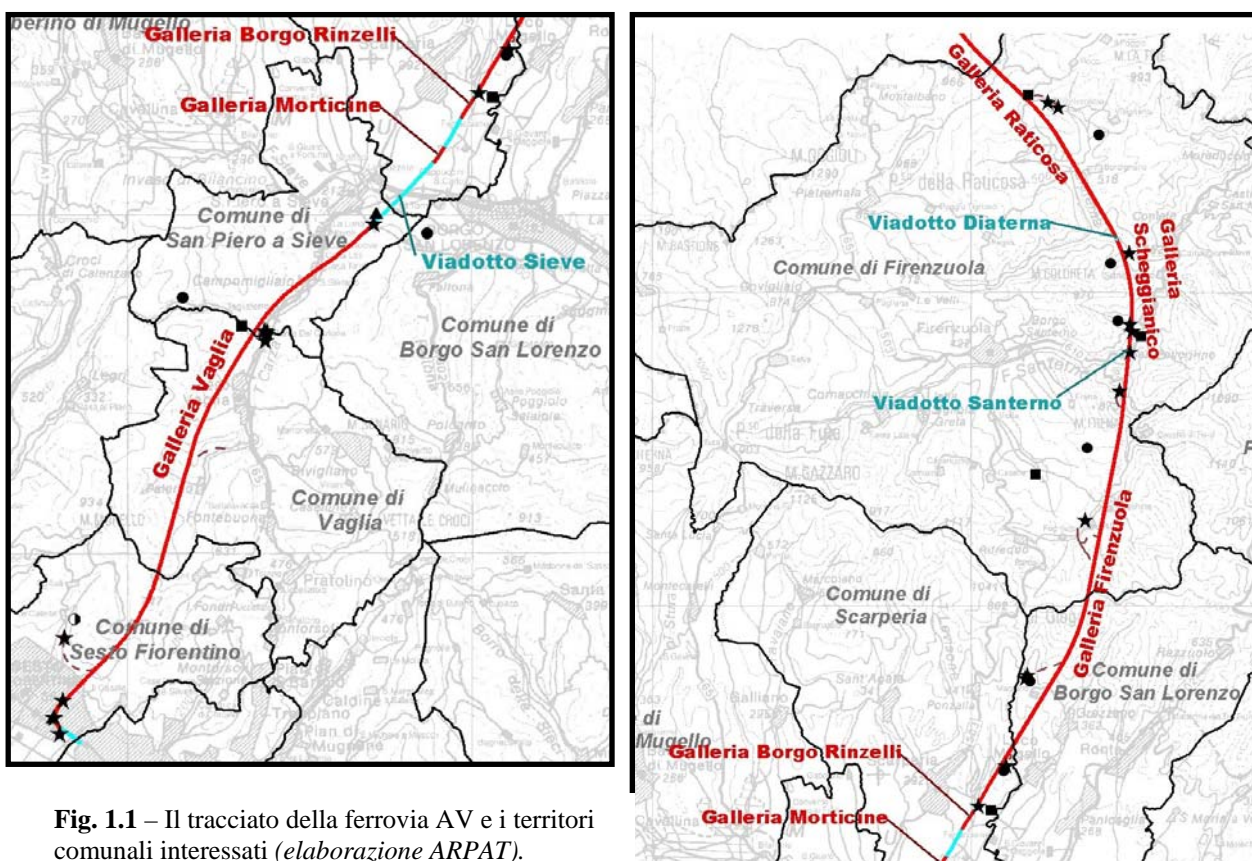


Fig. 1.1 – Il tracciato della ferrovia AV e i territori comunali interessati (*elaborazione ARPAT*).

Per procedere agli scavi delle gallerie su più fronti, il progetto prevedeva la realizzazione delle seguenti “finestre” e cunicoli (**fig. 1.2**):

Galleria Raticosa:

- Castelvechio (35+325)

Galleria Scheggianico:

- Brenzone (41+170)
- Brentana (43+503)

Galleria Firenzuola:

- Rovigo (46+000)
- Osteto (51+000)
- Marzano (54+450)
- San Giorgio (57+750)

Galleria Vaglia

- Carlone (69+302)
- Cunicolo da imbocco Cardini (73+697) a sbocco Ginori (80+214).

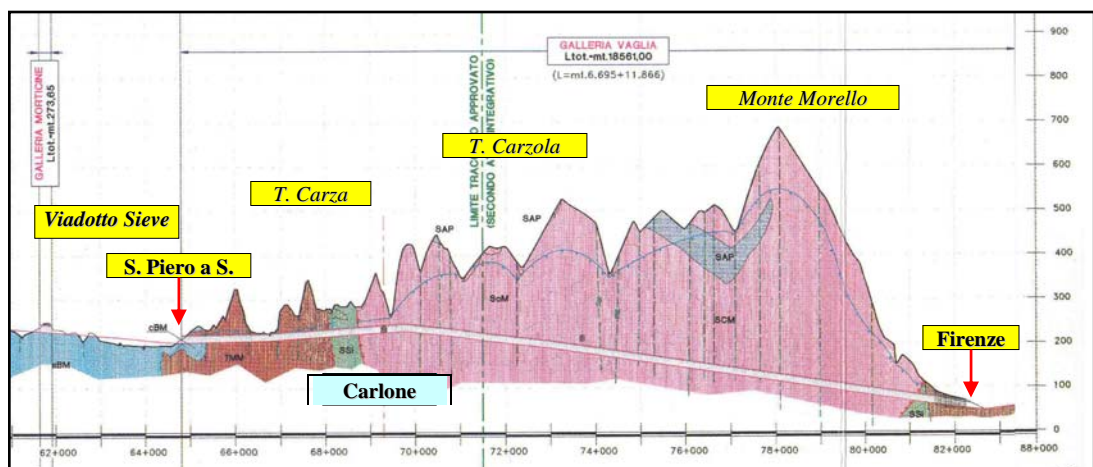
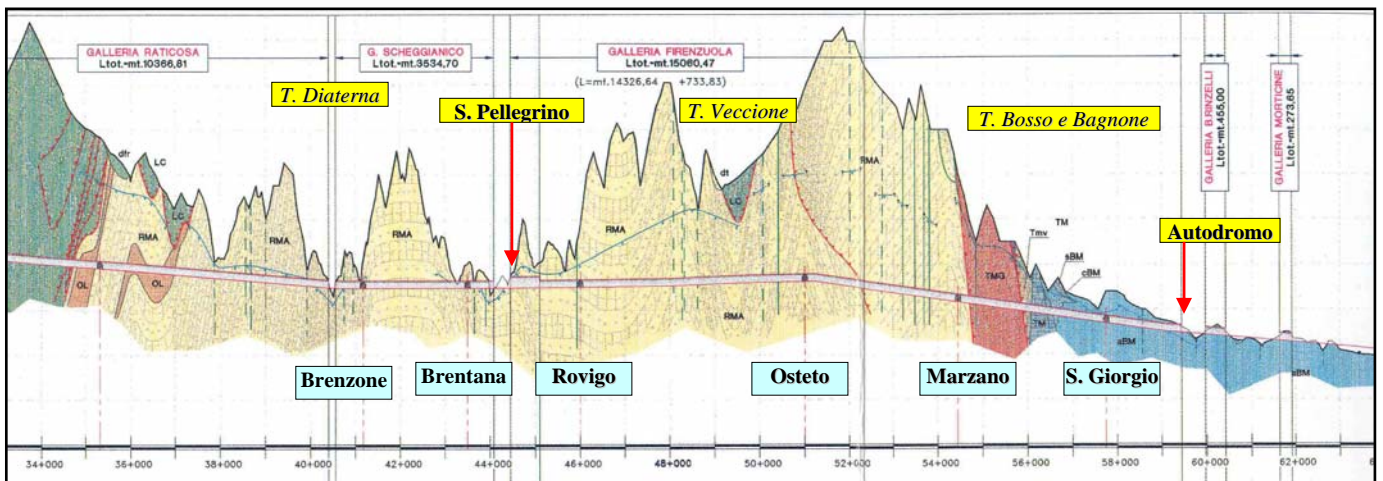


Fig. 1.2 – Profilo altimetrico e schema geologico del tracciato della ferrovia ad Alta Velocità in territorio toscano (da uscita sud galleria Raticosa a Firenze Castello).

Nei riquadri gialli le principali località e corsi d'acqua; nei riquadri celesti le "finestre" (da TAV/CAVET, con modifiche).

Dal punto di vista geografico-fisico il tracciato toscano insiste sui seguenti bacini idrografici (**fig. 1.3**).

Sul versante adriatico (bacino del Santerno):

- Torrente Diaterna, con i suoi affluenti Diaterna di Castelvecchio, Diaterna di Caburaccia, Diaterna Vàlica;
- Torrente Rovigo, con il suo affluente Veccione e tributari minori;
- Fiume Santerno, con i suoi affluenti Viola e Rio Frena.

Sul versante tirrenico (bacino della Sieve, sinistra idrografica):

- Torrente Levisone di Mulinuccio;
- Torrente Bagnone, con i suoi affluenti Fosso del Mandrio, Bagnoncino e Fiorentino;
- Torrente Bosso, con i suoi affluenti Fosso Cannaticce, Fosso Rampolli e Fosso Risolaia;
- Torrente Le Cale;
- Torrente Ensa, col suo affluente Fosso Farfereta.

Sul versante tirrenico (bacino della Sieve, destra idrografica):

- Fosso di Cardetole
- Torrente Carza, con i suoi affluenti Torrente Carlone, Torrente Carzola e Fosso Cerretana

Sul versante tirrenico (bacino dell'Arno – conca di Firenze):

- Torrente Zambra
- Torrente Rimaggio
- Torrente Terzolle

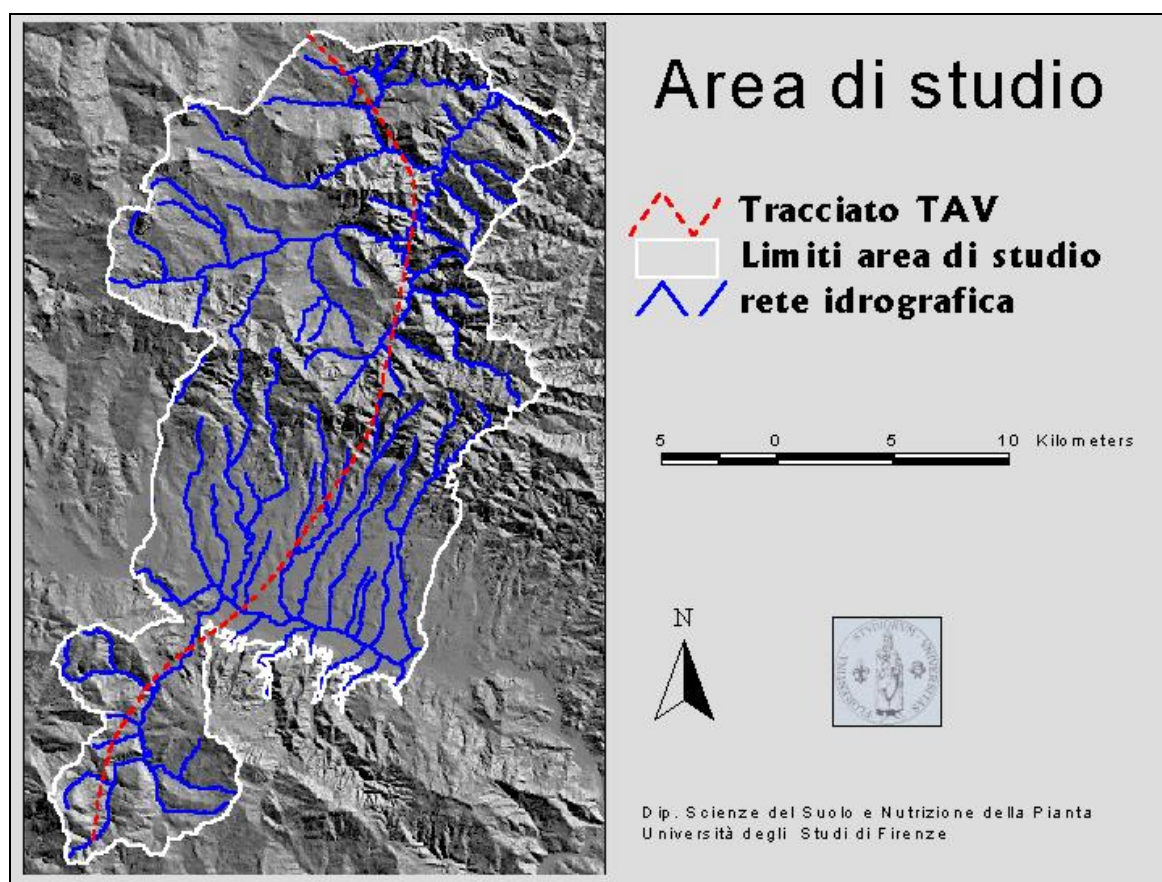


Fig. 1.3 – Insieme dei bacini idrografici interessati dai lavori AV, limitatamente agli affluenti del Fiume Sieve (da TRIMM).

Nel suo insieme il tracciato da Bologna a Firenze non percorre una linea retta a direzione Nord-Sud ma, compiendo una sorta di “S”, se ne discosta verso Est proprio nel settore toscano. Si pensa che le ragioni di questa “anomalia” siano state dettate da considerazioni di carattere geologico: per consentire un più agevole e celere avanzamento dei fronti di scavo, si è preferito attraversare formazioni geologiche a comportamento più “rigido”, come i flysch marnoso-arenacei (gallerie di Raticosa e Firenzuola) o calcareo-marnosi (galleria di Vaglia) piuttosto che quelle più “plastiche” ad elevata componente argillitica, come il “complesso caotico” o la formazione di Sillano (“argille scagliose” AUCT.) (**fig. 2.2.1**).

Deve essere anche premesso che le gallerie dell’intera tratta sono state progettate come “drenanti”, in modo da neutralizzare gli effetti di carichi idrostatici superiori a 5 bar (50 m di battente piezometrico), e da permettere l’adozione di un rivestimento definitivo in calcestruzzo non armato di spessore non superiore ai 90 cm, forse per contenere i costi. Si ricorda che in molti tratti delle gallerie il battente piezometrico supera abbondantemente il valore-limite dei 50 m.

2 – L'AMBIENTE ANTE OPERAM

2.1 – Il clima

Il clima di questo settore dell'Appennino Settentrionale può essere incluso nel tipo *csa* di Köppen, cioè “temperato con stagione arida”: la piovosità media annua è di circa 900-1000 mm nei fondovalle, ma può raggiungere i 1300-1400 mm alle quote più elevate. Le precipitazioni raggiungono i valori massimi in autunno (Novembre) o primavera (Aprile), mentre quelli minimi si registrano in estate (Luglio-Agosto).

La caratterizzazione del clima nel comprensorio interessato dai lavori AV, e in particolare del regime delle precipitazioni, si rende necessaria per dimostrare, se ancora ce ne fosse bisogno, che gli abbassamenti o, addirittura, l'azzeramento delle portate idriche in sorgenti, pozzi e tratti di alvei fluviali, manifestatisi a partire dal 1998, non dipendevano da carenza di afflussi meteorici, ma dal drenaggio degli acquiferi profondi operato dalle gallerie in corso di scavo. Infatti, chi era restio ad ammettere un'influenza diretta delle gallerie sulla diminuzione di portata di sorgenti, fossi e torrenti, chiamava in causa la scarsità di precipitazioni affluite al suolo nei primi mesi dell'anno 2000, quando si manifestarono i primi, chiari, sintomi di impatto sulla circolazione delle acque.

Si riportano di seguito le conclusioni di una parte del progetto TRIMM (*Tutela delle Risorse Idriche della Montagna Mugellana*), dedicata ad uno studio dettagliato del regime delle precipitazioni della zona, condotto dall'allora *Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale Applicata all'Agricoltura (IATA)*, ora *Istituto di Biometeorologia (IBIMET)* del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Si trattava, in particolare, di accertare, in modo oggettivo, in che misura l'andamento climatico dei primi mesi dell'anno 2000 avesse influito sulla diminuzione di portata (o sul totale prosciugamento) delle sorgenti, dei pozzi e dei fiumi ¹.

Il comprensorio interessato fu innanzitutto suddiviso nelle seguenti fasce morfometriche:

1. *bacino del torrente Carza da Pratolino (476 m s.l.m.) a San Piero a Sieve (205 m s.l.m.);*
2. *fondovalle del fiume Sieve da San Piero a Sieve a Borgo San Lorenzo (193 m s.l.m.);*
3. *pedemonte appenninico meridionale da Scarperia (292 m s.l.m.) a Ronta (364 m s.l.m.);*
4. *crinale appenninico da Razuolo (635 m s.l.m.) al passo del Giogo di Scarperia (903 m s.l.m.);*
5. *pedemonte appenninico settentrionale, Barco (745 m s.l.m.);*
6. *conca intermontana di Firenzuola (422 m.s.l.m.) e valle del Santerno;*
7. *bacino del torrente Diaterna, Caburaccia (558 m s.l.m.) e Piancaldoli (533 m s.l.m.).*

Considerando le suddette fasce, fu fatto riferimento alle stazioni meteorologiche, le cui caratteristiche sono riportate nella **tab. 2.1.1.1**. L'allestimento di un *data base* dei dati giornalieri delle precipitazioni, per il periodo 1971-2000, permise di ottenere un'analisi climatica con sufficiente validità statistica.

Un punto fermo nella metodologia dell'analisi climatologica è la costituzione di serie climatiche in cui tutti i parametri derivati dalle osservazioni giornaliere sono poi organizzati su base annuale. Questo permette un'analisi temporale dei parametri climatici, e delle loro variazioni, esprimibile in termini di anni e indica la presenza eventuale di tendenze positive o negative. I parametri derivati sono principalmente i cumulati stagionali in millimetri di pioggia relativi ad Inverno (Dic, Gen, Feb), Primavera (Mar, Apr, Mag), Estate (Giu, Lug, Ago), Autunno (Set, Ott, Nov) e la misura, in termini di giorni consecutivi, dei più lunghi

¹ In appendice (A2) riportiamo anche un'analisi del regime delle precipitazioni effettuata a proposito delle indagini relative alle anomalie di portata della sorgente “I Guazzini” in comune di Scarperia.

periodi aridi, sempre su base stagionale. Il primo parametro tende a fornire una indicazione quantitativa media di apporto di acqua relativo, e quindi costituisce una valutazione della disponibilità idrica, mentre il secondo cerca di quantificare la persistenza delle situazioni di deficit e costituisce, pertanto, una valutazione delle carenze idriche.

Stazione	Fascia morfo-altimetrica	UTM x	UTM y	Quota m s.l.m.
VETTA LE CROCI	1	688380	4860080	514
VAGLIA	1	683070	4864725	315
PONTE A OLMO	3	684710	4880025	444
RONTA	3	687170	4877070	405
PANNA	3	685487	4883796	904
FAGNA	3	688453	4873046	255
BARCO	4 e 5	692388	4881867	741
RAZZUOLO	4	697810	4878545	637
FIRENZUOLA	6	692264	4880011	850
BORGO S. LORENZO	2	691880	4870070	193
MONGHIDORO	7	707902	4899312	841
PIANCALDOLI	7	694619	4896755	500

Tab. 2.1.1 – Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate per la caratterizzazione delle precipitazioni nell'area interessata dai lavori AV (da TRIMM).

L'analisi di *trend* dei cumulati mensili e stagionali di pioggia ha accertato il sussistere, per l'area analizzata, delle seguenti condizioni:

- 1) *una generale diminuzione delle precipitazioni liquide e solide nella stagione invernale (mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio), soprattutto in termini quantitativi dei singoli eventi, ma non in termini di aumento della durata dei periodi aridi; questa situazione è confermata a livello nazionale, ed è stato rilevato che il periodo più critico a questo proposito è stato il quinquennio 1989-1993, antecedente l'inizio dei lavori AV per la tratta Firenze-Bologna;*
- 2) *una tendenza all'aumento della quantità di precipitazioni nei mesi tardo-primaverili (Giugno) e autunnali (Novembre);*
- 3) *un aumento della variabilità interstagionale, con la manifestazione di surplus pluviometrici seguiti da periodi di deficit idrici;*
- 4) *un comportamento relativo omogeneo delle stazioni dell'area studiata dal punto di vista dell'andamento delle serie pluviometriche, con una leggera diversificazione delle stazioni afferenti al versante adriatico (Barco, Firenzuola, Piancaldoli).*

Il comportamento climatologico riferito all'area studiata risulta concorde con l'andamento climatologico su scala regionale e per tutta l'Italia Centrale. Il dato più interessante risulta essere l'aumento della variabilità interannuale, che rende non valida un'analisi condotta sui totali annuali. Per questo si è reso necessario l'impiego dei dati con un formato temporale giornaliero, allo scopo di ottenere le serie storiche dei parametri stagionali e, in particolare, le sequenze aride consecutive, che possono dimostrare in maniera esaustiva l'impatto delle modifiche del regime pluviometrico. Infatti, questo non può essere valutato esclusivamente in termini di apporti, ma in termini più generali di bilancio idrologico.

Alla luce delle precedenti considerazioni, si può affermare che **le anomalie riscontrate nei punti d'acqua presenti nel settore della montagna mugellana interessato dai lavori AV non possono essere semplicemente imputate a un variato regime degli apporti**

meteorici, nel senso di una loro diminuzione, bensì alla intercettazione degli acquiferi da parte delle gallerie in avanzamento.

Ad ulteriore riprova, prendendo come riferimento, nel trentennio passato, il periodo siccitoso con i più spiccati caratteri di eccezionalità, cioè il quinquennio 1989-1993, durante il quale le sorgenti, i corsi d'acqua e i pozzi non avevano fatto registrare condizioni di esaurimento, **appare non imputabile a carenza di afflussi meteorici quanto verificatasi soprattutto nel triennio 1999-2001.**

2.2 – La situazione geologica

Il contesto geologico regionale è rappresentato nella **fig. 2.2.1**.

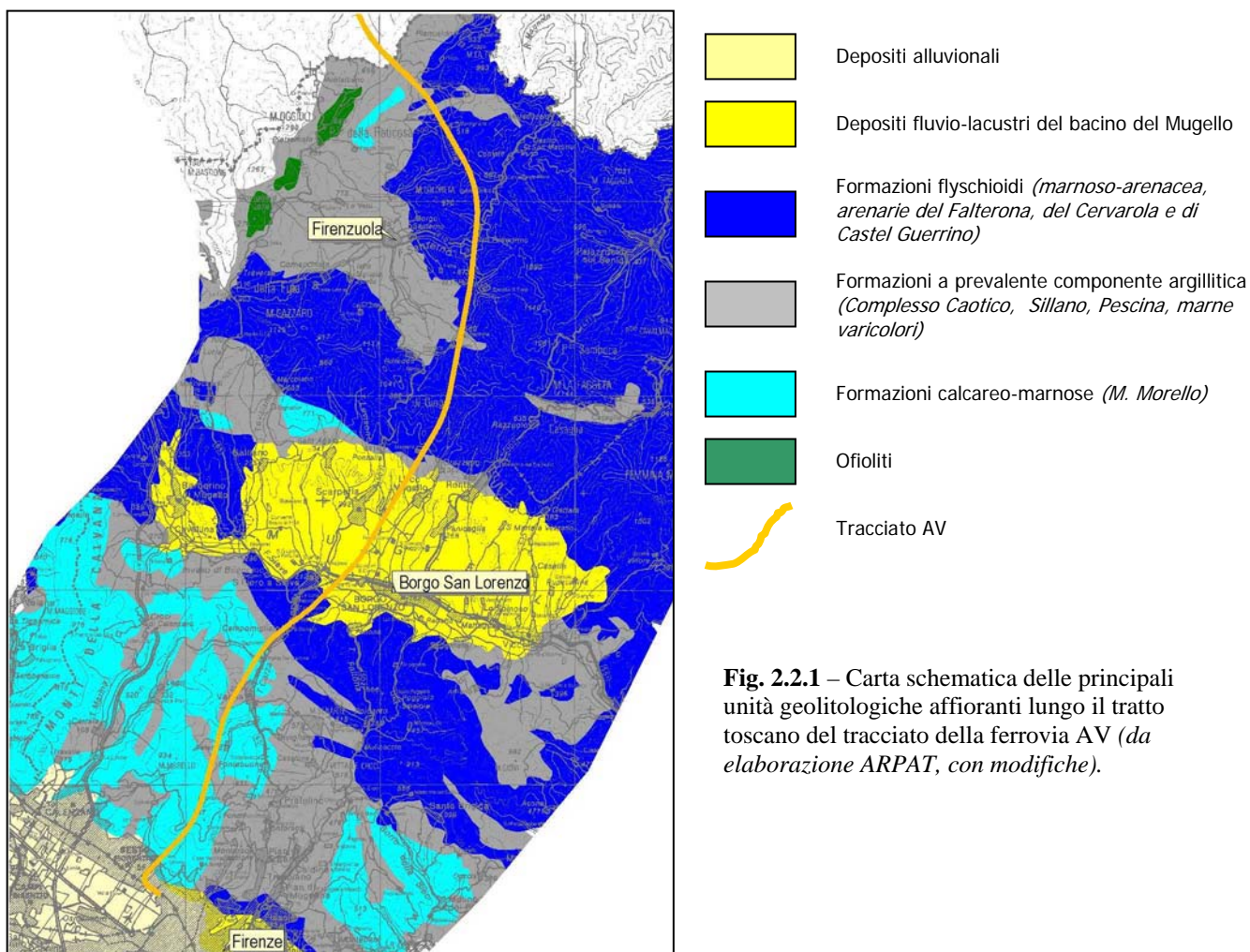


Fig. 2.2.1 – Carta schematica delle principali unità geolitologiche affioranti lungo il tratto toscano del tracciato della ferrovia AV (da elaborazione ARPAT, con modifiche).

L'Appennino Settentrionale costituisce la parte affiorante di un grande cuneo orogenico, conseguenza di un raccorciamento ed ispessimento crostale associato alla subduzione della placca Adriatica sotto quella Iberica. Questa "emersione" fu accompagnata da deformazioni tettoniche, principalmente pieghe e faglie (**fig.2.2.2**). I complessi turbiditici Oligo-Miocenici, di provenienza dal settore centro-occidentale delle Alpi in corso di sollevamento, si sedimentarono nei bacini di avampaese dell'Appennino Settentrionale nel corso della loro migrazione verso Est. Si trattava di alternanze di arenarie e marne in facies di flysch (Eocene – Miocene Inferiore), e di complessi caotici a prevalenza di argilliti, con inclusioni di calcari marnosi e di ofioliti (Cretaceo?).

In sintesi, l'inizio del sollevamento può essere datato al tardo Cretaceo, in coincidenza di una fase tettonica compressiva, che causò il sovrascorrimento – l'una sull'altra - di diverse sequenze stratigrafiche, conducendo alla emersione della catena nel Miocene Medio, fenomeno che si protrasse almeno fino al Miocene Superiore. Questa prima fase compressiva fu seguita, nel Plio-Pleistocene, da una fase distensiva che portò alla formazione di alcune strutture tipo *horst-graben*, come le depressioni tettoniche del bacino di Firenze e del Mugello. Strettamente collegate a questo episodio orogenetico si originarono alcune discontinuità (faglie e fratture) di varia persistenza (da pochi metri a qualche chilometro) e orientate in due direzioni principali: ONO-ESE (appenninica) e NNE-SSO (antiappenninica).

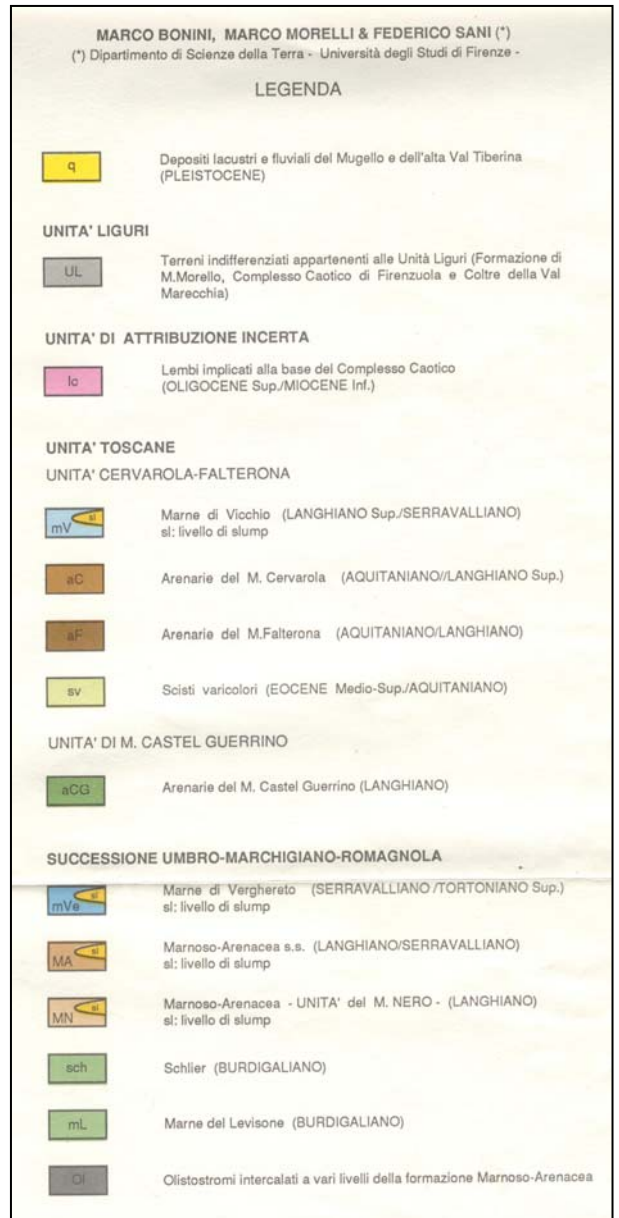
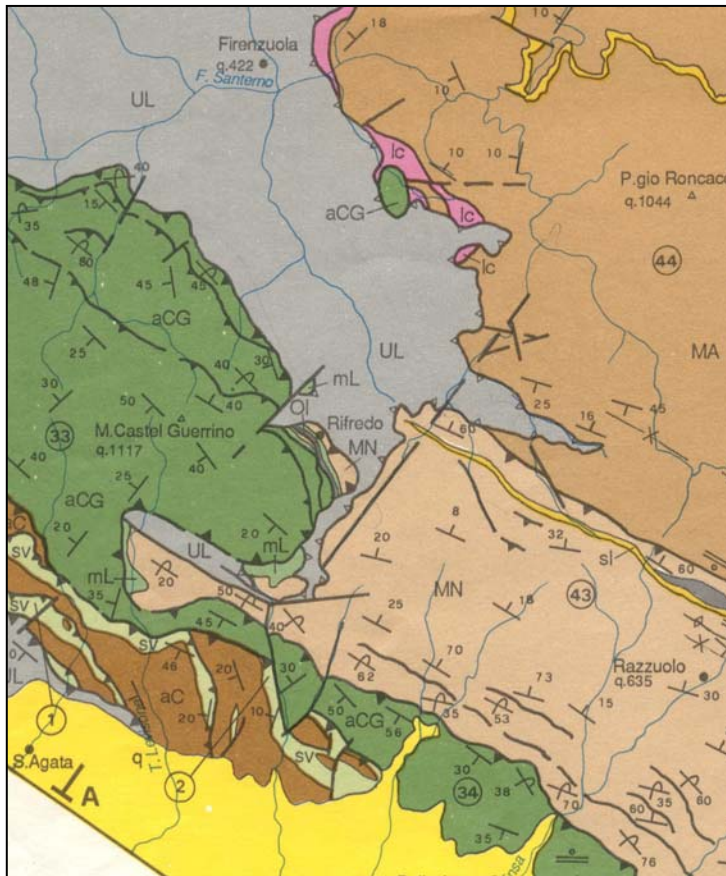


Fig. 2.2.2 – Schema geologico strutturale del tratto di spartiacque appenninico principale attraversato dalla galleria di Firenzeuola e sezione geologica parallela al tracciato (da SANI, 1999).



Il tracciato dell'AV attraversa anche il fondovalle del Mugello, caratterizzato dall'affioramento di formazioni lacustri (prevalentemente limoso-argillose) e di depositi alluvionali di età diversa (Pleistocene-Olocene).

Le formazioni geologiche interessate dal tracciato AV

Flysch marnoso-arenacei - La prima formazione geologica che il tracciato AV incontra in territorio toscano provenendo da Nord (nel tratto terminale della galleria Raticosa, in quella di Scheggianico e in quasi tutta quella di Firenzuola) è quella denominata “marnoso-arenacea” di età Langhiano-Tortoniano (Miocene Inferiore e Medio - CAPOZZI & *alii*, 1992). Si tratta di una formazione in facies di flysch, composta da strati alternantisi di arenarie (tipo “grovacche”), marne e, subordinatamente, siltiti e argilliti. Lo spessore degli strati varia da decimetri a metri, con un rapporto variabile fra arenarie e marne. In questi ammassi rocciosi la permeabilità è dovuta principalmente a fratture, che si limitano di solito agli strati arenacei; meno frequentemente sono presenti fratture con persistenza superiore a quella di strati arenacei individuali. In questo caso la permeabilità della formazione aumenta, generando una circolazione di acque su vasta scala, strettamente legata all’andamento di sistemi di fratture, di solito prossime a strutture tettoniche, come assi di anticlinali/sinclinali o faglie, orientate prevalentemente in direzione appenninica e, subordinatamente, in direzione antiappenninica (**fig.2.2.1**). **Si originano allora fasci di fratture, di larghezza variabile fra 50 e 200 m e lunghe fino a qualche chilometro, che vengono a costituire potenti acquiferi.** Gli affioramenti di questa formazione sono caratterizzati da un gran numero di sorgenti e corsi d’acqua perenni.

In un’area meno estesa, a Sud della precedente, affiora la formazione delle “arenarie di Castel Guerrino”. Di composizione simile alla precedente, se ne differenzia per strati meno potenti e un più alto contenuto in marne, condizione che spiega la sua minore permeabilità.

