

**ARPAT - DIREZIONE TECNICA - Settore VIA/VAS**  
Via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 - Firenze

N. prot: Vedi segnatura informatica

cl.: **FI.01.15.01/58.51**

del 10 luglio 2023

a mezzo: **PEC**per: **Comitato di Controllo A1**

c/o Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica  
Direzione generale Valutazioni Ambientali  
Via Cristoforo Colombo 44  
00147 Roma  
PEC: [cca1@pec.cca1.it](mailto:cca1@pec.cca1.it)

**Oggetto:** AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Tratta Barberino di Mugello/Firenze Nord -  
Commento al rapporto TECNE sull'attività di monitoraggio trimestre *Gennaio-Marzo 2023*.

## PREMESSA

ARPAT ha esaminato il *report* redatto da TECNE sull'attività di monitoraggio condotta nel trimestre *Gennaio-Marzo 2023*, in attuazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) per la tratta A1 in oggetto. Con il contributo del Dipartimento ARPAT di Firenze e del Settore Agenti fisici di AV Centro sono stati analizzati i dati relativi alle componenti atmosfera, vibrazioni (come disturbo alle persone), acque sotterranee e acque superficiali (solo parte qualitativa). La componente rumore non è stata oggetto di valutazione, in quanto dal trimestre *Aprile-Giugno 2022* non vengono eseguite misure, essendo terminate le lavorazioni impattanti per tale componente.

Documentazione analizzata:

- Rapporto trimestrale di sintesi *Gennaio-Marzo 2023*, rif: MAM-110174-SIN-RTS-01-23;
- Rapporto trimestrale *Gennaio-Marzo 2023*, Componente Acque Sotterranee, rif: MAM-110174-IDR-RTC-SOT-01-23;
- Rapporto trimestrale *Gennaio-Marzo 2023*, Componente Acque Superficiali, rif: MAM-110174-IDR-RTC-SUP-01-23;
- Rapporto trimestrale *Gennaio-Marzo 2023*, Componente Atmosfera, rif: MAM-110174-ANT-RTC-ATM-01-23;
- Rapporto trimestrale *Gennaio-Marzo 2023*, Componente Vibrazioni, rif: MAM-110174-ANT-RTC-VIB-01-23.

Si richiamano di seguito, per matrice, le principali problematiche evidenziate e le conseguenti richieste di chiarimento e/o integrazioni.

## COMPONENTE ATMOSFERA

**INQUINANTI GASSOSI E PM10 (D.Lgs. 155/2010) - stazioni fisse, campagna di misura trimestrale, misura in continuo. Primo trimestre di *post operam***

### Stazione A1-BF-BM-A3-04

*Descrizione del ricettore:* nucleo residenziale costituito da alcuni edifici isolati a carattere abitativo ed agricolo ubicati in località Cornocchio. Il territorio circostante, a conformazione morfologica collinare, è costituito da campi coltivati. La stazione è localizzata a circa 350 m dal ciglio autostradale della A1 che corre sul crinale a monte dell'abitato.

*Localizzazione della stazione di misura:* a bordo strada in Via Cornocchio nel Comune di Barberino di Mugello, a circa 350 m dalla corsia Nord dell'A1.

*Descrizione:* transito autostradale continuo su tracciato a due carreggiate con due corsie per senso di marcia a cui si associa il transito veicolare lungo la viabilità locale di Via Barberinese e le ultime attività presenti nell'area di cantiere "Cornocchio" quali, il passaggio di veicoli leggeri. Note sulle attività di cantiere, fasi di lavorazione e macchinari impiegati: passaggio mezzi leggeri per le sistemazioni finali.

*Risultati del monitoraggio:* nei tre mesi di monitoraggio in esame i valori delle concentrazioni degli

inquinanti gassosi ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$  e  $\text{C}_6\text{H}_6$ ), del  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$  non hanno evidenziato particolari anomalie. I valori registrati si mantengono al di sotto dei limiti di legge e gli andamenti sono quelli attesi per ciascun inquinante. Relativamente al  $\text{PM}_{10}$  le concentrazioni seguono l'andamento del  $\text{PM}_{2.5}$  (Figura 1).

### Stazione di monitoraggio fissa A1-BF-BM-A3-04 (media giornaliera $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2.5}$ ) dati I Trimestre 2023

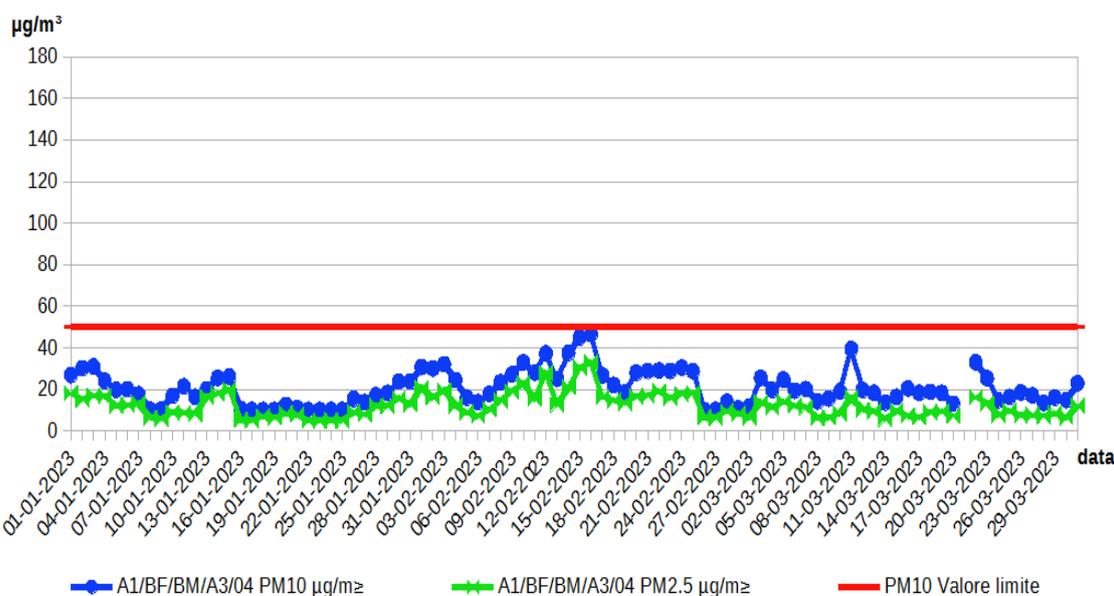


Figura 1: stazione di monitoraggio fissa A1-BF-BM-A3-04 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$ ), stazione monitoraggio mobile A1-BF-BM-A2-01 (media giornaliera PTS), dati I trimestre 2023.

### Stazione di monitoraggio fissa A1-BF-BM-A3-04 (media giornaliera $\text{PM}_{10}$ ) in relazione con la media delle centraline pubbliche urbane fondo e quella delle urbane traffico dell'Agglomerato di Firenze dati I Trimestre 2023

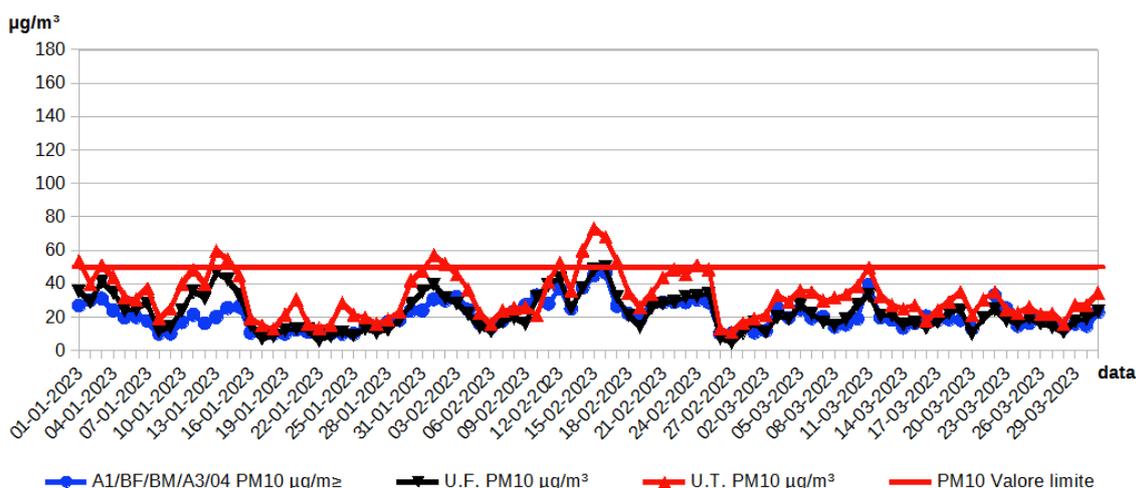


Figura 2: stazione di monitoraggio fissa A1-BF-BM-A3-04 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$ ), confronto con la media delle contemporanee concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  delle stazioni regionali di monitoraggio (RRT-FI Agglomerato di Firenze) urbane traffico e urbane fondo prese come riferimento, dati I trimestre 2023.

Nella precedente Figura 2 le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  rilevate dalla stazione di monitoraggio fissa A1-BF-BM-A3-04 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$ ) sono poste in relazione con le concentrazioni medie di  $\text{PM}_{10}$  delle stazioni regionali di monitoraggio prese come riferimento (fondo: FI-Scandicci e FI-Bassi; e traffico: FI-Gramsci, FI-Mosse). Non emergono osservazioni degne di nota.

## Stazione A1-BF-CA-A3-05

**Descrizione del ricettore:** nucleo residenziale costituito da edifici a 2-3 piani fuori terra, di recente edificazione ubicati in prossimità della zona industriale di Via Petrarca, Calenzano e dell'area di cantiere per la realizzazione della terza corsia.

**Localizzazione della stazione di misura:** all'interno del parcheggio comunale, in posizione concordata con il comune e con i tecnici Enel di zona.

**Descrizione:** traffico autostradale continuo a due carreggiate con tre corsie per senso di marcia. Si associa inoltre lo scarso transito veicolare lungo la viabilità locale e componenti provenienti dalle attività industriali presenti nella zona. Note sulle attività di cantiere, fasi di lavorazione e macchinari impiegati: passaggio veicoli leggeri nell'area di Madonna del Fiacchino.

**Risultati del monitoraggio:** nei tre mesi di monitoraggio in esame i valori delle concentrazioni degli inquinanti gassosi ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$  e  $\text{C}_6\text{H}_6$ ), del  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$ , non hanno evidenziato particolari anomalie. I valori registrati per gli inquinanti gassosi si mantengono al di sotto dei limiti di legge, gli andamenti sono quelli attesi per ciascun inquinante. Relativamente al  $\text{PM}_{10}$ , in generale le concentrazioni seguono l'andamento del  $\text{PM}_{2.5}$ , e come atteso, le prime risultano più alte in valore assoluto del  $\text{PM}_{2.5}$ . Si evidenzia che si sono registrati **sei (6) superamenti del valore limite giornaliero di  $\text{PM}_{10}$** . In merito a tali superamenti sul report di TECNE (pag. 64) viene affermato: «Evidenziamo che negli stessi giorni si sono registrati superamenti anche nelle centraline Arpat. Pertanto i superamenti registrati dalla centralina Tecne possono essere attribuiti a normali fluttuazioni ambientali.»

Dalle elaborazioni effettuate da ARPAT emerge che i superamenti del limite giornaliero di  $\text{PM}_{10}$  sono in linea con le contemporanee medie di  $\text{PM}_{10}$  delle stazioni pubbliche prese in esame, pertanto ragionevolmente si esclude che sia stato un fenomeno locale. Il grafico di Figura 3 mostra l'andamento delle concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$  registrato dalla postazione fissa A1-BF-CA-A3-05; come atteso l'andamento del  $\text{PM}_{2.5}$  segue quello del  $\text{PM}_{10}$ . Non emergono osservazioni degne di nota.

Stazione di monitoraggio fissa A1-BF-CA-A3-05 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$ )  
dati I° Trimestre 2023

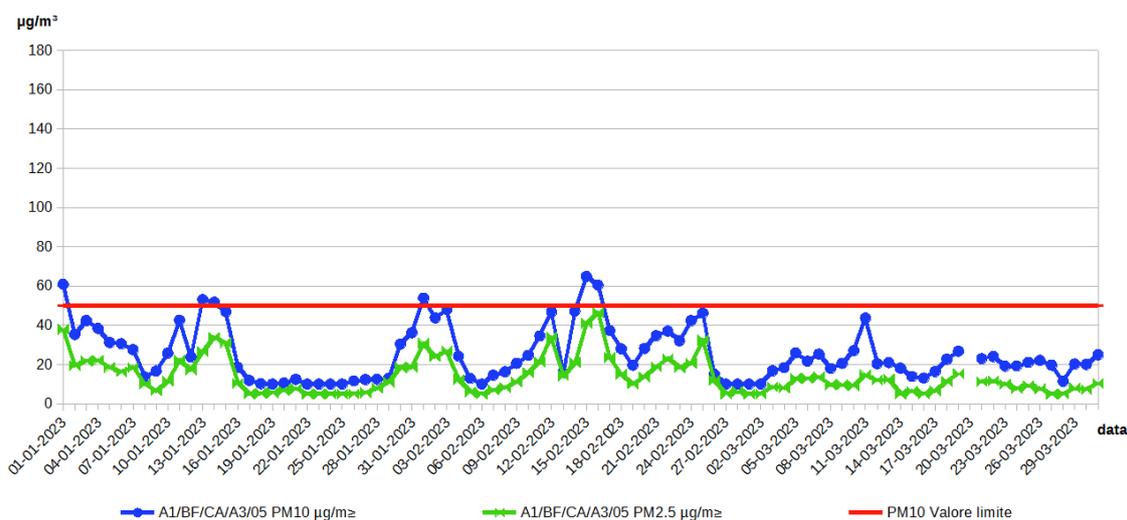


Figura 3: stazione di monitoraggio fissa A1-BF-CA-A3-05 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$ ), stazione monitoraggio mobile A1-BF-CA-A2-02 (media giornaliera PTS), dati I trimestre 2023.

