TAV in Mugello: cause, cronistoria e conseguenze dei danni alle risorse idriche

Giuliano Rodolfi
Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta - Università di Firenze

Premessa

La vivibilità di un territorio, e la sua produttività, dipendono strettamente dalla quantità d'acqua in esso disponibile, sia sottoforma di acque sotterranee (sorgenti, falde acquifere) che di acque superficiali (corsi d'acqua, invasi naturali o artificiali). Una decremento della disponibilità di risorsa idrica per progressiva diminuzione di afflussi meteorici, o conseguente alle attività dell'uomo, può indurre situazioni di grave crisi sia nell'ambiente naturale che nel 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 verificate interferenze 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 ricadute non solo sulle utenze civili, agro-zootecniche o industriali, ma anche sul delicato equilibrio dell'ecosistema montano, influendo negativamente sia sulla flora che sulla fauna.

Lo scrivente, anche nella sua qualità di Presidente dell'Osservatorio Ambientale Locale, appositamente istituito dalla Comunità Montana del Mugello previo finanziamento della Regione Toscana, esporrà sinteticamente le cause di tali interferenze, la loro successione in relazione al procedere dei lavori di scavo, e le conseguenze di carattere ambientale e socio-economico cui il comprensorio mugellano è stato irreversibilmente soggetto. Le considerazioni che seguono risultano anche da 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.

L'opera e i criteri di scelta del tracciato

L'opera in argomento costituisce la tratta Bologna-Firenze della linea ferroviaria veloce che unirà Milano a Napoli.