“*Formazione di Monte Morello*” - Una volta attraversato il fondovalle del Mugello, per raggiungere il bacino di Firenze il tracciato AV penetra in galleria (galleria di Vaglia) la cosiddetta “formazione di Monte Morello”. La galleria è fiancheggiata, dalla località Cardini (pk 73,697) a sbocco Gioneri (pk 80,214) da un tunnel di servizio e sicurezza, di diametro inferiore, scavato da una particolare “talpa” o *Tunnel Boring Machine* (TBM). La formazione affiora anch’essa in facies di flysch, ma è costituita da strati alternantisi di calcari, calcari marnosi (“alberese”), marne, argilliti e, subordinatamente, arenarie. I calcari marnosi e le marne compongono l’80% dell’intera sequenza, il cui spessore raggiunge 700-800 m (BORTOLOTTI, 1962). Due unità a composizione pelitica affiorano una al suo tetto (“formazione di Pescina”) e un’altra alla sua base (“formazione di Sillano”, secondo lo schema riportato nella **tab. 2.2.1**:

formazione	litologia
Pescina (SaP) (Eocene)	Argilliti e siltiti con sottili intercalazioni di calcari e arenarie
M.Morello (ScM) (Paleocene-Eocene medio)	Alternanze di calcari e calcari marnosi; subordinatamente livelli metrici di arenarie fini e siltiti-argilliti marnose
Sillano (SSi) (Cretaceo superiore)	Siltiti e argilliti anche con struttura caotica e alternanze di arenarie, marne calcari marnosi

Tab. 2.2.1 - Sequenza delle formazioni geologiche affioranti nel massiccio di M. Morello. (da COLI & FAZZUOLI, 1983)

Il massiccio di M. Morello è il risultato di una tipica tettonica a fasi multiple. Nel Miocene una traslazione produsse una piega isoclinale coricata, con asse diretto N-S, poi un secondo piegamento originò strutture anticlinali con assi NO-SE (**fig. 2.2.3**).

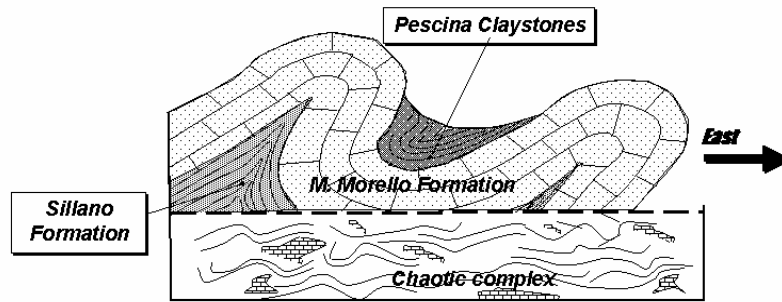


Fig. 2.2.3 – Sezione geologica schematica delle relazioni di giacitura fra le formazioni affioranti nel massiccio di M. Morello (da COLI & FAZZUOLI, 1983).

Durante il Plio-Pleistocene faglie distensive provocarono la subsidenza delle depressioni del Mugello e del bacino di Firenze, mentre la dorsale interposta fu sollevata (fig. 2.2.4).

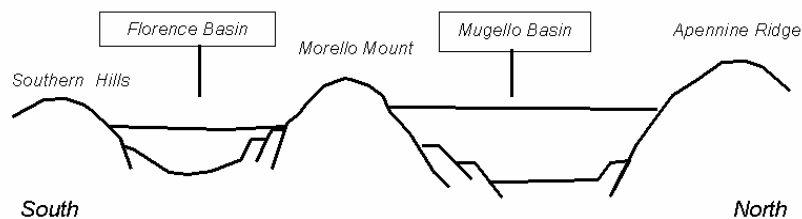


Fig. 2.2.4 – Sezione schematica da SSO a NNE che mostra la struttura dei bacini contigui di Firenze e del Mugello, sedi di antichi bacini lacustri (da RODOLFI et al., 2004).

Da un punto di vista idrogeologico, questa massa rocciosa presenta una permeabilità secondaria legata alle deformazioni che hanno interessato la sua struttura “fragile”, principalmente faglie e fratture. Non si riscontrano morfologie carsiche all’interno della massa; l’accumulo di acqua avviene all’interno della rete di fratture beanti che interessano gli strati calcarei e la circolazione sotterranea principale si sviluppa all’interno delle discontinuità distensive (fasci di fratture aperte, associati a faglie dirette).

Gallerie principali	Distanze progressive (km)	Spessore della massa rocciosa lungo la galleria (km)	Formazione geologica attraversata	Litologia
VAGLIA (km 18,561)	68+150-68+800	0,650	Sillano	Peliti prevalenti
	68+800-81+100	12,300	Monte Morello	Calcari, marne e siltiti
	81+100-82+500	1,400	Sillano	Peliti prevalenti
	68+150-65+300	2,850	Macigno	Arenarie e peliti
FIRENZUOLA (km 15,960)	59+670-56+600	2,930	Depositi fluvio-lacustri	Peliti prevalenti
	56+600-56+000	0,600	Macigno	Arenarie e peliti
	56+000-55+700	0,300	Marne varicolori	Peliti prevalenti
	55+700-54+800	0,900	Castelguerrino	Arenarie, siltiti e peliti
	54+800-49+870	4,950	Marnoso-arenacea	Arenarie e peliti
	49+870-49+500	0,370	Complesso caotico	Peliti prevalenti
	49+500-44+250	5,250	Marnoso-arenacea	Arenarie e peliti

Tab. 2.2.2 - Successione da Sud a Nord delle formazioni geologiche attraversate dalle due gallerie principali del tratto appenninico toscano dell’AV, ad esclusione della galleria Raticosa (da RODOLFI et al., 2004).

Riassumiamo nella **tab. 2.2.2**, facendo riferimento anche alle **figg. 2.2.1** e **2.2.2**, la successione delle formazioni geologiche attraversate dalle due gallerie principali del tratto appenninico dell'AV, nelle quali sono comprese anche quelle affioranti per brevi tratti, come le "arenarie del M. Cervarola", che presentano le stesse caratteristiche idrogeologiche della "marnoso-arenacea", ma con minor grado di tettonizzazione, e le "marne varicolori", assimilabili alla frazione marnosa delle precedenti.

Formazioni a prevalente componente argillitica (Complesso Caotico, Sillano, Pescina, marne varicolori, olistostromi) – Distinte in passato col termine generico di "argille scagliose", vi si riscontra come caratteristica comune una elevata componente argillitica, che conferisce loro scadenti caratteristiche geotecniche, variabili a seconda del contenuto in acqua. Costituiscono ammassi scompaginati, privi di stratificazione o laminati, inglobanti frammenti più o meno estesi di formazioni litoidi (calcarei e calcari marnosi, prevalentemente); stante la loro instabilità, il tracciato della linea AV ha cercato di evitare, per quanto possibile, il loro attraversamento, sia in superficie che in galleria.

Sedimenti dell'antico bacino lacustre del Mugello - Il tracciato attraversa anche l'area dei Crocioni, con alternanze di brevi gallerie, trincee e rilevati, a causa della morfologia collinare modellata nei sedimenti lacustri a tessitura limoso-argillosa dell'antico bacino lacustre del Mugello. A causa delle scadenti caratteristiche geotecniche di questi sedimenti, i versanti sono poco acclivi; a luoghi sono osservabili indizi di movimenti di massa (per lo più di tipo *creeping*) recenti e attuali. Particolare attenzione dovrà essere fatta sia durante che dopo i lavori, per evitare la possibilità, anche se minima, di cedimenti.

2.3 – Caratteristiche generali degli acquiferi

Come descritto in dettaglio nel **par. 2.1**, date le condizioni “sub-mediterranee” del clima del territorio interessato dai lavori AV, possiamo considerare elevati i valori delle precipitazioni, i cui minimi annui si aggirano intorno ai 1000 mm alle quote più basse, per raggiungere e superare i 1400 mm sul crinale appenninico. Non è semplice stabilire quale aliquota di questi afflussi pervenga agli acquiferi profondi, data la variabilità nella distribuzione dei parametri che condizionano il processo di infiltrazione: variabilità dei substrati, dei tipi di suolo, del loro spessore, della morfometria e morfologia dei versanti, delle tipologie della copertura vegetale e dell’uso del suolo. **Anche l’applicazione di modelli finalizzati alla valutazione del bilancio idrogeologico (modelli tipo “afflussi-deflussi”) trovano un serio ostacolo in queste condizioni di variabilità, a meno che non siano spinti ad un livello di grande dettaglio e, quindi, con oneri non indifferenti.**

Ci preme qui sottolineare come, nell’applicazione dei modelli idrologici ed idrogeologici, una delle componenti fondamentali, il suolo, venga troppo spesso sottovalutata o, addirittura, ignorata. Questo non certo per mancata volontà da parte del tecnico, quanto per la non disponibilità di conoscenze sufficientemente approfondite. Si preferisce, allora, approssimare, con il rischio di allontanarsi dalla situazione reale e di inficiare i risultati.

E’ nel suolo, infatti, che le acque di infiltrazione trovano un loro “regolatore”; esse saranno cedute alla circolazione profonda soltanto quando il suolo ne sarà saturato, cioè con un certo ritardo dall’evento piovoso, strettamente collegato sia alle caratteristiche dell’evento (intensità e durata) che a quelle del suolo stesso (spessore, tessitura, struttura), della copertura vegetale (densità, tipologia) e della morfologia del versante (pendenza, concavità, convessità, etc.) (**fig. 2.3.1**).

Una volta pervenute al substrato, le acque lo percorrono sfruttandone la porosità (insieme degli spazi fra particella e particella, comunicanti fra loro, come nei sedimenti sciolti o poco addensati) o la fratturazione (come nelle rocce a comportamento rigido). La velocità di infiltrazione è funzione delle dimensioni dei pori (e quindi della distribuzione delle classi granulometriche delle particelle) e della “luce”, della continuità e della densità delle fratture.

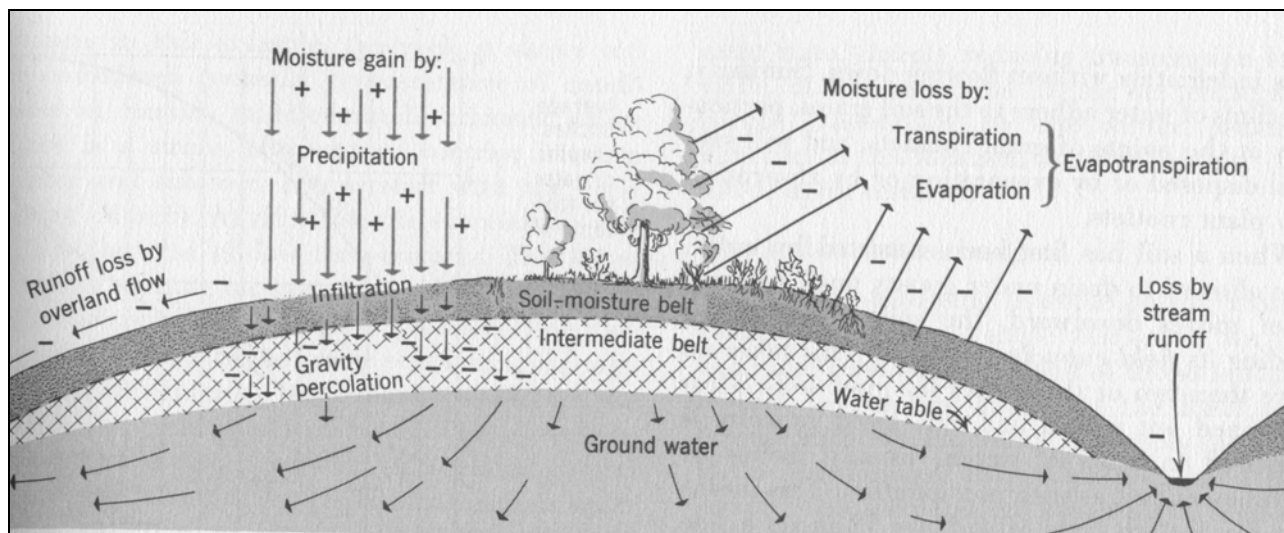


Fig. 2.3.1 – Schema di bilancio idrogeologico, dove si evidenzia il ruolo svolto dal suolo e dalla vegetazione.

Nel comprensorio interessato dai lavori AV, prescindendo dalla distribuzione dei tipi di suolo, che non risulta essere mai stata presa nella dovuta considerazione, i substrati possono essere suddivisi in quattro grandi gruppi, sulla base della loro “risposta” alle acque circolanti nel sottosuolo (**par. 2.2**):

- i. flysch arenaceo-pelitici, affioranti da Castelvecchio fino alla parte terminale del corso della Carza (Tagliaferro), sia pure con locali variazioni del rapporto arenarie-peliti ed intercalazioni argillitiche (olistostromi); sono stati attraversati, tranne il tratto a valle di Grezzano, dalla galleria Firenzuola;
- ii. flysch calcareo-marnoso-pelitici, affioranti da Tagliaferro a Sesto Fiorentino, cui si intercalano formazioni argillitiche, come quella di Pescina; sono attraversati dalla galleria Vaglia;
- iii. formazioni a prevalente componente argillitica, affioranti solo in fasce di limitata estensione sia lungo la galleria di Vaglia (Tagliaferro) che in quella di Firenzuola (fra Osteto e Moscheta);
- iv. sedimenti fluvio-lacustri del bacino del Mugello, (e, in parte, del bacino di Firenze) in banchi di spessore dai centimetri ai metri, con granulometria variabile sia in senso verticale che laterale (facies di delta-conoide).

I primi due sono caratterizzati da una permeabilità per fratturazione, tanto maggiore quanto più fitto è il reticolo delle fratture, e quanto più queste si diramano in profondità; può avvenire, infatti, che la circolazione si limiti alle superfici di contatto fra il litotipo arenaceo o calcareo e quello pelitico (circolazione connessa all'assetto dei piani di strato), o che le fratture che interessano i litotipi rigidi (strati arenacei o calcareo-marnosi) non si trasmettano a quelli plastici (pelitici) sottostanti ("*fratture minori o secondarie*"). Possono quindi formarsi degli acquiferi circoscritti, di bassa potenzialità anche se alimentati con continuità.

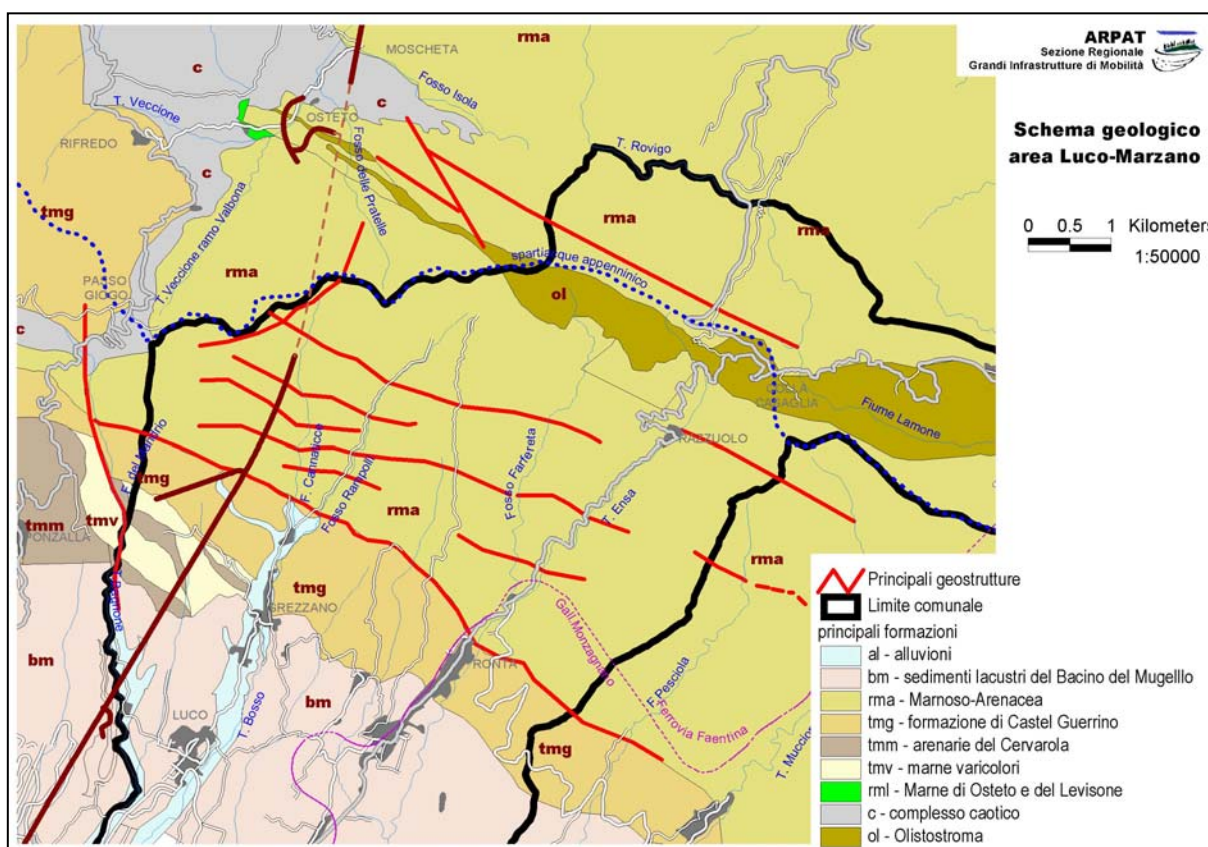


Fig. 2.3.2 – Carta geologica schematica della zona a cavallo dello spartiacque appenninico principale, attraversata dalla galleria di Firenzuola, con la localizzazione delle principali lineazioni tettoniche, corrispondenti a fasce di fratture e/o a faglie, sedi di acquiferi importanti (da ARPAT).

Nei tratti maggiormente interessati da attività tettonica (cerniere di pieghe più o meno strette, faglie, sovrascorrimenti) la densità e la continuità delle fratture aumenta fino ad interessare grandi volumi di roccia; si osservano dei fasci di fratture ad andamento

appenninico (NO-SE), che chiameremo “*fratture maggiori o primarie*”, in corrispondenza delle quali si formano acquiferi importanti (**fig. 2.3.2**).

Le argilliti di Pescina, Sillano e delle “argille scagliose” prima descritte costituiscono degli acquicludi, in quanto possono essere ritenuti praticamente impermeabili, a meno che non siano presenti orizzonti cataclastici.

Nei sedimenti fluvio-lacustri la circolazione avviene per porosità. Stante la variabilità laterale e verticale della granulometria di tali sedimenti, nonché l’assetto della loro stratificazione (debole inclinazione verso Sud, cioè verso il centro della conca mugellana) possono costituirsi degli acquiferi, anche in pressione, trattenuti da acquicludi rappresentati da livelli argilloso-limosi. In superficie si avevano manifestazioni sorgive sia puntuali, anche di un certo interesse (I Guazzini, Bagnone, Macerata), che diffuse, per emergenza della falda freatica; in questo caso alcune aree (Il Grillo) denotavano spiccati caratteri di idromorfia permanente, addirittura con falda affiorante.

2.4 – Caratteristiche generali delle sorgenti e loro eventuale utilizzazione²

Da quanto sopra detto, risulta che la gran parte delle sorgenti presenti nei bacini idrografici interessati dai lavori AV si manifestano per intercettazione della superficie piezometrica da parte della superficie topografica. E' difficile stabilire, in mancanza di dati al riguardo, se tale superficie sia unica, cioè se costituisca il “tetto” di un solo acquifero contenuto entro la rete di fratture, a densità e orientazione variabile, che caratterizzano l'ammasso roccioso, e fino a che punto tali fratture siano comunicanti fra loro. Secondo il profilo generale del tracciato presentato da CAVET, la superficie piezometrica presenterebbe una struttura più o meno parallela alla superficie topografica, limitandone le asperità, divenendo tangente a questa in corrispondenza dei solchi vallivi. Se questa struttura può essere ritenuta valida in senso generale, in mancanza di dati, è però altrettanto vero che questa apparente uniformità (isotropia) non viene confermata da studi di dettaglio; anzi, si accerta la presenza di strutture geologiche particolari che rendono alcune zone indipendenti dall'acquifero principale.

Le sorgenti del comprensorio possono essere raggruppate nelle seguenti quattro tipologie principali.

- **S1) Sorgenti di emergenza di falda con bacini di alimentazione modesti**, di acque circolanti in coltri colluviali superficiali (depositi di versante) o in sistemi di fratture poco estesi, limitati localmente da intercalazioni pelitiche; ancorché perenni, sono caratterizzate da ampie oscillazioni di portata, con massimi e minimi che si verificano a breve distanza dall'inizio o dalla fine di eventi piovosi (portata da 1 a 10 L/min). Possono essere sfruttate per usi locali (punti sparsi per l'abbeverata di bestiame, irrigazione di piccoli appezzamenti di terreno, uso potabile per edifici isolati). Fa eccezione una emergenza significativa che si manifesta nel fondovalle, al contatto fra i depositi alluvionali antichi, terrazzati, e le “argille” lacustri; si tratta della Fonte all'Esca presso Senni (parte bassa del bacino del Bagnone), classificabile come una tipica “sorgente di terrazzo”, non impattata dai lavori AV.
- **S2) Sorgenti di emergenza di falda con bacini di alimentazione importanti**, perenni, con regime più regolare, che denota una circolazione profonda in corrispondenza dei maggiori sistemi di fratturazione; i ritardi con i quali esse risentono del regime delle precipitazioni possono superare il mese. Si tratta delle sorgenti di portata considerevole che, oltre a mantenere un deflusso minimo vitale nei corsi d'acqua da esse alimentati, anche nei periodi di magra, venivano captate da acquedotti locali per usi civili, a servizio anche di centri abitati di una certa importanza (Luco – Grezzano – Paterno).
- **S3) Sorgenti di contatto fra ammassi rocciosi di differente permeabilità**. Si manifestano al contatto, sia stratigrafico che tettonico, fra i flysch marnoso-arenacei o calcareo-marnosi e altre formazioni con dominanza della componente pelitica: complesso caotico (“argille scagliose” Auct.), argilliti di Pescina, marne varicolori (Scaglia Toscana). Tipico il contatto, ai piedi del versante meridionale dell'Appennino, nel bacino del Bagnone, fra il flysch tipo “macigno – Castel Guerrino” e le marne varicolori, dal quale scaturisce la sorgente più produttiva di tutto il comprensorio AV, quella de La Rocca che, con una portata media di 560 litri/minuto, alimentava l'acquedotto di Scarperia. Altre di minore importanza sono sparse in corrispondenza delle linee di contatto suddette. Altre costituiscono l'emergenza di falde in pressione entro i depositi fluvio-lacustri ghiaioso-sabbiosi del bacino del Mugello, ivi confinate da intercalazioni più fini, argilloso-limose; in

² Per un'analisi dettagliata del regime delle singole sorgenti, siano esse comprese nell'elenco relativo ai capi d'imputazione, o comunque interessate a vario titolo dai lavori AV, si rimanda alla cartografia tematica allegata alla relazione generale e alle relative schede illustrative (database).

questo caso si possono manifestare allineamenti di sorgenti, anche di una certa importanza, orientati in direzione Est-Ovest, come si osserva nella fascia altimetrica che comprende le località Macerata, I Guazzini e Bagnone nel bacino del torrente Bagnone (si noti la particolarità di questi toponimi, legati alla perenne presenza di acqua).

- **S4) Sorgenti con particolare chimismo delle acque, di solito sulfuree.** Si tratta di emergenze puntuali, di modesta entità ma perenni, legate ad una circolazione profonda. Non hanno nessuna utilizzazione; la loro scomparsa in alcuni casi (Madonna dei Tre Fiumi) è però sintomo di un impatto sulle riserve idriche profonde.

Nel par. 4.3.1 (**tab. 4.3.1.1**) riporteremo un elenco delle principali sorgenti, specificandone i caratteri identificativi e le relazioni con i lavori AV.

2.5 – Caratteristiche dei pozzi e loro eventuale utilizzazione³

Per i pozzi presenti nel comprensorio si possono ripetere le stesse considerazioni espresse per le sorgenti. Alcuni di essi sono stati oggetto di monitoraggio *ante operam*; per lo più sono stati terebrati a piccola profondità, e si approvvigionano ad acquiferi superficiali locali, occupanti coperture alluvio-colluviali o piccole falde sospese all'interno dei flysch o al contatto fra questi e litotipi pelitici. Di solito servivano piccole utenze agricole o casolari isolati non raggiunti da acquedotti. Solo alcuni superano la profondità di 50 m e presentavano portate considerevoli. Alcuni di essi si spingono intorno ai 100 m nelle formazioni fliscioidi, e facevano registrare portate considerevoli, tali da alimentare utenze importanti (Molinuccio, Greta, loc. Pozzo di Ronta). Un discorso a parte va fatto per i pozzi che alimentavano acquedotti pubblici. In particolare, il Comune di Scarperia aveva allacciato all'acquedotto i Pozzi Incisa e quelli del cosiddetto "Campo Pozzi Bagnone": i primi si alimentavano alla stessa falda della sorgente La Rocca, mentre il secondo sfrutta tuttora un acquifero piuttosto produttivo situato all'interno dei sedimenti fluvio-lacustri del bacino del Mugello. Per quanto riguarda il regime dei livelli statici, esso dipende dagli stessi parametri che abbiamo preso in considerazione per le sorgenti.

Costituisce un problema a sé il campo-pozzi in località Molinuccio (Sant'Agata, comune di Scarperia), fra i quali almeno uno sembra aver subito anomalie di portata. La situazione è al momento oggetto di esame da parte di CAVET e dell'Osservatorio Ambientale Nazionale.

³ Per un'analisi dettagliata del regime dei pozzi, siano essi compresi nell'elenco relativo ai capi d'imputazione, o comunque interessati a vario titolo dai lavori AV, si rimanda alla cartografia tematica allegata alla relazione generale e alle relative schede illustrative (database).

2.6 – Le acque superficiali, il loro regime e le utilizzazioni

Nel paragrafo 1.1 sono stati elencati i bacini idrografici che possono essere ritenuti, alla luce delle anomalie idrologiche manifestatesi in superficie fino ad oggi, interessati dai lavori per la realizzazione dell'AV. Per nessuna delle aste fluviali menzionate, dalle principali alle tributarie, erano disponibili dati sulle portate, tanto che il giudizio se trattavasi di corsi d'acqua con deflusso perenne o temporaneo è stato basato solo su testimonianze o sulla capacità degli stessi di alimentare particolari utilizzazioni o di permettere la conservazione dell'ecosistema fluviale.

Il regime delle acque superficiali era sostanzialmente legato alla variabilità annuale degli afflussi meteorici, sia derivati da piogge che, in minor misura, dallo scioglimento del manto nevoso, come definito nel **par. 2.1**. I periodi di piena quasi coincidevano con i massimi di precipitazione, con un ritardo minimo, dipendente dalle situazioni locali di morfologia e di composizione dei suoli e dei substrati geologici. Le aste di primo ordine, quelle che si dipartono dai crinali e percorrono le vallecole più alte in quota, erano e sono caratterizzate da deflussi intermittenti, strettamente legati alle precipitazioni, a meno di non essere alimentate da sorgenti. In questo caso si riscontrano deflussi permanenti anche alle quote più alte. Quando, più a valle, le aste di primo ordine confluiscono, con il progressivo aumentare del bacino di alimentazione il deflusso diviene perenne, mantenendosi tale fino ai fondovalle principali, a meno che non intervengano “disturbi” dovuti ad opere di captazione.

In tutto il territorio definito nel capitolo precedente gli unici corsi d'acqua fra quelli menzionati che potevano far registrare periodi di assenza di deflusso erano i seguenti:

- Torrente Viola, per il fatto di drenare un bacino con affioramento quasi continuo di substrati a prevalente componente argillitica, e quindi poco permeabili;
- Torrente Bagnone, in quanto il suo ramo sorgentizio principale (Fosso della Rocca) era alimentato da una copiosa scaturigine (sorgente La Rocca) captata per usi civili (acquedotto di Scarperia);
- Fosso Cerretana, a tratti, per la presenza di rocce fratturate in alcuni tratti dell'alveo.

Altri, come il Torrente Bosso, facevano registrare temporanee assenze di deflusso nella tarda estate, solo in concomitanza di brevi periodi (ore) di eccessivo emungimento per l'irrigazione delle colture.

Giova ricordare anche il ruolo giocato dall'asta principale di fondovalle della conca mugellana, il Fiume Sieve. Questo corso d'acqua, prima della realizzazione dell'invaso di Bilancino, era caratterizzato da portate estive piuttosto basse, ma comunque tali da consentire un deflusso minimo vitale e l'alimentazione di una ricca falda freatica in corrispondenza della sua vasta pianura alluvionale, che si estende da San Piero a Sieve a Vicchio. A tale falda, in corrispondenza della confluenza fra il Bosso e la Sieve, attingono i pozzi che alimentano l'acquedotto di Borgo San Lorenzo. La presenza dell'invaso di Bilancino che, proprio nel periodo estivo, rilascia nell'alveo della Sieve una portata di molto superiore alla minima “naturale”, ha causato un sostanziale aumento della potenzialità della falda freatica e, quindi, della disponibilità per usi civili.

I criteri utilizzati per stabilire i deflussi in alveo *ante operam*, cioè per giudicare se determinati corsi d'acqua erano caratterizzati o meno da deflusso perenne, sono stati sostanzialmente i seguenti:

- *conoscenza personale dei luoghi,*
- *interviste a residenti o frequentatori assidui (escursionisti, pescatori, ecc.),*
- *presenza di piante igrofile con apparato radicale di solito sommerso, e in buono stato di vegetazione,*
- *presenza di fauna e microfauna dulciacquicola.*

Nel corso del tempo, i corsi d'acqua che dimostravano criticità in seguito all'avanzamento degli scavi delle gallerie sono stati oggetto di periodici rilevamenti sia da parte di ARPAT che

dell'Osservatorio Ambientale Locale. Ne è risultato il quadro che preferiamo descrivere in dettaglio nel **par. 4.3.3** , riferito al punto B del capo d'imputazione, per ogni corso d'acqua, piuttosto che riferirci a schede.

3 – IL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

3.1 Individuazione dei punti di monitoraggio idrogeologico

La ovvia possibilità di interferenza fra scavo delle gallerie e situazione idrogeologica degli ammassi rocciosi da attraversare, era stata individuata già in sede di progetto esecutivo; pertanto, prima dell'inizio della cantierizzazione (anno 1995), fu messo a punto dal Consorzio Costruttore un Piano di Monitoraggio (definito allora "Progetto di Monitoraggio Ambientale – PMA") per stabilire le caratteristiche iniziali dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi, alvei) anche con la messa in opera di piezometri, e riferire in seguito a queste eventuali anomalie di comportamento.

I criteri sui quali fu basato tale PMA sono riassunti nella pubblicazione n. 2020 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Naturali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Linea di ricerca 4: Vulnerabilità degli acquiferi), a cura di AGNELLI *et al.* (1999). Gli Autori, dopo aver "*....definiti gli indicatori ambientali atti a rappresentare la <<situazione zero>> cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti in corso d'opera e post-operam....*" asseriscono giustamente che "*.....il monitoraggio in corso d'opera ha lo scopo di segnalare il manifestarsi di eventuali emergenze ambientali affinché sia possibile intervenire per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compromessivi della qualità dell'ambiente, adeguando quindi la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali (legame fra esecuzione dello scavo e delle opere di sostegno e rivestimento con gli effetti idrogeologici)....*". Pertanto "*.....il monitoraggio dell'ambiente idrico sotterraneo, condotto parallelamente a quello delle acque superficiali, è composto sostanzialmente da misure di livelli d'acqua e portate, rispettivamente di pozzi e sorgenti,integrate da misure di portata delle acque emunte durante lo scavo delle gallerie.....Le analisi fisico-chimico-batterologiche, condotte sia in situ che in laboratorio,rappresentano.....un efficace indicatore di apporti inquinanti riconducibili all'attività di cantiere.....*".

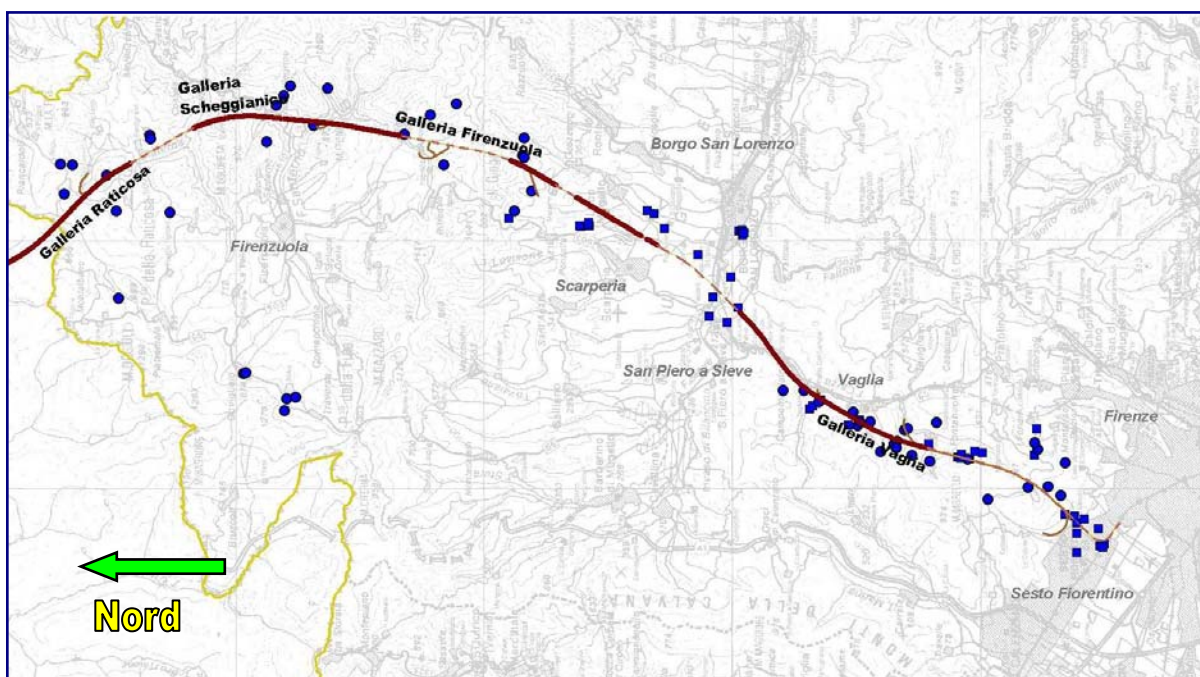


Fig. 3.1.1 – Ubicazione dei principali punti d'acqua oggetto di monitoraggio *ante operam* e nei primi momenti della fase in corso d'opera (puntini = sorgenti; quadratini = pozzi) (da ARPAT).