Nella Figura 4 le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  rilevate dalla stazione di monitoraggio fissa A1-BF-CA-A3-05 (media giornaliera  $\text{PM}_{10}$ ) sono poste in relazione con le concentrazioni medie giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  delle stazioni regionali di monitoraggio prese come riferimento (fondo: FI-Scandicci e FI-Bassi; traffico: FI-Gramsci, FI-Mosse). Non emergono osservazioni degne di nota.

Stazione di monitoraggio fissa A1-BF-CA-A3-05 (media giornaliera PM10)  
in relazione con la media delle centraline pubbliche urbane fondo e quella delle urbane traffico della rete regionale RRT-FI  
Agglomerato di Firenze - dati I° Trimestre 2023

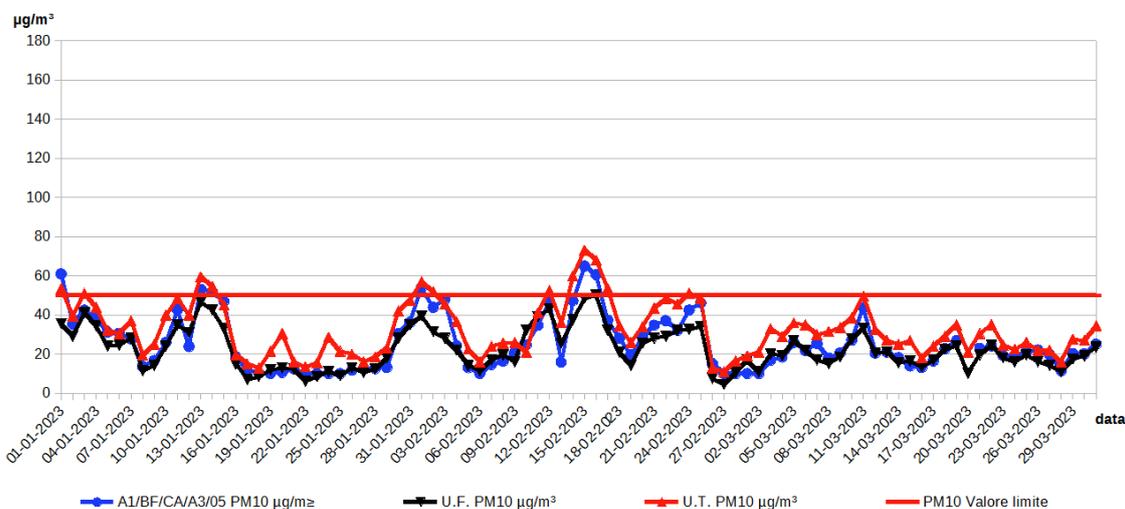


Figura 4: stazione di monitoraggio fissa A1-BF-CA-A3-05 (media giornaliera PM10 e PM2.5), confronto con le concentrazioni di PM10 delle stazioni regionali di monitoraggio (RRT-FI Agglomerato di Firenze) urbane traffico e urbane fondo prese come riferimento (fondo: FI-Scandicci e FI-Bassi; traffico: FI-Gramsci, FI-Mosse), dati I° trimestre 2023.

## COMPONENTE VIBRAZIONI

È stata eseguita 1 misura vibrazionale con metodica V1.

Nella seguente tabella sono riportati il sito monitorato ed i valori rilevati.

I valori rilevati nella misurazione eseguita presso A1-BF-CA-V1-03 sono inferiori ai limiti previsti dagli *standard* tecnici (norma tecnica UNI 9614).

Codice punto	Finalità	$L_{w,x-y}$ [dB]	$L_{w,z}$ [dB]	Limite UNI9614 [dB]
A1-BF-CA-V1-03	Esercizio autostradale	43,2	40,8	74

In *ante operam* (campagna 2/2/2010) erano stati misurati i seguenti valori:

Codice punto	Finalità	$L_{w,x-y}$ [dB]	$L_{w,z}$ [dB]	Limite UNI9614 [dB]
A1-BF-CA-V1-03	Esercizio autostradale	50,6	62,3	74

## COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI

### Analisi di qualità delle acque

Nel trimestre in esame le misure *in situ* ed i prelievi dei vari campioni di acqua sono stati effettuati sui seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Mulinaccia (A1-BF-BM-SU-MU-03/04);
- Fosso Baccheraia (A1-BF-BM-SU-BA-07/07ter/08/08bis);
- Fosso Ritortolo (A1-BF-CA-SU-RT-MONTE/A1-BF-CA-SU-RT-05/A1-BF-BM-SU-RT/06);
- Fosso della Gora (A1-BF-BM-SU-FG-01);
- Torrente Marinella (A1-BF-CA-SU-ML-14/14BIS/15);
- Torrente Marina (A1-BF-CA-SU-MA-11/12/13/16);
- Torrente Chiosina (A1-BF-CA-SU-CH-17/18);
- Fosso Scopicci (A1-BF-BM-SU-SC-01/02).

In linea generale, le analisi chimico-fisiche effettuate *in situ* sui corsi d'acqua esaminati non hanno fatto registrare particolari anomalie. Per quanto concerne le analisi chimiche di laboratorio si segnala che sul **Fosso Scopicci** e sul **Torrente Mulinaccia** le analisi chimiche di laboratorio hanno evidenziato, sulle acque campionate, dei valori di **Alluminio** mediamente più elevati nella sezione di valle, ma comunque

abbondantemente al di sotto dei valori di soglia (360 µg/l). Anche sul **Fosso della Gora** le analisi chimiche di laboratorio hanno fatto registrare un valore dell'**Alluminio** mediamente più elevato rispetto allo scorso trimestre, ma ampiamente al di sotto del valore di soglia (360 µg/l).

### Analisi Tensioattivi

I risultati hanno evidenziato per tutti i punti di campionamento valori al di sotto del limite strumentale.

### Analisi dei sedimenti

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato alcune casi anomali per il superamento del valore soglia del parametro **Idrocarburi C>12** nei sedimenti campionati nel **Fosso Baccheraia**, nel **Torrente Marina** e nel **Torrente Marinella**.

Codice PMA	Descrizione	Data	Idrocarburi C>12 (mg/Kg)	Valore soglia (mg/Kg)
A1-BF-BM-SU-BA-07ter	Fosso Baccheraia monte ter	30/01/2023	89	50
A1-BF-BM-SU-BA-07	Fosso Baccheraia monte	30/01/2023	70	
A1-BF-BM-SU-BA-08	Fosso Baccheraia valle	30/01/2023	88	
A1-BF-CA-SU-MA-11	Torrente Marina a Poggio Castellare	07/03/2023	84	70
A1-BF-CA-SU-MA-12	Torrente Marina a Ponte Nuovo	07/03/2023	110	
A1-BF-CA-SU-MA-13	Torrente Marina a valle de La Cassiana	07/03/2023	82	
A1-BF-CA-SU-MA-16	Torrente Marina a La Chiusa	07/03/2023	90	
A1-BF-CA-SU-ML-15	Torrente Marinella valle	07/03/2023	160	90
A1-BF-CA-SU-ML-15	Torrente Marinella valle	21/03/2023	180	

TECNE riferisce che la presenza degli **Idrocarburi C>12** nei sedimenti fluviali del **Fosso Baccheraia** e del **Torrente Marina** possa essere dovuta, in particolare in zone indisturbate come la sezione di monte del Fosso Baccheraia, a condizioni diverse da quelle connesse alle lavorazioni di cantiere. Tale affermazione si basa su studi condotti dall'Università Ca' Foscari di Venezia e dall'Istituto per la dinamica dei processi ambientali del Consiglio Nazionale delle Ricerche, in collaborazione con un'azienda padovana (Società estense servizi ambientali): *«I ricercatori hanno verificato la presenza di idrocarburi naturali in suoli di aree boschive e in campi agricoli fertilizzati negli ultimi dieci anni con concimi chimici, compost o digestato. Da questo studio è emerso come diversi campioni di terreno contenessero valori importanti di idrocarburi, specialmente quelli provenienti dal bosco, dove sono state riscontrate concentrazioni fino a quattro volte il limite di legge. Il responsabile di questa apparente contaminazione è il fogliame la cui superficie è ricoperta da cere che contengono idrocarburi e cadendo li portano nel suolo.»*

Riguardo la presenza degli **Idrocarburi C>12** nei sedimenti fluviali del **Torrente Marinella**, in corrispondenza della sezione di valle (nella sezione di monte «non era presente materiale idoneo da campionare»), TECNE riferisce che *«Vista l'assenza di lavorazioni nell'area, tale innalzamento potrebbe essere dovuto a contributi locali occasionali e/o eventi accidentali. Al fine di una corretta valutazione in tal senso è stato deciso di ripetere le analisi di tale parametro nel trimestre aprile-giugno 2023 in modo da ottenere riscontri e valutare l'evoluzione del fenomeno.»*

### Parametri biologici

In questo trimestre non erano programmati rilevamenti.

### Stazioni automatiche

Stazione sul Torrente Mulinaccia: le variazioni più significative dei parametri controllati dalla stazione sul Torrente Mulinaccia sono avvenute a seguito di eventi naturali.

Stazione sul Fosso Ritortolo: le variazioni più significative dei parametri controllati (pH, torbidità, conducibilità) dalla stazione sul Fosso Ritortolo sono avvenute a seguito di eventi meteorici.

Stazione sul Torrente Marinella: le variazioni più significative dei parametri controllati (pH, torbidità, conducibilità) dalla stazione sul Torrente Marinella sono avvenute in seguito agli eventi meteorici più significativi.

Stazione sul Torrente Marina: le variazioni più significative dei parametri controllati (pH, torbidità, conducibilità) dalla stazione sul Torrente Marina sono avvenute in seguito agli eventi meteorici più significativi.

## COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE

### Monitoraggio punti di misura del PMA

L'attività di monitoraggio della fase di *post operam* risulta in gran parte conclusa.

In relazione al possibile impatto della Galleria "Santa Lucia", il monitoraggio delle acque sotterranee proseguirà per tre anni (IV trimestre 2021 - IV trimestre 2024) solo presso le captazioni A1-BF-CA-SO-PP-31bis, A1-BF-CA-SO-SP-25, A1-BF-CA-SO-PP-410, A1-BF-CA-SO-SP-268. In particolare, dal prossimo trimestre (aprile – giugno 2023) verranno eseguite solo le misure quantitative, non essendoci evidenza pregressa di dati chimici anomali rilevati nelle acque di queste captazioni.

Con il II trimestre 2023 terminerà il monitoraggio *post operam* della captazione A1-BF-CA-SO-PP-613 potenzialmente impattata dal Deposito delle Carpu gnane.

### Dati chimico-fisici

I dati chimico-fisici rilevati da TECNE (pH, temperatura, conducibilità elettrica), presso le captazioni A1-BF-CA-SO-PP-31bis, A1-BF-CA-SO-SP-25, A1-BF-CA-SO-PP-410, A1-BF-CA-SO-SP-268 e A1-BF-CA-SO-PP-613, non hanno evidenziato condizioni di criticità. Il pH nella maggior parte dei casi è risultato moderatamente basico (valore medio 7,4). La conducibilità elettrica indica sostanzialmente acque medio-minerali (conducibilità compresa tra 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 1320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### Analisi chimiche e batteriologiche

Si segnala per conoscenza una situazione di inquinamento batteriologico (*Escherichia Coli* pari a 30 ufc/100 ml) nel punto di monitoraggio A1-BF-CA-SO-SP-25 e una concentrazione di Nitrati pari a 57,8 mg/l nella captazione A1-BF-CA-SO-PP-613. Queste condizioni, già rilevate anche in passato, non sono correlabili alle lavorazioni autostradali.

### Misure piezometriche e di portata

Quanto al pozzo A1-BF-CA-SO-PP-31bis, a prescindere dalle condizioni di ricarica, il rilievo della soggiacenza media giornaliera, effettuato mediante stazione automatica, continua a registrare valori sempre superiori alla soggiacenza rilevata prima dell'impatto (11/7/2017 livello da b.p. = 69.60 m).

Quanto alla criticità per il pozzo A1-BF-CA-SO-PP-410 Le Valli, manifestatasi con l'abbassamento del livello idrico al di sotto della pompa di emungimento (23/10/2018), in concomitanza con il passaggio dello scavo della Galleria "Santa Lucia", i dati rilevati nel trimestre in esame indicano livelli di falda confrontabili con quelli registrati in passato nello stesso periodo.

Quanto alle captazioni A1-BF-CA-SO-SP-25 e A1-BF-CA-SO-SP-268, in questo trimestre sono state misurate delle portate congrue con le condizioni pluviometriche del periodo: con riferimento al mese di marzo, circa 1,8 l/s per la sorgente SP-25 e circa 0,5 l/s per la sorgente SP-268.