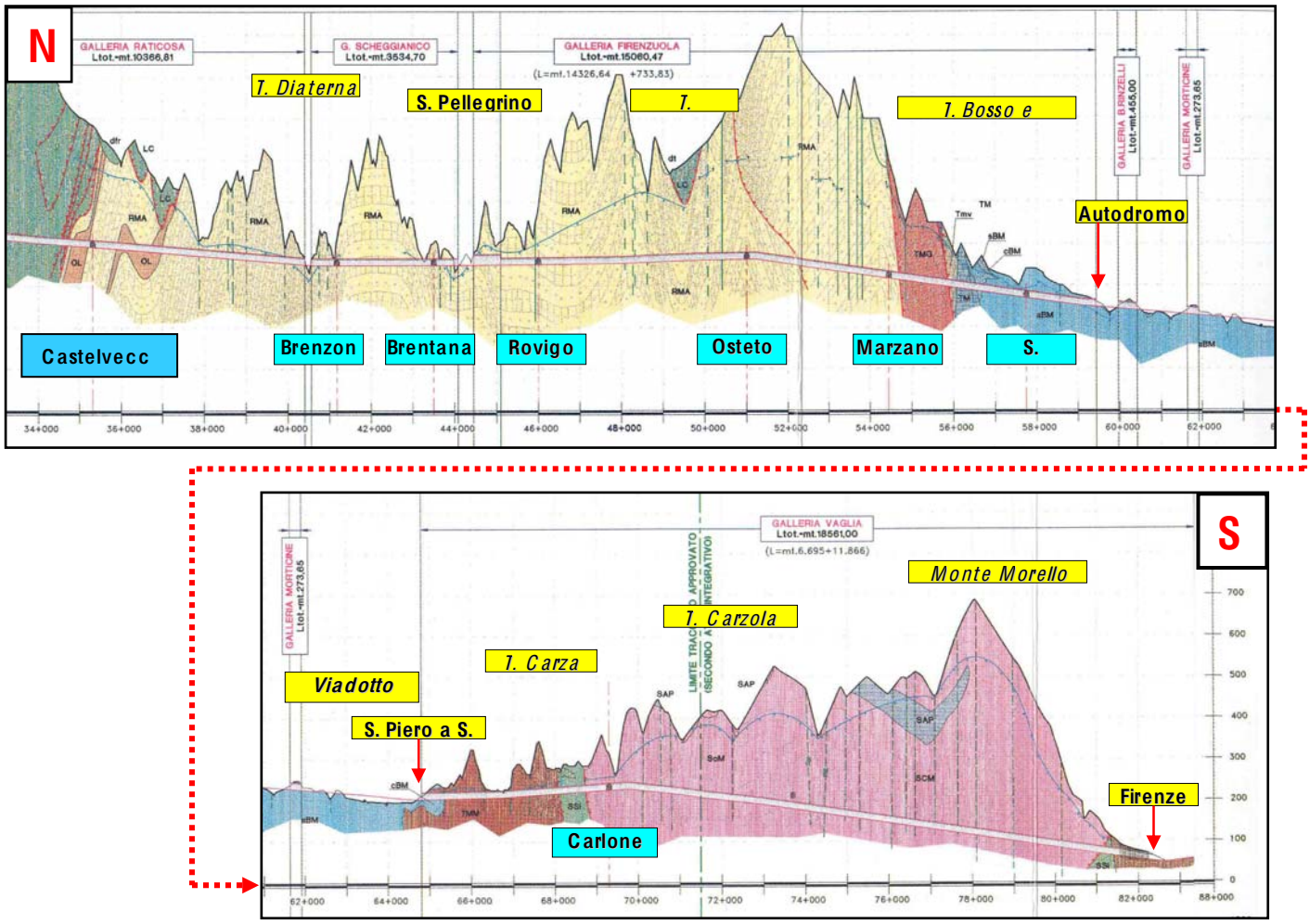

Fig. 1 – Profilo altimetrico e schema geologico del tracciato della ferrovia ad Alta Velocità in territorio toscano (da uscita sud galleria Raticosa a Sesto Fiorentino). Nei riquadri gialli (superiori) le principali località e corsi d'acqua; nei riquadri celesti (inferiori) le "finestre" *(da TAV/CAVET, con modifiche).*

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 (*figura 1*). 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). 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. Per procedere agli scavi delle gallerie su più fronti, il progetto prevedeva la realizzazione di sette "finestre" (o "discenderie") nella galleria di Firenzuola e di una sola nella galleria di Vaglia, in quanto assistita da un cunicolo "di servizio" per gran parte del suo tracciato. Dal punto di vista geografico-fisico il tracciato toscano interessa sia il che quello tirrenico dell'Appennino Tosco-Emiliano insiste sui bacini imbriferi del Fiume Santerno (versante adriatico) e del Fiume Sieve (versante tirrenico), e di piccoli tributari del Fiume Arno nella conca di Firenze (Torrenti Zambra, Rimaggio e Terzolle).

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 soprattutto 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.).

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.

L'ambiente *ante operam*

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). Tali valori, nelle condizioni *ante operam*, erano più che sufficienti ad assicurare deflussi perenni sia dalle sorgenti montane che negli alvei , e a mantenere i livelli statici delle falde freatiche nei pozzi. Fu necessario attendere i risultati del progetto TRIMM *(Tutela delle Risorse Idriche nella Montagna Mugellana)*, coordinato dallo scrivente, e contenente uno studio dettagliato del regime delle precipitazioni della zona, redatto dall'allora *Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale Applicata all'Agricoltura (IATA),* ora *Istituto di Biometeorologia (IBIMET)* del Consiglio Nazionale delle Ricerche, per dimostrare che la diminuzione o, addirittura, l'azzeramento delle portate idriche in sorgenti, pozzi e tratti di alvei

fluviali, manifestatisi a partire dal 1999, non dipendevano da carenza di afflussi meteorici, ma dal drenaggio degli acquiferi profondi operato dalle gallerie in corso di scavo. A 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, apparve non imputabile a carenza di afflussi meteorici quanto verificatosi soprattutto nel triennio 1999-2001.

Date le condizioni "sub-mediterranee" del clima del territorio interessato dai lavori AV, possiamo considerare elevati i valori annuali delle precipitazioni nel comprensorio. 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 morfologia dei versanti, delle tipologie di uso del suolo. Anche l'applicazione di modelli finalizzati alla valutazione del bilancio idrologico (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, sia stata 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.

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:

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. Possono quindi formarsi degli acquiferi circoscritti, di bassa potenzialità anche se alimentati con continuità.

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, spesso beanti, ad andamento appenninico (NO-SE), in corrispondenza delle quali si formano acquiferi importanti. Le argilliti di Pescina, Sillano e delle "argille scagliose" prima descritte costituiscono invece degli acquicludi.

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.

La maggior parte delle **sorgenti** presenti nei bacini idrografici interessati dai lavori AV si manifesta 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. Si tratta 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).
- **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" e le marne varicolori, dal quale scaturisce la sorgente principale 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-limosi; in questo caso si possono manifestare allineamenti di sorgenti, anche di una certa importanza, orientati in direzione Est-Ovest, come si osserva nella fasci altimetrica che comprende le località Macerata, I Guazzini e Bagnone nel bacino del torrente Bagnone.
- **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.

Per quanto concerne 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. Per quanto riguarda il regime dei livelli statici, esso dipende dagli stessi parametri che abbiamo preso in considerazione per le sorgenti.

Per i **corsi d'acqua** del comprensorio nessun dato risultava disponibile circa il regime dei deflussi in condizioni *ante operam*. Pertanto, il giudizio se trattavasi di corsi d'acqua con deflusso perenne o temporaneo fu 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. 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. 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 diveniva perenne, mantenendosi tale fino ai fondovalle principali, a meno di "disturbi" dovuti ad opere di captazione.