In base a questi giusti criteri, “.....nel caso della tratta Firenze-Bologna, **in** (una, n.d.r.) **fascia di circa 2 km a cavallo del tracciato**, è stato svolto un censimento di tutti i punti captati che sono risultati circa 300. Di tali punti è stata svolta una selezione al fine di individuare le situazioni con alto valore idrogeologico e socio-economico ed alta vulnerabilità...”.

L'attività di monitoraggio per la fase *ante operam*, condotta dall'Aprile 1995 al Dicembre 1996, “...ha riguardato, nel complesso, 50 pozzi, 68 sorgenti o gruppi di sorgenti e 47 sezioni di corsi d'acqua, **disposti lungo una fascia a cavallo del tracciato, di 2 km di larghezza** Le sezioni di corsi d'acqua sono state scelte per la posizione rispetto alle aree di cantiere e di scarico delle acque di galleria.....”. Si rileva inoltre che “.....A partire dal mese di Aprile 1997 è iniziata l'attività di monitoraggio in corso d'opera fra Bologna e Vaglia; l'attività coinvolge complessivamente 38 pozzi, 66 sorgenti e 45 sezioni di corsi d'acqua.la tempistica di effettuazione dei sopralluoghi varia fra un minimo di 2 a un massimo di 9 controlli annuali.....In pratica, negli ultimi 4 anni (1996-1999, n.d.r.) 61 pozzi, 77 sorgenti, 53 corsi d'acqua sono stati interessati da una serie periodica di misure, prove ed analisi di interesse idrogeologico ed idrochimico....”.

La situazione descritta è relativa, pertanto, al periodo immediatamente precedente al verificarsi dei primi impatti. La carta riportata nella **fig. 3.1.1** rappresenta l'ubicazione dei punti di monitoraggio principali di pozzi e sorgenti nella fase *ante operam*.

È interessante notare come i punti di campionamento (in particolare le sorgenti) sono particolarmente densi in corrispondenza della galleria di Vaglia rispetto a quelle di Firenzuola e Raticosa. Tale diversità non ci sembra riferita tanto alla reale distribuzione dei punti d'acqua che, riteniamo, essere almeno uniforme nelle due situazioni, se non a vantaggio del settore appenninico, che riceve maggiori precipitazioni, quanto ad un livello di accertamento geologico piuttosto “speditivo”. In altre parole, la densità di monitoraggio sembra aver privilegiato gli affioramenti calcareo-marnosi della formazione di M. Morello, forse ritenuti maggiormente interessati da una circolazione idrica sotterranea per fratturazione, addirittura di tipo carsico, rispetto a quelli arenaceo-pelitici dell'Appennino, considerati solitamente alla stregua di “acquitardi”, con circolazione idrica lenta e localmente limitata.

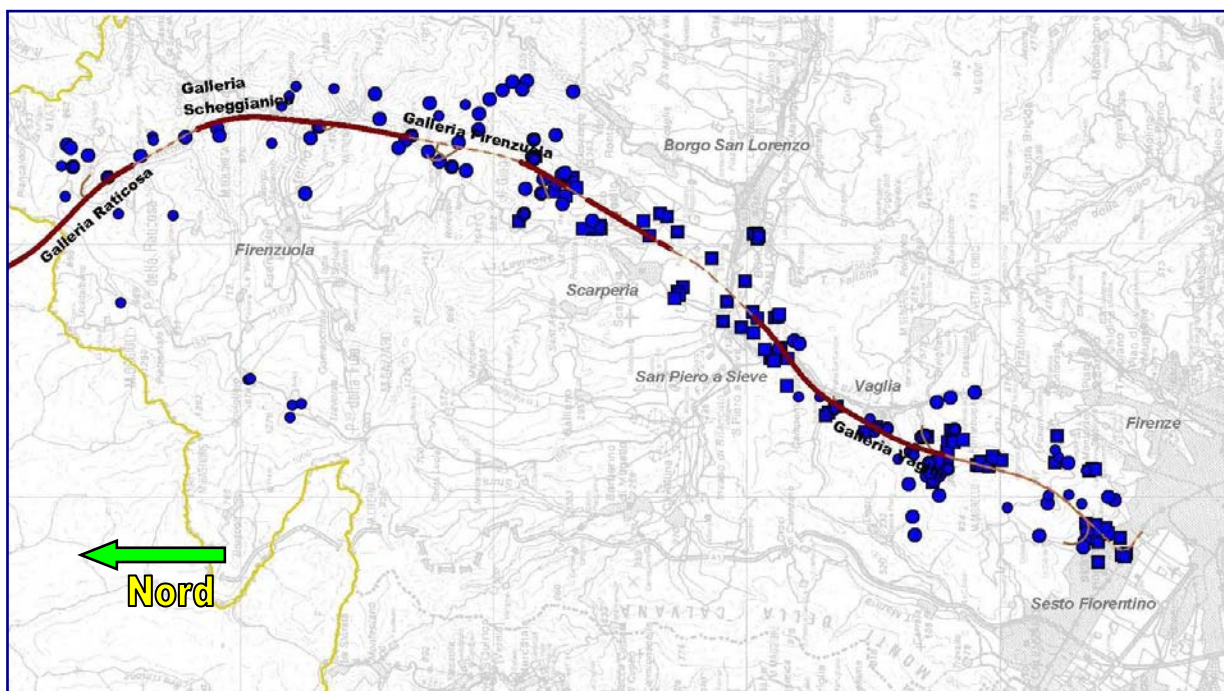


Fig. 3.1.2 – I punti d'acqua (sorgenti e pozzi) oggetto di monitoraggio dopo il verificarsi dei primi impatti (da ARPAT).

Con il procedere degli scavi sui vari fronti, e il conseguente manifestarsi dei primi impatti sui punti d'acqua, cui fecero seguito rilevamenti geologici di maggior dettaglio, il PMA fu convenientemente aggiornato, e la situazione dei punti d'acqua sotto controllo divenne quella illustrata nella **fig. 3.1.2**.

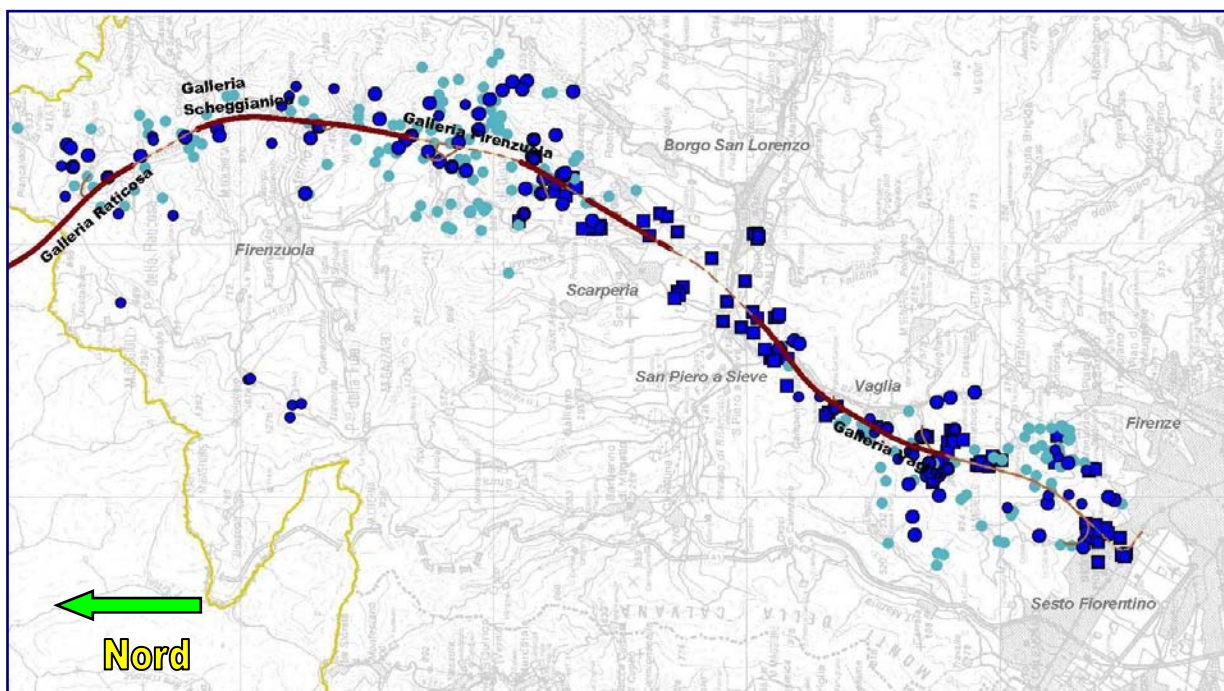


Fig. 3.1.3 – L'insieme dei punti d'acqua censiti rispetto a quelli monitorati (in bleu) dopo il verificarsi dei primi impatti (da ARPAT).

Nella **fig. 3.1.3** è rappresentato l'insieme dei punti d'acqua censiti rispetto a quelli monitorati, dopo il verificarsi dei primi impatti.

La cartografia redatta da ARPAT mostra lo stato del monitoraggio al 2002, quando gli impatti più consistenti si erano già verificati. Da allora (anno 2003) il numero dei punti d'acqua monitorati è stato diminuito, in seguito ad accordi intercorsi fra CAVET e ARPAT, supporto tecnico dell'Osservatorio Ambientale Nazionale. Nella **tab. 3.1.1** e nel grafico di **fig. 3.1.4** riassumiamo l'evoluzione del PMA nel corso degli anni.

anno	Punti d'acqua monitorati (tratta Toscana)			
	Sorgenti	Pozzi	Piezometri	Corsi d'acqua
1995	39	21	22	12
1996	44	31	24	25
1997	57	41	32	25
1998	49	25	36	25
1999	100	67	44	35
2000	142	56	46	48
2001	155	52	63	60
2002	183	68	89	66
2003	140	58	77	69
2004	121	50	5	70
2005	91	35	24	66

Tab. 3.1.1 – Variazione del numero dei punti d'acqua monitorati dal 1996 a fine 2005 (PMA).

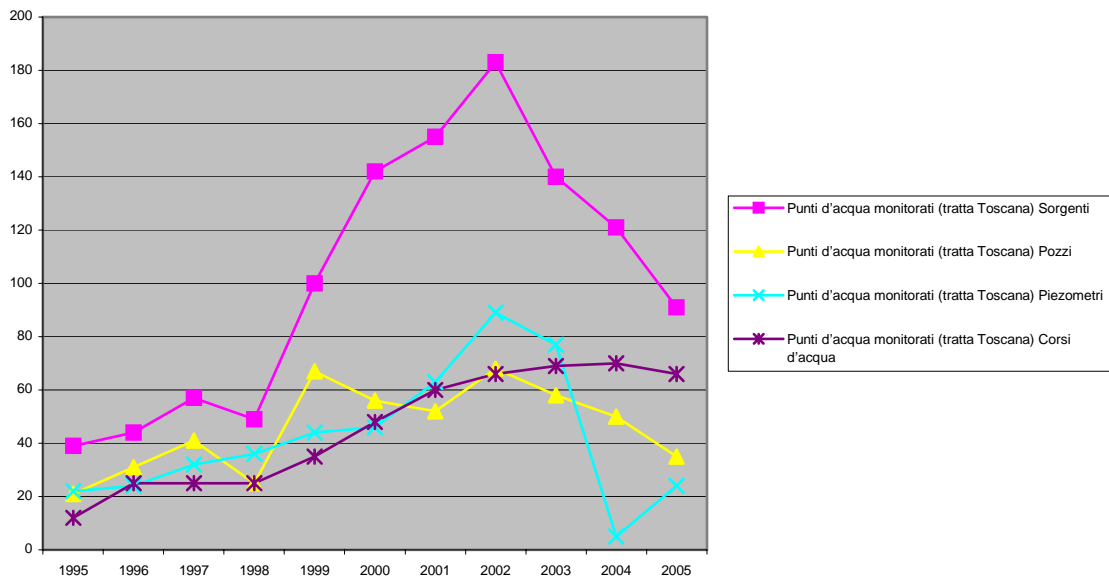


Fig. 3.1.4 – Il grafico evidenzia l’evoluzione del Piano di Monitoraggio dal 1995 ad oggi.

Come facilmente si rileva, il numero dei punti monitorati è andato aumentando man mano che gli impatti sulla circolazione idrica superficiale e profonda si manifestavano; in altre parole, il PMA è andato adeguandosi a tali eventi, invece che contribuire a prevenirne gli effetti, com’era negli scopi prefissati.

Non è chiaro, inoltre, su quali basi geologiche e idrogeologiche sia stato fondato il criterio di limitare il monitoraggio *ante operam* ad una fascia di 2 km a cavallo del tracciato; sono di fatto risultati impattati, senza ombra di dubbio, punti d’acqua situati a 2 km dall’asse del tracciato (sorgente La Rocca e pozzi Incisa), mentre si sta discutendo su di un ulteriore ampliamento della fascia d’impatto (sorgente e pozzi del Molinuccio, oltre 4 km ad Ovest nel bacino del T. Levisone, e pozzo Ugolini, altrettanti km ad Est nel bacino del T. Ensa).

3.2 La frequenza delle misurazioni

Nella pubblicazione sopra citata (AGNELLI *et al.*, 1999) si asserisce che “.....*per i punti “base” le misure sono svolte con frequenza da semestrale a mensile/quindicinale in relazione all’avanzamento lavori e all’importanza idrogeologica del punto.....; quelle sui punti integrativi assumono frequenze solitamente molto ravvicinate (quindicinali/mensili) ma limitate a brevi periodi di tempo...*”. Altrove si legge che “...*A partire dal mese di Aprile 1997 è iniziata.....l’attività di monitoraggio in corso d’opera fra Bologna e Vaglia;.....la tempistica di effettuazione dei sopralluoghi varia fra un minimo di 2 a un massimo di 9 controlli annuali, in relazione al rischio di impatto e alla vicinanza dei lavori di scavo...*”. Ciò significa che, almeno dal 1997 al 1999 (data della pubblicazione) le frequenze iniziali sono state ridotte o a semestrali o a meno che mensili. Non risulta presa in considerazione l’opportunità di collegare la frequenza dei rilevamenti con la dinamica delle precipitazioni nell’arco dell’annata idrologica.

Dopo il verificarsi dei primi impatti, oltre ad aumentare il numero dei punti d’acqua monitorati (come riportato nella **tab. 3.1.1**), fu incrementata, su richiesta dell’OAN, anche la frequenza delle misurazioni su quelli più “sensibili”. Una volta terminato lo scavo della galleria che aveva fatto registrare le maggiori anomalie idrogeologiche (Firenzuola) il PMA ha subito ulteriori riduzioni, anche se la situazione di assetto definitivo della circolazione idrica profonda non sembra essere raggiunta.

4 – GLI IMPATTI SULLE RISORSE IDRICHE

In questo capitolo si riferisce sulle conseguenze, sia di natura ambientale che socio-economica, che i lavori per la realizzazione della ferrovia AV hanno provocato nel tratto toscano, dovute principalmente allo scavo delle gallerie.

Si tiene a precisare che **in questa sede ci limiteremo a illustrare le modificazioni “abiotiche” subite dal ciclo idrologico locale** (acque superficiali, acque sotterranee e loro interazioni), rimandando ad altre competenze la trattazione degli aspetti chimico-biologici della questione.

4.1 – Le conseguenze dello scavo di una galleria drenante sulla circolazione idrica in ammassi rocciosi fratturati

Come illustrato a proposito della situazione geologica dell'area (**par. 2.2**), le gallerie della ferrovia AV nel tratto toscano attraversano formazioni geologiche che, a causa degli *stress* tettonici subiti nel corso dell'orogenesi appenninica, sono caratterizzate da una circolazione idrica sotterranea che sfrutta prevalentemente alcune fasce di fratture beanti orientate in senso NO-SE, probabilmente comunicanti fra loro per la presenza di lineazioni ad esse perpendicolari. Il progredire degli scavi delle gallerie, in condizioni di rivestimento drenante per scelte progettuali, ha causato in questo tipo di ammassi rocciosi un consistente abbassamento della superficie piezometrica, provocando l'esaurimento di sorgenti perenni, anche caratterizzate da portate notevoli, e la sparizione del deflusso superficiale in alcuni tratti di alveo. La **fig. 4.1.1** mostra in modo schematico l'evoluzione del fenomeno in differenti situazioni di permeabilità degli ammassi.

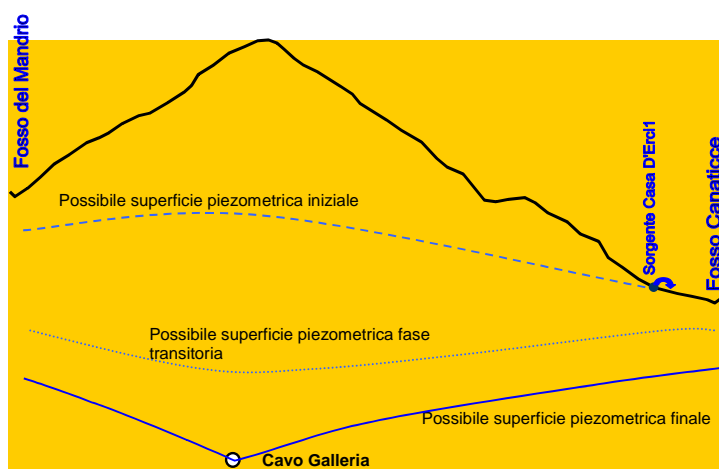
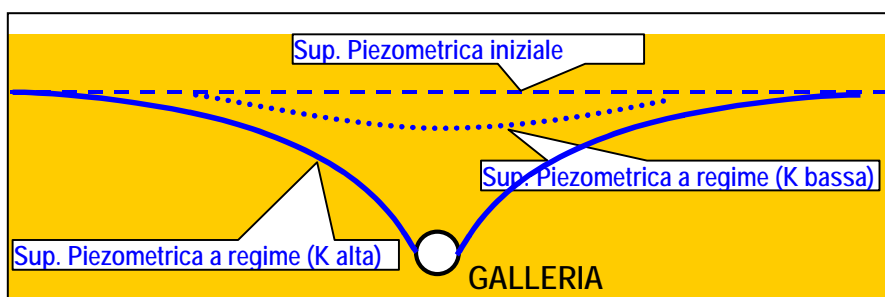


Fig. 4.1.1 – Conseguenze dello scavo di una galleria sulla morfologia della superficie piezometrica. In alto sono schematizzate due situazioni in diverse condizioni di permeabilità dell'ammasso roccioso; in basso si fa riferimento al caso reale dell'impatto della galleria di Firenzuola sulle sorgenti di Casa d'Erci e sui corsi d'acqua vicini (*da ARPAT*).

4.1.1 - I modelli idrogeologici applicati

In sede di progetto esecutivo gli estensori tentarono di prevedere il comportamento idrogeologico degli ammassi rocciosi che sarebbero stati attraversati dalle gallerie, proprio per il fatto che queste erano state progettate come “drenanti”, in modo da abbattere le pressioni idrostatiche e contenere il rivestimento del cavo, previsto in calcestruzzo, entro i 90 cm di spessore. La stessa ragione, quindi, per la quale era stato scelto un tracciato che evitasse, per quanto possibile, formazioni geologiche ad elevato contenuto in argille “spingenti”.

Gli ammassi da attraversare furono considerati “isotropi” agli effetti della circolazione idrica sotterranea (modello FEDERICO, 1984); inoltre, la presenza nelle successioni fliscioidi di abbondanti intercalazioni pelitiche fece ritenere tale circolazione relativa ad acquiferi di limitata estensione e produttività o, addirittura, ad acquitardi, la cui eventuale intercettazione non avrebbe potuto provocare emungimenti significativi. Solo per la galleria di Vaglia, forse per il fatto di interessare ammassi con una certa componente calcarea, che poteva far pensare ad una circolazione di tipo carsico, fu imposto dal Ministero per l’Ambiente il valore massimo di drenaggio ammissibile di 150 L/s per tutto lo sviluppo della galleria. I successivi avvenimenti dimostrarono l’infondatezza delle previsioni: i valori più elevati di drenaggio (che superarono temporaneamente anche i 350 L/s sul fronte di avanzamento da Marzano a nord, nella galleria di Firenzuola) si sarebbero riscontrati nei flysch marnoso-arenacei della dorsale appenninica principale, interessati da fasci di fratture beanti per intensa tettonizzazione degli ammassi, mentre nella galleria di Vaglia, al momento, a scavi ultimati, la “soglia” dei 150 L/s non è stata ancora superata.

Altri modelli finalizzati a chiarire il bilancio afflussi-deflussi, nei bacini idrografici in cui sia le sorgenti che le acque di scorrimento superficiale negli alvei avevano fatto riscontrare anomalie, specialmente a partire dall’anno 2000, furono applicati (BECCHI *et al.*, 2000). Pur corretti dal punto di vista del procedimento, tali modelli, applicati a situazioni nelle quali sono in gioco deflussi superficiali di pochi litri al secondo, ma enormemente importanti per mantenere il “deflusso minimo vitale - DMV” negli alvei, risultano poco attendibili, in quanto i valori dei parametri in ingresso sono riferiti ad una scala spaziale talmente piccola (nel senso di non sufficiente dettaglio) da confliggere con quella alla quale devono essere fornite le risposte. E’ il caso, per esempio, del considerare il fattore suolo (cfr. **par. 2.3**), di primaria importanza nel ciclo idrologico, solo a scala di riconoscimento generale, ignorandone la variabilità locale di spessore e di caratteristiche intrinseche (tessitura, struttura, etc.) o di scomporre il piccolo bacino o l’area di alimentazione di una sorgente in celle di dimensioni non consone alla loro superficie.

In questa sede, tenendo conto delle perplessità appena espresse, per le elaborazioni che saranno illustrate e commentate in dettaglio, **si è preferito un approccio empirico e minimale, sulla base dei dati derivanti dal Piano di Monitoraggio Ambientale**, messi a disposizione. In mancanza di questi, specialmente per la fase *ante operam*, si è fatto ricorso sia alla conoscenza personale dei luoghi che alle testimonianze dei residenti e degli utilizzatori della risorsa idrica.

4.2 - Cronistoria degli eventi dall'inizio dei lavori, per ogni fronte di scavo

Riportiamo schematicamente di seguito, per ogni galleria e in ordine cronologico, la successione degli eventi più significativi che si sono verificati fino ad oggi nel corso dei lavori per la realizzazione della Ferrovia AV. In grassetto sono evidenziati i principali impatti sulle risorse idriche superficiali e profonde.

I lavori per la realizzazione dell'opera iniziarono nel 1996 con l'impianto dei cantieri.

GALLERIA RATICOSA

Maggio 1998 (*ante*):

viene realizzata la finestra Castelvechio

Maggio 1998:

inizia lo scavo della galleria nel tratto dalla finestra Castelvechio verso nord

Giugno 1998:

inizia lo scavo della galleria nel tratto dalla finestra Castelvechio verso sud

Estate 1998:

si verifica il grave impatto sulla sorgente Castelvechio, che alimentava l'acquedotto della frazione

Ottobre 2002:

inizia lo scavo della galleria da alveo Diaterna verso Bologna, conclusosi nel luglio 2004 con il ricongiungimento con il tratto scavato dalla finestra Castelvechio.

GALLERIA SCHEGGIANICO

Maggio 1998:

inizio dello scavo da finestra Brentana

Marzo 1999:

inizio dello scavo da finestra Brenzone

Maggio 1999:

termine dello scavo.

GALLERIA FIRENZUOLA

Gennaio 1997:

inizia lo scavo della finestra S. Giorgio

Febbraio 1997:

inizia lo scavo della finestra Rovigo

Primavera 1997:

primo impatto a carico della sorgente Ca'di Sotto, in prossimità dell'imbocco della finestra Rovigo

Ottobre 1997:

la quota della galleria di linea viene raggiunta da finestra S. Giorgio; lo scavo procede verso Bologna e Firenze

Dicembre 1997:

la quota della galleria di linea viene raggiunta da finestra Rovigo; lo scavo procede verso Firenze e Bologna.

Maggio 1998:

inizia lo scavo da finestra Rovigo verso Firenze

Giugno 1998:

inizia lo scavo da finestra Rovigo verso Bologna

Primavera 1998:

si verifica un fenomeno di subsidenza in località Il Grillo presso S. Giorgio (comune di Borgo San Lorenzo); si rende necessaria l'esecuzione di un campo pozzi per abbassare

il livello della falda e consentire l'avanzamento; qualche giorno dopo si verifica uno sprofondamento localizzato a circa 70 m a est dell'asse della galleria.

Marzo 1998:

inizia lo scavo della finestra Marzano

Maggio 1998:

inizia lo scavo della finestra Osteto

Luglio 1998:

inizia lo scavo dall'imbocco nord (Camerone di S. Pellegrino)

Luglio 1999:

lo scavo della finestra Osteto viene interrotto per l'intercettazione di una cospicua venuta d'acqua; i lavori vengono sospesi

Ottobre 1999:

terminata la difficoltosa realizzazione della finestra Marzano, iniziano gli scavi dei tratti di galleria da Marzano verso sud e da Marzano verso nord; la sorgente Marzano è la prima ad essere impattata nella zona (primo semestre 1999); il tratto verso nord provoca il primo forte e significativo impatto a carico della galleria Firenzuola.

Ottobre 99 - Marzo 2000:

si verificano impatti significativi, che meritano di essere descritti in dettaglio.

ARPAT prevede la possibilità di intercettazione di falde idriche significative connesse con le sorgenti Casa d'Erci. In questo periodo ARPAT ipotizza anche altri possibili impatti sull'area circostante (fosso Cannaticce, approvvigionamenti idrici di Scarperia ecc.).

Con nota del **15.2.2000** Italferr da conto di aver rilevato la fascia fratturata ma sbaglia la previsione sui tempi dell'impatto.

Con nota del **15.03.2000** ARPAT comunica all'Osservatorio Ambientale che sul lato nord della galleria di Marzano, alla progressiva km 54+120 e 54+116, nelle giornate di sabato 11 e di domenica 12 marzo 2000 è stata intercettata una venuta d'acqua stimata in 5 Litri/secondo; le venute d'acqua sono risultate attive anche sui fronti di scavo del 14 e 15 marzo (rispettivamente km 54+112 e 54+108): la portata complessiva è di 11 Litri/secondo.

(Ndr: in data 11.03.2000, durante i lavori di scavo della galleria Firenzuola da Marzano, cantiere T 11, si verificò quanto paventato e previsto da ARPAT già dal novembre 1999, ossia che a cominciare dalla progressiva 54+100 lo scavo avrebbe attraversato una zona molto fratturata e, quindi, intercettato una importante falda acquifera, con probabili influenze negative sull'acquifero alimentante le sorgenti Case d'Erci; in altre parole si è verificata la temuta interferenza fra lo scavo della galleria e le sorgenti di Case d'Erci).

Il **15.03.2000** l'Osservatorio Ambientale intima a TAV la sospensione dei lavori di scavo della galleria di Firenzuola alla progressiva 54+100.

Con nota n. 3724 del **22.03.2000** il CONSIAG comunica al Ministero Ambiente, all' O.A, all'ARPAT, al sindaco di Borgo San Lorenzo, a TAV, ecc. che le sorgenti di Case d'Erci, che alimentano gli acquedotti di Luco di Mugello, Grezzano e frazioni limitrofe, mostrano una diminuzione della portata sin dallo scorso 16 marzo e che tale portata ha raggiunto livelli preoccupanti negli ultimi 3 giorni. La sorgente di Frassineta non mostrava il medesimo fenomeno. A parere del CONSIAG il fenomeno non poteva non derivare direttamente dall'interferenza idrogeologica dello scavo della galleria di Firenzuola: "il fenomeno ha evidenziato una rapidità di interferenza tra il drenaggio della galleria e il regime delle sorgenti di alcuni ordini di grandezza superiore a quella ipotizzata da CAVET e dai suoi consulenti in ogni sede".

Dalle "Relazioni di sopralluogo" eseguiti da tecnici ARPAT fra il **23 e il 30.03.2000** al cantiere della galleria ed alle sorgenti Case d'Erci, risulta che sono stati eseguiti i due sondaggi orizzontali richiesti con nota ARPAT del 09/03/2000, che le portate delle sorgenti Case d'Erci (1 e 2) continuavano a diminuire, nonostante le piogge copiose, che la quantità d'acqua intercettata in galleria alla progressiva 54+102 continuava ad essere sensibile: la portata di acqua media trattata dall'impianto di depurazione era di circa 50 litri/secondo.

Il giorno **11.05.2000** Italferr invia a O.A. il documento CAVET "Revisione del codice di esecuzione dei lavori di scavo delle gallerie con riferimento ai problemi idrogeologici (aprile 2000)".

Agosto 2000:

viene impattata l'importante sorgente La Rocca, captata da tempo per l'acquedotto di Scarperia.

- Agosto 2000:**
il torrente Veccione inizia a presentare i primi segnali di diminuzione di portata
- Estate 2000:**
grave impatto progressivo sulla sorgente Frassineta
- Maggio 2001:**
esaurimento completo della sorgente Frassineta
- Tarda primavera 2001:**
Il torrente Rampolli fa registrare una significativa perdita di portata a valle delle sorgenti Capannone.
- Luglio 2001:**
impatto sulla sorgente Badia di Moscheta 2
- Estate 2001:**
esaurimento delle sorgenti I Guazzini e Alicelle-Largignana
- Novembre 2001:**
riprende la realizzazione della finestra Osteto secondo un nuovo tracciato che evita l'intercettazione della venuta d'acqua.
- Dicembre 2001:**
impatto sulla sorgente Badia di Moscheta
- Giugno 2002:**
una ulteriore grave intercettazione si verifica con l'approssimarsi della progressiva 53+275: la portata in galleria passa da 130 Litri/secondo del maggio 2002 ai 207 Litri/secondo di giugno, ai 345 di luglio per poi toccare il massimo assoluto in agosto, quando arriva a toccare i 390 Litri/secondo.
- Maggio 2003:**
la sorgente sulfurea in località Madonna dei Tre Fiumi risulta esaurita.

GALLERIA VAGLIA

- Primavera 1997:**
inizio dello scavo della finestra Carlone
- Giugno 1997:**
primi impatti sui pozzi Carlone 1 e Carlone 2
- Marzo 1998:**
termine della finestra Carlone e inizio dello scavo della galleria da imbocco nord (Casaccia – S. Piero a Sieve) verso Firenze; inizio dello scavo della galleria da finestra Carlone verso Firenze
- Maggio 1998:**
inizio dello scavo della galleria da finestra Carlone verso Bologna
- Primavera-estate 1999:**
impatti a carico delle sorgenti Pozza, Case Frilli e Mozzete nella zona di Tagliaferro (comune di San Piero a Sieve). Risultano **perdite totali di deflusso a carico del torrente Cardetole.**
- Agosto 2000:**
inizio dello scavo del cunicolo di servizio da Sesto Fiorentino
- Dicembre 2000:**
impatto sulla sorgente Ginori a Sesto Fiorentino
- Febbraio 2001:**
impatto sulla sorgente Fontemezzina a Sesto Fiorentino
- Febbraio 2001:**
alla presenza del Presidente Ciampi viene abbattuto il diaframma che separava le due direzioni di scavo; è così realizzato il primo tratto della galleria Vaglia, dall'imbocco nord al Carlone.

Maggio 2001:

impatti sui pozzi Cerreto Maggio e Casaccia nel comune di Vaglia

Estate 2001:

il torrente Carzola presenta i primi significativi impatti; risultano inoltre impattati il Fosso Pinati a Vaglia, il Fosso Cerretana a Paterno e, di conseguenza, il torrente Carza.

Maggio 2002:

inizio dello scavo dall'imbocco sud verso Bologna.

Settembre 2003:

completamento dello scavo del cunicolo di servizio.

Settembre 2005: *completamento della galleria.*

4.3 – Quadro sintetico degli impatti sulle risorse idriche

Come accennato nel **cap. 2**, il quadro di un'apparente uniformità (isotropia) delle formazioni geologiche attraversate dalle gallerie, è falsato dalla presenza di strutture geologiche particolari, che rendono alcune zone indipendenti dall'acquifero principale. E' il caso della parte alta del versante meridionale dell'Appennino (testata del Fosso Rampolli), dove un gruppo di sorgenti, a scavi terminati (Galleria di Firenzuola), non ha fatto registrare variazioni anomale di portata, a differenza di altre situate più in basso (Frassineta). Un altro acquifero che non ha risentito del drenaggio operato dalla galleria di Vaglia è stato quello "sostenuto" dalle argilliti di Pescina nella valle del Fosso Cerretana.

Situazioni che fanno ritenere dubbio l'impatto sono relative soprattutto alla circolazione minore che si stabilisce nelle zone comprese fra due o più fasci di fratture primarie; molto spesso situate in zone scarsamente accessibili, non sono state oggetto di monitoraggio altrettanto attento, come sarà specificato in seguito.

Ci sembra opportuno richiamare l'attenzione sul fatto che **solo alcune delle sorgenti principali sono state oggetto di monitoraggio ante operam, di solito quelle più vicine all'asse delle gallerie**; infatti, la fascia d'influenza delle gallerie sul regime delle acque sotterranee, come prevista dal Piano di Monitoraggio iniziale del progetto esecutivo, non superava la larghezza di 2 km a cavallo del tracciato (AGNELLI *et al.*, 1999).

4.3.1 – Metodologia di valutazione

In caso di disponibilità di dati *ante operam*, la valutazione delle perdite di portata di corsi d'acqua, sorgenti e pozzi ("impoverimento") dall'inizio dei lavori ad oggi (Dicembre 2005) è stata effettuata sulla base della differenza fra i valori medi registrati prima del manifestarsi dell'impatto sul punto d'acqua e quelli misurati da quel momento ad oggi.