Riguardo i possibili impatti su queste due sorgenti, si è concluso lo studio di approfondimento da parte di ARPAT, oggetto di uno specifico approfondimento per il Comitato di Controllo (si veda lo studio in allegato). Si ricorda che un primo approfondimento per la sorgente A1-BF-CA-SO-SP-268 era stato effettuato da ARPAT e trasmesso al Comitato con nota prot. ARPAT n. 66595 del 2/10/2020 (prot. E.Comitato n. 147-2020). Si può anticipare che il nuovo studio statistico sulle serie temporali ha confermato per la sorgente A1-BF-CA-SO-SP-268 un possibile impatto al passaggio dello scavo della Galleria "Santa Lucia" nel mese di marzo 2019; per la sorgente A1-BF-CA-SO-SP-25 un'analogha condizione sembrerebbe essersi manifestata verso la fine del settembre 2018. In entrambi i casi, l'analisi delle serie temporali pluviometriche e delle portate sorgentizie, aggiornate ad ottobre 2022, ha

evidenziato il carattere transitorio di tali probabili impatti sia per l'assenza di tendenze al decremento delle portate negli anni successivi, sia per i rinnovati deflussi degli anni idrologici<sup>1</sup> 2019-2020 e 2020-2021, successivi all'anno idrologico "asciutto" 2018-2019.

### Monitoraggio Galleria "Boscaccio"

Nel mese di Dicembre 2018 è terminato lo scavo.

### Monitoraggio venute idriche nella Galleria "Santa Lucia"

L'attività di monitoraggio ha subito un'importante implementazione a seguito delle risultanze del sopralluogo eseguito il 22/2/2022 da TECNE insieme ad ARPAT, PAVIMENTAL ed il componente del Comitato di Controllo per l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

TECNE ha infatti predisposto un piano di monitoraggio, successivamente modificato a seguito della nota ARPAT prot. n. 25348 del 4/4/2022 (prot. E.Comitato n. 65-2022), che prevede, oltre al rilievo delle portate, anche l'acquisizione di campioni di acqua per l'analisi di laboratorio (in particolare per rilevare l'eventuale presenza di Tensioattivi anionici e non ionici) ed il rilievo in campo dei parametri chimico-fisici (pH, conducibilità e temperatura). È stato inoltre aggiunto un ulteriore punto di monitoraggio (A1/BF/CA/SU/ML/14bis) sul Torrente Marinella, a valle dello scarico del depuratore Boscaccio 1, con il quale sono "trattate" le acque drenate dalla galleria, prima della loro immissione nel corso d'acqua.

Nel *report* in esame sono riportati, oltre ai valori di portata rilevati, anche i risultati di laboratorio e i parametri chimico-fisici (pH, conducibilità e temperatura) rilevati in campo (si vedano le tabelle successive, estratte dal *report*).

Portate drenate Galleria "Santa Lucia".

Monitoraggio Barberino di Mugello - Firenze Nord - ACQUE SOTTERRANEE - PORTATE ACQUE DRENATE GALLERIA SANTA LUCIA			
Codice PMA	Località	Data	Portata (l/s)
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno Destro Finale	30/01/2023	0,75
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	30/01/2023	0,67
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	30/01/2023	0,37
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno Destro Finale	23/02/2023	0,73
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	23/02/2023	0,59
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	23/02/2023	0,21
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno Destro Finale	29/03/2023	0,79
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	29/03/2023	0,32
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	29/03/2023	0,33

Parametri chimico-fisici rilevati in campo.

Monitoraggio Barberino di Mugello - Firenze Nord - ACQUE DRENATE GALLERIA SANTA LUCIA- PARAMETRI CHIMICO FISICI					
Codice PMA	Località	Data	Cond. El.	PH	T
			(uS/cm)	(unità pH)	(°C)
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno destro Finale	30/01/2023	2080	11,9	15,5
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	30/01/2023	981	11	17,2
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	30/01/2023	1774	11,8	17,2
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno destro Finale	23/02/2023	1741	11,5	15,7
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	23/02/2023	831	10,4	16,4
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	23/02/2023	1073	11	16,3
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno destro Finale	29/03/2023	1436	11,3	14,8
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro Finale	29/03/2023	763	10,3	16,4
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	29/03/2023	846	10,2	16,6

<sup>1</sup> Anno idrologico: intervallo temporale in cui un determinato fenomeno naturale va da un suo valore minimo assoluto a quello minimo successivo. Esso può non corrispondere all'anno solare e, generalmente, si intende riferito al periodo compreso tra due fine estate/inizio autunno, 1 ottobre - 30 settembre dell'anno successivo.

Risultati di laboratorio per il parametro Tensioattivi.

Codice pMA	Località	Data	Tensioattivi anionici (mg/L)	Tensioattivi non ionici (mg/l)	Tensioattivi cationici (mg/l)	Tensioattivi totali (mg/l)
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno destro finale Imbocco Sud	30/01/2023	< 0,050	5	0,3	5,3
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro finale Imbocco Sud	30/01/2023	0,4	0,8	0,2	1,4
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	30/01/2023	0,2	3,7	0,2	4,1
A1-BF-CA-SU-ML-14BIS	T.Marinella valle scarico impianto	30/01/2023	< 0,050	< 0,2	< 0,2	< 0,2
A1-BF-CA-SO-DR-DX	Dreno destro finale Imbocco Sud	23/02/2023	< 0,050	3,6	0,2	3,8
A1-BF-CA-SO-DR-SX	Dreno sinistro finale Imbocco Sud	23/02/2023	0,2	0,7	< 0,2	1
A1-BF-CA-SO-NI-16	Nicchia 16	23/02/2023	< 0,050	1,9	< 0,2	2,1
A1-BF-CA-SU-ML-14BIS	T.Marinella valle scarico impianto	23/02/2023	< 0,050	< 0,2	< 0,2	< 0,2

In particolare, i dati rilevati anche per questo trimestre mostrano nelle acque sotterranee drenate dalla galleria valori di pH decisamente basici (in maggioranza superiori a 11) e la presenza di Tensioattivi (anionici, cationi e non ionici) con prevalenza di quelli non ionici. Le analisi sul Torrente Marinella hanno fatto rilevare l'assenza di tensioattivi.

## CONCLUSIONI

### Atmosfera

#### Inquinanti gassosi e PM10

In seguito all'apertura al traffico dell'autostrada nel tratto in esame (19/3/2022), in questo trimestre è proseguita la fase di monitoraggio *post operam* della durata di un anno.

Gli inquinanti gassosi ed il particolato PM10 e PM2.5 registrati dalle due stazioni fisse in continuo (A1-BF-BM-A3-04 e A1-BF-CA-A3-05) seguono in generale gli andamenti delle stazioni pubbliche della rete di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nell'Agglomerato di Firenze.

Nelle due stazioni di monitoraggio per i parametri gassosi monitorati non si sono verificati superamenti dei rispettivi valori soglia di attenzione e di allarme e anche il PM10 della stazione A1-BF-BM-A3-04 è rimasto inferiore ai valori soglia.

In merito ai dati di PM10 registrati dalla stazione fissa in continuo A1-BF-CA-A3-05, si sono registrati **sei (6) superamenti** del valore limite giornaliero ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fissato dal D.Lgs. 155/10. Tuttavia, dalle elaborazioni condotte da ARPAT emerge che i superamenti del limite giornaliero di PM10 sono in linea con la media giornaliera di PM10 delle stazioni pubbliche prese in esame: pertanto si esclude che si sia trattato di un fenomeno locale.

### Vibrazioni

È stata eseguita 1 misura vibrazionale con metodica V1 presso il ricettore A1-BF-CA-V1-03. I valori rilevati sono risultati inferiori ai limiti previsti dagli *standard* tecnici (norma tecnica UNI 9614) ed ai valori misurati in fase *ante operam*.

### Acque superficiali

Non emergono rilevanti criticità attribuibili ad impatti dell'attività di cantiere. Si segnala:

- la presenza degli **Idrocarburi C>12** nei sedimenti fluviali del **Fosso Baccheraia** e del **Torrente Marina**, che TECNE ritiene possa essere dovuta, in particolare in zone indisturbate come la sezione di monte del Fosso Baccheraia, a condizioni diverse da quelle connesse alle lavorazioni di cantiere. Tale affermazione si basa su studi condotti dall'Università Ca' Foscari di Venezia e dall'Istituto per la dinamica dei processi ambientali del Consiglio Nazionale delle Ricerche, in

collaborazione con un'azienda padovana (Società estense servizi ambientali): *«I ricercatori hanno verificato la presenza di idrocarburi naturali in suoli di aree boschive e in campi agricoli fertilizzati negli ultimi dieci anni con concimi chimici, compost o digestato. Da questo studio è emerso come diversi campioni di terreno contenessero valori importanti di idrocarburi, specialmente quelli provenienti dal bosco, dove sono state riscontrate concentrazioni fino a quattro volte il limite di legge. Il responsabile di questa apparente contaminazione è il fogliame la cui superficie è ricoperta da cere che contengono idrocarburi e cadendo li portano nel suolo.»*

**Si prende atto di questa comunicazione e si chiede la possibilità di prendere visione dello studio effettuato dall'Università.**

- Quanto alla presenza degli **Idrocarburi C>12** nei sedimenti fluviali del **Torrente Marinella**, in corrispondenza della sezione di valle (nella sezione di monte *«non era presente materiale idoneo da campionare»*), **TECNE** riferisce che *«Vista l'assenza di lavorazioni nell'area, tale innalzamento potrebbe essere dovuto a contributi locali occasionali e/o eventi accidentali. Al fine di una corretta valutazione in tal senso è stato deciso di ripetere le analisi di tale parametro nel trimestre aprile-giugno 2023 in modo da ottenere riscontri e valutare l'evoluzione del fenomeno»*. **Si ritiene condivisibile quanto proposto da TECNE.**

## Acque sotterranee

### Monitoraggio chimico, chimico-fisico e batteriologico

I dati chimico-fisici rilevati da TECNE (pH, temperatura, conducibilità elettrica) non hanno evidenziato condizioni di criticità. Dalle analisi chimiche e batteriologiche non si evidenziano particolari criticità riconducibili alle attività autostradali. Si segnala per conoscenza una situazione di inquinamento batteriologico (*Escherichia Coli* pari a 30 ufc/100 ml) nel punto di monitoraggio A1-BF-CA-SO-SP-25 e una concentrazione di Nitrati pari a 57,8 mg/l nella captazione A1-BF-CA-SO-PP-613.

### Misure piezometriche e di portata

In relazione al possibile impatto della Galleria "Santa Lucia", il monitoraggio delle acque sotterranee proseguirà per tre anni (IV trimestre 2021 - IV trimestre 2024) solo presso le captazioni A1-BF-CA-SO-PP-31bis, A1-BF-CA-SO-SP-25, A1-BF-CA-SO-PP-410, A1-BF-CA-SO-SP-268.

Riguardo i possibili impatti sulle due sorgenti A1-BF-CA-SO-SP-25 e A1-BF-CA-SO-SP-268 si è concluso lo studio statistico sulle serie temporali da parte di ARPAT, che viene allegato al presente parere e a cui si rimanda per gli approfondimenti del caso. Si anticipa che lo studio di approfondimento ha definito per la sorgente A1-BF-CA-SO-SP-268 un possibile impatto al passaggio dello scavo della Galleria "Santa Lucia" nel mese di marzo 2019; per la sorgente A1-BF-CA-SO-SP-25 un'analoga condizione sembrerebbe essersi manifestarsi verso la fine del settembre 2018. In entrambi i casi, l'analisi delle serie temporali pluviometriche e delle portate sorgentizie, aggiornate ad ottobre 2022, ha evidenziato il carattere transitorio di tali probabili impatti sia per l'assenza di tendenze al decremento delle portate negli anni successivi, sia per i rinnovati deflussi degli anni idrologici<sup>1</sup> 2019-2020 e 2020-2021, successivi all'anno idrologico "asciutto" 2018-2019.

## Monitoraggio venute idriche nella Galleria "Santa Lucia"

TECNE ha predisposto un piano di monitoraggio, successivamente modificato a seguito della nota ARPAT prot. n. 25348 del 4/4/2022 (prot. E.Comitato n. 65-2022), che prevede, oltre al rilievo delle portate, anche l'acquisizione di campioni di acqua per l'analisi di laboratorio (in particolare per rilevare l'eventuale presenza di Tensioattivi anionici e non ionici) ed il rilievo in campo dei parametri chimico-fisici (pH, conducibilità e temperatura). È stato inoltre aggiunto un ulteriore punto di monitoraggio (A1/BF/CA/SU/ML/14bis) sul Torrente Marinella, a valle dello scarico del depuratore Boscaccio 1, con il quale sono "trattate" le acque drenate dalla galleria, prima della loro immissione nel corso d'acqua.

I dati chimico-fisici e chimici rilevati mostrano per questo trimestre, come in quello precedentemente valutato, valori di pH decisamente basici (in maggioranza superiori a 11) e la presenza di Tensioattivi (anionici, cationi e non ionici) con prevalenza di quelli non ionici. Le analisi sul Torrente Marinella hanno fatto rilevare l'assenza di tensioattivi.

Firenze, 10 luglio 2023

Il Responsabile del Settore VIA/VAS  
Dott. *Antongiulio Barbaro*<sup>§</sup>

Allegato: **Studio statistico della serie temporale della portata sorgente Corzanello A1-BF-CA-SO-SP268 (Calenzano, Fi) - Aggiornamento 2020 – 2022** (a cura del Dott. Stefano Menichetti e della Dott.ssa Stefania Biagini, Settore SIRA di ARPAT)

§ Documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del D.Lgs 82/2005. L'originale informatico è stato predisposto e conservato presso ARPAT in conformità alle regole tecniche di cui all'art. 71 del D.Lgs 82/2005. Nella copia analogica la sottoscrizione con firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile secondo le disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs 39/1993

## Studio statistico della serie temporale della portata delle sorgenti A1-BF-CA-SO-SP25, A1-BF-CA-SO-SP29 e A1-BF-CA-SO-SP268 (Calenzano, Fi) Aggiornamento 2020 – 2022

### Premessa

Oggetto della presente nota è l'aggiornamento dello studio statistico sulla serie temporale della sorgente codificata A1-BF-CA-SO-SP268 (Calenzano, FI) nell'ambito del monitoraggio ambientale dei lavori di ampliamento della A1 Milano-Napoli, Tratto Barberino di Mugello-Firenze Nord. L'aggiornamento include due ulteriori sorgenti nelle vicinanze, denominate SP25 ed SP29, e conclude gli approfondimenti sull'accertamento circa un possibile impatto permanente, con riduzione delle portate, causato dai lavori di scavo della Galleria "Santa Lucia".