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. Questa particolare situazione, del tutto imprevista, ha consentito di far fronte alle interferenze dei lavori TAV sui punti di principale approvvigionamento idrico (acquedotti di Luco, Grezzano e Scarperia) con inversione dei flussi di adduzione e, di conseguenza, con accresciuti costi in termini energetici.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale e le interferenze sulle risorse idriche

Stante la particolare relazione spaziale fra la situazione geologica sopra descritta (variabilità delle formazioni attraversate, loro assetto tettonico, loro grado di porosità o fatturazione) e l'altrettanto particolare tracciato delle gallerie (perpendicolare alle strutture tettoniche principali, come faglie e sovrascorrimenti), la ovvia possibilità di interferenza fra scavo e situazione idrogeologica degli ammassi rocciosi 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. Nella *tabella 1* 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		70
2005	91	35		66

Tabella 1 – Variazione del numero dei punti d'acqua monitorati dal 1995 al 2005. E' evidenziata la situazione relativa all'anno 2002, nel corso del quale si verificarono le condizioni di massima interferenza fra l'avanzamento dei lavori e i vari punti d'acqua.

Come facilmente si rileva, il numero dei punti monitorati è andato aumentando fino all'anno 2002, 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 che, sempre più gravi ed estesi, stavano innescando una crisi irreversibile negli approvvigionamenti idrici sia civili che agricolo-industriali.

Anche se le cause delle possibili interferenze erano state genericamente individuate fin dall'inizio, col manifestarsi delle prime anomalie risultò in modo evidente che gli effetti furono ampiamente sottovalutati: azzeramento delle portate in molte sorgenti, alcune delle quali alimentavano acquedotti importanti (Scarperia, Luco di Mugello, Grezzano), abbassamento, fino all'esaurimento, del livello statico di molti pozzi ad uso domestico o agro-zootecnico, sparizione dei deflussi di magra in alcuni tratti di corsi d'acqua perenni, con danni irreversibili alla fauna dulciacquicola e alla vegetazione igrofila, anche in aree SIC (Siti di Interesse Comunitario).

Bacino principale	**Sottobacino**	**Perdite di deflusso superficiale negli alvei fluviali in fase di magra** *(in litri/minuto)*	**Perdite di portata delle sorgenti** *(in litri/minuto)*
Santerno	Diaterna	1200	260,0
	Rovigo		130,4
	Veccione	2700	236,3
Bosso	Rampolli	1200	128,7
	Cannaticce	600	381,2
	Risolaia	*mancanza di dati*	0
Bagnone	Bagnone	300	673,6
	Mandrio	300	35,7
Ensa	Ensa	*dati insufficienti*	0
	Farfereta	*mancanza di dati*	0
Carza	Carlone	0	122,7
	Carzola	1200	152,5
	Cerretana	600	0
Zambra	Zambra	*dati insufficienti*	66,9
	Rimaggio	0	34,2
TOTALI		**8100**	**circa 2300**

Tabella 2 – Quadro sintetico delle perdite di risorsa idrica in atto alle quote delle scaturigini e dei tratti di corsi d'acqua montani, riferite alle portate minime annuali. Sono escluse le interferenze sulle falde freatiche.

Le previsioni circa la fascia di territorio a cavallo del tracciato ritenuta "a rischio" nei confronti delle risorse idriche si rivelarono quasi completamente errate: nel 1995 si parlava genericamente di una " … *fascia di circa 2 km a cavallo del tracciato….*" (AGNELLI *et al.*,1999), entro la quale fu iniziato il monitoraggio. Per citare un caso emblematico, già nell'Agosto del 2000 fu interferita la sorgente La Rocca, che alimentava l'acquedotto di Scarperia, distante oltre 2 km a Ovest dall'asse della galleria di Firenzuola.

Sulla base dei dati forniti dal Consorzio Costruttore, e a seguito di sopralluoghi mirati e di interviste agli utilizzatori, è stato redatto un quadro generale delle perdite di risorsa idrica causate dal drenaggio operato dalle gallerie. Si precisa che tale stima, riassunta nella *tabella 2*, è stata basata solo sui valori delle portate minime di sorgenti e corsi d'acqua, escludendo le interferenze sui pozzi, per difficoltà di valutazione. Risulta, pertanto, approssimata largamente per difetto.