Per quanto riguarda gli altri numerosissimi casi di punti d'acqua minori, soprattutto di quelli situati all'esterno della fascia di probabile interferenza, in caso di impatto conclamato (cioè ammesso da CAVET e/o ARPAT), le portate *ante operam* sono state ricostruite solo sulla base delle testimonianze degli utilizzatori, a loro volta accertate sulla base della tipologia e del "peso" delle utenze (numero di nuclei familiari, o dei capi di bestiame, o delle superfici irrigue). Se questo procedimento presenta già qualche difficoltà nel rappresentare la realtà a proposito delle sorgenti, risulta quasi impossibile riferirlo alla produttività dei pozzi: anche in questo caso si è fatto riferimento alle testimonianze, ma solo nel caso in cui i pozzi siano stati completamente prosciugati o abbiano fatto registrare oscillazioni anomale del livello statico.

Le perdite di deflusso superficiale negli alvei non sono state considerate come "impoverimento" della risorsa, in quanto, lungo i tratti impattati, nei periodi di magra le acque sono intercettate dalle fratture beanti degli ammassi rocciosi e vengono restituite disponibili, anche se di qualità inferiore e a quote più basse, alle uscite delle gallerie. La mancanza di deflusso in tratti di alvei influisce direttamente e negativamente solo sulle condizioni della fauna acquatica e della vegetazione riparia.

Per queste ragioni, in mancanza di dati di sufficiente dettaglio, dei quali l'importanza dell'opera non avrebbe dovuto fare a meno, pur con incremento non indifferente dei costi, **si è preferito in questa sede astenersi dal proporre nuovi modelli idrogeologici**, evitando il rischio di aggiungere altri motivi di sterile discussione. La valutazione delle anomalie (perdita totale, diminuzione sensibile) subita dalle risorse idriche superficiali e sotterranee del comprensorio è stata quindi effettuata sulle seguenti basi:

- *esame delle serie di dati su sorgenti, pozzi, piezometri e alvei, rilevate fino ad oggi per il Piano di Monitoraggio;*
- *esame critico delle "schede idrogeologiche" periodicamente predisposte da CAVET a commento dei dati di cui sopra;*

- confronto con i dati del monitoraggio ante operam (dimostratosi ampiamente insufficiente per la mancanza di adeguati studi di base e previsionali) ove disponibili;
- testimonianze di residenti in zona;
- tipologia delle utenze servite (civili, agricole o entrambe) specialmente per pozzi e sorgenti;
- possibilità di sostenere la fauna acquatica e la vegetazione riparia (per le acque superficiali).

In altre parole, il giudizio d'impatto sui singoli punti d'acqua, riportato nelle varie tabelle, nelle schede e nelle carte tematiche a corredo sia delle presenti note che della relazione generale, è il risultato del confronto fra i giudizi di CAVET, ARPAT, integrato dalle osservazioni di chi scrive, derivate da analisi o sopralluoghi all'uopo effettuati.

4.3.2 – Impatti sulle sorgenti

Riportiamo nella **tab. 4.3.2.1** un elenco delle sorgenti presenti nel comprensorio specificando per ciascuna di esse le seguenti caratteristiche:

- 1 – distanza progressiva (in Km) a partire da Nord (Bologna) verso Sud (Firenze), individuata dal punto in corrispondenza del quale la linea ferroviaria intercetta sulla carta la perpendicolare tracciata dalla posizione della sorgente;
- 2 – Codice assegnato dal Piano di Monitoraggio, che identifica la sorgente;
- 3 – Denominazione locale;
- 4 – Eventuale riferimento al capo d'imputazione;
- 5 – Territorio comunale di appartenenza.
- 6 – Portata media (in litri/minuto) desunta dai dati del Piano di Monitoraggio *ante operam*, o dalle testimonianze degli utilizzatori (solo per le sorgenti impattate).
- 7 - Giudizio sul sussistere o meno di impatto sulla singola sorgente, espresso nei seguenti termini:
 - a) **Impattata**: diminuzione della portata della sorgente, o suo esaurimento, rispetto alle condizioni monitorate *ante operam*, o derivate dalle testimonianze degli utilizzatori.
 - b) **Non impattata**: esclusione della relazione di causa-effetto fra il regime della sorgente e la presenza delle gallerie.
In mancanza di dati ante operam l'attribuzione dello stato della sorgente ad uno dei termini di cui sopra, dall'inizio del rilevamento (tabella 3.1.1), è stata effettuata sulla base della tendenza progressiva all'aumento o alla diminuzione della portata minima annuale, tenendo conto della "anomalia" rappresentata dal prolungato periodo di siccità manifestatosi nell'estate 2003.
 - c) **Dati insufficienti**: nei rimanenti casi, cioè in quelli ove tale tendenza non risulta evidente, si è preferito astenersi dal giudizio.
- 8 – Data della prima manifestazione delle anomalie di regime, ove ben identificata;
- 9 – Note, con specificato se trattasi di sorgente solo censita, non monitorata, se le informazioni circa il regime sono state desunte da testimonianze, e se il giudizio concorda con quello espresso nel Piano di Monitoraggio.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
34,830	PSS-FA-01	Carlina		Firenze		Non impattata		
35,380	PSS-FA-112	Carlina di Sopra		Firenze				Non monitorata
35,500	PSS-FA-30	Roco Alberocce		Firenze		Non impattata		
35,520	PSS-FA-113	Moline		Firenze				Non monitorata
35,570	PSS-FA-114	Valtrosa	46	Firenze		Impattata		Non monitorata – Testimonianza Lazzerini
35,850	PSS-FA-115	Montarello 2		Firenze				Non monitorata
35,950	PSS-FA-21	Castelvecchio	18	Firenze	89	Impattata	Estate 1998	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
35,980	PSS-FA-116	Castelvecchio 2		Firenze				Non monitorata
36,000	PSS-FA-04	Ca' Buraccia		Firenze		Non impattata		
36,005	PSS-FA-29	Canda I		Firenze		Non impattata		
36,110	PSS-FA-85	Valparpano	52	Firenze	21	Impattata	Giugno 98	Testimonianza - CAVET: impatto dubbio
36,115	PSS-FA-117	Fonte del Rullo	45	Firenze		Impattata	Giugno 98	Testimonianza - CAVET: dati insufficienti
36,400	PSS-FA-84	Molino (Pionzo)	52	Firenze		Impattata	Giugno 98	Testimonianza - CAVET: non valutata
36,500	PSS-FA-97	Ca' Buraccia 2		Firenze		Non impattata		
36,580	PSS-FA-03	Costa dei Fabbri		Firenze		Non impattata		
36,800	PSS-FA-118	Visignano		Firenze		Non impattata		
37,280	PSS-FA-23	Fonte del Prete		Firenze		Non impattata		
37,300	PSS-FA-119	Ca' Buraccia 3		Firenze				Non monitorata
37,310	PSS-FA-25	Renana		Firenze		Non impattata		
38,000	PSS-FA-42	Molino Lelli - Bettini		Firenze		Non impattata		
38,105	PSS-FA-120	Montarelli		Firenze				Non monitorata
38,185	PSS-FA-47	Biguglio (Ca' dei Roffi)		Firenze	105	Impattata	Luglio 2003	CAVET: non valutata
38,250	PSS-FA-22	Collinelle		Firenze		Non impattata		
38,700	PSS-FA-121	Bertina		Firenze		Non impattata		
38,770	PSS-FA-05	Ca' Nova		Firenze		Non impattata		
38,790	PSS-FA-06	Gabrone		Firenze		Non impattata		
38,900	PSS-FA-98	Selva-Divole		Firenze		Non impattata		
38,995	PSS-FA-122	Divole		Firenze		Non impattata		
39,100	PSS-FA-103	La Torta 2		Firenze		Non impattata		
39,650	PSS-FA-102	La Torta		Firenze		Non impattata		
39,865	PSS-FA-123	Diaterna 3		Firenze				Non monitorata
39,900	PSS-FA-124	Grillose		Firenze				Non monitorata
39,940	PSS-FA-125	Campore 2		Firenze				Non monitorata
40,000	PSS-FA-86	Campore 1	X	Firenze		Dati insufficienti		
40,110	PSS-FA-105	Molino di Cerreta		Firenze		Non impattata		
40,300	PSS-FA-126	Cerreta	58?	Firenze				Non monitorata
40,450	PSS-FA-127	Poggiolo 2		Firenze				Non monitorata
41,100	PSS-FA-87	Case Brenzone (Carli)	43	Firenze		Non impattata		
41,300	PSS-FA-88	Rio Cucco		Firenze		Non impattata		Sepolta da discarica
41,333	CARLI			Firenze				
41,350	PSS-FA-128	Carli	48	Firenze	150	Impattata	Sett. '99	Testimonianza
41,950	PSS-FA-129	Scheggianico		Firenze				Non monitorata
42,175	PSS-FA-130	Scheggianico 2		Firenze				Non monitorata
42,920	PSS-FA-108	Fergnana	x	Firenze		Impattata		CAVET: non valutata
43,650	PSS-FA-10	Tre Croci superiore		Firenze		Non impattata		
43,850	PSS-FA-13	Prosegio Marzocco		Firenze		Non impattata		
44,100	PSS-FA-14	Isola Marzocco		Firenze		Non impattata		
44,300	PSS-FA-12	Ca' Badilucci		Firenze				Non monitorata
44,300	PSS-FA-131	Marzocco Paracchi		Firenze		Non impattata		
44,500	PSS-FA-02	Ca' di Menafina		Firenze		Non impattata		
44,800	PSS-FA-132	Pianelle		Firenze				Non monitorata
45,000	PSS-FA-41	Selva (Baravelli-Palasaccio)	57	Firenze		Non impattata		
45,050	PSS-FA-133	Rovigo 1		Firenze				Non monitorata

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
45,086	PSS-FA-08			Firenze				Non monitorata
45,150	PSS-FA-104	Ponte Roncone	20	Firenze		Impattata	Ottobre '99	Testimonianza – CAVET: non valutata
45,200	PSS-FA-134	Rovigo 2		Firenze				Non monitorata
45,370	PSS-FA-89	Fontanelle		Firenze		Non impattata		
45,450	PSS-FA-24	Ca' di Sotto	20	Firenze	117,4	Impattata	Primavera 1997	
45,890	PSS-PS-01	Casetta di Tiara		Palazzuolo sul Senio		Non impattata		
45,900	PSS-FA-135	Frena	55-56	Firenze				Non monitorata
45,905	PSS-FA-26	Giuncaia		Firenze		Non impattata		
46,100	PSS-FA-27	Scoglio		Firenze		Non impattata		
46,350	PSS-FA-28	Molinuccio		Firenze		Non impattata		
46,900	PSS-FA-136	Veccione 4	21	Firenze	13	Impattata	Fra Luglio 1999 e Maggio 2000	CAVET: non monitorata
46,950	PSS-FA-137	Torrette 1		Firenze				Non monitorata
47,000	PSS-FA-138	Torretta 2		Firenze				Non monitorata
47,450	PSS-FA-96	Coloreta	X	Firenze		Non impattata		
47,780	PSS-FA-106	Veccione 3 - Infernino	22	Firenze	166,8	Impattata	2° semestre 2000	
47,850	PSS-FA-139	Cipresso		Firenze				Non monitorata
47,980	PSS-FA-140	Capanne		Firenze				Non monitorata
48,300	PSS-FA-141	Capanno		Firenze				Non monitorata
48,350	PSS-FA-142	Veccione 2		Firenze				Non monitorata
48,450	PSS-FA-143	Pascoli zona Boschetto		Firenze				Non monitorata
48,531	PSS-FA-169			Firenze				Non monitorata – censita
48,695	PSS-FA-145	Casetta di Rocco		Firenze		Dati insufficienti		
48,700	PSS-FA-100	Casetta di Rocco 2		Firenze				Non monitorata
48,865	PSS-FA-146	Veccione 5		Firenze		Impattata		Non monitorata
48,880	PSS-FA-107	Veccione 1 - La Buca	23	Firenze	36,6	Impattata	Primavera 2001	
49,000	PSS-FA-147	Sette Fonti		Firenze				Non monitorata
49,165	PSS-FA-16	Badia Moscheta	24	Firenze	32,9	Impattata	Dicembre 2001	
49,200	PSS-FA-148	Badia Moscheta 3		Firenze				Non monitorata
49,250	PSS-FA-99	Badia Moscheta 2	x	Firenze	26,3	Impattata	Primi indizi a Luglio 2001. Esaurita nell'estate 2003	CAVET: impatto dubbio
49,550	PSS-FA-101	Fonte del Dianoro (Isola)	x	Firenze		Dati insufficienti		
49,780	PSS-FA-149	Faggione		Firenze		Dati insufficienti		
49,800	PSS-FA-150	Puligno		Firenze				Non monitorata
49,830	PSS-FA-151	Lame		Firenze				Non monitorata
49,850	PSS-FA-152	Fusolei		Firenze				Non monitorata
49,900	PSS-FA-90	Prato alla Fonte		Firenze		Dati insufficienti		
49,901	PSS-FA-154	Isolina		Firenze		Dati insufficienti		
49,902	PSS-FA-155	Fonte del Vacchile		Firenze	15	Impattata	Agosto 2003	CAVET: impatto dubbio
49,950	PSS-FA-156	Le Fosse		Firenze				Non monitorata
49,955	PSS-FA-157	Laguna		Firenze				Non monitorata
49,995	PSS-FA-158	Osteto1		Firenze				Non monitorata
49,999	PSS-FA-159	Roncacciolo	50-51	Firenze		Impattata	Giugno '03	Non monitorata Testimonianza Santi Silvano
50,000	PSS-FA-160	Fontanine		Firenze				Non monitorata
50,050	PSS-FA-161	Fonte delle Prese		Firenze				Non monitorata
50,060	PSS-FA-18	Osteto (Isola)		Firenze		Non impattata		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
50,420	PSS-FA-162	Molino di Fognano	25-51	Firenze	4	Impattata	Giugno 1999	Marroneto di Fognano
50,500	PSS-FA-163	Cagna morta		Firenze				Non monitorata
50,650	PSS-FA-164	Bivio Sambucheto		Firenze				Non monitorata
50,655	PSS-FA-165	Albergo		Firenze				Non monitorata
50,720	PSS-FA-166	Eleonora	59	Firenze		Impattata		Non monitorata
50,790	PSS-FA-19	Felciaione	x	Firenze		Non impattata		
50,900	PSS-FA-168	Camilla		Firenze				Non monitorata
51,000	PSS-FA-170	Pratelle 1	50	Firenze				Non monitorata
51,005	PSS-FA-171	Pratelle 4	50	Firenze				Non monitorata
51,010	PSS-FA-172	Pratelle 3	50	Firenze		Impattata		Gruppo di sorgenti - Testimonianza
51,020	PSS-FA-20	Fonte del Guardia		Firenze		Non impattata		
51,025	PSS-FA-173	Pratelle 2	50	Firenze				Non monitorata
51,026	PSS-FA-94	Piagge		Firenze		Non impattata		
51,030	PSS-FA-95	Piagge destra		Firenze		Non impattata		
51,130	PSS-FA-174	Rifredo		Firenze				Non monitorata
51,200	PSS-BL-01	Fonte dell'Alpe		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
51,250	PSS-FA-07	Felciaione 2		Firenze				Non monitorata
51,260	PSS-FA-175	Valbona - Giuncaia		Firenze				Non monitorata
51,380	PSS-FA-177	Sassi Bianchi		Firenze				Non monitorata
51,382	PSS-FA-178	Fonte del Campanello		Firenze				Non monitorata
51,400	PSS-FA-179	Fonte alla Lastra		Firenze				Non monitorata
51,500	PSS-FA-180	Poggirotto		Firenze		Dati insufficienti		
51,600	PSS-FA-181	Fonte al Lupo		Firenze		Non impattata		
51,650	PSS-FA-182	Acquabona		Firenze		Non impattata		
51,750	PSS-FA-184	Fonte del Baiocco		Firenze		Non impattata		
51,752	PSS-FA-185	Fossa di Pietrone		Firenze				Non monitorata
51,800	PSS-BL-60	Faggione-Acquabona		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
51,900	PSS-FA-186	La Caldine		Firenze				Non monitorata
51,901	PSS-FA-92	Barco Alta		Firenze		Non impattata		
51,910	PSS-BL-17	Fonte Fosso Rampolli		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
51,911	PSS-FA-91	Barco Bassa		Firenze		Non impattata		
52,000	PSS-FA-93	Sasso Bianco		Firenze		Non impattata		
52,005	PSS-BL-32	Faggeta 1		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,010	PSS-BL-71	La Colla		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
52,020	PSS-BL-72	Casaglia 4		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
52,050	PSS-BL-61	Valdiccioli 1		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
52,100	PSS-BL-33	Faggeta 2		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,105	PSS-BL-34	Grande Faggio		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,150	PSS-BL-65	Massalto		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
52,190	PSS-BL-35	Abetaia		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,195	PSS-BL-36	Ponte alle Lame		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,200	PSS-FA-187	Palazzina		Firenze				Non monitorata
52,300	PSS-BL-66	Pruno		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,359	PSS-SC-04			Scarperia				Censita
52,370	PSS-FA-188	Giogo 3		Firenze				Non monitorata
52,400	PSS-BL-137	Fonte Pietra Mezzana		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,405	PSS-BL-38	Buca del Pallone A		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,406	PSS-SC-35	Fontefredda		Scarperia		Non impattata		
52,410	PSS-BL-18	Capannone Ovest		Borgo San Lorenzo		Impattata	Agosto '03	CAVET: impatto dubbio

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
52,415	PSS-BL-39	Capannone Est		Borgo San Lorenzo	10	Impattata	Giugno '03	CAVET: il calo può essere determinato dal cattivo stato di manutenzione dell'opera di presa
52,420	PSS-BL-40	Giogo 2		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,482	PSS-SC-02			Scarperia				Censita
52,500	PSS-BL-41	Buca del Pallone B		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,530	PSS-BL-42	Giogo		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,550	PSS-BL-43	Giogo 1 - Ontani		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,560	PSS-SC-03			Scarperia				Censita
52,700	PSS-BL-44	Fonte del Carpine		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
52,850	PSS-BL-63	Farfereta 5		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		
52,950	PSS-BL-62	Fonte del Carpine		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		
52,980	PSS-BL-64	Fonte del Piovano		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		
53,101	PSS-SC-05			Scarperia				Censita
53,250	PSS-BL-45	Balzo ai Cerri - Aione		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
53,500	PSS-BL-69	Sorgenti Piovano 6 e 7		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		
53,550	PSS-BL-46	Fosso del Mandrio		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
53,600	PSS-BL-47	Pratalba		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
53,765	PSS-BL-11	Frassineta	26	Borgo San Lorenzo	88,7	Impugnata	Portate "anomale" dal II° semestre 2000. Impatto definitivo maggio 2001	
53,950	PSS-BL-10	Casa D'Erci 2	28	Borgo San Lorenzo	269,2	Impugnata	Marzo 2000	
53,975	PSS-BL*01	Perpagnoli-Striano		Borgo San Lorenzo	15	Impugnata	Ottobre '02	Testimonianza - PSS-BL-76 x Cavet
54,000	PSS-BL-09	Casa D'Erci 1	27	Borgo San Lorenzo	112	Impugnata	Marzo 2000	
54,190	PSS-BL-48	Buca delle Fate - Fonte Firenze	29	Borgo San Lorenzo	17,5	Impugnata	Estate 2000	Pochissime misure sia ante che post
54,200	PSS-BL-49	Miniato 2		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
54,205	PSS-BL-37	Alicelle	30	Borgo San Lorenzo	40	Impugnata	Estate 2001	
54,210	PSS-BL-67	Sorgente sulfurea	x	Borgo San Lorenzo		Impugnata	Maggio '03	CAVET: impatto dubbio
54,445	PSS-SC-36	Molinuccio-Agata		Scarperia		Non impugnata		
54,450	PSS-BL-50	Marzano Alta		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
54,500	PSS-BL-51	Castellonchio		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
54,550	PSS-BL-52	Miniato		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
54,600	PSS-SC-47	Omomorto		Scarperia		Non impugnata		
54,670	PSS-SC-01	La Rocca	31	Scarperia	580	Impugnata	Agosto 2000	Sorgente di grande produttività
54,800	PSS-BL-12	Marzano	32	Borgo San Lorenzo	18,2	Impugnata	Intorno al 1° semestre 1999	
54,850	PSS-BL-53	Risolaia 1		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
55,200	PSS-BL-19	Belvedere (Fontina)	33	Borgo San Lorenzo	3,6	Impugnata	Inizio estate 2001	
55,210	PSS-BL-20	Fiorentino 1	34	Borgo San Lorenzo	4,6	Impugnata	Luglio '01	
55,280	PSS-BL-54	Casa di Legno		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
	PSS-BL-73	Torricella		Borgo San Lorenzo		Impugnata		Testimonianza
55,295	PSS-BL-26	Montigna	49	Borgo San Lorenzo	4,5	Impugnata	Probabilmente estate 2002	
55,299	PSS-BL-31			Borgo San Lorenzo				Censita
55,300	PSS-BL-55	Fonte di Fallari		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
55,363	PSS-BL-73	Casa di legno 2-Gidzulich		Borgo San Lorenzo		Impugnata	Luglio '01	Testimonianza
55,500	PSS-BL-27	Poggio Forzoli		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		
55,505	PSS-BL-28	Faeto		Borgo San Lorenzo		Non impugnata		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
55,600	PSS-BL-56	Belvedere 2		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
55,700	PSS-BL-21	Burraia		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
55,900	PSS-BL-22	Giuncaia		Borgo San Lorenzo		Non impattata		
55,956	PSS-SC-48			Scarperia				Censita
55,963	PSS-SC-49			Scarperia				Censita
55,967	PSS-BL-74			Borgo San Lorenzo				Censita
56,059	PSS-SC-50			Scarperia				Censita
56,072	PSS-SC-51			Scarperia				Censita
56,101	PSS-BL-25	Scarpelli		Borgo San Lorenzo		Impattata	Luglio '00	Da testimonianza - Scarpelli Rita
56,184	PSS-BL-75			Borgo San Lorenzo				Censita
56,305	PSS-SC-52			Scarperia				Censita
56,442	PSS-SC-06			Scarperia				Censita
56,450	PSS-BL-16	Il Grillo	88	Borgo San Lorenzo	18	Impattata	Maggio '98	
56,750	PSS-BL-57	Macerata 1		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
57,200	PSS-BL-58	Fiorentino 2		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
57,300	PSS-SC-10	I Guazzini	42	Scarperia	71	Impattata		
58,000	PSS-BL-59	Fonte del Cavaliere		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
59,942	PSS-SC-46			Scarperia				Censita
61,700	PSS-SC-11	Fonte all'Esca	63	Scarperia		Non impattata		
66,290	PSS-SP-38	Pozza	35-62	San Piero a Sieve		Impattata	Primavera 1999	
66,295	PSS-SP-24	Monacale	60	San Piero a Sieve		Dati insufficienti		
66,400	PSS-SP-27	Case Frilli	61	San Piero a Sieve		Impattata	Estate 1999	Per Cavet l'impatto risulta "probabile"
66,700	PSS-SP-26	Case Mozzette (Calamai)	84	San Piero a Sieve		Impattata	Estate 1999	Per Cavet l'impatto risulta "probabile"
67,050	PSS-SP-39	Case Taiuti		San Piero a Sieve				Non monitorata
68,175	PSS-SP-05	Canneto		San Piero a Sieve		Non impattata		
68,730	PSS-SP-06	Tagliaferro		San Piero a Sieve		Non impattata		
68,730	PSS-SP-40	Tagliaferro 2	83	San Piero a Sieve	27,7	Impattata	Autunno 2001	
68,875	PSS-SP-41			San Piero a Sieve				Censita
69,464	PSS-VA-03	Carlone	36	Vaglia	122,7	Impattata	Luglio '98	
69,900	PSS-VA-72	Castagno		Vaglia				Non monitorata
70,000	PSS-VA-73	C. Montalto		Vaglia				Non monitorata
70,050	PSS-VA-74	Maianico		Vaglia				Non monitorata
70,648	PSS-VA-67			Vaglia				Censita
70,700	PSS-VA-75	Prato Antella N		Vaglia				Non monitorata
70,905	PSS-VA-06	Pieve		Vaglia		Non impattata		
70,980	PSS-VA-76	Prato Antella S		Vaglia				Non monitorata
71,130	PSS-VA-77	C.Vignale		Vaglia				Non monitorata
71,260	PSS-VA-78	Torre Nocentini 2		Vaglia				Non monitorata
71,291	PSS-VA-27			Vaglia				Censita
71,335	PSS-VA-09	Torre Molini 1		Vaglia		Non impattata		
71,336	PSS-VA-10	Torre dei Molini 2		Vaglia		Non impattata		
71,675	PSS-VA-28	Sala	X	Vaglia		Non impattata		
71,798	PSS-VA-80			Vaglia				Censita
72,155	PSS-VA-81	Fulignano di Là		Vaglia				Non monitorata
72,159	PSS-VA-12	Fosso Pinati		Vaglia		Impattata	Giugno '00	Testimonianza - CAVET: non valutata
72,255	PSS-VA-82	Campo Sportivo		Vaglia				Non monitorata
72,275	PSS-VA-83	Il Colle		Vaglia				Non monitorata
72,370	PSS-VA-84	Trogolo		Vaglia				Non monitorata

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAJET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
72,495	PSS-VA-85	Campopiano		Vaglia				Non monitorata
72,600	PSS-VA-29	Oliveta		Vaglia		Non impattata		
72,800	PSS-VA-86	C.La Quercia		Vaglia		Non monitorata		
72,860	PSS-VA-30	Palagio	61	Vaglia		Non impattata		
73,000	PSS-CL-07	Legri		Calenzano				Non monitorata
73,064	PSS-VA-31	S. Martino		Vaglia		Non impattata		
73,100	PSS-VA-32	La Fornace		Vaglia		Non impattata		
73,200	PSS-CL-04	Case Mattiano 1		Calenzano		Dati insufficienti		
73,250	PSS-VA-33	Casa Carzola di Sopra 1	37-68	Vaglia	150	Impattata	Agosto 2000	
73,270	PSS-VA-34	Casa Carzola di Sopra 2	38-68	Vaglia	2,5	Impattata	Agosto 2000	
73,300	PSS-VA-87	Case Mattiano 2		Vaglia				Non monitorata
73,390	PSS-VA-50	Case Canapaia	67	Vaglia		Dati insufficienti		
73,550	PSS-VA-51	Villa - Cerreto Maggio	x	Vaglia				Non monitorata
73,570	PSS-CL-21	Villa Gondi		Calenzano				Non monitorata
73,580	PSS-CL-02	La Vena Gondi - Tana dei Ghiri		Calenzano		Non impattata		
73,750	PSS-VA-35	Fontino il Cerreto		Vaglia		Non impattata		
73,792	PSS-VA-53	Le Masse	x	Vaglia		Non impattata		
73,877	PSS-VA-89	Cerreto Maggio 1		Vaglia				Non monitorata
73,879	PSS-VA-54	Cementizia		Vaglia		Impattata	Settembre '01	CAJET: dati insufficienti
73,906	PSS-CL-01	Villa Gondi - Volmiano		Calenzano		Non impattata		
74,098	PSS-VA-55	Case Sitriano	x	Vaglia		Non impattata	Settembre '01	
74,234	PSS-VA-56	Case Cerreto Maggio 2		Vaglia		Impattata		CAJET: dati insufficienti
74,289	PSS-VA-57	P.Pianeti		Vaglia		Dati insufficienti		
74,408	PSS-VA-37	Contra	X	Vaglia		Non impattata		
74,534	PSS-VA-45	Case Morlione	X	Vaglia		Non impattata		
74,757	PSS-VA-58	Case del Pruno		Vaglia		Dati insufficienti		
74,880	PSS-CL-08	Ramaccia		Calenzano		Non impattata		
74,985	PSS-CL-03	Pratale		Calenzano		Non impattata		
75,063	PSS-CL-05			Calenzano				Censita
75,077	PSS-CL-09	Del Topo		Calenzano		Non impattata		
75,099	PSS-CL-10			Calenzano				Censita
75,212	PSS-CL-06	S. Martino V.		Calenzano		Non impattata		
75,215	PSS-VA-62	Perina		Vaglia				Non monitorata
75,250	PSS-VA-01	Carzola 2		Vaglia	30	Impattata		
75,302	PSS-VA-63	Fosso Carzola	X	Vaglia		Impattata	Settembre '01	
75,306	PSS-CL-12	Del Cillegio		Calenzano				Non monitorata
75,373	PSS-CL-13			Calenzano				Non monitorata
75,462	PSS-CL-14	Del Trogolo		Calenzano		Non impattata		
75,750	PSS-CL-11	La Case		Calenzano		Non impattata		
75,751	PSS-CL-15	La Villa		Calenzano				Non monitorata
75,955	PSS-VA-15	Pescina		Vaglia		Non impattata		
75,959	PSS-VA-92	Casa il Rio (ex Letizia)		Vaglia		Non impattata		
76,000	PSS-VA-93	Case Peretola		Vaglia				Non monitorata
76,060	PSS-CL-16	Case Pecchiolo		Calenzano				Non monitorata
76,068	PSS-CL-17	Case Pecchiolo 2		Calenzano				Non monitorata
76,114	PSS-VA-42	Casa il Rio		Vaglia				Non monitorata
76,143	PSS-CL-18			Calenzano				Censita
76,285	PSS-CL-19	C.Migliori		Calenzano				Non monitorata

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
76,482	PSS-VA-94	Vitereto		Vaglia		Non impattata		
76,563	PSS-VA-95	Domenico		Vaglia				Non monitorata
76,962	PSS-CL-20	C.Boschi		Calenzano				Non monitorata
77,011	PSS-SF-88			Sesto Fiorentino				Censita
77,098	PSS-SF-92			Sesto Fiorentino				Censita
77,186	PSS-SF-93	Fonticchio Allori		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,214	PSS-SF-77	NW Benciolino		Sesto Fiorentino		Non impattata		
77,263	PSS-SF-91			Sesto Fiorentino		Non monitorata		Censita
77,272	PSS-SF-94	Fonticchio Bassa		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,463	PSS-SF-95	Sali		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,492	PSS-SF-96	Paola		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,516	PSS-SF-23	La Querce		Sesto Fiorentino		Non impattata		
77,535	PSS-SF-76	Casa S.Vico		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,632	PSS-SF-75	Morello		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,665	PSS-SF-97	C.S.Martino		Sesto Fiorentino		Non impattata		
77,677	PSS-SF-98	S.Vico		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,752	PSS-SF-99	Spugno	44?	Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,862	PSS-SF-100	Pescino 1		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,880	PSS-SF-07	Massalto		Sesto Fiorentino		Non impattata		
77,886	PSS-SF-78	Poggio Giro		Sesto Fiorentino		Non impattata		
77,891	PSS-SF-101	Massalto 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,911	PSS-SF-102	Pescino 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
77,933	PSS-SF-21	Buca Della Neve		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,000	PSS-SF-103	C. Dei Balzi		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,001	PSS-SF-01	Ceppeto		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,055	PSS-SF-104	Alberini		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,059	PSS-SF-105	Pescino 3		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,091	PSS-SF-106	Frana 1		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,111	PSS-SF-03	Frana 2?		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,113	PSS-SF-15			Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,156	PSS-SF-107	Frana 3		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,182	PSS-SF-108	Salcio		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,201	PSS-SF-02	Frana 2 - Ciliegi	56?	Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,203	PSS-SF-06	Canneto Vannoni		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,274	PSS-SF-109	Ortale 1		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,278	PSS-SF-16	Vannoni 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,325	PSS-SF-118	Ortale 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,327	PSS-SF-18	Cercina		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,371	PSS-SF-19	Cercina 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,371	PSS-SF-20	Cercina 3		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,395	PSS-SF-08	Cercino Vecchio 4		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,452	PSS-SF-110	Benedetta 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,467	PSS-SF-90	Benedetta 3		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,500	PSS-SF-120	Sassaia		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,516	PSS-SF-111	Benedetta 1		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,551	PSS-SF-73	Torricelle		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,663	PSS-SF-71	Fonte dei Seppi		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,681	PSS-SF-17	Ginori - Cellore		Sesto Fiorentino		Dati insufficienti		
78,686	PSS-SF-72	Fonte dei Seppi 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,734	PSS-SF-112	Case Bongini		Sesto Fiorentino				Non monitorata

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Progr. Km</i>	<i>Codice CAVET</i>	<i>Denominazione</i>	<i>Capo d'imputaz.</i>	<i>Comune</i>	<i>Portata media litri/minuto</i>	<i>Giudizio Impatto</i>	<i>Data Impatto</i>	<i>note</i>
78,751	PSS-SF-113	Cellare 1		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,799	PSS-SF-114	Cellare 2		Sesto Fiorentino				Non monitorata
78,815	PSS-SF-10	Cellore		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,841	PSS-SF-80	Lanciano		Sesto Fiorentino		Non impattata		
78,849	PSS-SF-115	C.Pergola		Sesto Fiorentino				Non monitorata
79,098	PSS-SF-116	Case Gamberaia		Sesto Fiorentino				Non monitorata
79,242	PSS-SF-09	La Petraia		Sesto Fiorentino		Non impattata		
79,305	PSS-SF-81	Fonte Giallina		Sesto Fiorentino		Non impattata		
79,413	PSS-SF-89	Polveriera		Sesto Fiorentino		Non impattata		
79,997	PSS-SF-82			Sesto Fiorentino				Censita
80,011	PSS-SF-117	Casce		Sesto Fiorentino		Non impattata		
80,310	PSS-SF-05			Sesto Fiorentino				Censita
80,445	PSS-SF-84	Le Molina cantiere		Sesto Fiorentino		Non impattata		
80,517	PSS-SF-87	Casale 2		Sesto Fiorentino		Dati insufficienti		
80,793	PSS-SF-74	Casale		Sesto Fiorentino		Non impattata		
80,817	PSS-SF-70	Fontemezzina	39	Sesto Fiorentino	66,9	Impattata	Febbraio 2001	
80,929	PSS-SF-83	Ginori	40	Sesto Fiorentino	34,2	Impattata	Dicembre 2000	
81,186	PSS-SF-85	Di Colonnata - Chiavacci	X	Sesto Fiorentino	22,9	Impattata	Agosto '01	CAVET: impatto dubbio
81,350	PSS-SF-13	Pozzaccio		Sesto Fiorentino	27	Impattata	Febbraio '03	
	esp02	Magaldi				Impattata		Testimonianza
	esp08	Bucciarelli						ND
	esp10	Barzi						Non monitorata
	esp12	Aiello						ND
	esp13	Vegni				Dubbio		
	PSS-BL-68	Tordo		Borgo San Lorenzo				Non monitorata
	PSS-FA-144	Collinaccia		Firenze				Non monitorata
	PSS-FA-167	Sambucheta		Firenze				Non monitorata
	PSS-FA-176	Poggirotto		Firenze				Non monitorata
	PSS-FA-183	Vallibona		Firenze				Non monitorata
	PSS-SF-79	Rofoli		Sesto Fiorentino				Non monitorata
	PSS-SF-86	La Covacchia		Sesto Fiorentino				ND
	PSS-VA-79	Torre Nocentini		Vaglia				Non monitorata
	PSS-VA-91	Casa il Rio 2 - Capannaccia		Vaglia		Non impattata		
	PSS-SF-04	Moreni		Sesto Fiorentino		Impattata	mag-03	
Totale complessivo delle perdite di portata delle sorgenti impattate (in litri/minuto)				2513,2				

Tab. 4.3.2.1 - Elenco delle sorgenti, specificando per ciascuna di esse la ubicazione, il giudizio circa le eventuali relazioni causa-effetto con lo scavo delle gallerie e, ove nota, la data in cui esso si è verificato. In grassetto le sorgenti impattate, con relativi valori di portata.