Il passaggio della macchina escavatrice TBM alla progressiva della sorgente SP268, avvenuto tra il 20 ed il 22 febbraio 2019, perlomeno in una fase transitoria ha infatti comportato il drenaggio di una certa quantità di acqua dall'ammasso roccioso, così come registrato dalla caduta repentina di circa 60 m del livello idrometrico nel piezometro di controllo A1-BF-CA-SO-PZ-FR7, ubicato circa in asse alla galleria.

Lo studio sulla sorgente SP268 ha avuto l'obiettivo di caratterizzare la variabilità del regime idrologico della sorgente in oggetto attraverso l'analisi della serie temporale della portata, comprendente inizialmente il periodo da maggio 2017 fino all'agosto 2020, confrontata con la serie pluviometrica della vicina stazione Le Croci di Calenzano (facente parte della rete osservativa regionale).

Lo studio ha messo in evidenza, come atteso, una stretta dipendenza del regime idrologico della sorgente SP268 dalle precipitazioni locali, verificando in ambedue le serie una periodicità da due a tre anni e un'identica sequenza di anni idrologici<sup>2</sup> umidi, come 2017/2018 e 2019/2020, ed asciutti come il 2018/2019.

La serie temporale delle portate della sorgente ha mostrato un tempo massimo di ritardo, per transito dei volumi infiltrati, di circa un mese dalle precipitazioni, ed un tempo minore, di circa quattro ore, relativo al comportamento impulsivo per trasferimento delle pressioni di ricarica all'interno del serbatoio.

L'anno idrologico 2018/2019, durante il quale avviene (21 e 22 febbraio 2019) il passaggio della macchina escavatrice TBM lateralmente alla sorgente SP268, si caratterizza dunque come anno asciutto con portate ridotte. Le notate riduzioni di portata alla sorgente sono pertanto tali se confrontate con il precedente anno idrologico umido ma, appaiono, in definitiva, transitorie se confrontate con i rinnovati deflussi nell'anno idrologico successivo 2019/2020.

Analizzando le diverse componenti della serie temporale della sorgente la risposta transitoria, similmente alla caduta del carico nel piezometro di controllo A1-BF-CA-SO-PZ-FR7, sembra realizzarsi, in termini di riduzione anomala delle portate, nel mese di marzo 2019, di poco successivo al passaggio della TBM.

Considerata la ridotta serie temporale della sorgente il Comitato di Controllo A1 aveva, in tutti i casi, concluso per un proseguimento del monitoraggio nel biennio successivo ed anni idrologici 2020/2021 e 2021/2022, con conseguente aggiornamento dell'analisi. Nel presente rapporto il periodo di analisi viene esteso comprendono i dati rilevati da settembre ad ottobre 2022.

I dati orari della portata della sorgente SP268 e delle sorgenti SP25 ed SP29 sono stati forniti - come in precedenza - da TECNE, mentre i dati orari del pluviometro Le Croci di Calenzano sono derivati dal sistema informativo di ARPAT che riceve in tempo reale dal 2004 i dati orari di tutte le stazioni della rete osservativa gestita dal SIR, per i propri monitoraggi in continuo della qualità dei corpi idrici. Occorre premettere che si tratta in quest'ultimo caso di dati non validati, ma comunque ritenuti idonei ai fini della determinazione di un possibile tempo di risposta.

L'aggregato giornaliero della sorgente, rappresentato dalla media, è derivato dagli stessi dati orari validati da TECNE, mentre, nel caso del pluviometro l'aggregato giornaliero, rappresentato dalla somma,

<sup>2</sup> Per anno idrologico si intende quell'intervallo temporale in cui un determinato fenomeno naturale va da un suo valore minimo assoluto a quello, sempre minimo successivo. Esso può non corrispondere all'anno solare e generalmente si estende dalla fine estate, termine del periodo di esaurimento, e inizio autunno e periodo delle piogge, solitamente compreso dal 1° ottobre al 30 settembre dell'anno successivo.

è dato dalla serie validata e liberamente scaricabile dell'archivio storico del sito SIR. I dati mensili, infine, sono ottenuti in ambedue i casi come aggregati di media e somma rispettivamente, per portata e precipitazione, dei dati giornalieri.

### Aggiornamento analisi statistiche

L'aggiornamento ha riguardato la stazione pluviometrica Le Croci di Calenzano e la sorgente SP268 come nel *report* precedente, con l'aggiunta delle serie temporali delle portate per le vicine SP25 ed SP29 prossime al tracciato ed ubicate a Nord e a Sud della sorgente SP268.

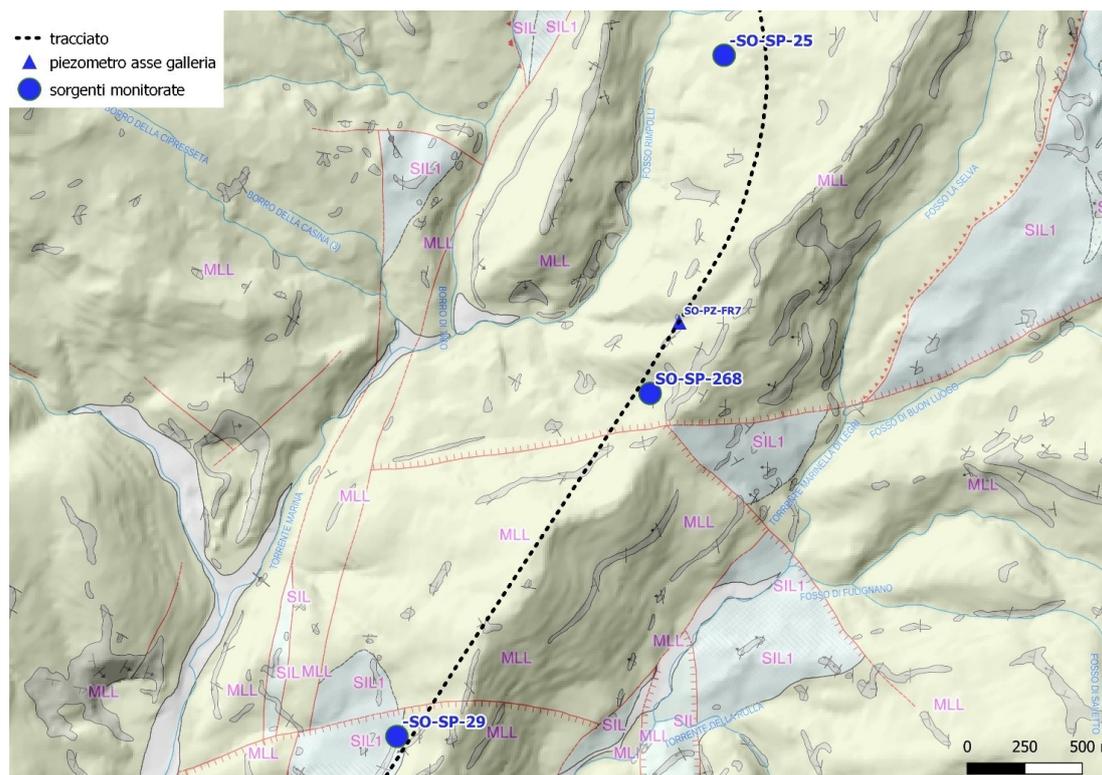


Figura 1: carta geologica regionale e localizzazione sorgenti monitorate e piezometro asse galleria.

### Dati mensili

Le serie dei dati mensili di precipitazione alla stazione pluviometrica Le Croci di Calenzano e di portata per le tre sorgenti analizzate (SP268, SP25, SP29) sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 1: dati riassuntivi serie temporali mensili.

stazione		inizio	fine	N	max	media	mediana	CV
Pluviometro Le Croci di Calenzano	mm	gen-04	ott-22	226	413,2	93,39733	8,1E+01	7,5E-01
Sorgente Corzanello - SP268	l/s	mag-17	set-22	66	1,896	0,270	4,4E-02	1,6E+00
SP25		feb-18	ott-22	57	6,277	1,162	4,2E-01	1,3E+00
SP29		mag-17	ott-22	67	0,931	0,107	2,6E-02	1,8E+00

### Pluviometria

La serie temporale mensile della stazione pluviometrica delle Croci conferma l'assenza di tendenza con l'ipotesi nulla del *test* di Mann Kendall che è accettata per una probabilità  $p = 0,4737 \gg 0,05$  (5%). Nella precedente analisi la stessa probabilità era pari a 0,501. L'assenza di tendenza è confermata anche dal più potente *test* parametrico sul coefficiente di correlazione lineare di Pearson, dove  $p = 0,2311$  (0,157 nel 2020).

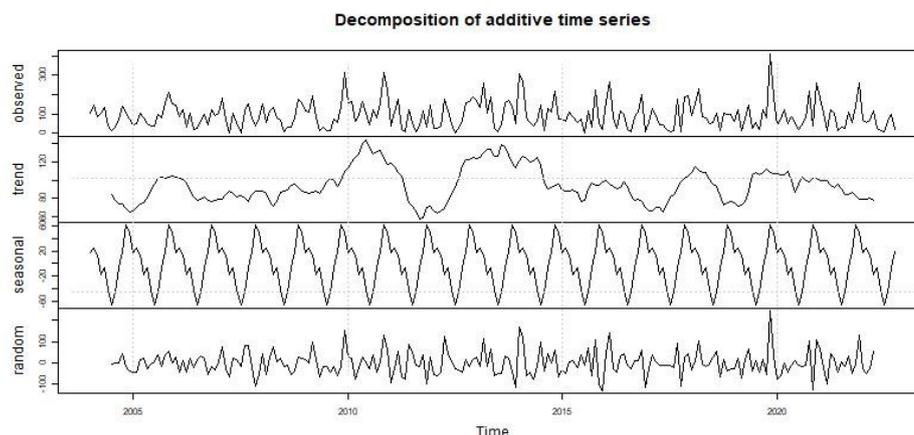


Figura 2: decomposizione della serie temporale mensile 2004-2022 della stazione Le Croci di Calenzano (pioggia mm).

Una volta eseguita la decomposizione della serie, lo stesso *test* di Mann Kendall è stato applicato sulla componente tendenza (*trend*) confermando ancora la sostanziale stazionarietà, anche se con un più basso livello di significatività  $p\text{-value} = 0.09 > 0.05$ .

La serie osservata delle cumulate mensili di pioggia è compresa tra gli 0 mm di luglio 2012 e i 408 mm di novembre 2019. Le osservazioni sulla serie rimangono confermate.

L'analisi della periodicità pluriennale della componente *trend* analizzata tramite autocorrelazione ha confermato il semiperiodo compreso tra 15 e 16 mesi pari ad un periodo di circa 2,5 anni.

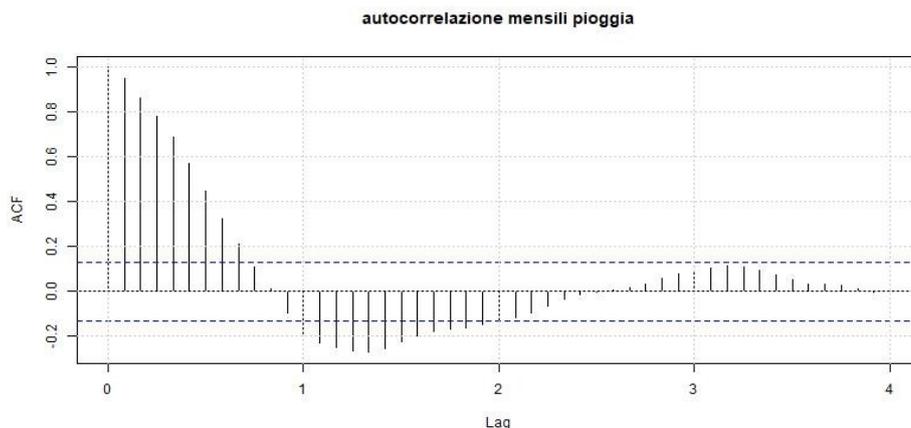


Figura 3: autocorrelazione della serie temporale mensile 2004-2022 della stazione Le Croci di Calenzano (pioggia mm).

### Portate sorgenti

L'analisi della tendenza con Mann Kendall sui dati osservati di portata della sorgente SP268 confermano l'assenza di *trend* ( $p\text{-value} = 0.2126$ ).

La decomposizione della serie delle portate nella componente *trend* conferma la periodicità tra due e tre anni già notata per le piogge. La componente, infatti, dopo il minimo del 2019 segue in un minimo nel 2022. Si conferma la stazionarietà della serie sia tramite il *test* di Mann Kendall ( $p = 0.3861$ ) che quello di Pearson ( $p = 0.3192$ ).