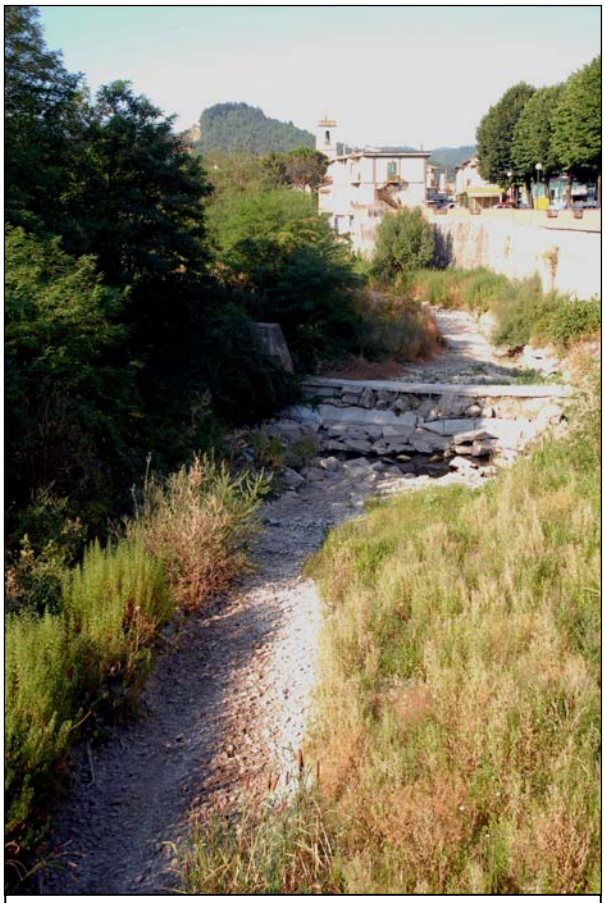

Figura 2 – L'aspetto attuale del tratto finale del Torrente Carza a San Piero a Sieve.

Pertanto, sommando i dati riportati nella *tabella 2*, risulterebbe che ben 10.400 litri al minuto di acqua non risultano più disponibili alle quote *ante operam*. Ciò non significa che questi volumi vadano perduti; è cambiato solo (!) il loro percorso sotterraneo, che li fa pervenire agli imbocchi delle gallerie, quindi a quote di molto inferiori, talora in bacini idrografici diversi da quelli naturali. Citiamo ad esempio il caso del Torrente Carza, che confluisce verso Nord nel Fiume Sieve a San Piero a Sieve, a deflusso perenne fino al completamento della galleria della Vaglia (anno 2005), ora rimasto all'asciutto per tutto il periodo estivo (*figura 2*): i deflussi di magra dei suoi tributari vengono intercettati dalla galleria e, a causa della pendenza di questa verso Sud, recapitati a Sesto Fiorentino.

Conclusioni

Il drenaggio operato dalle gallerie, favorito dalla presenza delle fasce di fratture beanti, ha provocato un rapido e consistente abbassamento della piezometrica, cui hanno fatto seguito tre principali ordini di impatti:

i) esaurimento delle sorgenti comprese entro la fascia di sicuro impatto, ad eccezione di quelle poche sostenute da acquicludi locali ;

ii) abbassamento dei livelli statici nei pozzi;

iii) assenza di deflusso superficiale nei tratti di alvei interessati da fratture, con danni irreversibili agli ecosistemi montani.

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. 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, con le eccezioni prima ricordate. Però, l'instaurarsi di questa nuova circolazione genera le seguenti conseguenze negative:

i) 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;

ii) le stesse acque presentano un decadimento delle loro qualità, rendendo necessari onerosi interventi di potabilizzazione.

Sicuramente, il valore stimato di una perdita di 2300 litri/minuto è da considerarsi abbondantemente sottostimato. Infatti, sommando le due aliquote di acqua che pervengono alle gallerie, cioè quella delle sorgenti esaurite (2.300 litri/minuto) e quella dei tratti di alveo con fratture beanti (8.100 litri/minuto) si arriva ad una portata complessiva di acqua drenata di 10.400 litri/minuto. Ora, da una elaborazione dei dati forniti da Consorzio Costruttore, risulta che il deflusso complessivo in uscita dalle gallerie nel mese di Agosto 2005 (a scavi ultimati) è stato valutato in 1.126.267 m^3, corrispondenti ad una portata di 25.230 litri/minuto.

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. 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 dalla superficie dei versanti; dobbiamo prendere in seria considerazione la possibilità del sussistere di altri apporti.

A questo proposito, non possiamo escludere la possibilità di un drenaggio anche della "riserva geologica" profonda, sia pure di difficile quantificazione, che concorrerebbe anch'essa a formare il totale dei deflussi dalle gallerie.

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 GNDCI-CNR n. 2000, pp. 3.329-3.341.*

ARPAT – CNR (2005) – Progetto di caratterizzazione geochimico-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 i 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.*

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.*