La **tab. 4.3.2.1** riporta in forma sintetica i dati contenuti nel *database* appositamente allestito, relativo alle sorgenti individuate. Lo schema di base è derivato dai documenti prodotti da ARPAT riguardo al PMA (data aggiornamento: 2004). Tale base è servita per estendere l'analisi ad ulteriori dati di cui è stato possibile venire in possesso.

Pertanto, i volumi di acqua presenti *ante operam* alle quote delle scaturigini, valutati complessivamente in non meno di 2500 litri/minuto, risultano non più disponibili a quelle stesse quote. Questa nuova situazione è venuta ad incidere pesantemente non solo sulla conservazione dello stato degli ecosistemi fluviali a valle di esse (diminuzione o assenza del Deflusso Minimo Vitale) ma anche sulle utenze civili e/o agro-zootecniche, che usufruivano di questa risorsa idrica con impieghi minimi di energia.

4.3.3 - Impatti sui pozzi

Facendo riferimento a quanto detto nel **par. 2.5**, riassumiamo nella **tab. 4.3.3.1** i caratteri identificativi, gli stessi utilizzati per le sorgenti (a meno dei i valori di portata, di difficile e aleatoria valutazione), dei principali pozzi presenti nel comprensorio

1	2	3	4	5	6	7	8
Progr. Km	Codice Cavet	Denominazione	Capo imput.	Comune	Giudizio impatto	Data impatto	Note
52,300	PSP-SC-19	Piaggione		Scarperia			Non monitorato
53,950	PSP-BL-29	Casa D'Erci	69	Borgo San Lorenzo	Impattato	marzo-00	Pozzo perforato a falda già intercettata
54,700	PSP-SC-01	Incisa 2	70	Scarperia	Impattato	agosto-03	Monitorato dal 2002, stesso acquifero di Incisa 1. Ulteriore calo di livello da estate 2003.
54,700	PSP-SC-02	Incisa 1	70	Scarperia	Impattato	ottobre-99	Livelli anomali da II° semestre '99. Impatto conclamato da maggio 2001
55,325	PSP-BL-28	Volpinaia		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
55,610	PSP-BL-30	Belvedere 1		Borgo San Lorenzo	Dati insufficienti		
55,710	PSP-BL-23	Creta	78	Borgo San Lorenzo	Impattato	ottobre-00	
55,800	PSP-BL-31	Marzano 1		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
56,000	PSP-BL-24	Milanesi	79	Borgo San Lorenzo	Impattato	novembre-00	
56,120	PSP-BL-26	Ulivi	65	Borgo San Lorenzo	Impattato	luglio-00	Da testimonianza - Per Cavet impatto "improbabile"
56,400	PSP-SC-46	Matteano 1	77	Scarperia	Impattato		Da testimonianza
56,400	PSP-BL-25	Vettori	92	Borgo San Lorenzo	Impattato		Da testimonianza
56,430	PSP-SC-47	Matteano 2	77	Scarperia	Impattato		Da testimonianza
56,580	PSP-SC-48	Matteano 3	77	Scarperia	Impattato		Da testimonianza
57,000	PSP-SC-20	Sanvitale - Macerata	89	Scarperia	Impattato		Da testimonianza
57,050	PSP-SC-38	Bagnone 0		Scarperia	Impattato		
57,100	PSP-SC-39	Bagnone 9		Scarperia	Impattato		
57,120	PSP-SC-50	Pietracito		Scarperia			Non monitorato
57,250	PSP-SC-03	Bagnone 3		Scarperia	Non impattato		
57,400	PSP-SC-06	Bagnone 7		Scarperia	Non impattato		
57,405	PSP-SC-32	Bagnone 8		Scarperia	Non impattato		
57,549	PSP-BL*04	Poli	93	Borgo San Lorenzo	Impattato		Da testimonianza
57,550	PSP-SC-07	Bagnoncino 3		Scarperia	Non impattato		
57,650	PSP-SC-04	Bagnoncino 1		Scarperia	Non impattato		
57,729	PSP-BL*02	Pratesi	93	Borgo San Lorenzo	Impattato		Da testimonianza
57,741	PSP-BL*01	Matteucci	x	Borgo San Lorenzo	Impattato		Da testimonianza
57,806	PSP-BL*03	Viglietta	93	Borgo San Lorenzo	Impattato		Da testimonianza
58,350	PSP-SC-10	Fedeli		Scarperia	Impattato		Da testimonianza
59,050	PSP-SC-41	Covigliano	86	Scarperia	Dati insufficienti		
59,080	PSP-SC-12	Covigliano 5	86	Scarperia			
59,500	PSP-BL-34	Villa Poggio Savelli		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
59,600	PSP-BL-14	Villa di Sotto		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
59,601	PSP-SC-13	Villa Il Fango		Scarperia			Non monitorato
60,300	PSP-SC-14	Casino		Scarperia	Non impattato		
61,755	PSP-SC-44	Scarperia 3		Scarperia	Non impattato		
62,000	PSP-SC-45	Scarperia 1		Scarperia	Non impattato		
62,005	PSP-SC-18	Vicinata		Scarperia	Non impattato		
63,450	PSP-SC-28	Petrona Lavanderia	85	Scarperia	Non impattato		
63,500	PSP-SC-30	Rialto 2		Scarperia	Non impattato		
64,000	PSP-SP-01	Campo Sportivo		San Piero a Sieve	Non impattato		

1	2	3	4	5	6	7	8
Progr. Km	Codice Cavet	Denominazione	Capo imput.	Comune	Giudizio impatto	Data impatto	Note
64,550	PSP-SP-03	Casaccia 3		San Piero a Sieve	Non impattato		
64,600	PSP-SP-02	Cardetole		San Piero a Sieve	Non impattato		
64,850	PSP-SP-29	Casaccia 2		San Piero a Sieve	Non impattato		
65,100	PSP-SP-30	Case Cortevecchia		San Piero a Sieve	Non impattato		
65,360	PSP-SP-31	Monterizzonico 1		San Piero a Sieve	Non impattato		
65,395	PSP-SP-32	Monterizzonico 2		San Piero a Sieve	Non impattato		
65,420	PSP-SP-33	Monterizzonico 3	95	San Piero a Sieve	Non impattato		
66,000	PSP-SP-28	Villa Luder		San Piero a Sieve	Non impattato		
66,330	PSP-SP-21	Monacale	71	San Piero a Sieve	Impattato	ottobre-99	
66,400	PSP-SP-34	Case nuove	81	San Piero a Sieve	Impattato		
66,430	PSP-SP-35	C. Loli		San Piero a Sieve	Impattato		
66,590	PSP-SP-36	C. Loli 2		San Piero a Sieve	Impattato		
66,800	PSP-SP-38	Taiuti 1	81	San Piero a Sieve	Impattato		
66,810	PSP-SP-39	Taiuti 3	81	San Piero a Sieve			
66,825	PSP-SP-37	Taiuti 2	81	San Piero a Sieve	Impattato		
67,645	PSP-SP-22	S.Maria Spugnole		San Piero a Sieve	Non impattato		
69,350	PSP-SP-07	Acquirico		San Piero a Sieve	Non impattato		
69,400	PSP-SP-08	Lago Azzurro	x	San Piero a Sieve	Impattato	settembre-01	Da testimonianza, impatto temporaneo
69,450	PSP-VA-04	Carlone 2	73	Vaglia	Impattato	giugno-97	
69,500	PSP-VA-05	Carlone 1	72	Vaglia	Impattato	giugno-97	
71,000	PSP-VA-07	Baroni		Vaglia	Non impattato		
71,324	PSP-VA-08	Torre molini		Vaglia	Non impattato		
73,260	PSP-VA-64	Carzola		Vaglia	Non impattato		
73,850	PSP-VA-51	Corsini		Vaglia			Non monitorato
73,958	PSP-VA-65	Pratone		Vaglia	Impattato		
74,005	PSP-VA-47	Cerreto Maggio 1	74	Vaglia	Impattato	non definibile	
74,050	PSP-VA-66	Sitriano		Vaglia	Non impattato		
74,232	PSP-VA-67	Paterno 1		Vaglia	Non impattato		
74,243	PSP-VA-68	Contra		Vaglia	Non impattato		
74,280	PSP-VA-11	Cerreto Maggio	90	Vaglia	Impattato	maggio-01	
74,330	PSP-VA-41	Nunzi (Ex Mari)		Vaglia	Dubbio		
74,335	PSP-VA-49	Casaccia	75-80	Vaglia	Impattato	maggio-01	Fosso ai Granchi, ultimo tratto del torrente Cerretana prima della confluenza con il Carzola
74,367	PSP-VA-39	Paterno 2		Vaglia	Non impattato		
74,400	PSP-VA-63	Albergo Carcasci		Vaglia			Non monitorato
74,470	PSP-VA-48	Cerreto Maggio 2	x	Vaglia	Impattato	maggio-01	
74,479	PSP-VA-38	Paterno 3		Vaglia	Dubbio		
74,525	PSP-VA-69	Le Caselle		Vaglia	Non impattato		
74,800	PSP-VA-71	Allevamento		Vaglia	Non impattato		
74,950	PSP-VA-40	Fecciano (o Le Panche)		Vaglia	Dubbio		
75,571	PSP-VA-12	Casuccia		Vaglia	Non impattato		
75,662	PSP-VA-17	Podere La Lastra 2		Vaglia	Non impattato		
75,682	PSP-VA-14	Podere il Colle		Vaglia	Non impattato		
75,720	PSP-VA-13	Poggio alla Lastra 1		Vaglia	Non impattato		
76,011	PSP-VA-46	La Pergola		Vaglia	Non impattato		
76,094	PSP-VA-16	Pieve di Pescina		Vaglia	Dubbio		
76,157	PSP-VA-43	Pieve di Pescina 2		Vaglia	Impattato	settembre-02	
76,482	PSP-VA-44	Vitereto	x	Vaglia	Impattato		Dati + testimonianza Botti Susanna
77,433	PSP-SF-14	Le Querce		Sesto Fiorentino	Non impattato		
77,900	PSP-SF-12	Castiglione		Sesto Fiorentino	Non impattato		

1	2	3	4	5	6	7	8
Progr. Km	Codice Cavet	Denominazione	Capo imput.	Comune	Giudizio impatto	Data impatto	Note
77,911	PSP-SF-04	Castiglione		Sesto Fiorentino	Non impattato		
78,077	PSP-SF-05	I Fondi		Sesto Fiorentino	Non impattato		
78,304	PSP-SF-03	Poggio Giro		Sesto Fiorentino	Non impattato		
79,369	PSP-SF-11	Valcenni di Sopra		Sesto Fiorentino	Non impattato		
79,389	PSP-SF-13	Valcenni di Sopra 2		Sesto Fiorentino	Non impattato		
79,479	PSP-SF-22	Valcenni di Sopra 3		Sesto Fiorentino	Non impattato		
80,523	PSP-SF-57	Spugna	76	Sesto Fiorentino	Impattato	aprile-01	
80,800	PSP-SF-02	Ginori		Sesto Fiorentino			Non monitorato
80,855	PSP-SF-48	Via Palastroto		Sesto Fiorentino	Impattato	marzo-03	
81,050	PSP-SF-09	Lucarini		Sesto Fiorentino			
81,053	PSP-SF-25	Via Fontemezzina		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,082	PSP-SF-54	Via dei Grilli		Sesto Fiorentino	Impattato	marzo-03	
81,100	PSP-SF-16	Franci		Sesto Fiorentino	Non Impattato		
81,200	PSP-SF-23	Borro		Sesto Fiorentino			Non monitorato
81,203	PSP-SF-26	Via della Castellina		Sesto Fiorentino	Dubbio		
81,245	PSP-SF-19	Mezzatesta		Sesto Fiorentino	Dubbio		
81,250	PSP-SF-10	Via Fontemezzina n. 69		Sesto Fiorentino	Dubbio		
81,257	PSP-SF-52	Via Caduti sul Lavoro		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,288	PSP-SF-53	Via Caduti Sul Lavoro 2		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,300	PSP-SF-17	Via dei Grilli vecchia		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,301	PSP-SF-18	Cavalzani		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,382	PSP-SF-55	Via Fontemezzina 2		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,459	PSP-SF-37	Doccia		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,488	PSP-SF-43	La Montagnola		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,491	PSP-SF-45	Quinto Alto		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,529	PSP-SF-46	La Montagnola 2		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,850	PSP-SF-58	Parco Villa Solaria		Sesto Fiorentino			Non monitorato
81,923	PSP-SF-34	Via 1° Settembre		Sesto Fiorentino	Non impattato		
81,971	PSP-SF-36	Quinto Basso		Sesto Fiorentino	Non impattato		
82,200	PSP-SF-39	Via Puccini 21		Sesto Fiorentino			Non monitorato
82,250	PSP-SF-28	Mascagni		Sesto Fiorentino			Non monitorato
82,450	PSP-SF-33	Via Puccini 1		Sesto Fiorentino	Non impattato		
82,500	PSP-SF-27	Via Puccini 2		Sesto Fiorentino	Non impattato		
82,505	PSP-SF-35	Via della Gora		Sesto Fiorentino	Non impattato		
999,000	PSP-BL-01	Viottola		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
999,000	PSP-BL-02	Canicce 1		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
999,000	PSP-BL-03	Canicce 3		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
999,000	PSP-BL-04	Fattoria delle Canicce		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
999,000	PSP-BL-05	Fattoria delle Canicce - Cabina elett		Borgo San Lorenzo	Non impattato		
	esp1				Non impattato		
	esp11	Aiello					
	esp7	Nuti		Borgo San Lorenzo			
	PSP-SC-34	Villa Poggio Savelli		Scarperia	Non monitorato		
	PSP-SC-40	Covigliano 2	86	Scarperia	Non monitorato		
	PSP-SC-42	Covigliano 3	86	Scarperia	Non impattato		
	PSP-SC-43	Scarperia 5		Scarperia	Non impattato		

Tab. 4.3.3.1 – Elenco dei pozzi (da *database*).

4.3.3 – *Impatti sui corsi d'acqua*

Come risulta dalla cronistoria degli eventi illustrata nel **par. 4.2**, alcuni corsi d'acqua hanno pesantemente risentito del drenaggio operato dagli scavi delle gallerie, tramite le fratture beanti presenti negli ammassi rocciosi attraversati, addensate in fasci a direzione appenninica (NO-SE), localmente comunicanti per fratture secondarie a loro perpendicolari.

Ne è risultato il quadro che preferiamo descrivere di seguito in dettaglio, riferito al punto B del capo d'imputazione, per ogni corso d'acqua, piuttosto che riferirci a schede (lo schema generale degli impatti è comunque visibile nelle tavole tematiche allegate alla relazione).

B1) Fiume Carza – Il fiume Carza risulta impattato indirettamente dalla galleria Vaglia, in quanto risente dei mancati apporti del suo affluente di sinistra, il torrente Carzola. Le conseguenze dell'impatto provocano una estensione temporale e spaziale delle fasi di magra estiva, con completa mancanza di deflusso in alcuni tratti.

B2) Torrente Veccione – Il torrente Veccione risente direttamente dell'intercettazione dei deflussi da parte della galleria Firenzuola, soprattutto nel tratto coincidente con la Val d'Inferno. Come generalmente si verifica in quasi tutti i fossi o torrenti impattati, il momento di crisi si evidenzia durante le magre estive, che risultano di molto inferiori a quelle registrate *ante-operam*, addirittura fino al pressoché totale prosciugamento in corrispondenza delle fasce di fratture. Il tratto che maggiormente risente di questo effetto è quello terminale, che si svolge lungo una valle di grande pregio paesaggistico e ambientale.

B3) Torrente Carzola – Il torrente Carzola risente pesantemente e in modo diretto dello scavo della galleria di Vaglia. In fase *ante-operam* questo corso d'acqua presentava un periodo estivo di assenza di deflusso; però, in seguito al progredire dei lavori, questo periodo si è esteso a buona parte dell'anno, arrivando a interessare anche le fasi di morbida. Attualmente si osserva che il deflusso si riattiva solo temporaneamente, in occasione di consistenti apporti meteorici.

B4) Fosso Cerretana o Fosso dei Granchi – Per il fosso Cerretana valgono le considerazioni espresse per il torrente Carzola, di cui è il principale affluente.

B5) Torrente Romaccia – Non localizzato.

B6) Fosso Fiorentino – Il fosso Fiorentino, affluente del torrente Bagnone, risente direttamente della presenza della galleria Firenzuola. Ora in secca per gran parte dell'anno, faceva registrare *ante-operam* deflusso permanente.

B7) Fosso Farfereta – Pur presentando un breve tratto montano con portata perenne, il fosso Farfereta ha subito una forte estensione del periodo di secca estiva. Percorre anch'esso una valle ad elevato valore naturalistico.

B8) Fosso Rampolli – Il fosso Rampolli risente in modo diretto le conseguenze dello scavo della galleria Firenzuola. Nonostante il tratto montano presenti per un certo tratto una portata minima continua durante l'intero arco dell'anno, in corrispondenza delle prime fasce fratturate il deflusso scompare. Il tratto interessato dalla perdita totale di deflusso si estende per circa 2 Km. Occupa un tratto di territorio di proprietà del Demanio Regionale, di elevato valore naturalistico e paesaggistico, ed è sede di attività ricreative.

B9) La Colla – Non ben identificabile. La localizzazione più probabile è quella relativa al fosso originato dalla sorgente Fonte dell'Alpe, che non risulta impattata.

B10) Torrente Cannaticce – Il torrente presenta attualmente deflussi minimi solo nel periodo autunno-invernale. Alcuni brevi tratti nella parte montana del bacino fanno registrare anche in estate avere deflussi minimi, che però scompaiono in corrispondenza delle prime fasce fratturate. L'allestimento di un *bypass* dalla finestra Marzano alla località Casa d'Erci riesce ad assicurare un minimo di deflusso solo per alcune centinaia di metri a valle.

B11) Torrente Bosso – Il torrente Bosso si forma in località Le Case, a monte della frazione Grezzano (comune di Borgo San Lorenzo) dall'unione del fosso Rampolli, del torrente Cannaticce e del fosso di Risolaia. Risulta indirettamente impattato in quanto tutti i suoi affluenti di monte risentono dell'effetto drenante della galleria Firenzuola. Presenta portate di magra ridotte rispetto alla situazione *ante-operam*. Questa forte riduzione non causa, tuttavia, la completa sparizione del deflusso, in quanto il torrente, oltre ad intercettare le falde acquifere stabilitesi entro i depositi alluvionali degli antichi terrazzi, viene integrato, a valle di Luco di Mugello, da un *bypass* proveniente dal torrente Bagnone.

Nel tratto inferiore del torrente non esistono stazioni di misura che possano fornire indicazioni quantitative circa la perdita di portata.

B12) Fosso di Capannaccia – Si tratta del ramo montano del torrente ardatole, che risente del drenaggio da parte del tratto terminale nord della galleria Vaglia.

B13) Fosso Castelvecchio – Il fosso di Castelvecchio risente indirettamente del prosciugamento della sorgente Castelvecchio.

B14) Fosso Castagno d'Agliera – Non localizzato.

B15) Torrente Frena – Il torrente Frena non risulta impattato.

B16) Borro della Casaccia – Non localizzato. Come in altri casi, trattasi probabilmente di toponimi locali non riportati sulla cartografia ufficiale.

B17) Fossetto dei Fondi – Il fosso non pare aver subito impatto.

Di seguito si riportano giudizi relativi ad altri torrenti non menzionati al punto B del capo d'imputazione.

Si precisa che per **impatto diretto** s'intende la diminuzione di portata (o la mancanza di deflusso superficiale) di un corso d'acqua dovuta strettamente al drenaggio del cavo sottostante attraverso le fratture, mentre si ritiene **impatto indiretto** la diminuzione di portata di un corso d'acqua dovuta al mancato apporto di un affluente impattato direttamente. E' il caso, ad esempio, del Fiume Carza che, pur non risentendo del drenaggio da parte della galleria Vaglia, vede diminuita la sua portata a valle della confluenza col torrente Carzola per la quasi totale assenza di deflusso in quest'ultimo, che risulta invece gravemente impattato.

- **Torrente Diaterna** – Il torrente Diaterna si forma dalla confluenza di tre rami principali:
 - *Diaterna di Castelvecchio*: risulta impattato quanto meno indirettamente, a causa della scomparsa della sorgente di Castelvecchio. Non è comunque da escludere un impatto diretto soprattutto nel tratto finale, dove risulta molto vicino alla galleria Raticosa.
 - *Diaterna di Caburaccia*: impattato direttamente a partire dalla località Molino Bettini. La perdita di portata comporta lunghi periodi di secca totale, in corrispondenza della magra estiva, da Molino Bettini alla confluenza con il Diaterna Vàlica.
 - *Diaterna Vàlica*: non risulta impattato.Dal punto di restituzione dell'acqua intercettata, posta all'imbocco sud della galleria Raticosa, il torrente recupera per intero il deflusso.
- **Torrente Rovigo** – Il torrente Rovigo risulta quantomeno impattato indirettamente dall'alterazione del deflusso del Veccione. Non è da escludere un impatto diretto, ma di lieve entità, nel tratto immediatamente a monte della confluenza col Veccione.
- **Rio Brentano** – Il Rio Brentano non pare aver subito impatto.
- **Fiume Santerno** – Il fiume Santerno non risulta impattato né direttamente né indirettamente, in quanto l'acqua captata dalle gallerie gli viene comunque restituita.
- **Torrente Bagnone** – Il torrente Bagnone risulta impattato sia in modo diretto, nel suo tratto montano, che indiretto. Il tratto medio ha presentato per molti anni una portata di magra elevata, a causa della restituzione dell'acqua captata dalla galleria Firenzuola tramite la finestra Marzano. Terminati gli scavi, l'acqua viene restituita al reticolo superficiale, per caduta, nell'alveo del fosso Bagnoncino. Il torrente risulta quindi privo di portata fino all'immissione del suo affluente Bagnoncino.
- **Torrente Bagnoncino** – Il torrente Bagnoncino è risultato a lungo privo di portata. La scarsità dei dati *ante-operam* non permette di valutare il grado di impatto delle gallerie sul suo deflusso. Certamente, a partire dall'immissione delle acque uscenti dall'imbocco sud della galleria Firenzuola, la portata di magra del Bagnoncino risulta anormalmente molto elevata.
- **Fosso del Carlone** – Il fosso del Carlone non pare aver subito impatto.
- **Torrente Zambra** – Il torrente Zambra non pare aver subito impatto diretto. Risente, comunque, della perdita di portata delle sorgenti poste sul suo bacino.
- **Torrente Rimaggio** – Il torrente Rimaggio non pare aver subito impatto diretto.
- **Fosso Diaccioncino** – E' posto al di fuori dell'area di influenza delle gallerie.
- **Rio Cucco** – Dati insufficienti

- **Torrente Mandrio** - Il torrente Mandrio risente direttamente dell'impatto provocato dagli scavi sia della galleria Firenzuola che della finestra Marzano. Il suo periodo di secca estiva risulta molto esteso.
- **Torrente Cardetole** - Il torrente Cardetole è impattato direttamente dalla galleria Vaglia, in particolare nel tratto denominato Fosso della Capannaccia.

Nella **tab. 4.3.3.1**, desunta da cartografie tematiche di dettaglio redatte da CAVET e validate da ARPAT, si riassumono i tratti di corsi d'acqua ritenuti a impatto certo (diretto o indiretto) o dubbio, specificando per ciascuno di essi la lunghezza e il volume di acqua trasmesso in profondità alle gallerie.

<i>Tratti di alveo impattati</i>			<i>Giudizio d'impatto</i>			
<i>bacino principale</i>	<i>affluente</i>	<i>sub affluente</i>	<i>diretto</i>	<i>indiretto</i>	<i>incerto</i>	<i>assente</i>
Diaterna di Castelvecchio			0	0	3320	2890
	Fosso di Castelvecchio		0	0	1030	0
Diaterna di Caburaccia			880	0	0	3990
Diaterna			2460	0	1180	2680
Diaterna Valica			0	0	0	7430
Totale Diaterna			3340	0	5530	16990
Santerno			0	2140	0	0
Rovigo			1960	2100	980	0
Veccione			4400	0	0	0
	Isola		0	0	0	3510
		Vacchile	0	0	0	2740
	Pratelle		0	0	0	2910
	Veccione di Valbona (ovest)		460	0	780	1510
	Veccione di Fognano		900	0	0	3290
Totale Veccione			5760	0	780	13960
Bagnone			3760	2710	0	3560
	Fosso della Rocca		2500	0	0	0
	Fosso del Mandrio		2830	0	0	0
	Fosso di Bagnoncino		0	0	0	5610
	Fosso Fiorentino		4240	0	0	0
Totale Bagnone			13330	2710	0	9170
Bosso			0	9050	0	0
	Fosso Risolaia		2230	0	0	0
	Fosso Cannaticce		2600	0	0	850
		Affluente montano in sinistra	0	0	0	1420
	Fosso Rampolli		3310	0	0	530
Totale Bosso			8140	9050	0	2800
Le Cale			0	0	0	9020
Ensa			780	0	1120	8130

<i>Tratti di alveo impattati</i>			<i>Giudizio d'impatto</i>			
<i>bacino principale</i>	<i>affluente</i>	<i>sub affluente</i>	<i>diretto</i>	<i>indiretto</i>	<i>incerto</i>	<i>assente</i>
	Rio Morto		0	0	1640	3910
	Farfereta		2940	0	0	2490
Totale Ensa			3720	0	2760	14530
Cardetole			2150	2020	0	1220
	Fosso di Camperucci		0	0	0	1990
	Fosso Treggine-Condotta		0	0	0	3540
Totale Cardetole			2150	2020	0	6750
Carza			7700	6330	0	1540
	Carzola		6790	0	0	0
	Cerretana		1580	0	0	0
		Fosso delle Selve	1870	0	0	0
		Fosso Citerna	1310	0	0	0
Totale Carza			19250	6330	0	1540
Zambra			0	0	2860	4050
	Rimaggio		0	0	0	6690
	Fosso Alberaccio		0	0	0	4520
Totale Zambra			0	0	2860	15260
Terzolle			0	0	0	5960
	Terzollina		0	0	0	5610
Totale Terzolle			0	0	0	11570
		TOTALI	57650	24350	12910	101590
Lunghezza totale delle aste fluviali nei bacini idrografici esaminati: 196500 m						
		Valori percentuali	29,34	12,39	6,57	51,70

Tab. 4.3.3.1 – Schema dei tratti (lunghezze espresse in metri) di corsi d'acqua a diverso livello di giudizio d'impatto, suddivisi per bacini principali, bacini affluenti e bacini subaffluenti (da dati PMA, ed elaborazioni ARPAT e dei periti).

Dalla tabella si desume che, rispetto ad una lunghezza totale di 196,50 km delle aste fluviali significative che drenano i bacini interessati dalla AV, ben 57,65 km (29,34%) risultano impattati direttamente, con assenza di deflusso nel periodo arido; altri, che fanno registrare diminuzioni di portata per mancati apporti dai precedenti, sono stimati avere una lunghezza complessiva di 24,35 km (12,39%). Inoltre, per uno sviluppo degli alvei di 12,92 km (6,57%) il rapporto causa-effetto fra drenaggio operato dalle gallerie e deflussi negli alvei rimane incerto.

Nella **tab. 4.3.3.2** riportiamo invece, per ogni tratto di corso d'acqua lungo il quale è stata riscontrata assenza di deflusso nel periodo arido, e quindi impatto diretto, una stima delle perdite di portata dovute al drenaggio operato dalle gallerie, sulla base di dati CAVET e di osservazioni ed elaborazioni di ARPAT e OAL.

CORSO D'ACQUA	PERDITE DI PORTATA (litri/minuto)
Diaterna	1200
Veccione	2700
Rampolli	1200
Cannaticce	600
Risolaia	<i>manca di dati</i>
Bagnone	300
Farfereta	<i>manca di dati</i>
Ensa	<i>dati insufficienti</i>
Mandrio	300
Carlone	<i>dati insufficienti</i>
Carzola	1200
Cerretana	600
Rimaggio	0
Zambra	<i>dati insufficienti</i>
Perdite complessive	8100

Tab. 4.3.3.2 – Stima delle perdite di portata per ogni tratto di corso d'acqua per il quale è stata riscontrata assenza di deflusso nel periodo arido.

I valori medi di portata elencati nella tabella, rilevati dal PMA, sono relativi alle misure effettuate nel corso della campagna di misura immediatamente precedente la scomparsa del deflusso nel tratto interessato, cioè in momento di magra, sulla base dei valori medi ottenuti dalla differenza fra le portate registrate alla stazione di monte e quelle registrate alla stazione di valle.

Tali valori possono anche essere interpretati come “portate” delle fratture beanti che mettono in comunicazione gli alvei dei corsi d'acqua con le gallerie. Come si può osservare, anche in questo caso si tratta di valori minimi; infatti, data la perpendicolarità fra gli alvei e i fasci di fratture, la “portata” di queste tende ad aumentare nei periodi di piena con l'aumento di livello del pelo libero della corrente, e quindi del perimetro bagnato.

4.3.4 Conseguenze della mancanza di deflusso negli alvei

Come già accennato, la presenza delle fasce fratturate in situazione di quasi perpendicolarità rispetto alle aste fluviali nei tratti montani dei corsi d'acqua, ha costituito la via preferenziale per l'infiltrazione delle acque superficiali in profondità, privando del deflusso interi corsi d'acqua o parti di essi (**par. 4.3.3**).

Lo sviluppo complessivo di tali tratti risulta essere di km 57,65, che alimenta un afflusso di acqua nelle gallerie di circa 8100 litri/minuto, ottenuto dalla somma delle “perdite” di deflusso stimate per ogni singolo tratto.

Naturalmente, come si è detto, le acque drenate dalle gallerie vengono rilasciate, in corrispondenza dello sbocco verso valle di queste, alla circolazione naturale, tranne qualche piccola aliquota intercettata per soddisfare usi civili di emergenza. Si deve, però, tener conto di due conseguenze negative fondamentali:

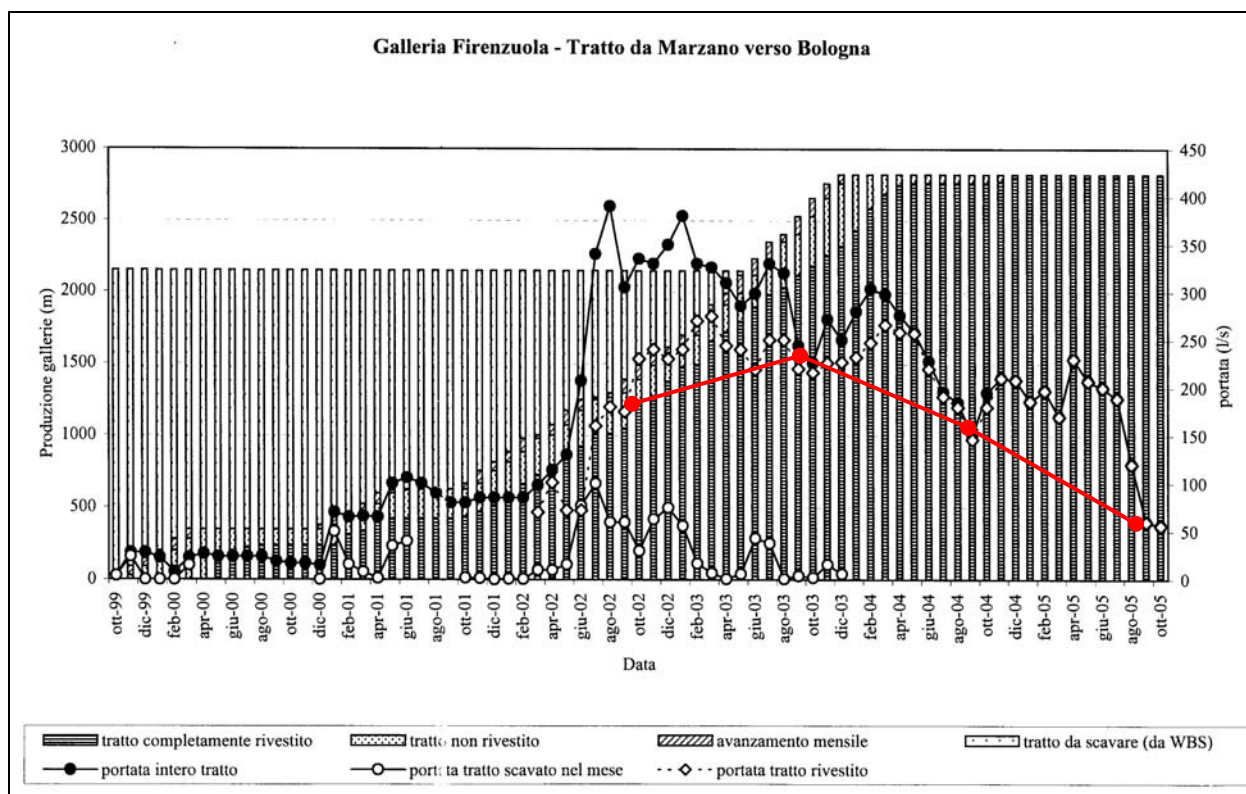
- 1) *nei tratti di alveo più o meno temporaneamente prosciugati il danno alla fauna e alla flora diviene irreversibile, come da altri dimostrato;*
- 2) *alcune intercettazioni hanno emunto acque di pertinenza di bacini idrogeologici e idrografici diversi da quelli nei quali le acque vengono artificialmente recapitate.*

E' emblematico, a questo proposito, il caso che si verifica allo sbocco sud della galleria di Firenzuola, in corrispondenza dell'Autodromo del Mugello.