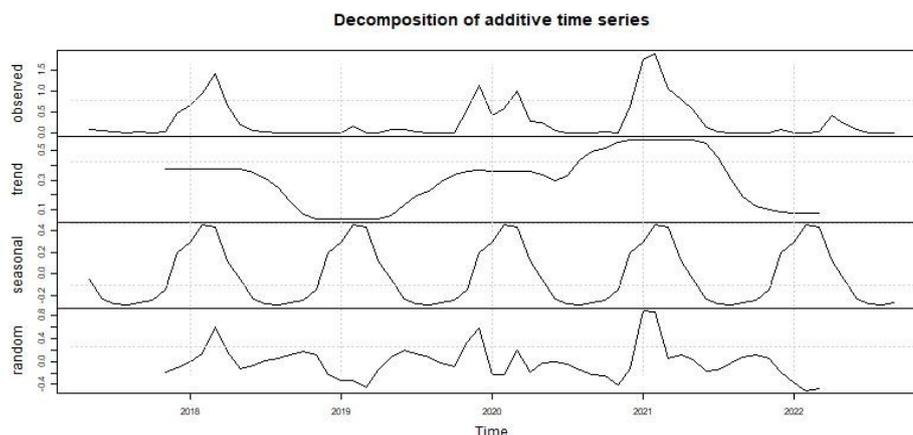


Figura 4: decomposizione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP268 (portata l/s).

Andamenti analoghi, sia in termini di periodicità triennale con la successione di anni asciutti 2019 e 2022, sia in termini di stazionarietà sono mostrati dalla sorgente SP25. I due *test* Mann Kendall e Pearson restituiscono probabilità per l'accettazione dell'ipotesi nulla dell'assenza di *trend* superiori alla soglia del > 5%, rispettivamente di 0,8256 e 0,4168.

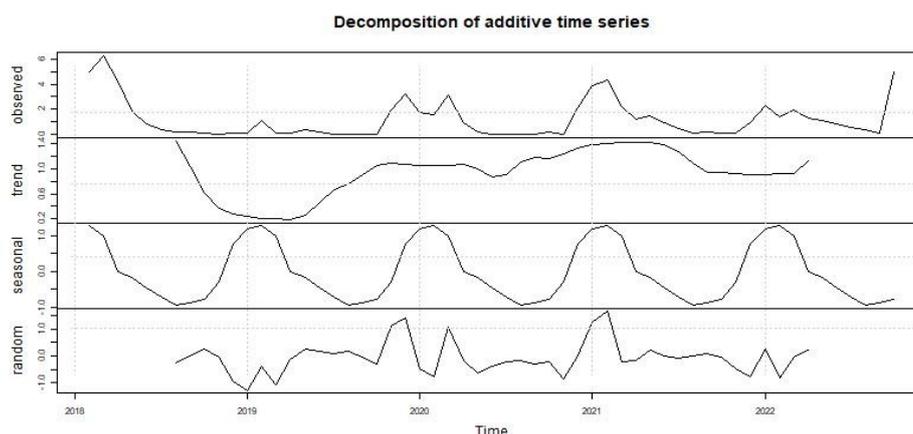


Figura 5: decomposizione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP25 (portata l/s).

La serie temporale della sorgente SP29 si dimostra simile alle precedenti; anche in questo caso si conferma l'assenza di tendenza sia sulla serie tal quale con una probabilità, da *test* Mann Kendall, a favore dell'ipotesi nulla  $p = 0,144$  superiore alla soglia del 5% sia sulla componente *trend* derivata dalla decomposizione con  $p = 0,129$  per *test* Mann Kendall e  $p = 0,754$  per *test* parametrico di Pearson.

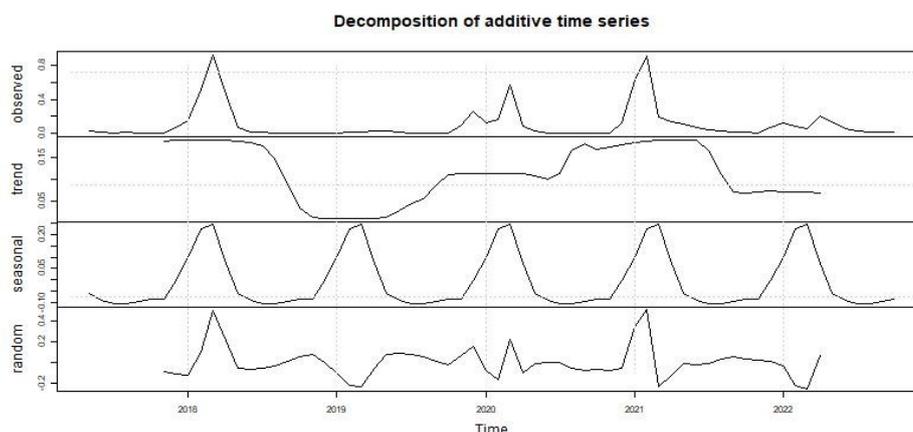


Figura 6: decomposizione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP29 (portata l/s).

Per quanto riguarda l'autocorrelazione della componente *trend* si confermano nelle tre serie SP268, SP25 ed SP29 la presenza delle periodicità prossime ai 3 anni, già riscontrate nella serie delle piogge.

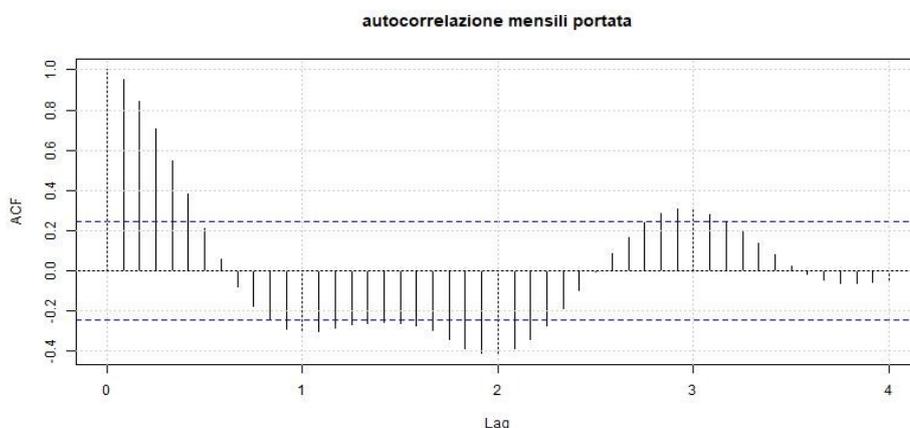


Figura 7: autocorrelazione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP268 (portata l/s).

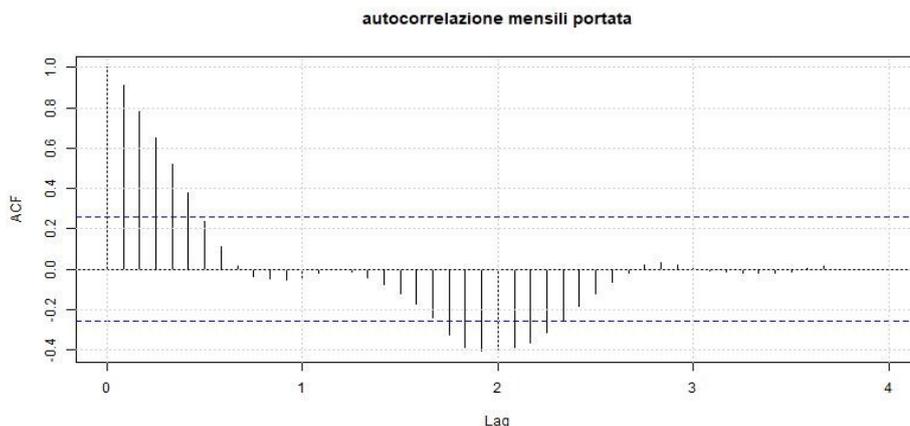


Figura 8: autocorrelazione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP25 (portata l/s).

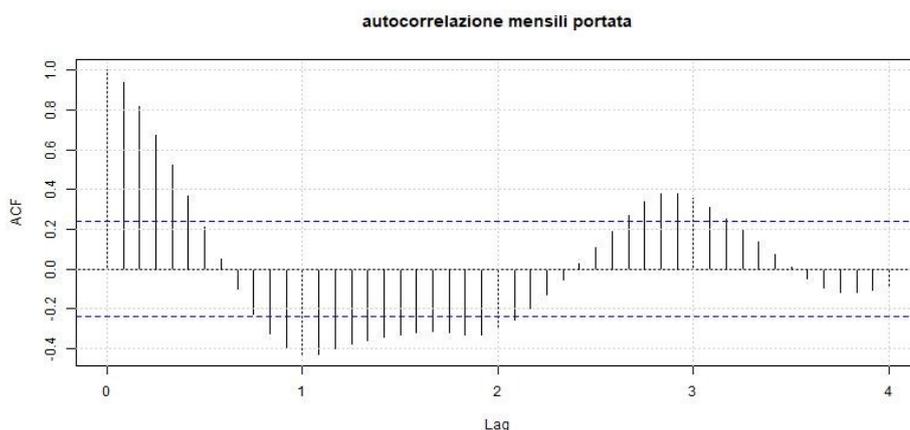


Figura 9: autocorrelazione della serie temporale mensile 2017-2022 della sorgente SP29 (portata l/s).

Per rendere maggiormente significativo il confronto tra le serie temporali delle sorgenti e quella della stazione pluviometrica Le Croci di Calenzano, per quest'ultima, molto più estesa, l'analisi di decomposizione ed autocorrelazione della componente tendenza è stata ripetuta limitandosi allo stesso intervallo 2017-2022 della serie delle portate. La similarità appare ancora più evidente.

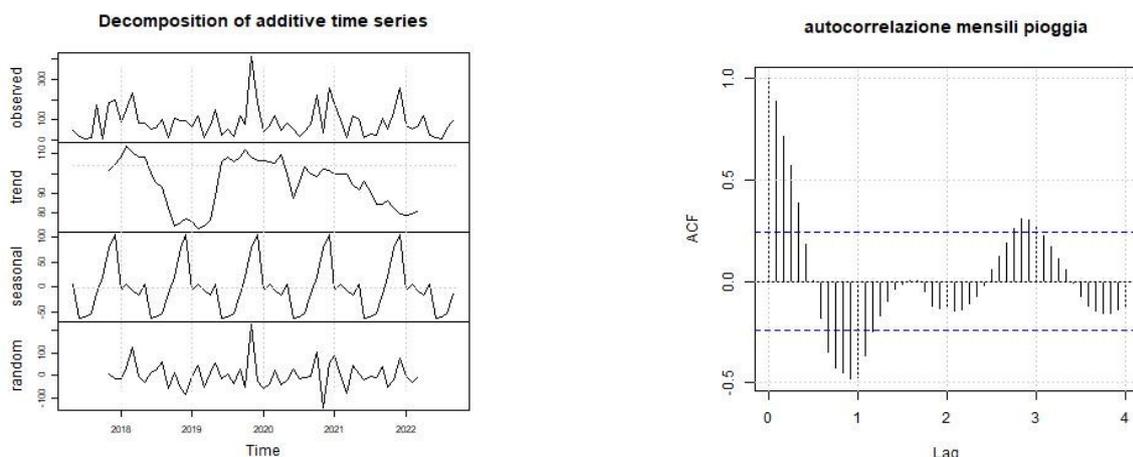


Figura 10: analisi sulla serie temporale delle piogge in coincidenza della serie delle portate.

Sulle serie appaiate di precipitazioni e portate è stata riproposta l'analisi della cross-correlazione utilizzando anche qui le componenti *trend* estratte dalla decomposizione. L'analisi di Figura 10 per la sorgente SP268 conferma un tempo di ritardo delle portate di circa uno-due mesi come visibile dagli idrogrammi appaiati di Figura 11.

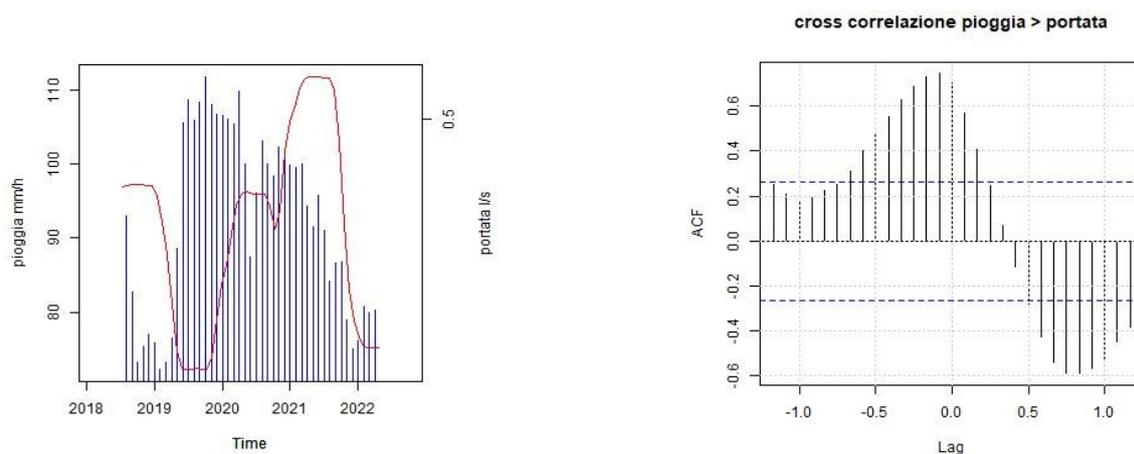


Figura 11: cross-correlazione delle componenti *trend* estratte dalle serie mensili delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) e SP268 (portata).