Tutte le acque drenate dal tratto di galleria con pendenza verso Sud (attualmente stimabili in circa 180-200 L/s, come media annuale ⁴) vengono recapitate nell'alveo del Bagnone, pur essendo per gran parte originate dalla intercettazione sia delle sorgenti di Casa d'Erci e di Frassineta, che dei deflussi superficiali dei Fossi Cannaticce e Rampolli, se non anche del Farfereta. Ora, essendo Cannaticce e Rampolli entrambi rami sorgentiferi del Bosso, questo torrente si trova alla fine della primavera privo di deflusso e, pertanto, non in grado né di alimentare le numerose utenze agricole del tratto vallivo, né di diluire i reflui urbani degli abitati di Grezzano e di Luco. **Ne consegue uno stato di profonda crisi delle colture di supporto alla zootecnia, vanto della zona, e di grave situazione igienico-sanitaria.**

A parziale mitigazione del fenomeno, CAVET ha posto in opera un *by-pass*, collegando con adeguata tubazione l'alveo del Bagnone a quello del Bosso, in modo da garantirgli una portata minima vitale; ciò ha sopperito solo in parte alle esigenze degli agricoltori (la portata trasferita è stata molto discontinua).

Problemi simili sono stati denunciati nel Diaterna di Castelvecchio e nel Fosso di Pinati a Vaglia, con perdita totale del deflusso, mentre nell'Ensa alla Madonna dei tre Fiumi CAVET ha fatto ricorso ad un altro *by-pass* che superasse una fascia fratturata, per garantire acqua sufficiente ad un antico mulino.



⁴ Dalla scheda idrogeologica fornita dal PMA, relativa al mese di Ottobre 2005, si registra, all'uscita Sud della galleria di Firenzuola (Autodromo del Mugello), una portata di 50 L/s (vedi figura sopra, da CAVET). Tale portata costituisce il valore minimo assoluto registrato fino ad oggi. Questa tendenza alla diminuzione, evidenziata dalla linea rossa che unisce i valori registrati nel mese di Settembre degli anni 2002, 2003, 2004 e 2005) qualora fosse confermata negli anni a venire, potrebbe compromettere seriamente la fattibilità degli interventi di mitigazione in corso di progettazione.

4.4 – I volumi di acqua drenati dalle gallerie

Allo scopo di quantificare le venute totali di acqua agli sbocchi delle gallerie nel corso degli scavi, è stata approntata la **tab. 4.4.1. I valori mensili ivi riportati, espressi in metri cubi**, sono quelli risultanti dalle misure effettuate dal Piano di Monitoraggio.

mese	RATICOSA lato sud	SCHEGGIANICO	FIRENZUOLA lato nord	FIRENZUOLA lato sud	VAGLIA	TOTALE
gen-98	0	1339	48211	1339	0	50890
feb-98	0	1210	43546	1210	0	45965
mar-98	40176	1339	80352	1339	5357	128563
apr-98	22032	2592	77760	1296	38880	142560
mag-98	48211	13392	160704	2411	18749	243467
giu-98	42509	6480	194400	2462	25142	270994
lug-98	42854	6696	133920	2946	33480	219897
ago-98	35355	8035	125885	3214	56246	228735
set-98	23328	8554	170035	3110	54432	259459
ott-98	47943	13392	152669	3482	56246	273732
nov-98	43286	12960	113270	3266	59616	232399
dic-98	11517	8839	133116	3348	61603	218424
Totale 98	357211	84828	1433868	29423	409751	2315085
gen-99	48211	8839	90798	28659	48211	224718
feb-99	77414	20158	145152	31319	62899	336942
mar-99	93744	37792	208841	28583	92940	461900
apr-99	73872	135099	195570	66859	79574	550975
mag-99	88387	19552	329443	38618	124813	600814
giu-99	89424	35770	573350	92794	118973	910310
lug-99	84102	32944	584427	109279	148651	959403
ago-99	68835	31605	610943	109279	144634	965295
set-99	67910	54432	618192	118714	102902	962150
ott-99	69371	66156	620050	130974	109279	995829
nov-99	72058	53914	597456	193882	128045	1045354
dic-99	80084	58121	681653	206772	151865	1178496
Totale 99	913412	554382	5255875	1155732	1312786	9192186
gen-00	84370	57050	678974	188559	2678	1011632
feb-00	73786	33869	483840	117089	113702	822286
mar-00	76334	37498	579874	169811	139812	1003329
apr-00	72835	36288	543024	173146	144374	969667
mag-00	73924	37498	557107	152669	150794	971991
giu-00	72317	41472	589680	164592	131155	999216
lug-00	69103	37498	662904	178114	136063	1083681
ago-00	64817	37498	586570	178114	136598	1003596
set-00	69206	36288	657072	184032	130118	1076717
ott-00	76067	37498	591926	171418	153204	1030113
nov-00	85795	36288	603936	165888	132192	1024099
dic-00	75263	37498	704419	176774	187488	1181442
Totale 00	893817	466243	7239326	2020206	1558178	12177769
gen-01	77138	29462	779414	310694	212129	1408838
feb-01	83946	36288	747533	254016	225711	1347494
mar-01	94815	48211	969581	299981	288732	1701320
apr-01	100570	46656	1003104	305856	254534	1710720

mese	RATICOSA lato sud	SCHEGGIANICO	FIRENZUOLA lato nord	FIRENZUOLA lato sud	VAGLIA	TOTALE
mag-01	94012	34819	930744	383011	267036	1709623
giu-01	88128	25920	650592	386208	289526	1440374
lug-01	90262	18749	591926	348192	298642	1347771
ago-01	97226	13392	522288	302659	246681	1182246
set-01	94867	18144	466560	254016	248314	1081901
ott-01	102315	16070	452650	270518	245609	1087163
nov-01	103421	25920	508032	290304	226282	1153958
dic-01	95083	26784	605318	297302	220700	1245188
Totale 01	1121783	340415	8227742	3702757	3023896	16416596
gen-02	99369	26784	672278	297302	213468	1309202
feb-02	86849	24192	553997	268531	197649	1131218
mar-02	67764	26784	672278	333461	224986	1325272
apr-02	69984	25920	640224	375840	206842	1318810
mag-02	81959	26784	682992	425866	218290	1435890
giu-02	56506	25920	673920	611712	240538	1608595
lug-02	57586	26784	661565	1044576	252841	2043351
ago-02	76334	26784	575856	1114214	277750	2070939
set-02	59357	25920	567648	857952	289526	1800403
ott-02	67496	26784	605318	969581	328640	1997819
nov-02	95904	25920	585792	938304	517363	2163283
dic-02	96422	28391	709776	1025827	363995	2224411
Totale 02	915530	316967	7601644	8263166	3331888	20429193
gen-03	99792	33696	1065312	1070496	324778	2594074
feb-03	93865	22982	996710	856397	342075	2312029
mar-03	117850	13392	527645	940118	354084	1953089
apr-03	116640	12960	571536	865728	346291	1913155
mag-03	139545	13392	570499	838339	339889	1901664
giu-03	124934	12960	452304	847584	295229	1733011
lug-03	115439	10714	443275	956189	268911	1794528
ago-03	107136	10714	452650	929405	240252	1740156
set-03	98237	7776	456192	690768	227318	1480291
ott-03	92405	8035	637459	653530	223646	1615075
nov-03	119232	15552	552096	775008	220579	1682467
dic-03	111689	29462	629424	741917	239449	1751941
Totale 03	1336764	191635	7355102	10165479	3422501	22471480
gen-04	114100	18749	704419	824947	267840	1930055
feb-04	139562	27562	717854	829354	289397	2003728
mar-04	183470	13392	787450	870480	358638	2213430
apr-04	164592	12960	681696	785376	346032	1990656
mag-04	167400	16070	819590	763344	392386	2158790
giu-04	112752	12960	720576	645408	356400	1848096
lug-04	82495	11517	594605	578534	314712	1581863
ago-04	73656	11517	549072	549072	279357	1462674
set-04	83722	10368	474336	440640	248314	1257379
ott-04	79013	16070	433901	583891	231682	1344557
nov-04	89726	16070	503539	624067	233556	1466960
dic-04	107136	24106	484790	618710	251502	1486244
Totale 04	1397624	191341	7471828	8113823	3569816	20744432

gen-05	101606	19354	442714	508032	249661	1321367
feb-05	112493	29462	468720	591926	287928	1490530
mar-05	109814	24106	549072	522288	357566	1562846
apr-05	120528	24106	640138	685670	362923	1833365
mag-05	112493	13392	557107	624067	403099	1710158
giu-05	77760	12960	474336	585792	304560	1455408
lug-05	66960	10714	383011	575856	293285	1329826
ago-05	80352	10714	366941	391046	277214	1126267
set-05	86832	12960	287712	331776	247536	966.816
ott-05	74995	16070	340157	334800	301320	1067342
nov-05	116640	25920	440640	334368	374544	1292112
dic-05	144634	26784	482112	447293	471398	1572221
Totale 05	1205107	226542	5432660	5932914	3931034	16728258
TOTALI	8.251.796	2.385.397	50.495.753	39.955.469	21.053.321	120.474.999

Tab. 4.4.1 – Volumi totali di acqua (in m³) suddivisi in aliquote mensili, defluiti fino a dicembre 2005, dai vari tratti di galleria (da dati CAVET).

Il totale generale di circa **120,5 milioni di m³** di acqua in uscita dalle gallerie dall’inizio dei lavori fino a dicembre 2005 può suscitare qualche perplessità, se non si tiene conto delle varie aliquote di acqua che concorrono a formarlo.

Innanzitutto va precisato che **tale volume non deve essere considerato come sottratto alla circolazione idrologica locale**; esso perviene in ogni caso ai corsi d’acqua che costituiscono i livelli di base locali della circolazione: la Sieve in Mugello, il Santerno sul versante Adriatico, e l’Arno sul versante di Monte Morello.

Inoltre, si deve tener conto del fatto che in esso è contenuta la quantità di acqua che affluiva, e affluisce tuttora, agli acquiferi profondi in virtù della “ricarica” annuale assicurata da quella porzione delle precipitazioni meteoriche definita “infiltrazione efficace”. Però, nelle condizioni *ante operam*, tale porzione era sufficiente non solo per mantenere attive le sorgenti (anche con valori di portata elevati) e a garantire la stabilità dei livelli della maggior parte dei pozzi, ma anche a permettere che il deflusso superficiale negli alvei non scendesse mai al disotto del minimo vitale, come dimostrato dalla costante presenza di fauna dulciacquicola (trote, gamberi) e di piante idrofile (ontani).

Il drenaggio operato dalle gallerie, favorito dalla presenza dei fasci di fratture beanti, ha provocato un rapido e consistente abbassamento della piezometrica, cui hanno fatto seguito tre principali ordini di impatti (cfr. **par. 4.1**):

- *esaurimento delle sorgenti comprese entro la fascia di sicuro impatto, ad eccezione di quelle poche sostenute da acquicludi locali ;*
- *abbassamento dei livelli statici nei pozzi;*
- *assenza di deflusso superficiale nei tratti di alvei interessati da fratture.*

Nei primi due casi, come già osservato, **la relativa parte di risorsa può considerarsi definitivamente perduta alle quote delle scaturigini o delle falde freatiche e non ripristinabile alle stesse quote**, se non artificialmente, per il fatto che le gallerie continueranno *sine die* la loro azione drenante. I volumi così perduti sono stati valutati in **non meno di 2500 litri/minuto (par. 4.3.1)**.

Nel terzo caso, anche se i deflussi in alveo vengono intercettati dalle fratture, determinando periodici stati di crisi in determinati tratti, essi vengono restituiti alle sedi naturali di fondovalle e contribuiscono alla formazione del volume totale sopra riportato. **Però, l’instaurarsi di questa nuova circolazione genera le seguenti conseguenze negative:**

- *le acque vengono restituite a quote molto più basse di quelle alle quali erano state intercettate, rendendo indispensabile l'impiego di energia per rilanciarle verso monte, ai punti di utilizzo ai quali pervenivano per caduta;*
- *le stesse acque presentano un decadimento delle loro qualità, rendendo necessari onerosi interventi di potabilizzazione.*

Sicuramente, la perdita di 2500 litri/minuto è da considerarsi abbondantemente sottostimata.

Infatti, sommando le due aliquote di acqua che pervengono alle gallerie, cioè quella delle sorgenti esaurite (2500 litri/minuto) e quella dei tratti di alveo con fratture beanti (8100 litri/minuto) si arriva ad una portata complessiva di acqua drenata di 10600 litri/minuto. Dalla **tab. 4.4.1** risulta che il deflusso minimo assoluto mensile registrato nell'anno 2005 in uscita dalle gallerie dall'inizio degli impatti, è stato valutato in 966.816 m³, corrispondenti ad una portata complessiva di 22.380 litri/minuto.

E' stato preso come riferimento l'anno 2005, in quanto si è rivelato quello a portata più bassa dopo il completamento delle gallerie, e il mese di Settembre 2005 in quanto, a quella data, i deflussi dalle gallerie non risentivano, se non in misura minima, dell'influenza della "ricarica" stagionale. Si precisa inoltre che, nei mesi estivi, e specialmente nel periodo che precede il manifestarsi delle prime piogge autunnali, i suoli si trovano in condizioni di minimo contenuto in acqua e tali da non poter fornire apporti idrici ai substrati. Come già detto, la percolazione in profondità potrà riprendere solo quando il suolo verrà saturato dalle prime piogge autunnali.

In altre parole, la portata complessiva in uscita dalle gallerie risulta più che doppia rispetto a quella in entrata nelle stesse per il drenaggio delle sorgenti e dei corsi d'acqua.

Mese di riferimento (anno 2005)	Galleria	Perdite medie (L/m)			Deflussi minimi mensili anno 2005 (L/m)
		Sorgenti	Corsi d'acqua	Totale	
Luglio	Raticosa	215,0	1200	1415,0	1500
Luglio/Agosto	Scheggianico	150,0	0	150,0	240
Settembre	Firenzuola Nord	414,0	3900	4314,0	6445
Settembre	Firenzuola Sud	1252,3	1200	2452,3	7432
Settembre	Vaglia	483,9	1800	2283,9	5545
TOTALE		2515,2	8100	10615,2	21162

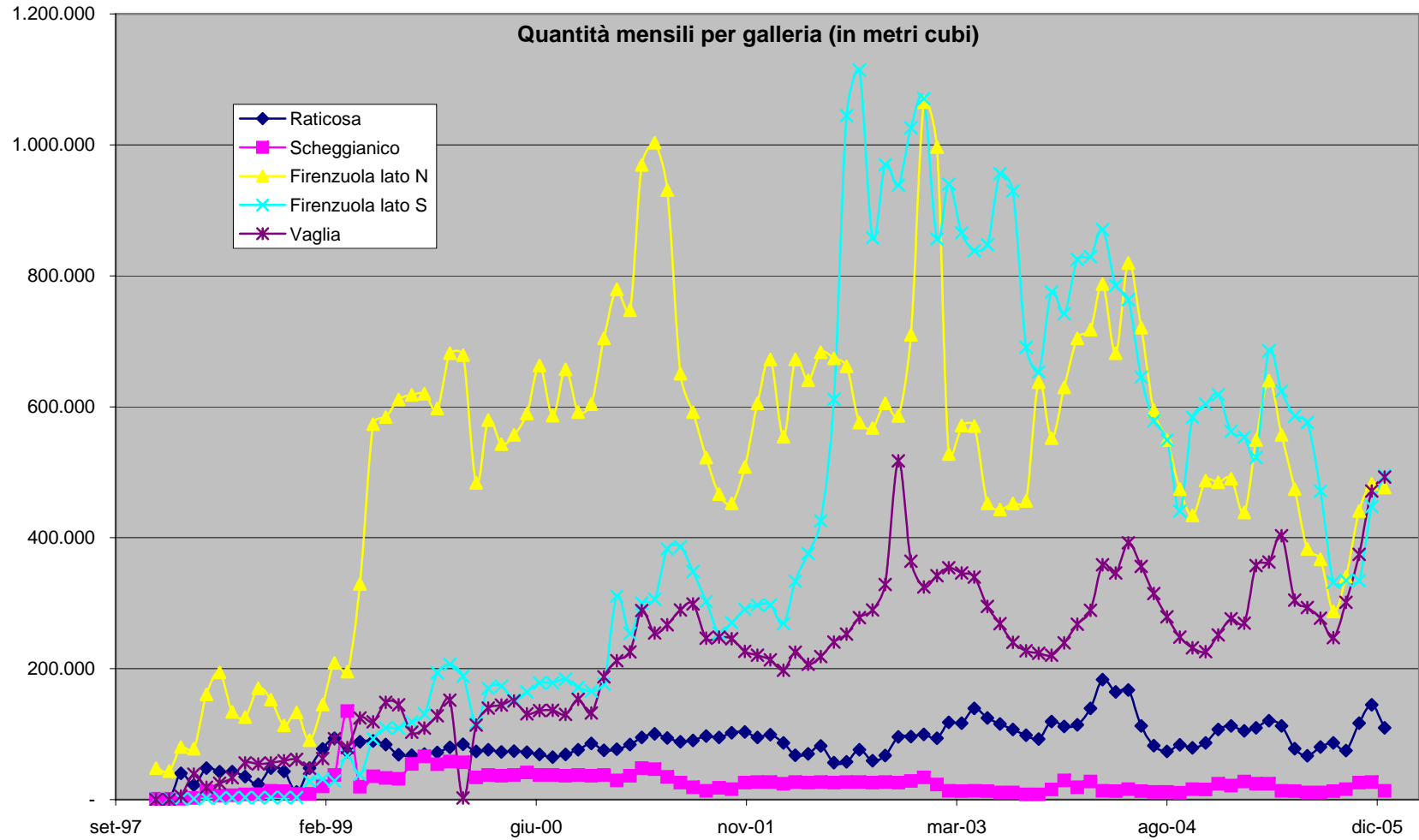
Tab. 4.4.2 – Confronto fra le perdite medie unitarie dall'inizio dei lavori e i deflussi minimi unitari in uscita da ogni singola galleria, o suo tratto.

La **tab. 4.4.2** pone in relazione le perdite medie con i deflussi minimi mensili da ogni galleria o da tratti di esse. Come si può notare, nelle gallerie di Raticosa e Scheggianico le due quantità si fanno equilibrio; in quella di Vaglia e, ancor più, in quella di Firenzuola, si registrano invece differenze notevoli, specialmente nel tratto Sud di quest'ultima.

La ragione di questa non coincidenza non può essere spiegata solamente da una sottostima della portata "da impatto" (abbiamo scelto, infatti, un criterio di valutazione minimale) o dal non aver considerato gli afflussi per infiltrazione diretta dai versanti, peraltro minimi o nulli nel periodo tardo-estivo. Dobbiamo pensare alla possibilità del sussistere di apporti di altra natura.

A questo proposito, se esaminiamo le caratteristiche chimiche delle acque, come sarà illustrato nel **par. 4.7**, **si rende necessario prendere in seria considerazione la possibilità di un drenaggio anche della "riserva geologica" profonda**, sia pure di difficile quantificazione, che, quindi, concorrerebbe anch'essa a formare il totale dei deflussi dalle gallerie.

Fig. 4.4.1 – Volumi defluiti mensilmente da ogni singola galleria o tratto, dall'inizio dei lavori (Gennaio 1998)



Il grafico della **fig. 4.4.1** illustra l'evoluzione dei deflussi dalle gallerie fin dall'inizio dei lavori. In particolare si fa notare come, ad oggi, la galleria di Firenzuola è quella che presenta le maggiori anomalie. Risulta chiaramente una marcata tendenza al progressivo decremento dei volumi in uscita, sia sul lato Nord che sul lato Sud.

4.5 – L'impatto sul chimismo delle acque e sulla "riserva geologica"

Come premesso nel **par. 4.4**, la discrasia fra i valori delle portate in ingresso nelle gallerie, a causa del drenaggio di sorgenti, tratti di alveo o di versanti, e quelle in uscita dalle stesse, non può essere spiegata solo da una sottostima delle prime. Si è pertanto inclini a pensare che contribuiscano a formare le seconde anche acque di provenienza più profonda.

Da analisi chimiche, effettuate sulle acque circolanti all'interno della formazione marnoso-arenacea, risulta chiaramente che le acque drenate dalla galleria Firenzuola sono arricchite in Sodio e impoverite in Calcio rispetto alle acque di deflusso superficiale e a quelle sorgive. Si assiste, in altre parole, alla coesistenza di due diverse "famiglie" di acque, legate a due differenti circuiti idrogeologici (CANUTI *et al.*, 2002):

- **facies A**, di composizione bicarbonato-alcantino-terrosa, di circolazione superficiale, veloce, in continuo rinnovamento;
- **facies B**, di composizione bicarbonato-alcantina, di circolazione profonda e più lenta, che si origina probabilmente per scambio cationico Sodio-Calcio all'interno dei livelli argillitici della marnoso-arenacea, favorito dalla presenza di anidride carbonica sviluppata dalla decomposizione di sostanza organica (in questa formazione sono infatti presenti localmente sia metano che bitume).

E' opinione degli stessi Autori che la facies A sia collegata alla "ricarica" attiva dell'acquifero (risorsa dinamica), e che la facies B risulti invece dalla intercettazione della "riserva geologica" profonda; lo scavo della galleria avrebbe alterato questo schema, intercettando all'inizio il circuito profondo e costringendo poi quello superficiale ad estendersi in profondità.

A conclusioni analoghe, molto più articolate e approfondite, è pervenuta una ricerca condotta da ARPAT (Area Grandi Infrastrutture di Mobilità) in collaborazione con l'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa (Agosto 2005), finalizzata alla caratterizzazione geochimico-isotopica delle acque sotterranee del sistema idrogeologico di Marzano-Osteto, attraversato dalla galleria di Firenzuola, cioè di quello che ha subito gli impatti più significativi. Sulla base di un accurato campionamento delle acque di galleria, delle acque di sorgenti e di quelle superficiali, si perviene alle seguenti conclusioni (cfr. **fig. 4.5.1**, **4.5.2** e **4.5.3**):

- *".....l'area in esame può essere innanzitutto suddivisa in due parti principali, in base alla posizione rispetto al setto impermeabile costituito dalle formazioni del Complesso Caotico e dell'Olistostroma, intercettate dalla galleria tra le progressive 49+500 e 50+300; la porzione a nord di questa barriera di permeabilità è dominata dalla presenza di acque di recente infiltrazione, mentre la parte a sud ha un comportamento più variegato e può essere ulteriormente divisa in altre due sottozone; l'area a ridosso della barriera di permeabilità ha un tipo di circolazione sotterranea dominato da acque con età idrologica > 50 anni, presenti in percentuali variabili stimate tra il 50% ed il 100%; la parte più a sud della galleria è invece sede di mescolamento tra acque di lunga circolazione sotterranea ed acque di recente infiltrazione;*
- *la porzione intermedia della galleria (punti di prelievo G3-G5), dominata dal contributo di acque di lunga circolazione sotterranea, corrisponde in superficie ad un settore non interessato da impatti significativi; questa evidenza è indicativa della mancanza di una connessione diretta ed efficace tra le principali fasce fratturate riscontrate sul terreno (vedi ad esempio la zona di Poggio Roncone) ed i livelli di circolazione più profonda intercettati dalla galleria;*

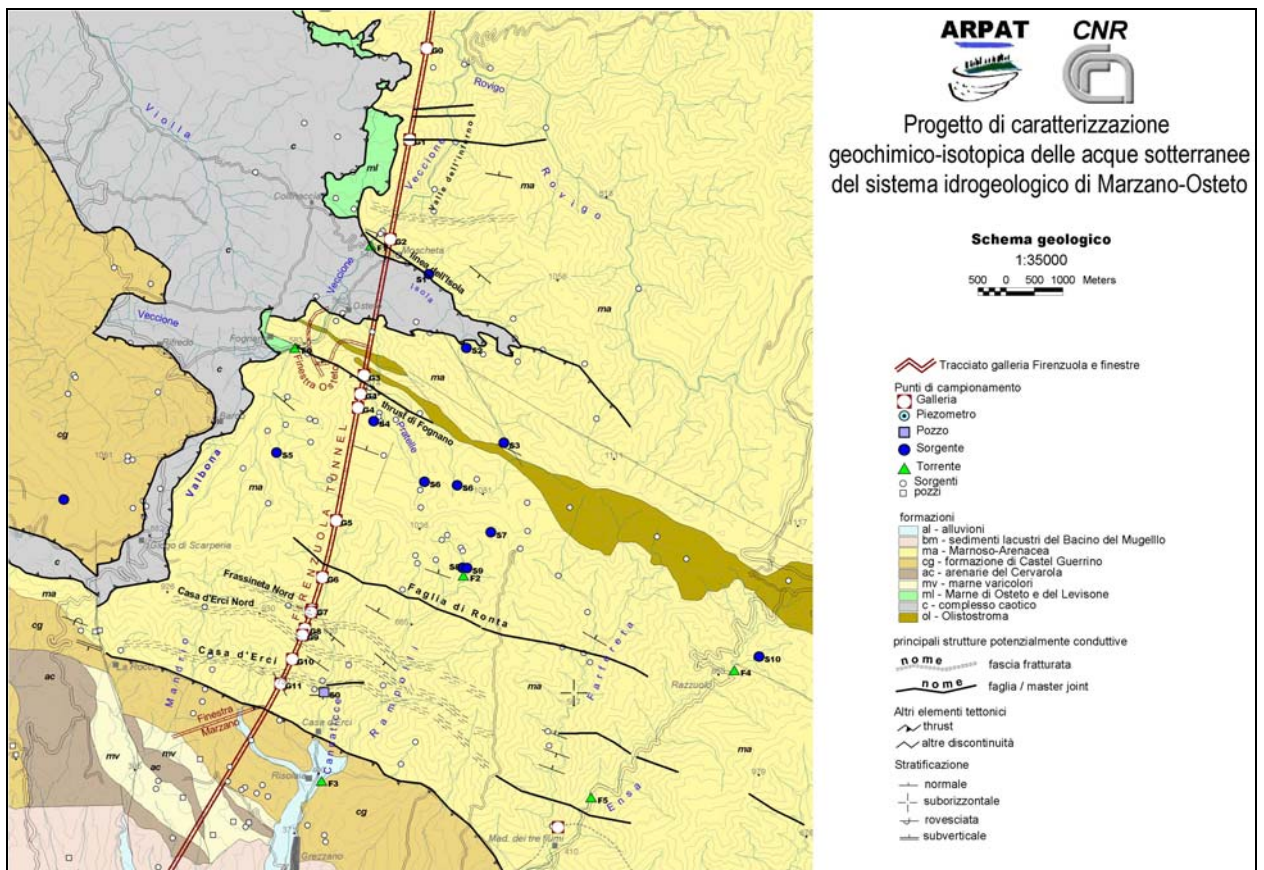


Fig. 4.5.1 – Schema geologico del tratto di Appennino attraversato dalla galleria di Firenzezola (da ARPAT/CNR, Agosto 2005).

- *il settore più meridionale compreso tra i punti di prelievo G6 e G10, contraddistinto dal mescolamento di acque di breve e prolungata circolazione sotterranea, corrisponde in superficie ad una zona con consistenti variazioni areali in termini di impatto; la porzione immediatamente a sud del crinale, contraddistinta da assenza di impatti, ha proiezione in galleria in corrispondenza del punto di prelievo G6, dove coerentemente vengono riscontrate anche le concentrazioni di Tritio più basse; viceversa, le aree a forte impatto immediatamente più a sud, hanno proiezione in galleria in corrispondenza dell'intervallo delimitato dai punti di prelievo G7-G10, dove i valori di tritio tornano a salire a valori più vicini a quelli rappresentativi della ricarica meteorica attuale; considerazioni di tipo idrogeologico e geochimico suggeriscono che la circolazione idrica all'interno di questo settore della galleria è complessivamente controllata dalla presenza di alcune fasce fratturate di particolare rilievo ed estensione, come quelle di Monte Verruca Nord, Monte Verruca, Casa d'Erci Nord e Casa d'Erci;*

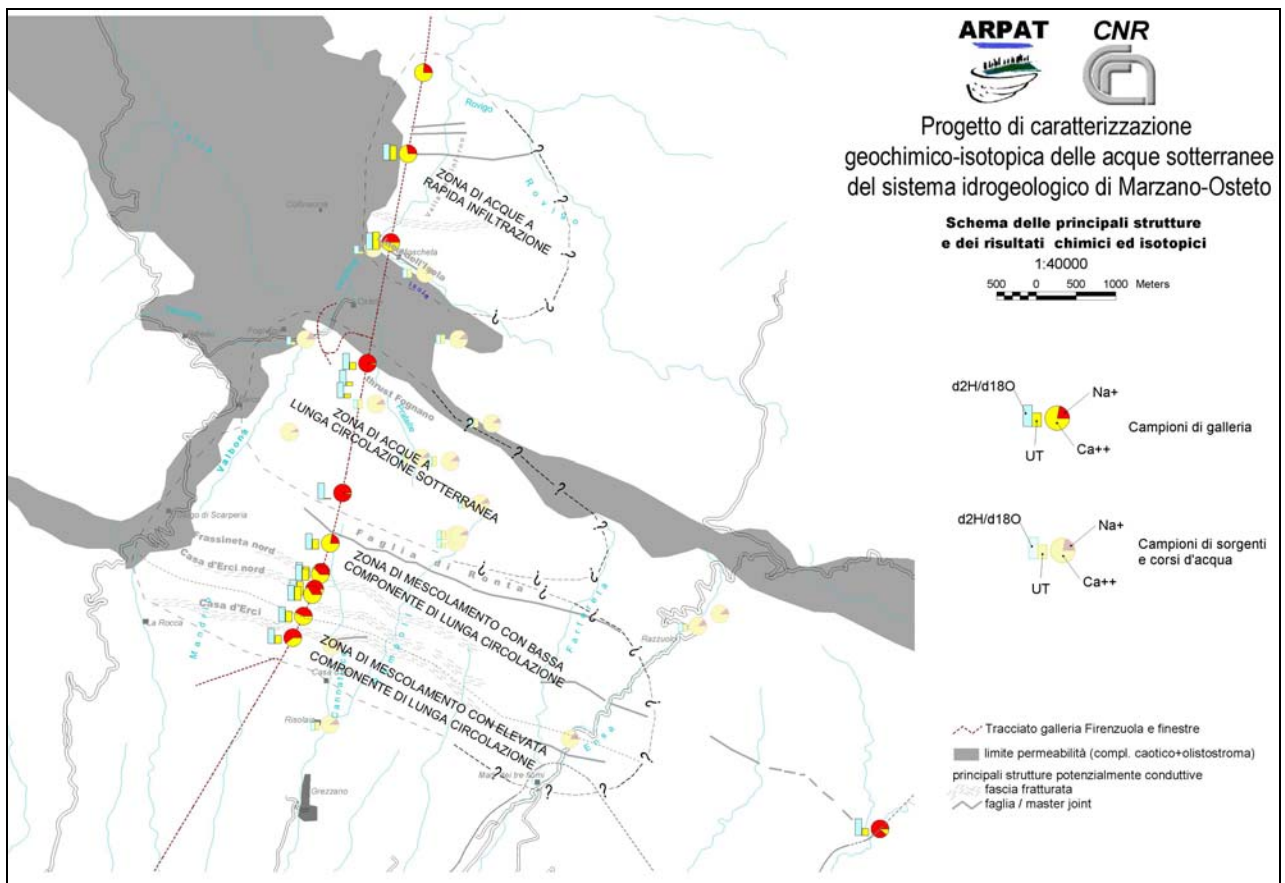
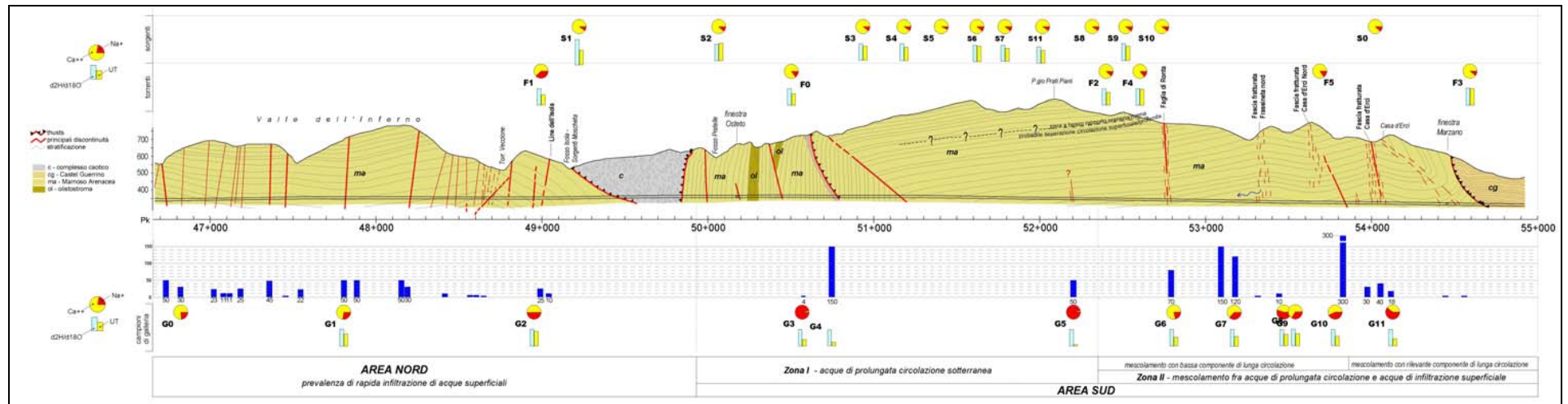


Fig. 4.5.2 – Schema delle principali strutture geologiche attraversate dalla galleria Firenzuola e dei risultati chimici e isotopici (da ARPAT/CNR, Agosto 2005).

- *l'estrema propaggine meridionale della galleria, monitorata attraverso il punto G11, è infine contraddistinta da valori relativamente bassi della concentrazione di Tritio; questo è indicativo del fatto che l'area fortemente impattata al cui interno ricadono l'ormai scomparsa sorgente di Casa d'Erci ed il Fosso Cannaticce è messa in connessione (presumibilmente tramite la fascia fratturata di Casa d'Erci) con la parte immediatamente più a nord della galleria, compresa tra i punti G7 e G10; il tratto terminale della galleria (punto G11) drena invece una circolazione parzialmente o totalmente separata, contraddistinta da acque con tempi di residenza sotterranei più prolungati;*
- i. *i dati a disposizione al momento non consentono di determinare la possibile estensione in senso est-ovest dell'impatto connesso alle fasce fratturate di Monte Verruca Nord, Monte Verruca, Casa d'Erci Nord e Casa d'Erci; questo aspetto ha particolare rilievo in considerazione di possibili nuovi impatti nella zona dell'Ensa e quindi si ritiene che possa essere oggetto di ulteriori approfondimenti di indagine. posizione rispetto al setto impermeabile costituito dalle formazioni del Complesso Caotico e dell'Olistostroma, intercettate dalla galleria tra le progressive 49+500 e 50+300; la porzione a nord di questa barriera di permeabilità è dominata dalla presenza di acque di recente infiltrazione, mentre la parte a sud ha un comportamento più variegato e può essere ulteriormente divisa in altre due sottozone; l'area a ridosso della barriera di permeabilità ha un tipo di circolazione sotterranea dominato da acque con età idrologica > 50 anni, presenti in percentuali variabili stimate tra il 50% ed il 100%; la parte più a sud della galleria è invece sede di mescolamento tra acque di lunga circolazione sotterranea ed acque di recente infiltrazione;.....".*

Fig. 4.5.3 – Sezione geologica del tratto di galleria di Firenzuola nel quale si sono riscontrati gli impatti più significativi. Per ogni punto d'acqua campionato, sia in superficie che in galleria, sono riportate le composizioni chimiche e isotopiche (da ARPAT/CNR, Agosto 2005).



Alla luce di tali conclusioni **ci sembra provata l'ipotesi di un impatto che ha coinvolto anche il circuito profondo delle acque sotterranee**, quelle che sono risultate avere tempi di permanenza nell'ammasso roccioso di oltre 50 anni. Si tratta della cosiddetta "riserva geologica", intaccata dallo scavo della galleria, che si è trovata a miscelarsi in varia misura con le acque del circuito idrogeologico più superficiale. L'aliquota di tale "riserva", interessata da questa modificazione della circolazione sotterranea, è difficile da stabilirsi, a meno di ulteriori approfondimenti della ricerca.

4.6 - L'estensione areale degli impatti sulle risorse idriche e la possibilità di estensione futura del danno

Dopo le prime manifestazioni di anomalie di portata registrate in corrispondenza di punti d'acqua notevoli (**par.4.2**), ci si accorse che l'area di potenziale influenza dello scavo delle gallerie cominciava ad estendersi molto di più dei 2 km di larghezza a cavallo del tracciato, previsti dal PMA iniziale (AGNELLI *et al.*, 1999).

Nella **fig. 4.6.1**, a titolo di esempio, si riporta un confronto fra la situazione ipotizzata dal PMA iniziale e quella stabilitasi dopo i primi, gravi impatti su sorgenti e corsi d'acqua nella parte alta dei bacini dei torrenti Bosso e Bagnone.

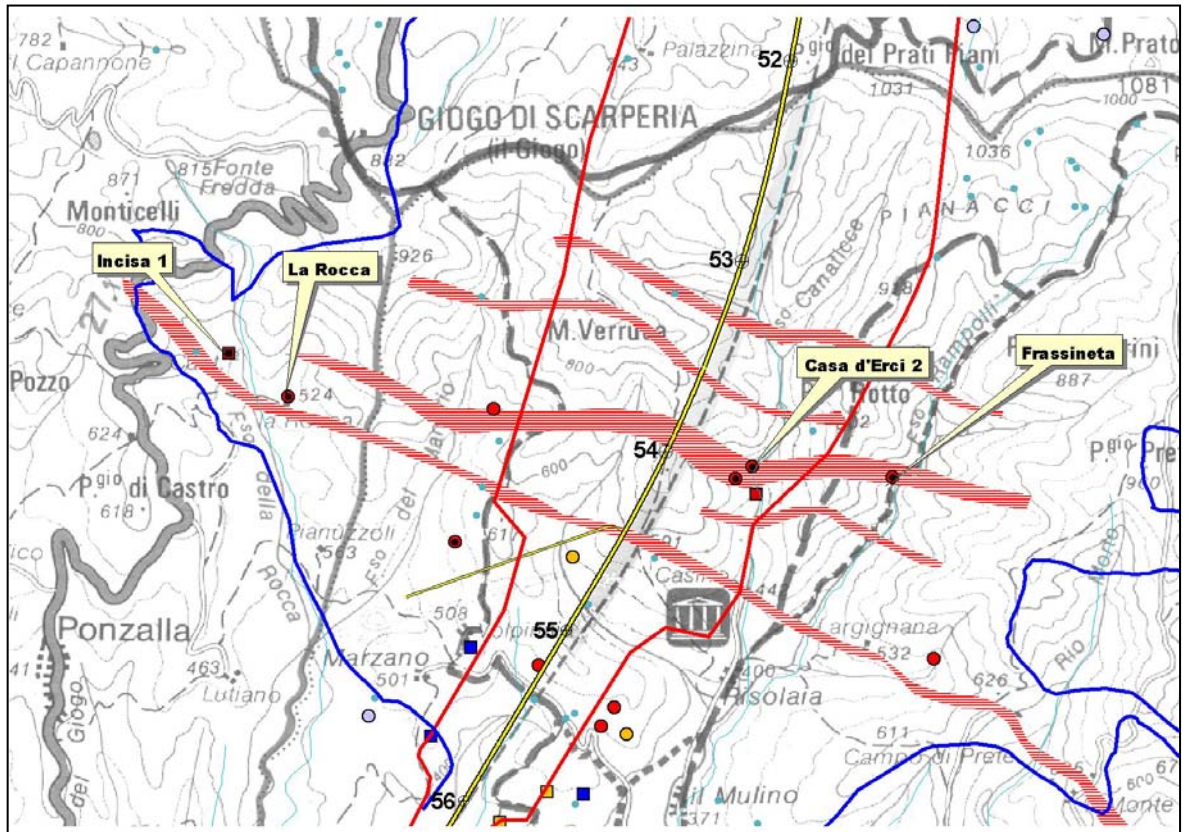


Fig. 4.6.1 – Stralcio della cartografia tematica che mette a confronto la fascia d'influenza idrogeologica nell'ipotesi di progetto (contorno in rosso) e quella desunta da rilevamenti geologici di dettaglio (contorno in blu) dopo gli impatti verificatisi a partire dall'estate 2000 nella parte alta dei bacini dei torrenti Bosso e Bagnone. Sono indicati i punti d'acqua (sorgenti e pozzi) più importanti. Con tratteggio è evidenziato l'andamento approssimativo delle fasce fratturate (*elaborazione ARPAT da dati CAVET+ARPAT*).

Dopo il manifestarsi degli impatti sulle sorgenti maggiori (estate 2000), che all'inizio furono ritenuti dipendenti dal regime delle precipitazioni, CAVET elaborò una cartografia tematica in scala 1:10.000 nella quale erano delimitate, con colori differenti, le aree a cavallo dell'asse delle gallerie ritenute soggette a tre diversi livelli di impatto sulle risorse idriche, superficiali e profonde:

- i) aree con impatto sicuro, accertato;
- ii) aree con impatto dubbio;
- iii) aree non soggette ad impatto.

A prescindere dal giudizio di cui al punto ii), sul quale le stime di CAVET e di ARPAT non concordano, da tale cartografia risulta in modo molto chiaro che la fasce che delimitano

tipologie d'impatto di diversa intensità non presentano un contorno lineare, subparallelo all'asse delle gallerie, ma se ne discostano largamente, assumendo contorni molto frastagliati, allungati in direzione ONO-ESE, secondo le lineazioni strutturali fondamentali.

I limiti della fascia di territorio al contorno del tracciato della ferrovia AV soggetta all'impatto conseguente allo scavo delle gallerie non sono ancora ben delineati, nonostante che i lavori siano, specialmente per le gallerie di Firenzuola e Raticosa, ultimati da tempo. Mentre è stata completata anche la galleria di Vaglia, senza particolari alterazioni del quadro idrogeologico, alcune emergenze segnalate al contorno di quella di Firenzuola possono costituire sintomi di una estensione della fascia di territorio impattata.

Si fa riferimento, in particolare, a quanto registrato in località Molinuccio (bacino del T. Levisone, comune di Scarperia, quasi 4 km a Ovest dell'asse della galleria) dove, oltre all'esaurimento di una sorgente, si sono manifestate alterazione di livello di pozzi profondi, terebrati nella stessa formazione (la "marnoso-arenacea") che costituisce l'acquifero maggiormente soggetto a impoverimento. Inoltre, è stata segnalata all'Osservatorio Ambientale Locale, nonché ad ARPAT, la essiccazione di un pozzo nella proprietà Ugolini (Ronta, comune di Borgo S. Lorenzo) situato in sinistra del T. Ensa, oltre 4 km a Est dell'asse della galleria.

Tenuto conto di queste segnalazioni, che dovrebbero essere attentamente monitorate, siamo portati ad escludere l'ipotesi di un raggiunto equilibrio della nuova situazione idrogeologica; infatti, eventuali ulteriori ampliamenti della fascia d'impatto si manifesteranno in tempi sempre più lunghi, proporzionali alla crescente distanza dall'asse della galleria.

5 – QUANTIFICAZIONE DEL COSTO DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO

Da quanto finora esposto, risulta in modo inequivocabile come non sarà in nessun caso possibile riportare la superficie piezometrica alle quote *ante operam*, proprio per il fatto che le gallerie sono state progettate “drenanti” per rendere minimo, o addirittura nullo, il carico idraulico sul rivestimento. Ciò significa che, dovendo la piezometrica adeguarsi al nuovo livello di base costituito dalle gallerie stesse, gli impatti su sorgenti, pozzi e corsi d’acqua rimarranno permanenti, con conseguente alterazione dell’intero sistema idrografico del comprensorio.

E’ però possibile mitigare le conseguenze di tale modificazione, cercando di operare non tanto sulle cause che l’hanno determinata (è stata dimostrata da più parti la non percorribilità dell’ipotesi di una impermeabilizzazione totale delle gallerie, unica possibilità di ricondurre il sistema allo stato iniziale) quanto nel cercare di limitare il deflusso nelle fratture beanti o recuperare volumi di acqua con opere di accumulo delle eccedenze idriche autunno-invernali.

Fu questo lo scopo principale del progetto TRIMM (Tutela delle Risorse Idriche nella Montagna Mugellana) finanziato dall’Istituto per la Ricerca sulla Montagna e dall’Osservatorio Ambientale Nazionale tramite Convenzione fra la Comunità Montana del Mugello e alcuni Dipartimenti dell’Università di Firenze e un Istituto del CNR. Il progetto, della durata di un anno (dal 01.07.2001 al 30.06.2002) giunse ai seguenti risultati:

- ❑ *accertò l’entità dei gravi fenomeni di disequilibrio idrogeologico e ambientale manifestatisi nella fascia di pertinenza del tracciato della ferrovia ad Alta Velocità (AV) in corso di realizzazione fra Firenze e Bologna, in conseguenza dello scavo di gallerie;*
- ❑ *fornì un quadro oggettivo delle condizioni climatiche, geologiche e floristiche dell’area, e delle tipologie di utilizzazione dei suoli in essa presenti;*
- ❑ *stabilì i criteri d’intervento, finalizzati sia al ripristino degli ecosistemi montani che delle forniture alle aziende agricole di fondovalle;*
- ❑ *scelse le opere più efficaci per la compensazione dei volumi d’acqua intercettati dalle gallerie,*
- ❑ *fornì indicazioni di massima circa i siti topograficamente più idonei per la realizzazione di tali opere.*

Le conclusioni del progetto, al quale si rimanda per maggiori dettagli, costituiscono la base sulla quale fu stabilito l’*Addendum* all’Accordo Procedimentale del 29.07.1995, che individuava una spesa complessiva di **53 milioni di euro**, da destinare alla realizzazione di opere di mitigazione del danno e di “valorizzazione ambientale”, così ripartita:

- **11 milioni di euro** per la realizzazione di ulteriori interventi sui sistemi acquedottistici,
- **42 milioni di euro** per l’adozione di provvedimenti atti a conseguire: *a) il massimo di fornitura idrica per le attività produttive; b) la riqualificazione del sistema naturale.*

Per la realizzazione del Primo Programma di Interventi, individuato dalla Deliberazione della Giunta Regionale n. 1143 del 03.11.03, è stato approvato un Protocollo d’Intesa fra Regione Toscana, Provincia di Firenze, Comunità Montana del Mugello, Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale, ARPAT e Comuni di Borgo s. Lorenzo, S. Piero a Sieve, Sesto Fiorentino, Scarperia, Vaglia.

Risulta difficile stabilire se le cifre stanziare risulteranno sufficienti a soddisfare le necessità individuate; anche se lo fossero, dovranno essere aggiunti a queste tutti gli oneri per la gestione e la manutenzione *sine die* delle nuove infrastrutture.

6 - CONCLUSIONI – RISPOSTA AI QUESITI

QUESITO 1 – *Quale sia stato il danno complessivo stimabile in termini di impoverimento delle risorse idriche cagionato nel corso degli anni, dall’inizio dei lavori dei cantieri allo stato attuale.*

Il quesito è di difficile risposta, soprattutto a causa della non disponibilità, in quanto non rilevati sistematicamente *ante operam*, dei dati relativi alle caratteristiche della quasi totalità dei punti d’acqua presenti nel comprensorio interessato dai lavori AV, da considerare come “punto zero”.

Tenendo presenti le considerazioni espresse nel **cap. 4**, e la conseguente metodologia di valutazione, si può parlare di “impoverimento delle risorse idriche” solo riferendosi a:

1 – abbassamento della superficie piezometrica a causa del drenaggio operato dalle gallerie, che ha causato, nella fascia d’impatto riportata nella cartografia appositamente allestita e allegata alla relazione generale, cui si rimanda, le seguenti modificazioni:

- a) *esaurimento delle sorgenti;*
- b) *abbassamento dei livelli statici dei pozzi nella stessa fascia, fino al prosciugamento;*
- c) *perdita di deflusso in alcuni tratti di corsi d’acqua, fino alla mancanza totale in corrispondenza dei periodi di magra.*

2 – impatto sulla “riserva profonda”, come dimostrato dalla ricerca condotta da ARPAT/CNR a proposito della galleria Firenzuola, che ha provato la presenza, nei volumi che defluiscono dalla stessa, di due diverse “famiglie” di acque, distinte per chimismo e per tempi di residenza nell’ammasso roccioso.

Nel caso 1 è stato accertato che la perdita delle sorgenti è complessivamente valutabile in non meno di 2500 litri/minuto e quella causata dal drenaggio di tratti d’alveo fluviale in non meno di 8100 litri/minuto; non è stato possibile, per carenza di dati, valutare l’aliquota spettante all’abbassamento dei livelli statici dei pozzi. Il totale di 10600 litri/minuto che affluisce alle gallerie non può considerarsi “perduto” in assoluto, in quanto viene ugualmente recapitato, in corrispondenza dello sbocco delle stesse, alla rete idrografica. Il ciclo idrologico locale, pertanto, non risulta alterato nei volumi a causa di queste modificazioni. Dobbiamo però considerare che la nuova circolazione imposta alle acque comporta due ordini di danni:

- *decadimento della qualità delle acque, con conseguente necessità di depurazione e relativi oneri;*
- *perdita definitiva di energia potenziale, in quanto le stesse acque si rendono disponibili a quote molto inferiori sia rispetto alle originarie scaturigini naturali che alla maggior parte delle utenze, cui si dovrà sopperire con rilanci dal basso che comporteranno pesanti e perenni oneri aggiuntivi di gestione.*

Nel caso 2 i volumi di acqua drenati dalla “riserva profonda” sono difficili da quantificare, anche perché il sistema di circolazione idrica che si è venuto creare in conseguenza degli scavi è lontano dall’aver raggiunto uno stato di equilibrio. Si deve tenere ben presente, però, il fatto che la compensazione naturale delle “perdite profonde”, richiederà, oltre a tempi lunghi, anche l’impiego di un’aliquota degli afflussi, altrimenti destinata alla ricarica annuale degli acquiferi. Ulteriori considerazioni in proposito potranno essere espresse con l’affinamento della ricerca ARPAT/CNR, estesa alle altre gallerie.

QUESITO 2 - Si specifichi il danno di cui al punto 1) distinguendolo per ciascuna delle risorse idriche indicate nel capo di imputazione alle lett. A) e B) e per altre eventualmente non rilevate.

Rispondono al quesito le considerazioni espresse al **cap. 4**, e le **schede** a questo proposito predisposte, contenute nella documentazione (*data base*) allegata alla relazione generale. Si fa altresì riferimento alla cartografia tematica allegata alla stessa relazione, contrassegnata dalla sigla **T1**.

Riportiamo sinteticamente nella tabella che segue, espresse in termini di volumi minimi sottratti alla utilizzazione diretta (sorgenti, **par. 4.3.2**) o agli ecosistemi montani (tratti di corsi d'acqua, **par. 4.3.3**) e quantificandole per bacino idrografico interessato, le due principali tipologie di danno alle risorse idriche indicate nel capo di imputazione alle lettere A) e B) .

Bacino principale	Sottobacino	Perdite di deflusso superficiale negli alvei fluviali (in L/m)	Perdite di portata delle sorgenti (in L/m)
Santerno	Diaterna	1200	365,0
	Rovigo		132,4
	Veccione	2700	281,6
Bosso	Rampolli	1200	161,8
	Cannaticce	600	381,2
	Risolaia	<i>manca di dati</i>	0
Bagnone	Bagnone	300	673,6
	Mandrio	300	35,7
Ensa	Ensa	<i>dati insufficienti</i>	0
	Farfereta	<i>manca di dati</i>	0
Carza	Carlone	0	122,7
	Carzola	1200	182,5
	Cerretana	600	27,7
Zambra	Zambra	<i>dati insufficienti</i>	93,9
	Rimaggio	0	57,1
		TOTALE 8100	TOTALE 2515,2

Riassumendo, l'impoverimento delle risorse idriche indicate nel capo d'imputazione A (tratti di corsi d'acqua) è stato valutato in circa 8100 litri/minuto; quello indicato nel capo d'imputazione B (sorgenti e pozzi) è stato valutato in non meno di 2500 litri minuto.

Il totale di circa 10.600 L/m così valutato costituisce solo una parte (circa la metà) dei 22.380 L/m registrati in uscita dalle gallerie nel periodo di portata minima (**par. 4.4**). Anche considerando il fatto che le stime sono state effettuate sulla base delle portate minime e che esse non comprendono l'aliquota rappresentata dalle perdite di produttività dei pozzi (**par. 4.3.2**), la differenza fra i due valori è tale da non poter essere spiegata soltanto nei termini del normale ciclo idrogeologico (ricarica degli acquiferi). Come accennato nella risposta al *quesito 1*, dai primi risultati della ricerca condotta da ARPAT e CNR sulla galleria di Firenzuola (**par. 4.5**) si evince con chiarezza un avvenuto impatto sulla riserva idrica profonda, cioè su quelle acque il cui tempo di residenza nell'ammasso roccioso supera i 50 anni. Pur nella difficoltà di valutare l'impatto in termini di volumi d'acqua emunti, ci sembrano sussistere le condizioni per ipotizzare lo stabilirsi di una situazione analoga anche nelle altre gallerie, con "coperture" paragonabili.

QUESITO 5 - In particolare si precisi, ove possibile, quanto delle risorse idriche emunte sia stato definitivamente sottratto e non sia ripristinabile o in caso di ripristino secondo fenomeni naturali, quanto tempo sia necessario perché si ristabilisca il medesimo livello pre-intervento.

Come mostrato nella tabella precedente, il volume totale di acqua definitivamente sottratta al ciclo naturale per abbassamento della superficie piezometrica interessata dai lavori AV, compresa nei bacini idrografici descritti nel **cap. 1**, è costituito da due diverse aliquote:

- A. *volume risultante dall'esaurimento o dalla diminuzione di portata delle sorgenti, che è stato calcolato in almeno 2500 litri al minuto (cap. 4);*
- B. *volume risultante dal processo di infiltrazione nelle gallerie, attraverso le fratture beanti del substrato roccioso, delle acque superficiali che, pur tornando a giorno agli imbocchi delle gallerie stesse, non alimenta, nel periodo estivo, i tratti di alveo compresi fra i vari fasci di fratture, causandovi il deterioramento dell'ecosistema fluviale; tale mancato apporto ai tratti montani dei corsi d'acqua, può essere calcolato in almeno 8100 litri al minuto.*

L'aliquota A è da considerarsi definitivamente perduta e non ripristinabile, in quanto la nuova superficie piezometrica, una volta raggiunto l'equilibrio nelle nuove condizioni (adeguata, cioè, al livello-base costituito dalle gallerie) non potrà innalzarsi nuovamente. Tale aliquota sarà disponibile solo all'uscita dalle gallerie, con decadimento della qualità.

L'aliquota B si renderà di nuovo disponibile per l'uso, una volta percorso il sistema fratture-galleria, a quote inferiori a quelle alle quali era stata intercettata, e sarà anch'essa di qualità peggiore.

Una terza aliquota è costituita dal drenaggio della cosiddetta "riserva profonda", per la quale valgono le considerazioni espresse nella risposta al quesito n° 1 (caso 2).

Per quanto concerne, poi, la seconda parte del presente quesito, **si esclude ogni possibilità che il sistema idrogeologico del comprensorio interessato dai lavori AV possa ristabilirsi nelle condizioni ante operam, a meno che non si provveda ad una completa impermeabilizzazione delle gallerie.**

QUESITO 9 – Si quantifichi il costo degli interventi di ripristino eventualmente necessari

Alla luce delle considerazioni precedentemente espresse, risulta chiaramente che **la situazione ante operam non potrà in nessun caso essere ripristinata**, a meno che non si provveda ad una completa impermeabilizzazione delle gallerie. Si potrà solo tentare, e le iniziative in tal senso sono ora in atto da parte di varie Pubbliche Amministrazioni, di mitigare il danno conseguente al drenaggio delle riserve idriche da parte delle gallerie.

Lo stanziamento di 53 milioni di euro (**cap. 5**), come *addendum* all'accordo procedimentale del 28.07.95, per raggiungere tale scopo, rischia di non essere sufficiente, in quanto non vi sono previste le spese di gestione e di manutenzione delle opere di mitigazione nel tempo.

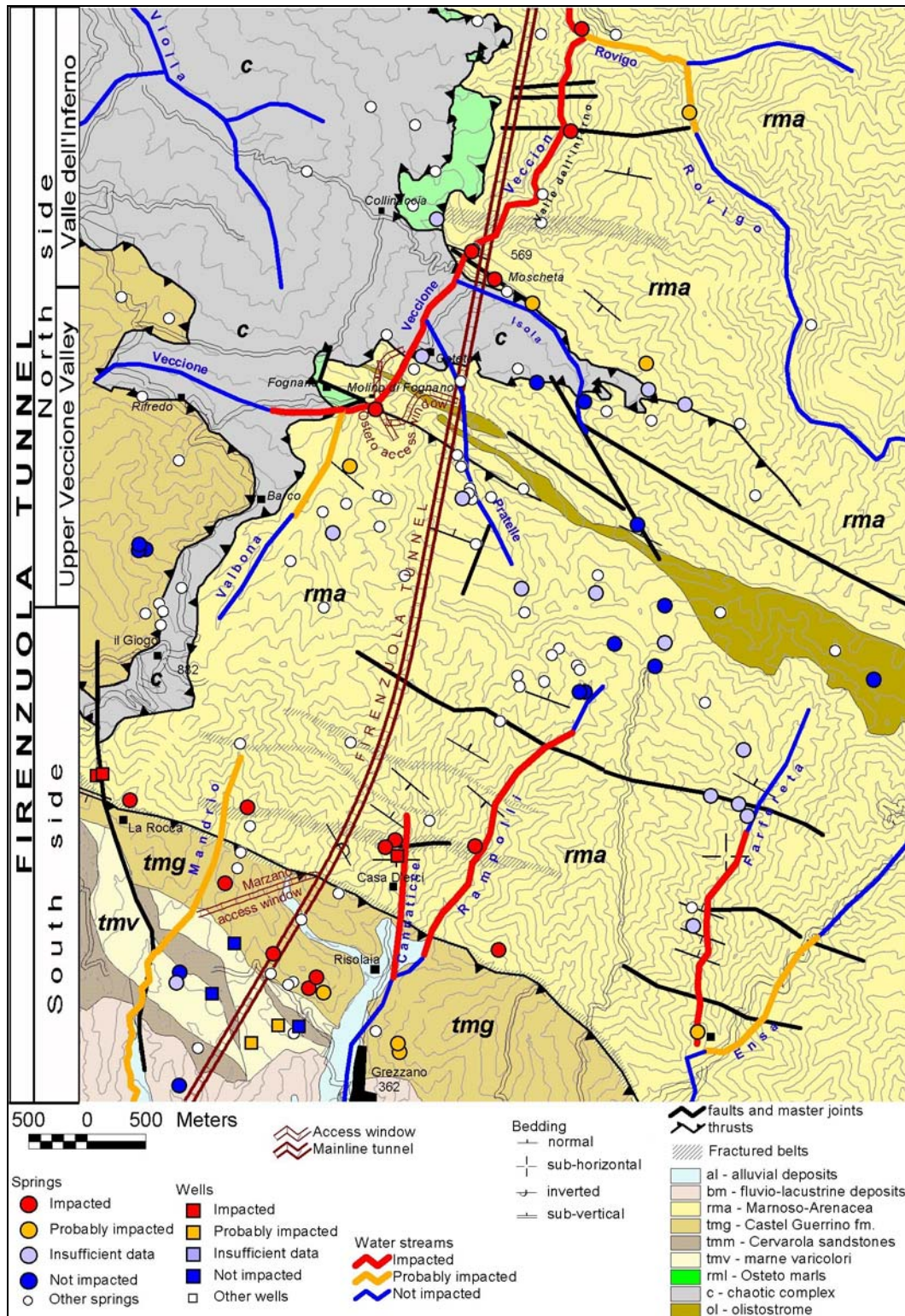
Si fa osservare, inoltre, che tale cifra fu individuata sulla base della situazione dei danni ambientali in essere al momento dell'approvazione dell'*Addendum*. Non vi sono pertanto gli oneri che potrebbero derivare da eventuali, ulteriori, aggravamenti della situazione che dovessero manifestarsi dopo quella data; ne costituisce un esempio la tendenza alla diminuzione delle portate minime annuali registrate all'uscita Sud della galleria di Firenzuola (**par. 4.3.5**) che, se confermata negli anni a venire, potrebbe comportare uno stravolgimento dei criteri di progettazione delle opere di mitigazione finora seguiti.

APPENDICE: Casi emblematici

APPENDICE 1

Si illustra di seguito la situazione ambientale al contorno della galleria di Firenzuola, così come descritta nel **Field Trip D08 Guidebook: Apennine Tunneling works - Impacts on the surface and underground water resources** – *32th int. Geological Congress, Florence, aug. 2004*, edita dall'ARPAT e dal Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta dell'Università di Firenze (*Rodolfi et al., 2004*).

A1.1 – Le sorgenti di Casa d’Erci e lo scavo della galleria di Firenzuola



Carta geologica schematica dell'area a cavallo dello spartiacque appenninico, attraversata dalla Ferrovia AV (galleria di Firenzuola). Sono rappresentati i punti d'acqua (sorgenti, pozzi, tratti di alveo) che hanno mostrato anomalie del loro regime.

Il gruppo di sorgenti di Casa d'Erci costituiva la fonte principale di approvvigionamento idrico potabile per gli abitati di Luco e Grezzano (circa 1200 abitanti) situati pochi km a monte dell'entrata Sud della galleria di Firenzuola. Gli studi idrogeologici preliminari e i modelli previsionali messi a punto dal Progetto Esecutivo, come anche il rapporto CAVET del Giugno 1999, ritenevano le sorgenti di casa d'Erci a rischio di esaurimento senza, però, stabilire né l'entità della previsione, né il lasso di tempo entro il quale l'anomalia avrebbe potuto manifestarsi. Questa informazione si rivelava di estrema importanza, nell'intenzione di pianificare e realizzare opere compensative della perdita della risorsa idrica. Nell'Ottobre 1999 CAVET presentò un altro rapporto nel quale era stata individuata la presenza di una zona fratturata intorno alla progressiva 54+000 km, che si riteneva il punto di inizio della intercettazione dell'acquifero alimentante le sorgenti. Il lasso di tempo (ritardo) di impatto sulle sorgenti fu calcolato utilizzando il metodo di FEDERICO (1984), senza aver provveduto ad un rilevamento geologico – a fini idrogeologici – dell'area interessata. Il ritardo dell'impatto sulle sorgenti fu calcolato in più di 14 mesi dopo il raggiungimento della progressiva 54+000.

ARPAT aveva già sostenuto nel passato che il modello previsionale utilizzato era basato su presupposti che si discostavano notevolmente dalla situazione reale degli ammassi rocciosi. All'inizio del 2000 ARPAT eseguì una campagna di fotointerpretazione e di rilevamenti di dettaglio sul campo, che consentì con buona approssimazione di asserire che la zona fratturata era caratterizzata da una permeabilità relativamente alta, probabilmente connessa con un piano di faglia inclinato di circa 75° con immersione verso Sud (**fig. A.1.1.1**). Il probabile punto di intercettazione dell'acquifero fu stabilito al raggiungimento della progressiva 54+100, cioè 100 m prima del punto previsto da CAVET, ed entro un lasso di tempo giudicato "imminente", cioè entro qualche settimana.

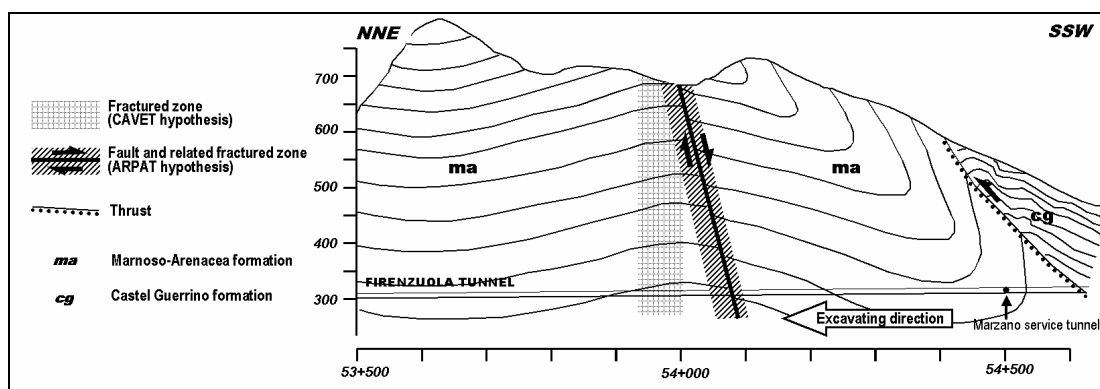


Fig. A.1.1.1 – Sezione geologica schematica a nord della finestra Marzano.

L'Osservatorio Ambientale istituito dal Ministero dell'Ambiente fu rapidamente informato e, il 14.03.000, prescrisse il fermo dei lavori alla progressiva 54+102. Mentre veniva registrato un afflusso di acqua alla galleria di circa 101 l/s, furono organizzati rifornimenti idrici alternativi. Il 18.03.00, quattro giorni dopo la cessazione delle escavazioni, la sorgente casa d'Erci 1 (situata proprio in corrispondenza della fascia fratturata, cominciò a mostrare un rapido decremento di portata, fino alla completa essiccazione intorno al 10 Marzo. La sorgente Casa d'Erci 2, appena fuori della fascia fratturata, mostrò un decremento più lento, essiccandosi soltanto nell'estate 2002 (**fig. A.1.1.2**). Nello stesso tempo una leggera diminuzione di portata fu registrata alla sorgente di Frassineta; nel Settembre la sorgente La Rocca, captata per usi civili a servizio dell'abitato di Scarperia, si esaurì. Questa situazione causò gravi problemi per la popolazione, che fu temporaneamente rifornita con autobotti fino a quando non fu allestito un nuovo acquedotto. Fu anche la causa di conflittualità fra

Amministrazioni Pubbliche Locali e CAVET, che ebbe come conseguenza diretta il blocco delle escavazioni per più di sei mesi.

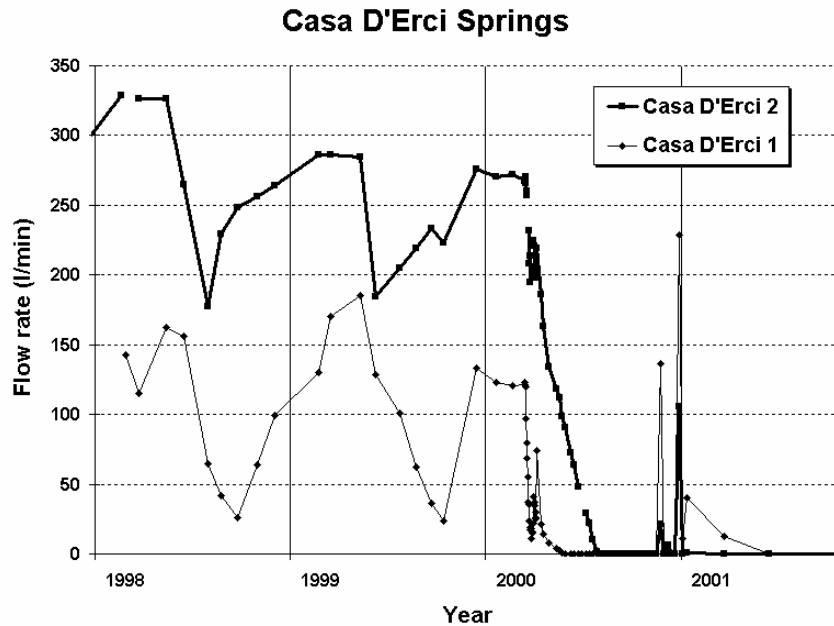


Fig. A1.1.2 – Grafico delle portate registrate alle sorgenti di Casa d'Erci dal 1998 ad inizio 2002.