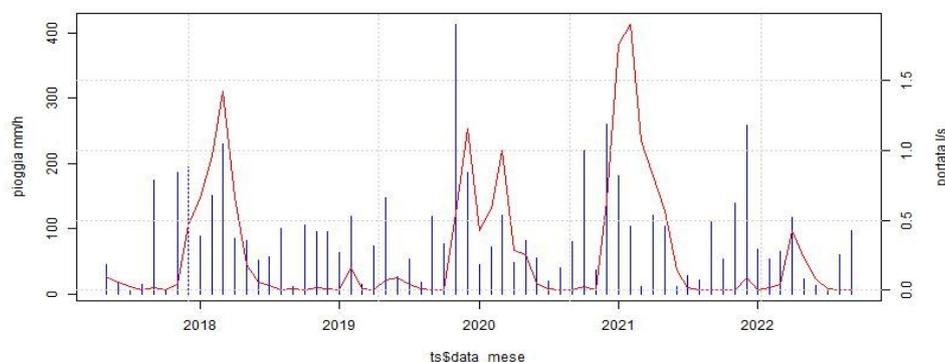


Figura 12: idrogrammi appaiati delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP268.

La stessa analisi è stata qui applicata alle serie delle due sorgenti SP25 ed SP29. In ambedue i casi si

riscontra una notevole similarità con il regime della SP268. I tempi di ritardo sono pressoché coincidenti, 2 mesi per SP25 ed 1 mese per SP29.

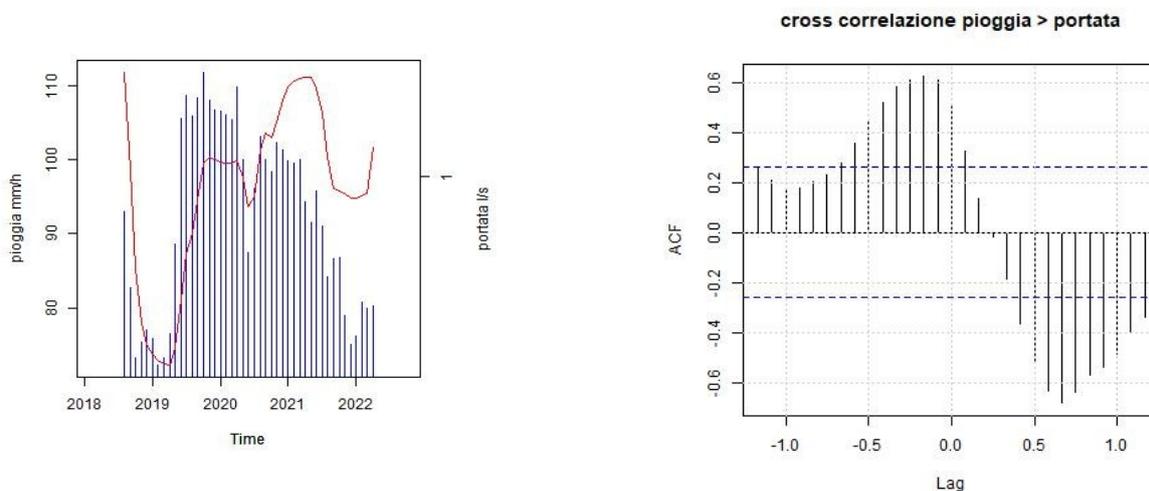


Figura 13: cross-correlazione delle componenti *trend* estratte dalle serie mensili delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP25 (portata).

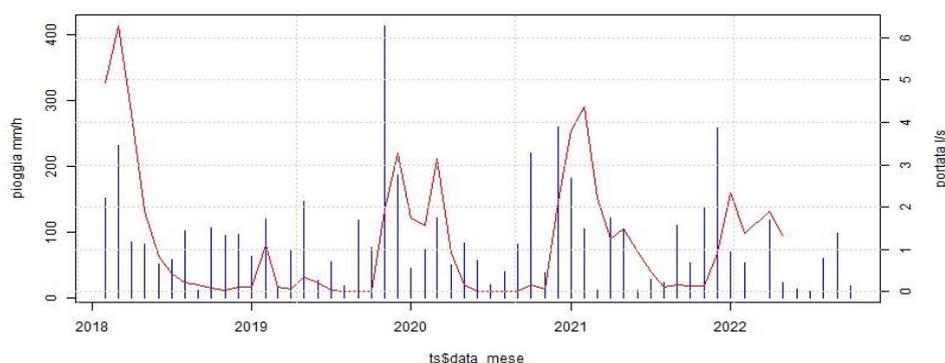


Figura 14: idrogrammi appaiati delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP25.

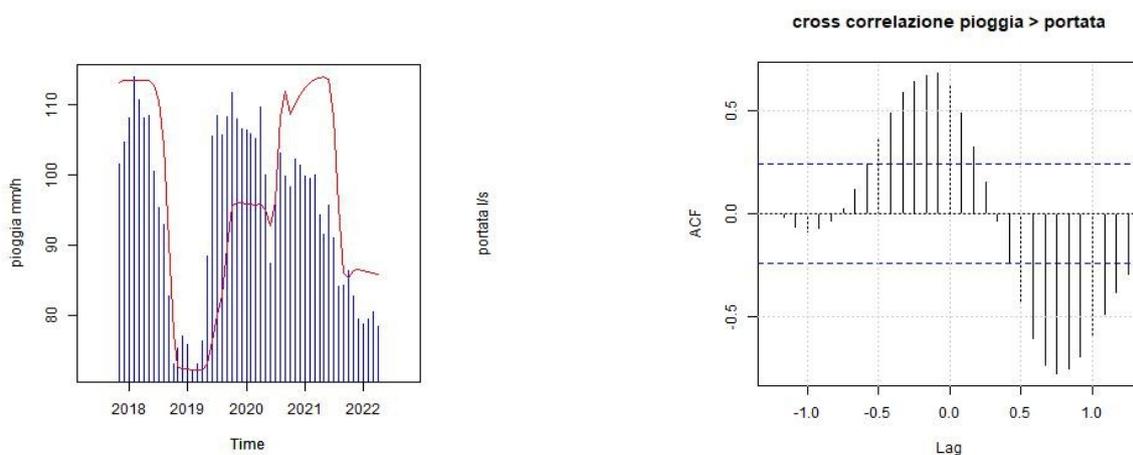


Figura 15: cross-correlazione delle componenti *trend* estratte dalle serie mensili delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP29 (portata).

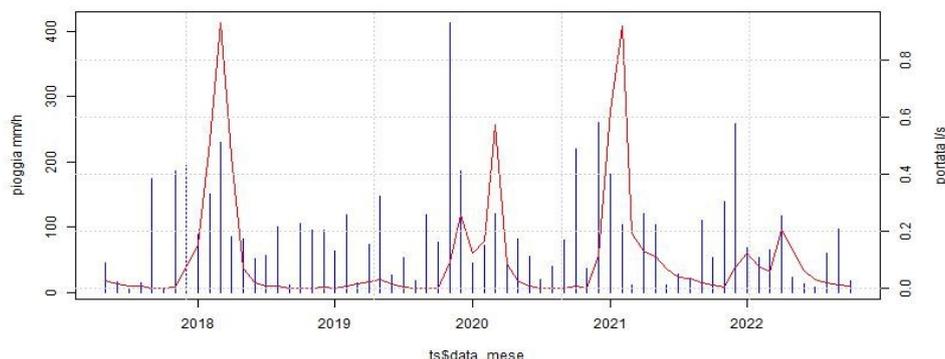


Figura 16: idrogrammi appaiati delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP29.

## Dati giornalieri

Le serie dei dati giornalieri di precipitazione alla stazione pluviometrica Le Croci di Calenzano e di portata per le tre sorgenti analizzate (SP268, SP25, SP29) sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 2: dati riassuntivi serie temporali giornaliere.

stazione		inizio	fine	N	max	media	mediana	CV
Pluviometro Le Croci di Calenzano	mm	01/01/04	20/10/22	6868	94,8	3,082685	0,0E+00	2,6E+00
Sorgente Corzanello - SP268	l/s	23/05/17	26/09/22	1954	2,455	0,267	2,3E-02	1,8E+00
SP25		15/02/18	10/10/22	1587	11,260	1,111	3,7E-01	1,4E+00
SP29		23/05/17	11/10/22	1967	1,063	0,105	2,2E-02	2,1E+00

Le analisi sui dati giornalieri permettono un ulteriore dettaglio in merito ai tempi di risposta del sistema. Nei grafici seguenti sono riportate le serie aggiornate dei dati giornalieri con i successivi anni idrologici 2020/2021 e 2021/2022. L'anno idrologico 2020/2021 è stato umido ed ha ripetuto, se non superato, le portate di picco del 2019/2020, sia in SP268 che in SP25. Il ritorno a discrete condizioni di deflusso nell'anno successivo al passaggio della fresa e costruzione della galleria era stato ritenuto indicativo di una probabile assenza di alterazioni permanenti. I dati del nuovo periodo confermano da un lato, con i notevoli deflussi del 2020/2021, l'assenza di un effettivo impatto ma, dall'altro, sottolineano l'elevata variabilità del regime idrologico della sorgente SP268 come della vicina SP25 ed ancor più della SP29, strettamente dipendenti dal regime delle precipitazioni.

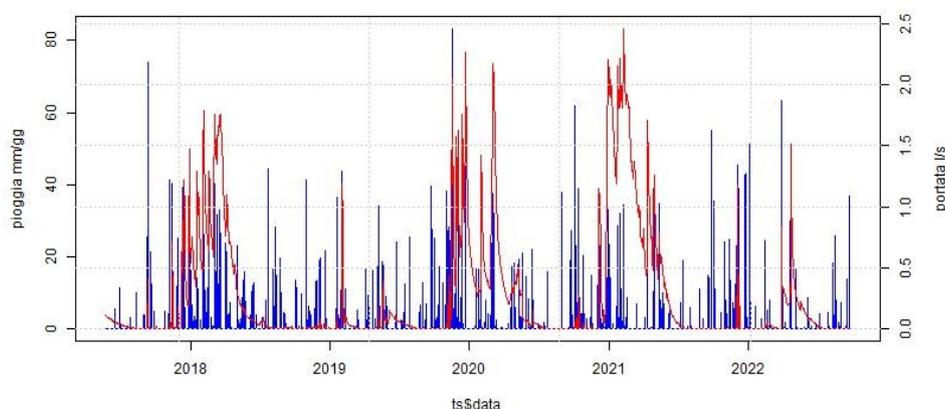


Figura 17: idrogrammi giornalieri delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP268.

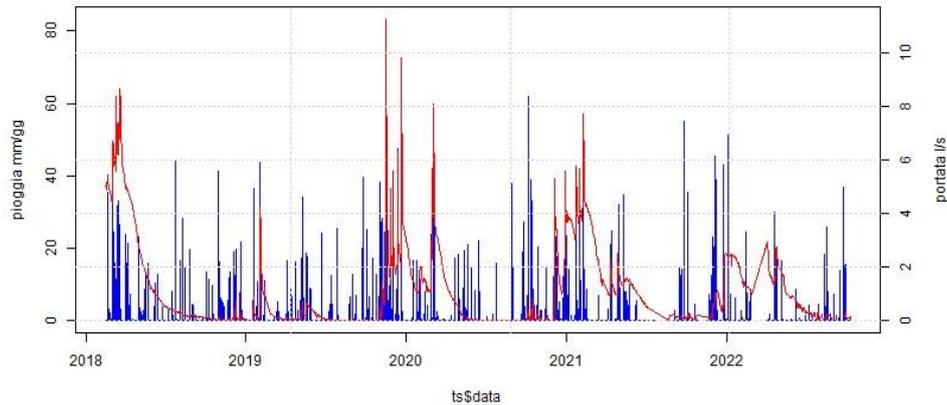


Figura 18: idrogrammi giornalieri delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP25.

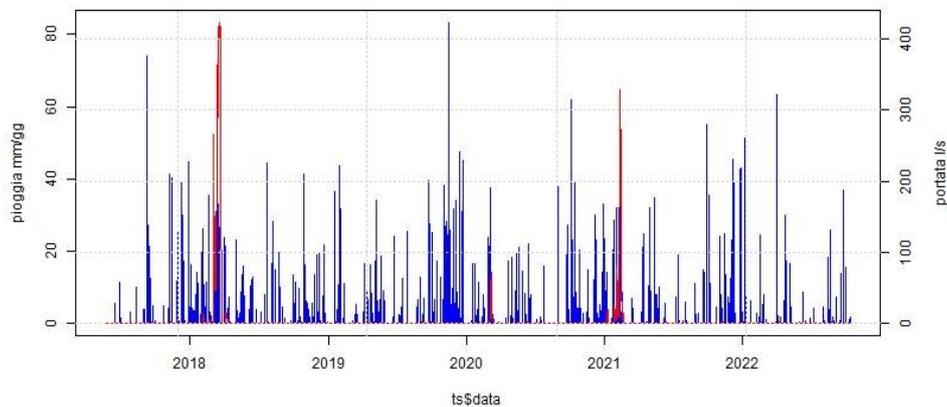


Figura 19: idrogrammi giornalieri delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP29.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei tempi di risposta i diagrammi di cross-correlazione sia per SP268 che per SP25 confermano che lo sfasamento tra pioggia e portata impulsiva rientra in un giorno mentre un secondo ampio massimo per tempi che vanno dai 30 ai 40 giorni.