Stante questa ed altre situazioni simili emerse nel corso degli altri scavi, CAVET si rese conto che sarebbe stato impossibile far fronte alla complessità delle caratteristiche idrogeologiche dell'area utilizzando un singolo modello di riferimento. L'approccio al problema fu modificato. Nei rapporti successivi la metodologia di indagine si indirizzò verso un'analisi di maggior dettaglio, basata su rilevamenti in campo e attività di monitoraggio. L'uso di metodi geostatistici consentì l'identificazione e la delimitazione dei tratti di ammassi rocciosi a più alta probabilità di comunicazione idraulica fra la superficie e la galleria.

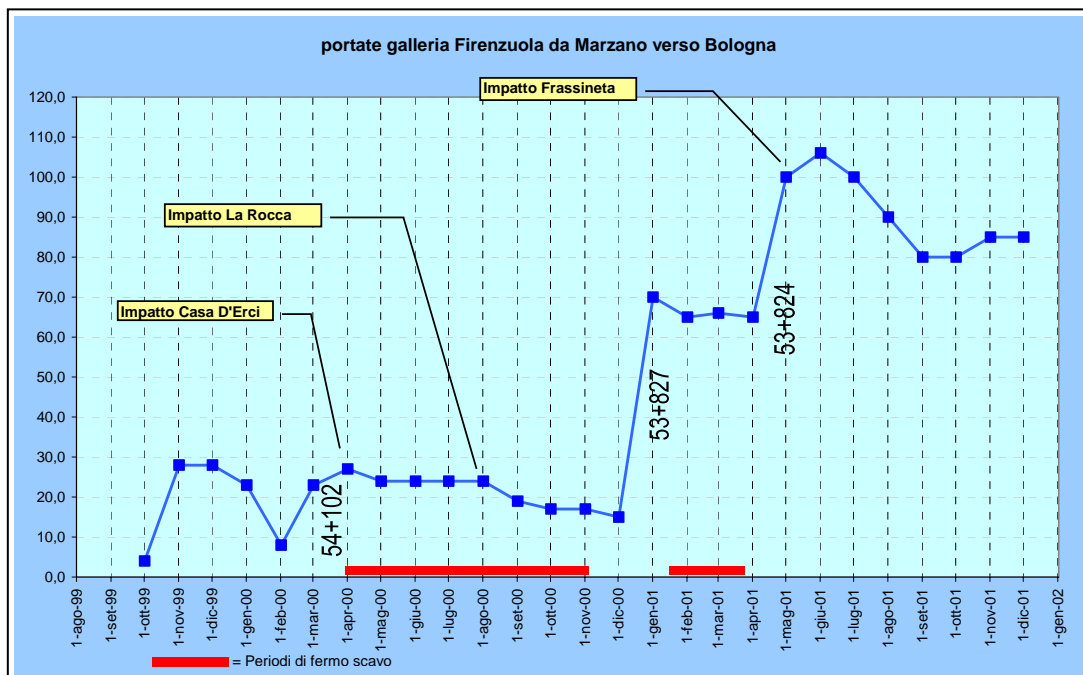
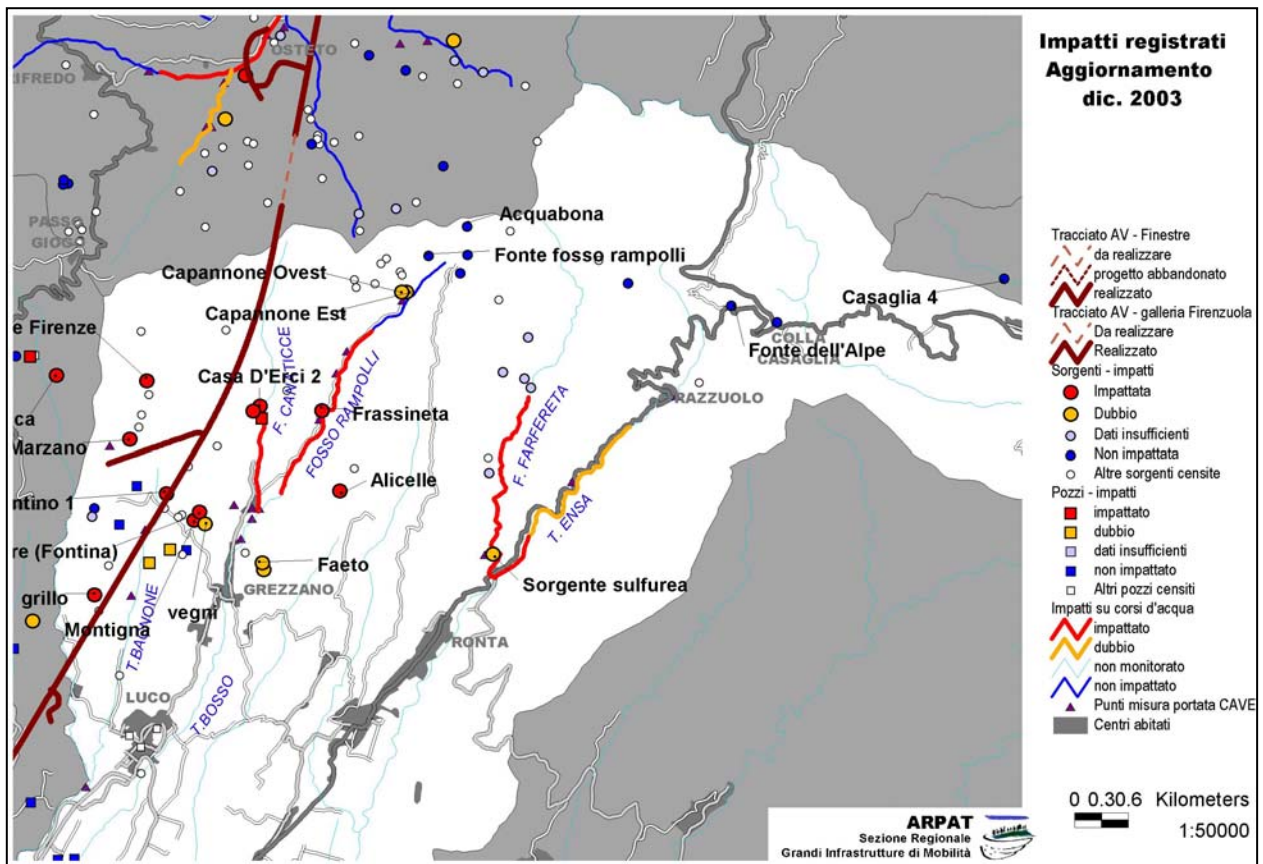


Fig. A1.1.3 – I principali impatti sulle sorgenti nel corso dell'avanzamento degli scavi nella galleria di Firenzuola, nle tratto da finestra Marzano a nord (da ARPAT).

Dopo gli impatti della primavera e dell'estate del 2000, i lavori di scavo ripresero nel Dicembre 2000. A partire dalla progressiva 54+120 fu adottata la tecnica dei sondaggi in avanzamento, per prevenire eventuali altre venute idriche in galleria. Nel Giugno 2001 fu registrata una venuta inaspettata di 200 l/s alla progressiva 53+826, dovuta ad una faglia non rilevabile in superficie, che diminuì rapidamente, ma la portata totale dell'intero tratto di galleria scavato aumentò fino a 100 l/s. Come diretta conseguenza di questo impatto, la sorgente di Frassineta si esaurì (fig. A1.1.3).

Dopo questo episodio altre venute importanti si manifestarono. In particolare, fra Marzo e Agosto 2002 (soprattutto dopo Giugno) la portata totale della galleria crebbe da 100 a 300 l/s. Questo evento fu seguito sia da diminuzioni di portata che da nuove venute, ma il deflusso totale dalla galleria oscillava attorno ai 350 l/s. Tutte queste importanti venute non sembravano aver causato evidenti impatti sulle altre sorgenti.

A1.2 - Situazione al contorno del tratto meridionale della galleria di Firenzuola, al Settembre 2003.



Nella tab. A1.2.1 sono riassunti gli impatti sulle acque sotterranee, risultanti dall'attività di monitoraggio.

<i>Punti d'acqua</i>	<i>Monitorati</i>	<i>Impattati</i>	<i>Probabilmente impattati</i>
Sorgenti	28	11	4
Pozzi	7	2	1
Corsi d'acqua perenni	14 km	6 km	1.5 km

Tab. A1.2.1 – Stato degli impatti sui punti d'acqua situati al contorno del tratto meridionale della galleria di Firenzuola al Settembre 2003.

Per quanto riguarda le acque superficiali, sintomi evidenti di impatto si osservano in particolare nell'alveo del Fosso Rampolli che, prima delle escavazioni, aveva un deflusso

perenne (fig. A4.2.1). Dopo le venute in galleria del 2001, questo corso d'acqua manteneva una portata di circa 1-2 L/s fino alla quota di 650 m s.l.m. Al di sotto di questa quota, all'approssimarsi della stagione arida la portata veniva a cessare in corrispondenza di due fasci di fratture. Questo impatto può essere spiegato secondo il meccanismo che verrà illustrato a proposito della Valle dell'Inferno (torrente Veccione). Altri fossi minori adiacenti (Cannaticce, Risolaia) risultarono anch'essi impattati.

A1.3 - Situazione al contorno del tratto settentrionale della galleria di Firenzuola, al Settembre 2003

Lo scavo del settore Nord della galleria di Firenzuola influenzò sia le sorgenti che i corsi d'acqua del bacino idrografico del torrente Veccione. La formazione attraversata è la "marnoso-arenacea", ad eccezione di un breve tratto di 550 m dove viene interessato il Complesso Caotico che, essendo costituito da argilliti inglobanti frammenti litici prevalentemente calcarei, può essere considerato una sorta di setto impermeabile. Il settore Nord della galleria di Firenzuola può essere suddiviso in due tratti: quello della Valle dell'Inferno e quello dell'Alto Veccione, rispettivamente a Nord e Sud dell'affioramento del Complesso Caotico.

La Valle dell'Inferno

Questo tratto della galleria di Firenzuola fu scavato a partire dalla "finestra Rovigo" dalla fine del 1998. Qui la galleria si svolge parallelamente al corso del Torrente Veccione, mantenendosi interamente all'interno della formazione "marnoso-arenacea", con assetto leggermente inclinato verso Nord. Verso Sud essa passa ad una struttura anticlinale, con asse orientato in direzione Est-Ovest, e con piani di stratificazione inclinati di circa 20°30' sui due lati. La "marnoso-arenacea" è anche caratterizzata da alcune fratture principali, ed è limitata a Sud dal contatto tettonico per sovrascorrimento (*thrust*) col Complesso Caotico, che è stato intercettato in galleria alla progressiva 49+500.

Nel corso dei lavori di scavo furono intercettate alcune venute di acqua fino al Novembre 2001, ma nello stesso lasso di tempo le principali sorgenti non sembrarono impattate, nonostante che la portata totale in galleria raggiungesse circa 300 l/s. Soltanto alcune sorgenti minori, non usate per usi civili, risultarono impattate. Al contrario, si registrarono variazioni della portata del Torrente Veccione. Una valutazione precisa sarà possibile solo elaborando le misure in continuo registrate da due idrometrografi posizionati uno al ponte di Moscheta (monte) ed un secondo (valle) appena prima della confluenza col Torrente Rovigo. Si può dire soltanto, per il momento, che almeno 10 l/s vengono drenati dal Veccione lungo la Valle dell'Inferno fra le due stazioni suddette (circa 2 km di corso).

Questa situazione può essere spiegata come segue. Nella valle del Veccione gli acquiferi all'interno delle fasce fratturate assicuravano un certo deflusso (probabilmente limitato) verso il torrente fino all'inizio dei lavori. Quando uno di questi acquiferi fu intercettato dagli scavi, il livello delle acque subì un abbassamento fino al disotto della quota dell'alveo. Allora, l'alveo rimase privato di una parte del deflusso e, successivamente, le fratture vennero a costituire una via di connessione fra l'alveo stesso e la galleria, catturando parte delle acque che si trovavano a scorrere nella parte alta del bacino del Veccione. In altre parole, la circolazione delle acque subì una inversione del senso di scorrimento.

I lavori scavo causarono anche un impatto su di una sorgente per usi civili nel Dicembre 2001. In questo periodo, in corrispondenza della progressiva 48+970 furono registrate alcune venute per circa 12 l/s. Pochi giorni dopo, la sorgente storica di Moscheta si esaurì. Tale impatto può essere spiegato dalla intercettazione in galleria della "linea di Isola" (MORANDI, inedito) che costituisce una lineazione persistente, a direzione appenninica, che collega la galleria stessa con la sorgente di Badia di Moscheta.

L'Alta Valle del Veccione

Questo tratto può considerarsi limitato a Nord dalla progressiva 49+870, dove fu incontrata la linea di sovrascorrimento fra la “marnoso-arenacea” e il Complesso Caotico. Fra 49+870 e 50+800 affiora l'unità Castellaccio della “marnoso-arenacea”, caratterizzata da un minore rapporto arenarie/marne ed intensamente tettonizzata. Verso Sud tale unità passa per sovrascorrimento all'unità di Monte Nero, caratterizzata da un più alto rapporto arenarie/marne e dal costituire una sinclinale rovesciata con vergenza NNE. Più a Sud, la stratificazione assume una giacitura costante, con inclinazione di circa 10° ed immersione verso NNE.

Questo tratto fu interessato principalmente dallo scavo della “finestra Osteto”. I lavori cominciarono nel Giugno del 1998 senza far registrare significative venute d'acqua fino al Giugno 1999, quando si manifestò una venuta di circa 100 l/s. I lavori furono sospesi, per cercare una soluzione a questa inaspettata emergenza idrica, dovuta all'intercettazione dell'area fratturata in corrispondenza del sovrascorrimento fra le due unità della “marnoso-arenacea”. Questo evento causò l'esaurimento di una piccola sorgente (Molino di Fognano) e, probabilmente, una diminuzione di portata della sorgente Felciaione.

Nel Novembre 2001 i lavori di scavo furono ripresi, ma secondo una nuova direttrice, per evitare la zona critica. La finestra è ora completata, e gli scavi della galleria principale in direzione Sud non hanno intercettato le venute di acqua previste come rilevanti.

Nel 2003 altri impatti si manifestarono nell'alto bacino del Torrente Veccione: nell'estate di quell'anno il deflusso al Ponte di Fognano fu di 0,5 l/s, che si esaurì poche decine di metri a valle, al Mulino di Fognano.

A1.4 - Situazione al contorno della galleria di Vaglia

Le maggiori discontinuità (fratture) beanti si sviluppano a breve profondità e alimentano le sorgenti con portate elevate in inverno, che divengono molto basse in estate. La situazione degli impatti sui punti d'acqua è riassunta nella **tab. A4.3.1**.

	Impatto certo	Impatto dubbio
Sorgenti	8	7
Pozzi	6	7
Torrenti	3	2

Tab. A1.4.1 – Punti d'acqua impatti nella galleria di Vaglia.

I maggiori problemi incontrati durante gli scavi sono stati causati da venute di acqua, rendendo difficili le condizioni di lavoro. Il drenaggio di acque da parte della galleria di Vaglia si manifestava come stillicidi in corrispondenza della calotta. L'evento più grave si verificò in corrispondenza della progressiva 74+020÷74+290, a causa della intercettazione di una zona fratturata (struttura tipo *graben* di Paterno) ad una profondità di 200-250 m (**fig. A1.4.1**).

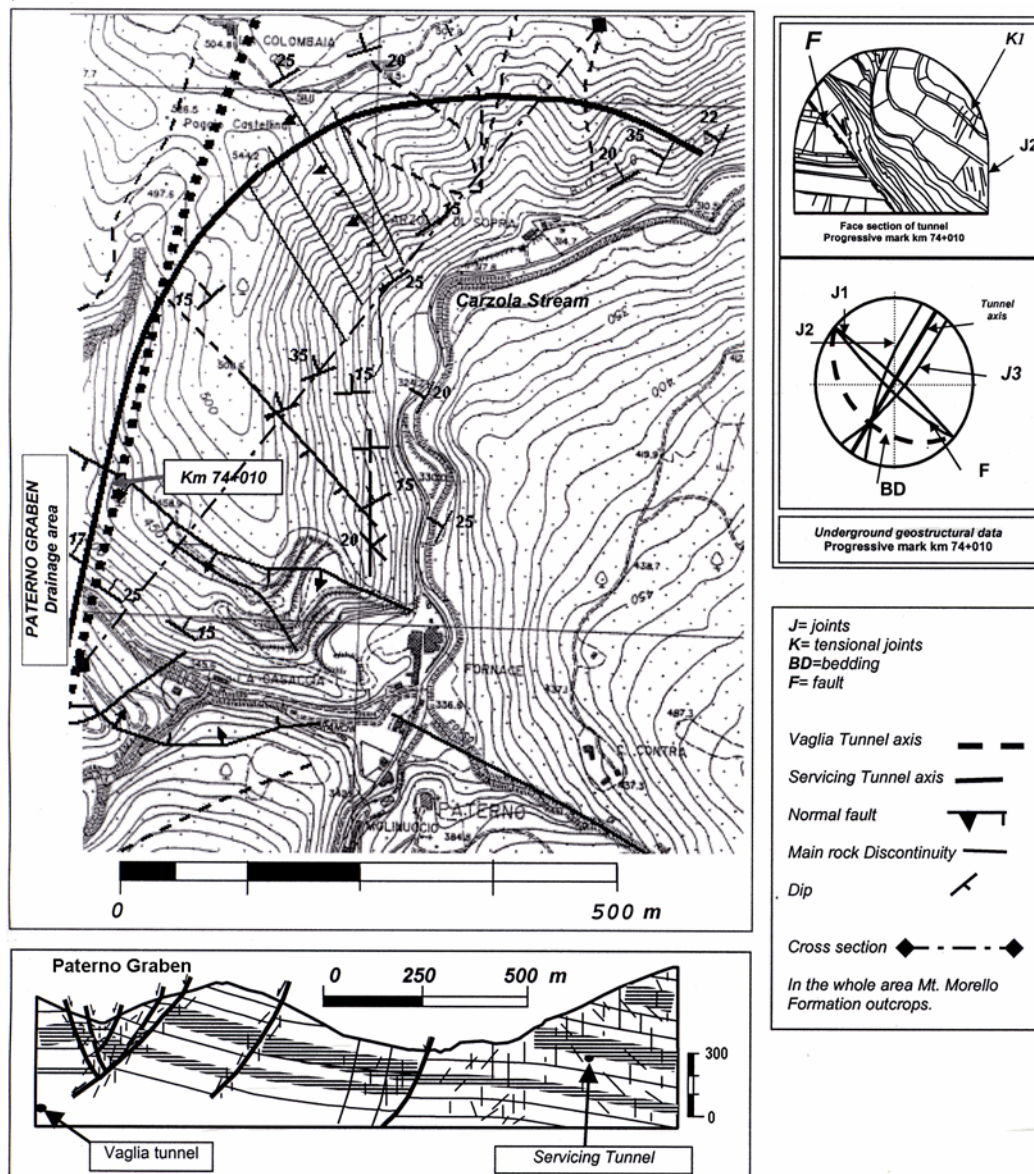


Fig. A1.4.1 – Carta schematica e sezione geologica nella valle del Carzola a Paterno (comune di Vaglia).

Il drenaggio sotterraneo causò l'abbassamento del livello idrico in alcuni piezometri e la mancanza di acqua in alcuni pozzi privati ad una distanza di 200 m dall'asse della galleria. L'effetto di tale drenaggio si ripercosse anche in superficie, sulla portata di alcuni corsi d'acqua, che subirono un decremento fino a circa 45 l/s, come nel caso del Torrente Carzola nell'area di Paterno (fig. A1.4.2).

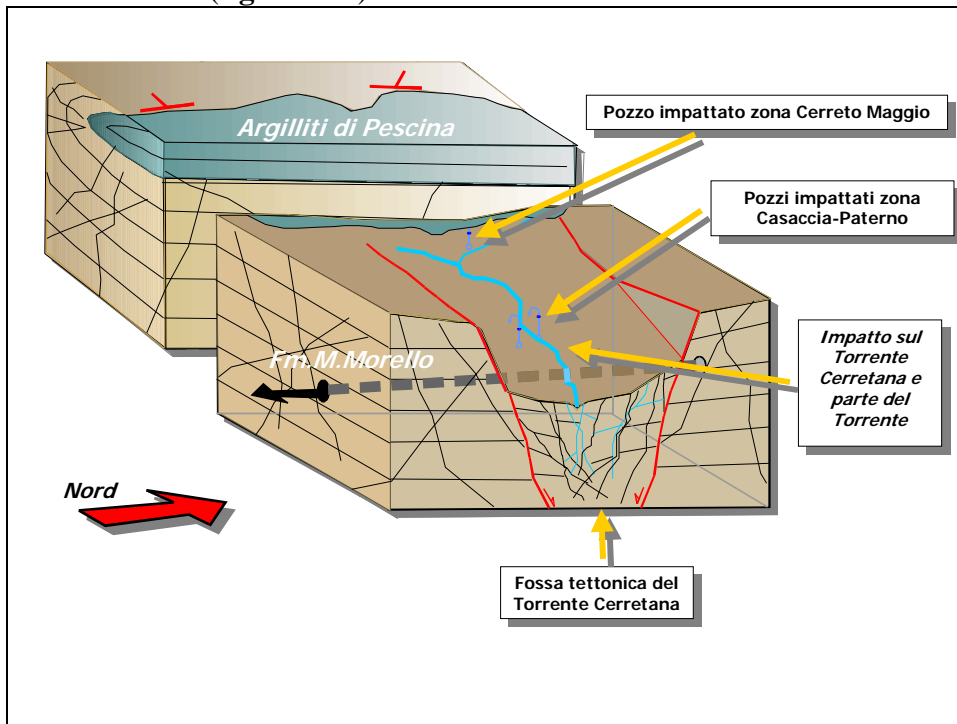


Fig. A1.4.2 – Drenaggio operato dalla galleria di Vaglia nella zona di Paterno – Cerreto Maggio (da ARPAT).

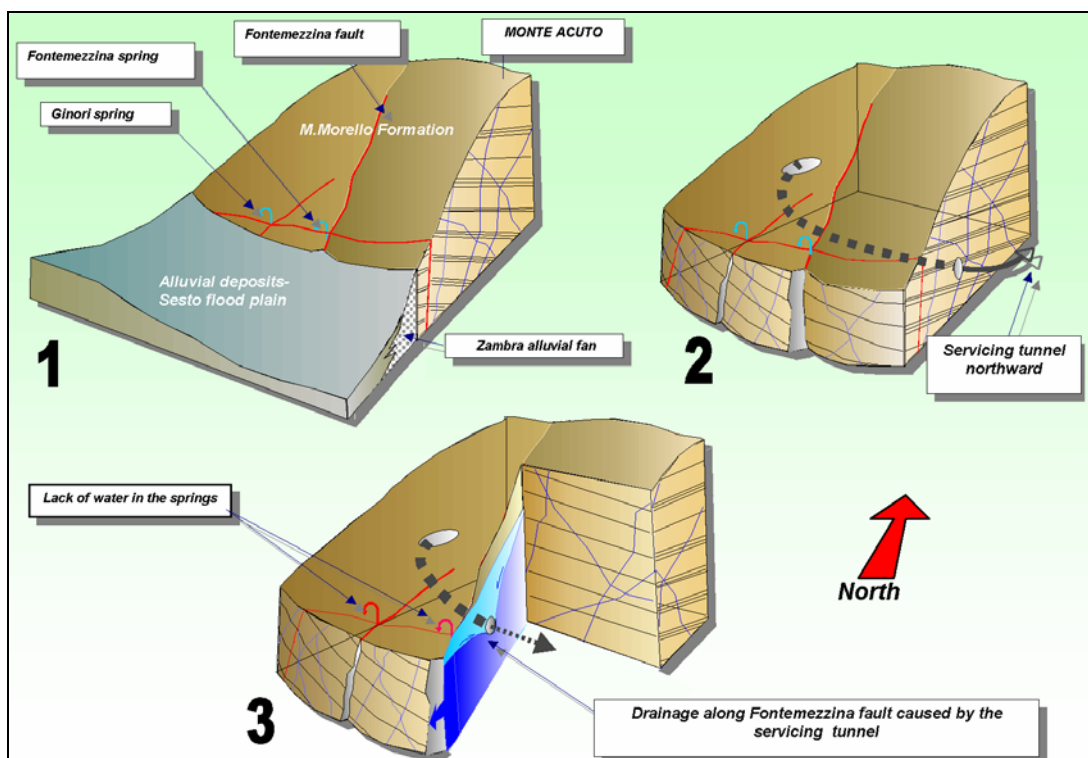


Fig. A1.4.3 – Dinamica degli impatti sulle sorgenti Fontemezzina e Ginori (comune di Sesto Fiorentino) causati dallo scavo del tunnel di servizio parallelo alla galleria di Vaglia (da ARPAT).

Furono controllati 20 principali punti di stillicidio, registrando un contributo totale di circa 30 l/s. Il coefficiente medio di conducibilità idraulica fu stimato di $k=1,5 \times 10^{-5}$ m/s. Il drenaggio totale della galleria di Vaglia si aggira intorno ai 140 l/s.

Altri impatti si verificarono sul versante sud di M. Morello in comune di Sesto Fiorentino, con esaurimento delle sorgenti storiche di Fontemezzina e Ginori (**fig. A1.4.3**).

APPENDICE 2

**Analisi climatica circa le anomalie riscontrate alla sorgente “I Guazzini”
(indagine OAL del 27.07.2000)**

L'analisi delle precipitazioni del decennio 1991-2000, fu svolta nel Luglio 2000 a cura dell'Osservatorio Ambientale Locale (OAL), per chiarire i rapporti fra le anomalie di portata registrata alla sorgente "I Guazzini", in Comune di Scarperia, e un eventuale mutato regime delle precipitazioni, nel senso di una loro diminuzione, come allora sostenuto dalla controparte.

Si premette che nel regime pluviometrico di questa parte dell'Appennino gli acquiferi vengono di solito "ricaricati" dalle precipitazioni che si verificano soprattutto nei mesi autunno-invernali. La ricarica è più o meno lenta, a seconda delle caratteristiche fisiche delle formazioni interessate (permeabilità, in primo luogo), e della lunghezza del percorso sotterraneo delle acque. In mancanza di dati più precisi, si può affermare che, generalmente, in situazioni analoghe a quella di cui trattasi, le portate minime si registrano alla fine dell'estate, se non, in alcuni casi, addirittura in Ottobre.

Nel sopralluogo del 21 Giugno 2000 effettuato dall' OAL alla sorgente "I Guazzini" fu misurata una portata di 6 litri/minuto, del tutto insufficiente per la gestione dell'azienda agraria che vi si approvvigionava. Allo scopo di chiarire le cause di tale brusca diminuzione (la portata, come anche dimostrato dalle misure effettuate da CAVET, non era mai scesa sotto i 40 litri/minuto) fu, in primo luogo, effettuata un'analisi di massima delle precipitazioni dell'ultimo decennio, utilizzando i dati della vicina stazione di Fagna (Scarperia) gestita dall'*Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale Applicata all'Agricoltura (IATA)*, ora *Istituto di Biometeorologia (IBIMET) del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, situata alla quota di 255 m s.l.m., a circa 4 km a Sud Ovest del sito in esame, e quindi la più vicina ad esso.

Nella **tab. A2.1** riportiamo i valori delle precipitazioni dei primi cinque mesi di ogni anno, relativi al decennio 1991-2000.

anno	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Gennaio	25,2	22,6	3,6	73,2	73,6	32,8	123,6	56	112,6	36,6
Febbraio	77,8	32,4	0,6	26,8	147,2	128,2	50,4	49	98,8	30,2
Marzo	42,4	68,8	38,8	1	112,2	12,2	75,8	42,6	108,2	111
Aprile	35,8	125,4	86,2	135	39,2	122,6	69,8	197,2	138	75,6
Maggio	156,4	52,8	43	86,6	142,8	74,4	86,2	61,4	29,8	37,4
totale	337,6	302	172,2	322,6	515	370,2	405,8	406,2	487,4	290,8

media del decennio 1991-2000: **360,98 mm**

Tab. A2.1 – Valori delle precipitazioni (mm) dei primi cinque mesi d'ogni anno, relativi al decennio 1991-2000.

Da essa si evince che, in effetti, l'apporto di precipitazioni al suolo, da Gennaio a Maggio 2000, risultò inferiore di circa il 20% al valore medio registrato nel decennio precedente.

Giova, in ogni caso, paragonare questo apporto con quello affluito al suolo nel periodo piovoso immediatamente precedente, e cioè nel terzo quadrimestre del 1999. A questo proposito riportiamo nella **tab. A2** i dati registrati a Fagna nell'ultimo decennio, relativamente al periodo 1990-1999.

anno	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Settembre	55,8	94,2	38,6	131	202,4	94,2	141,2	25,2	178,8	76,4
Ottobre	155,4	211,8	45,6	214,6	136,4	1,2	105,4	36,2	161,2	159
Novembre	153,2	262,8	61,4	152	93,8	manca	228,2	225,6	66,6	196
Dicembre	115,6	13,6	159,4	115,2	41,4	manca	165,8	99,2	44	121,8
totale	480	582,4	305	612,8	474	?	640,6	386,2	450,6	553,2

media del decennio (escluso 1995): **498,3**

Tab. A2.2 – Valori delle precipitazioni (mm) del III° quadrimestre d’ogni anno, relative al decennio 1990-1999. (La media è stata calcolata su nove anni, escludendo il 1995 per mancanza parziale di dati).

Pertanto, le precipitazioni registrate nell’ultimo quadrimestre dell’anno 1999 superarono di oltre 50 mm (più del 10%) la media del decennio; ciò significa che il volume d’acqua disponibile per la ricarica degli acquiferi nel periodo Settembre-Dicembre 1999 superò di oltre il 10% la media registrata nel decennio precedente.

Riportiamo poi nella **tab. A2.3**, a titolo riassuntivo, i dati pluviometrici relativi ai mesi più piovosi (Ottobre-Maggio) dei tre anni precedenti.

Mese	1997-1998 mm pioggia	1998-1999 mm pioggia	1999-2000 mm pioggia
ottobre	36,2	161,2	159
novembre	225,6	66,6	196
dicembre	99,2	44	121,8
gennaio	56	112,6	36,6
febbraio	49	98,8	30,2
marzo	42,6	108,2	111
aprile	197,2	138	75,6
maggio	61,4	29,8	37,4
totale	767,2	759,2	767,6

Tab. A2.3 - Valori mensili e totali delle precipitazioni nella stagione piovosa (Ottobre-Maggio) degli anni 1997-2000.

Come si può osservare, anche trascurando gli apporti del mese di Settembre, di solito destinati alla saturazione dei livelli più superficiali (suoli agrari e forestali), la quantità totale di pioggia “efficace” affluita nell’area dei lavori negli ultimi mesi precedenti rimase sostanzialmente costante.

In conclusione, si può affermare che *le piogge di fine 1999 ricaricarono più che a sufficienza l’acquifero che alimentava la sorgente “I Guazzini”; il leggero decremento degli afflussi nei primi mesi del 2000 (meno del 20% della media decennale) non sembra, per sé stesso, sufficiente a spiegare le macroscopiche cadute di portata subite da tale punto d’acqua (di circa il 75% rispetto alla minima assoluta di 40 litri/minuto).*

Si ribadisce, pertanto, la conclusione espressa nel par. 2.1.1, cioè che **appare non imputabile a carenza di afflussi meteorici la riduzione o la scomparsa totale dei deflussi dalle sorgenti (o da tratti di corsi d’acqua, come sarà specificato più oltre) verificatisi soprattutto nel triennio 1999-2001.**

BIBLIOGRAFIA

- AGNELLI A., CANUTI P., GARAVAGLIA S., GARGINI A., INNOCENTI P. (1999) – Monitoraggio e vulnerabilità idrogeologica delle risorse idriche sotterranee lungo il tunnel ferroviario appenninico Alta Velocità Bologna-Firenze. *Atti del Convegno Nazionale “Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III millennio” – Quaderni di Geologia Applicata, 1999 – Pubblicazione GNDICI-CNR n. 2000, pp. 3.329-3.341.*
- ARPAT – CNR (2005) – Progetto di caratterizzazione geochemico-isotopica delle acque sotterranee del sistema idrogeologico di Marzano-Osteto – *Report finale inedito, Agosto 2005, 58 pp, con tavole fuori testo*
- BECCHI I., CAPORALI E., CAPARRINI F., ROSSI L. (2000) – Applicazione di un modello idrologico distribuito per la valutazione dei fenomeni idrogeologici interessati dai lavori CAVET a Scarperia (FI). *SIG – Società Italiana Gallerie – Conferenze Permanenti Alta velocità, 5° Sessione “Progettare e costruire nel rispetto dell’ambiente” – Bologna, 14.11.00, pp. 50-61.*
- CANUTI P., GARGINI A., PICCININI L. (2002) – Hydrogeological budgeting of a fractured aquifer supported by tunnel drained-groundwater data. *Proceed. IAH Balancing Groundwater Budget, Darwin (Australia), maggio 2002.*
- CAPOZZI R., LANDUZZI A., NEGRI A., VAI G.B. (1992) – Dominio Umbro-Romagnolo e Marchigiano-Adriatico. *In: Guide Geologiche Regionali, 4 – Appennino Tosco-Emiliano – Be-Ma ed., ilano, 19-26.*
- RODOLFI G., ROSSI S., DONI A., RANFAGNI L. (2004) – Apennine tunneling works: impacts on the surface and underground water resources. *Field Trip D08 Guidebook – 32th Int. Geological Congress, Florence Aug. 2004, 16 pp.*