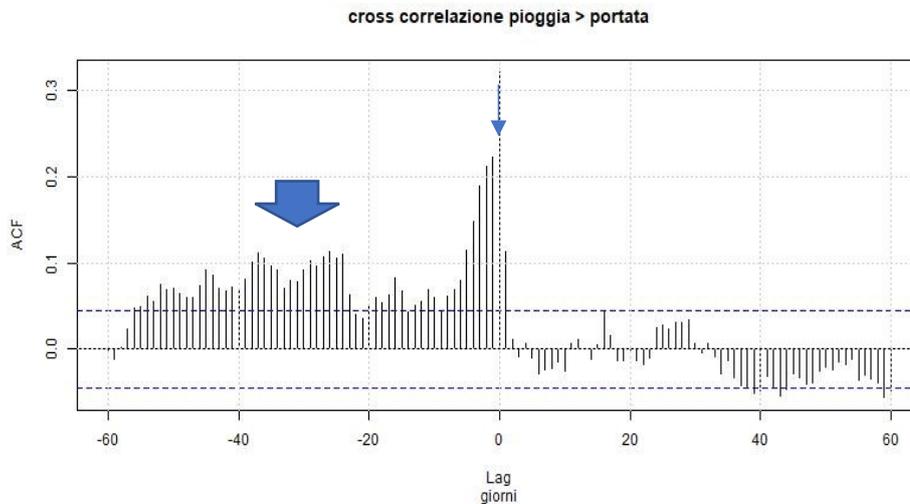


Figura 20: cross-correlazione dei dati osservati giornalieri delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP268 (portata).

cross correlazione pioggia > portata

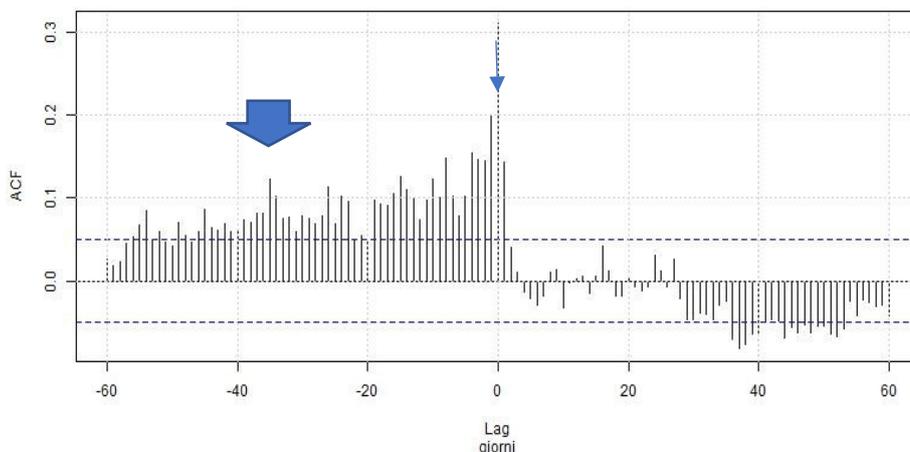


Figura 21: cross-correlazione dei dati osservati giornalieri delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP25 (portata).

cross correlazione pioggia > portata

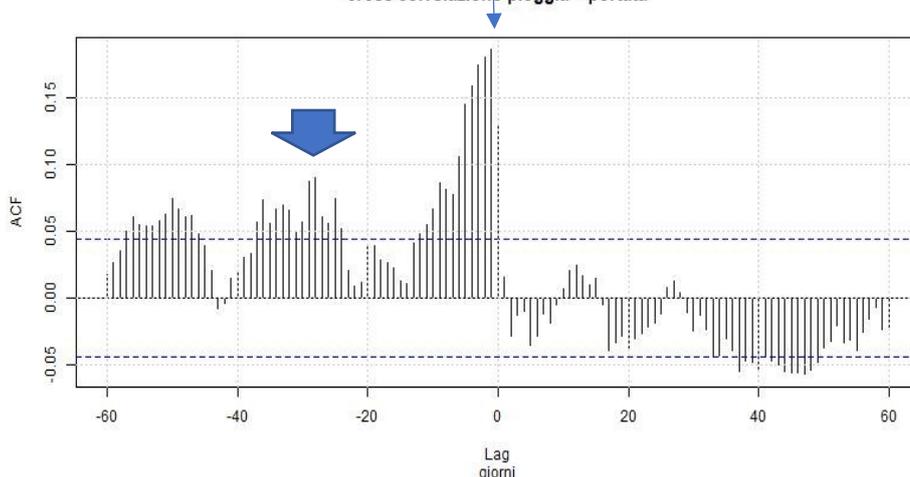


Figura 22: cross-correlazione dei dati osservati giornalieri delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP29 (portata).

## Dati orari

Il *dataset* dei dati orari di precipitazione e portata per le tre sorgenti (SP268, SP25, SP29) è riassunto nella tabella seguente.

Tabella 3: dati riassuntivi serie temporali orarie.

stazione		inizio	fine	N	max	media	mediana	CV
Pluviometro Le Croci di Calenzano	mm	31/12/03 23:00	11/10/22 22:00	147606	101,6	0,163917	0,0E+00	6,9E+00
Sorgente Corzanello - SP268	l/s	23/05/17 18:00	26/09/22 23:00	46854	3,508	0,267	2,2E-02	1,8E+00
SP25		15/02/18 14:00	10/10/22 16:00	37934	29,178	1,119	3,8E-01	1,5E+00
SP29		23/05/17 14:00	11/10/22 06:00	47128	1,063	0,105	2,2E-02	2,1E+00

Le analisi sui dati orari permettono un ulteriore dettaglio in merito ai tempi di risposta del sistema. Nei grafici seguenti sono riportate le serie aggiornate dei dati orari ed i corrispondenti correlogrammi tra piogge e portate. Si conferma un tempo di ritardo impulsivo inferiore al giorno per SP268 (7 ore) e valori prossimi per le due sorgenti SP25 (4 ore) ed SP29 (15 ore).

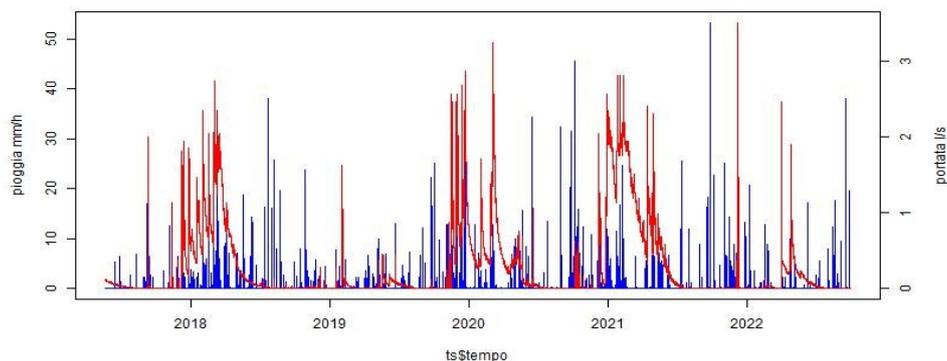


Figura 23: idrogrammi orari delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP268.

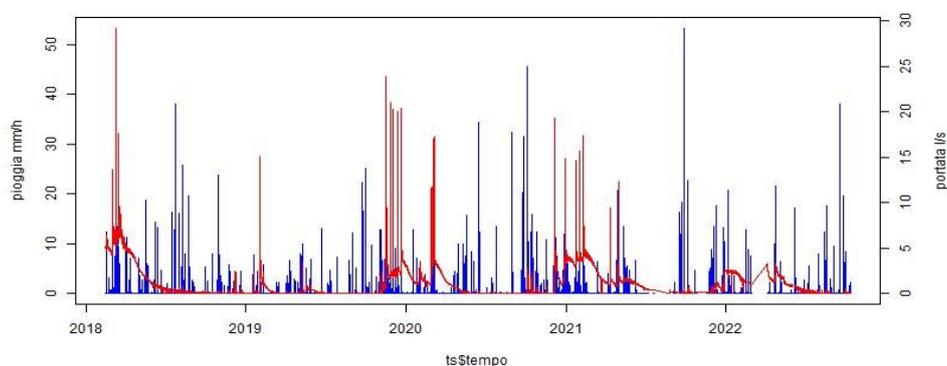


Figura 24: idrogrammi orari delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP25.

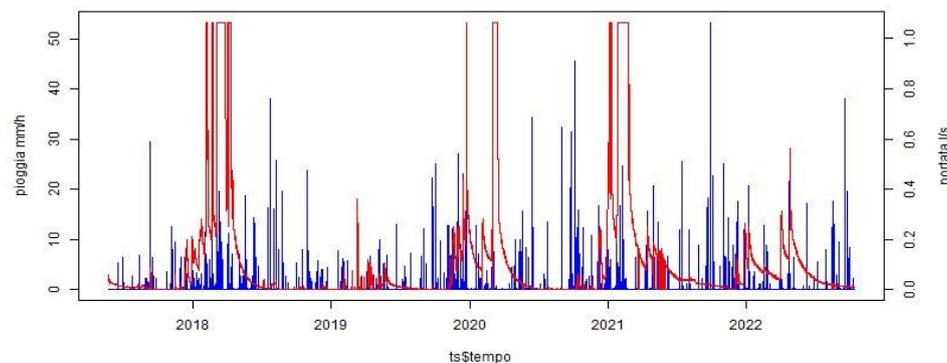


Figura 25: idrogrammi orari delle serie temporali di pioggia al pluviometro Le Croci di Calenzano e portata alla sorgente SP29.

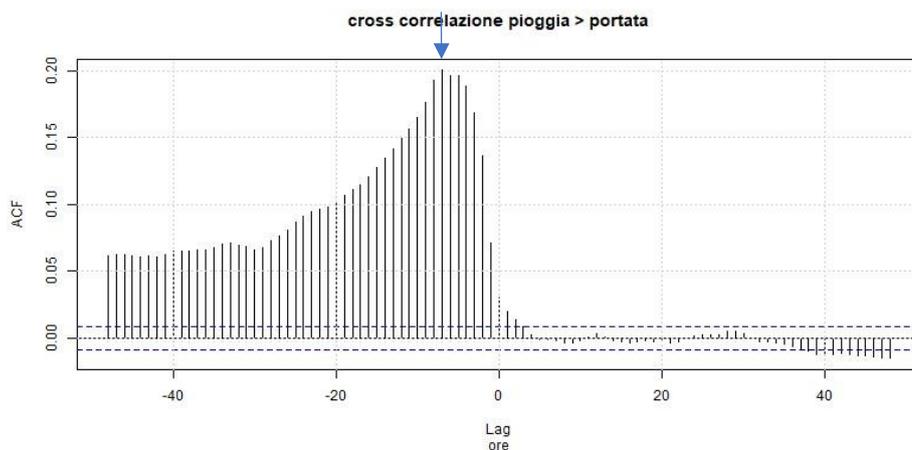


Figura 26: cross-correlazione dei dati orari delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP268 (portata).

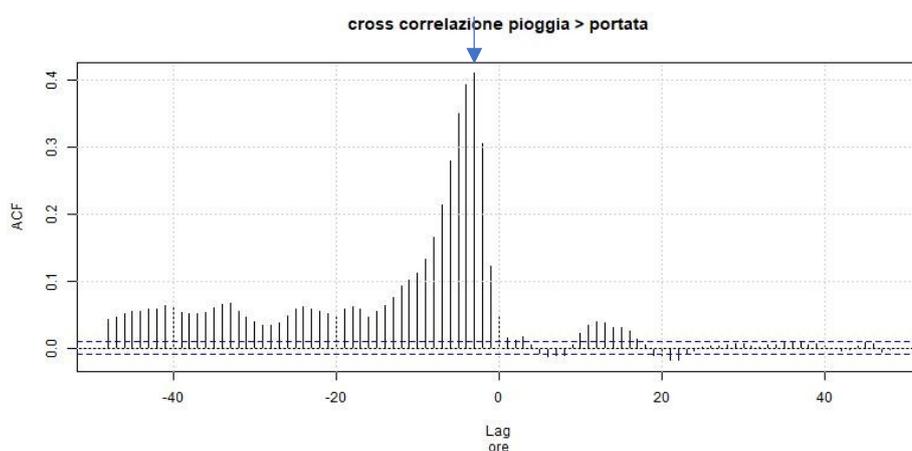


Figura 27: cross-correlazione dei dati orari delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP25 (portata).

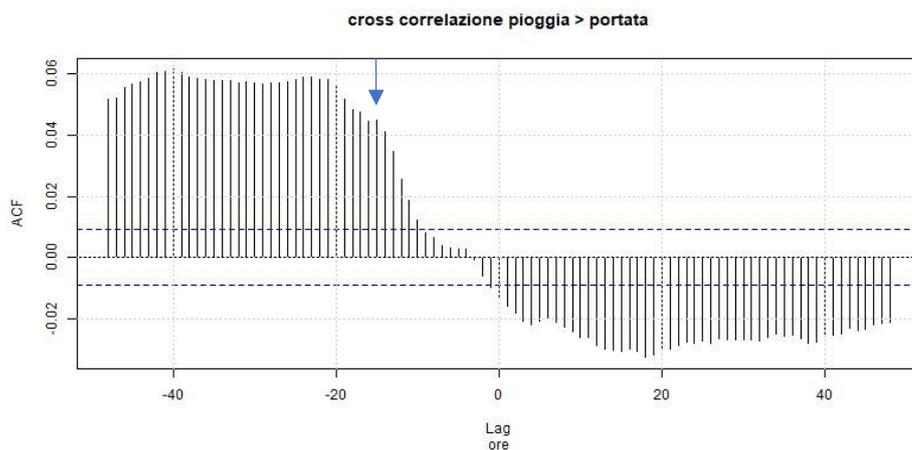


Figura 28: cross-correlazione dei dati orari delle stazioni Le Croci di Calenzano (pioggia) ed SP29 (portata).

Tempi di risposta e regimi diversi per le due sorgenti sono ben evidenti anche dagli idrogrammi orari sotto riportati per due eventi tipo.

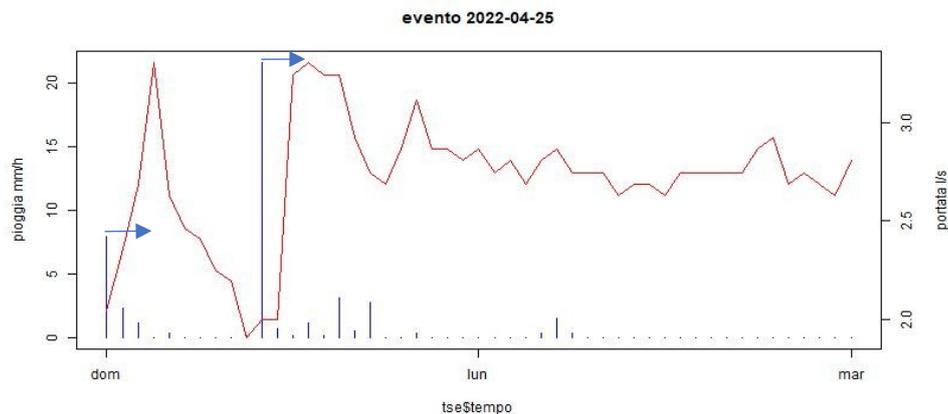


Figura 29: idrogrammi orari dell'evento di portata massima del 25/4/2022 alla sorgente SP25 e precipitazioni al pluviometro Le Croci di Calenzano.

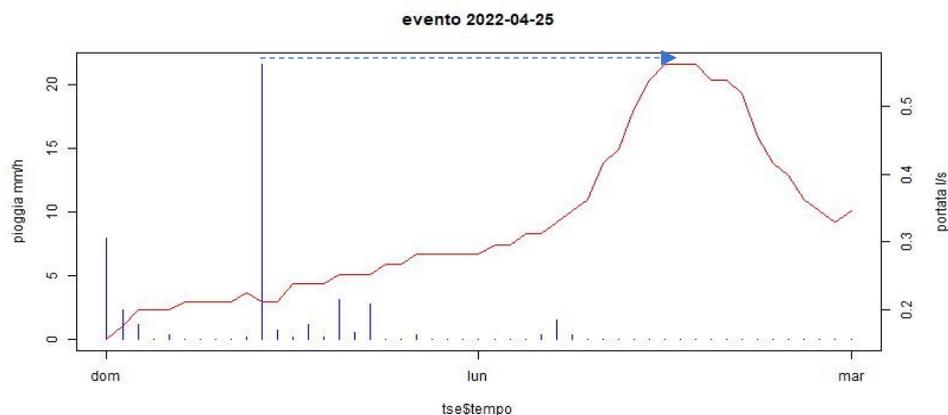
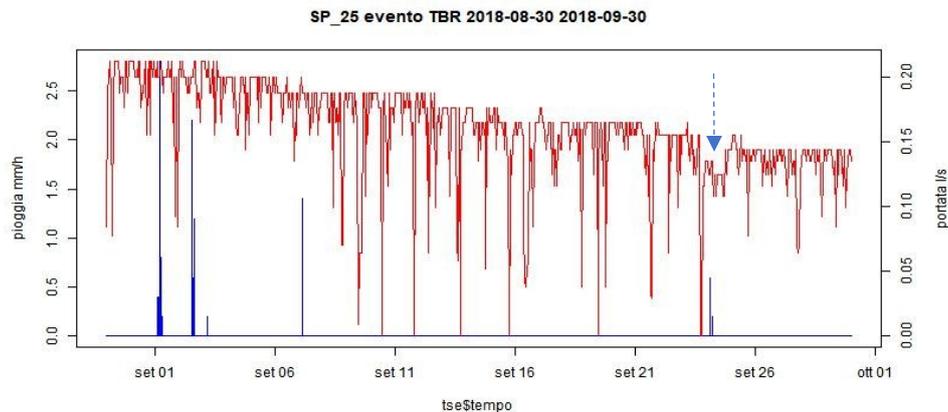


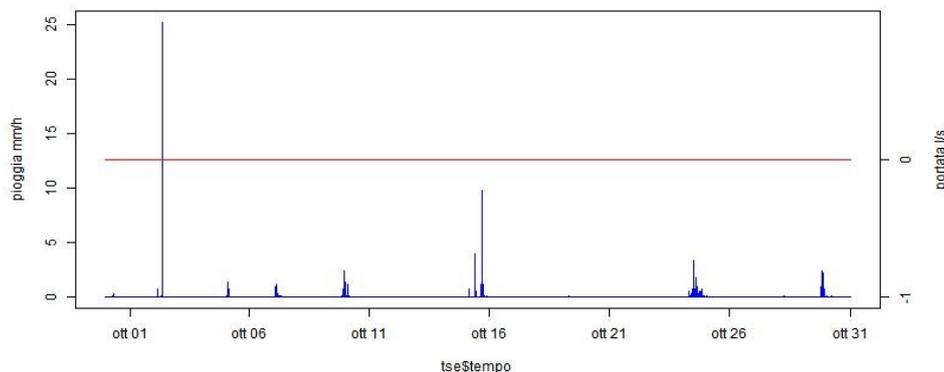
Figura 30: idrogrammi orari dell'evento recente di portata del 25/4/2022 alla sorgente SP29 e precipitazioni al pluviometro Le Croci di Calenzano.

Infine, come in precedenza per la SP268 anche per le due sorgenti SP25 ed SP29 sono state ricercate possibili interferenze durante il passaggio della TBM che è avvenuto:

- per la SP25 tra il 31 agosto 2018 e il 30 settembre 2018;
- per la SP29 tra il 30 settembre e il 31 ottobre 2019.



SP\_29 evento TBR 2019-09-30 2019-10-31



Come desumibile dai grafici per la SP25, che presenta in ogni modo una registrazione molto approssimata date le scarse portate del periodo fine estivo, forse una perturbazione transitoria sembra individuarsi tra 23 e 25 settembre 2018.

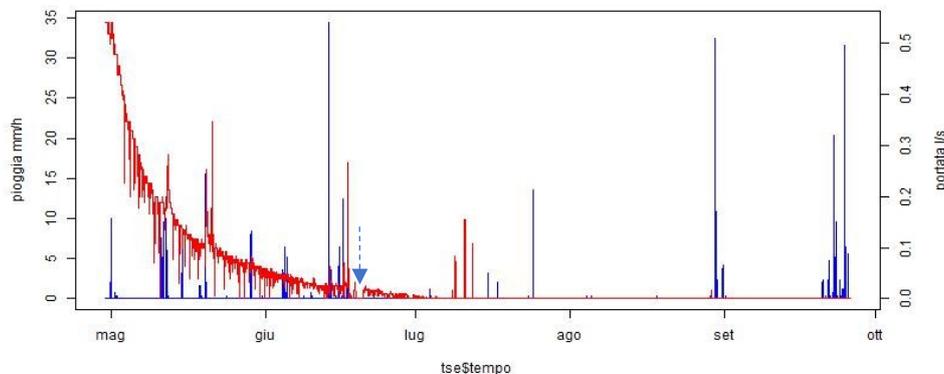
Nessuna variazione è invece rilevabile per SP29 stante l'assenza di deflusso nel periodo.

Due ulteriori eventi, avvenuti dopo lo scavo della TBM e la contemporanea posa del rivestimento definitivo, hanno riguardato l'asportazione con martellone di quest'ultimo per la costruzione delle piazzole di emergenza, delle quali due circa in corrispondenza delle sorgenti. Si è trattato di:

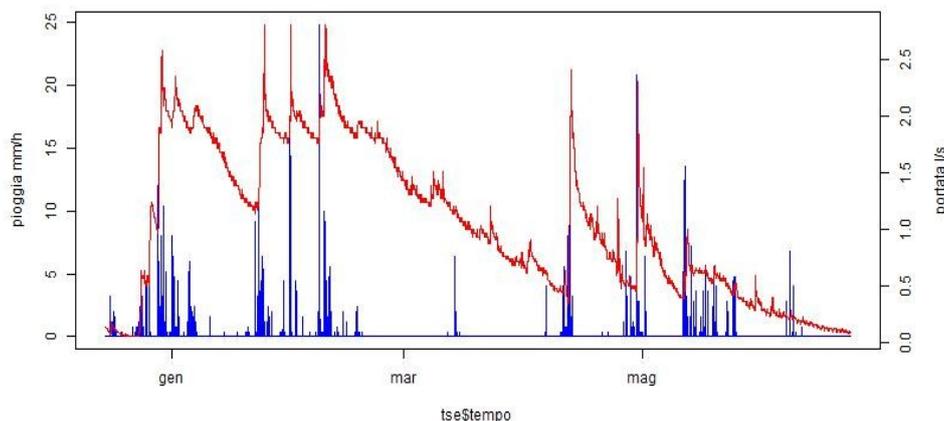
- SP25 – Nicchia 10 – Inizio scavo 30/04/2020 – Fine rivestimento definitivo 26/09/2020;
- SP268 – Piazzola 2 – Inizio scavo 15/12/2020 – Fine rivestimento definitivo 23/06/2021.

Gli idrogrammi dei due periodi sono riportati nelle figure seguenti. Non si rilevano nel complesso alterazioni significative del regime della sorgente non correlate alle precipitazioni.

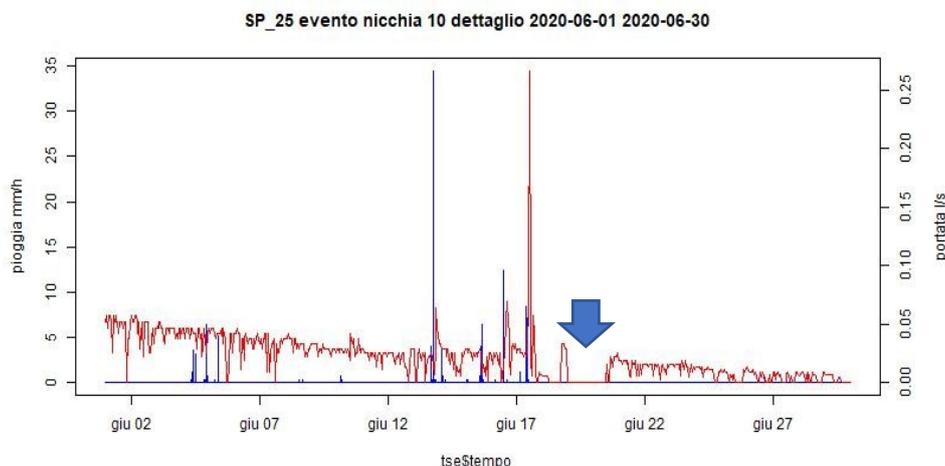
SP\_25 evento nicchia 10 2020-04-30 2020-09-26



SP\_268 evento piazzola 2 2020-12-15 2021-06-23



Nel caso di SP25, forse, una sottrazione, anche qui transitoria dei deflussi sembra instaurarsi tra il 18 e 20 giugno 2020.



## Conclusioni

Su indicazione del Comitato di Controllo A1 sono state aggiornate, a distanza di due anni dal precedente rapporto “Studio statistico della serie temporale della portata sorgente A1-BF-CA-SO-SP268 (Calenzano, Fi)”, le serie della sorgente SP268 e della stazione pluviometrica Le Croci di Calenzano, Nell’aggiornamento sono state inoltre incluse due ulteriori sorgenti, prossime al tracciato di scavo della Galleria “Santa Lucia” e rappresentate da SP25 a Nord ed SP29 a Sud.

L’aggiornamento dei dati ha realizzato una generale conferma dei dati precedentemente determinati per il regime idrologico della sorgente SP268 quali la periodicità pluriennale di anni con maggiore e minore deflusso a due/tre anni, pari alla periodicità delle precipitazioni; i tempi massimi di ritardo, per transito dei volumi infiltrati, di circa un mese dalle precipitazioni; e, infine, i tempi di risposta impulsivo dovuto al trasferimento delle pressioni di ricarica all’interno del serbatoio di 4÷7 ore circa.

Gli stessi valori sono confermati anche nelle altre due sorgenti SP25 ed SP29 che condividono con la sorgente SP269, oltre che le quote di emergenza tra 300 m e 350 m s.l.m. il medesimo contesto idrogeologico nella formazione del Calcere di Monte Morello. Come evidenziato in precedenza per SP268, anche per la SP25 sembra evidenziarsi, pur con qualche approssimazione stante la cattiva qualità delle registrazioni idrometriche in un periodo di scarso deflusso, un impatto transitorio dovuto al passaggio della TBM tra il 23 e 25 settembre 2018.

La successione, in termini di precipitazioni e portate osservate, di un anno idrologico molto umido come il 2020/2021 cui ne è seguito uno molto più asciutto come il 2021/2022, ha tuttavia confermato quanto delineato nel precedente rapporto: gli impatti prodotti dal drenaggio in fase di scavo durante il passaggio della TBM, seppur evidenziati dagli idrogrammi del periodo, non sembrano aver sostanzialmente modificato il regime di queste sorgenti pur prossime al tracciato.

Prova della transitorietà di un tale impatto, oltre all’assenza di una qualsiasi tendenza al decremento nelle serie temporali delle portate negli anni successivi, lo sono anche, qualitativamente, i rinnovati deflussi degli anni idrologici 2019/2020 e 2020/2021 seguiti all’anno asciutto 2018/2019 coincidente con lo scavo. A distanza di tre anni, come previsto dalla periodicità riscontrata nella estesa serie temporale delle precipitazioni, un nuovo anno asciutto si è presentato nel 2021/2022.