

Influenza delle variazioni del clima sulle piene del Tevere a Roma⁽¹⁾

Influence of climate changes on floods of the Tiber river in Rome

BENCIVENGA M.^(*), BERSANI P.^(**)

RIASSUNTO - Nella memoria si cerca di comprendere l'influenza che ha avuto il clima, con le sue variazioni nel tempo, negli eventi di piena del Tevere a Roma.

Nella prima parte si prendono in esame tutte le piene storiche, dal V secolo a.C. al XX secolo, che hanno causato inondazioni alla città di Roma e si nota una grande corrispondenza tra la scarsità di inondazioni nel periodo caldo medievale (800-1200 d.C.) e l'abbondanza di inondazioni registrate invece nel periodo 1550-1850 denominato "Piccola Era Glaciale".

Nella seconda parte della memoria si conferma e si sottolinea l'intuizione avuta dal Prof. Sabino Palmieri nell'individuare un *Change Point* Climatico nel bacino del Tevere intorno al 1980. Infine si fa l'ipotesi che intorno al 2008-2010 si stia concretizzando un nuovo *Change Point* Climatico, il clima dei prossimi anni darà la risposta sul suo effettivo avverarsi.

PAROLE CHIAVE: Tevere, inondazioni, storia, clima

ABSTRACT - In this work we try to understand the influence over time of climate variations on the Tiber floods in Rome. In the first part we examine all historical floods large enough to cause flooding to the city of Rome. The observed period starts in the fifth century BC to the end of the twentieth century. We observe a great correlation between the lack of flooding in the medieval warm period (800-1200 AD) and an increasing number of flooding recorded in the period 1550-1850, called "Little Ice Age".

The second part of the work confirms and emphasizes the intuition of Prof. Sabino Palmieri who identified a climate change point in the Tiber basin around 1980. Finally, we conclude that there are indications of another climate change point occurring around 2008-2010. However, a definitive answer of this change point will only be given after further data collection in the next few years.

KEY WORDS: Tevere, floods, history, climate

1. - LE INONDAZIONI DEL TEVERE A ROMA DAL V SECOLO A.C. AL XX SECOLO D.C.

Le piene del fiume Tevere a Roma sono note sin dall'antichità per le inondazioni che causavano alla città di Roma.

La prima inondazione di cui si ha certezza storica risale al 414 a.C., essendo documentata da Tito Livio.

Naturalmente dal V secolo a.C. ad oggi sono nel tempo cambiate notevolmente le condizioni dell'alveo in città e soprattutto a valle della città. Basti pensare che all'epoca romana il livello di calpestio della città intorno al fiume (nel Campo Marzio) era ad una quota di diversi metri inferiore e inoltre che il livello della linea di costa era arretrato, rispetto alla situazione attuale, di circa 4 km verso l'entroterra, la qual cosa significa che la pendenza del fiume nel suo tratto finale verso la foce era maggiore di oggi con tutte le conseguenze che ne derivano per il deflusso a mare (BERSANI & MORETTI, 2008).

I mutamenti antropici e naturali delle condizioni dell'alveo del Tevere sia nella città di Roma che a monte e a valle, così come anche le variazioni del reticolo fluviale (anche per la costruzione di importanti dighe con serbatoio) e le variazioni dell'estensione del bacino idrografico, sono già stati trattati in numerosi e dettagliati lavori a cui si rimanda (BERSANI & BENCIVENGA, 2001; BERSANI 2004; BERSANI & BERSANI, 2008, DALL'OGLIO & REMEDIA, 1986, PIOTTI & FERRANTI, 1996). Per studi a carattere generale sulle piene del Tevere o su alcune piene particolari si rimanda invece a studi ben noti in bibliografia (REMEDIA, 1998; CALVO *et alii*; PETACCIA &

⁽¹⁾ In memoria del Prof. Sabino Palmieri

^(*) Ingegnere Dirigente ISPRA, mauro.bencivenga@isprambiente.it

^(**) Geologo professionista, piober@libero.it ;

SAVI, 2007; MELE *et alii*, NAPOLITANO, BORZILLO, SABENE & PELLEGRINO 2006).

Nella figura 1, che segue, è riportato, diviso per secolo, il numero di inondazioni del Tevere a Roma dal V sec. a.C. al 2000 (da: BERSANI & BENCIVENGA, 2001 modificato).

La memoria delle inondazioni della città di Roma nel periodo romano è arrivata ai nostri giorni grazie agli scritti degli Autori antichi, Tito Livio e Dione Cassio in particolare, mentre le piene del periodo medievale sono state studiate e tramandate da diversi Autori (LIBER PONTIFICALIS, 1955; CASTIGLIONE, 1599; BONINI, 1666; GREGOROVIVUS, 1872; INFESSURA, 1890). Inoltre nella città di Roma per volere dei Papi, a cominciare dall'inondazione del 1180, le inondazioni del fiume venivano ricordate segnando il livello raggiunto dalle acque di piena apponendo (o incidendo) delle lapidi-ricordo su costruzioni poste nei pressi del fiume. Le più antiche lapidi giunte ai nostri giorni ricordano le inondazioni del gennaio 1180 e del novembre 1277 (BERSANI & BELATI, 2010; DI MARTINO & BELATI, 1981), ma sono oggi delocalizzate rispetto alla loro posizione originale, mentre la più antica lapide che ancora riporta correttamente il livello raggiunto dalle acque di piena si riferisce all'inondazione del novembre 1422 ed è ubicata nella facciata della chiesa di S. Maria sopra la Minerva nei pressi del Pantheon.

L'iscrizione del 26 gennaio 1180 (BERSANI & BELATI, 2010), incisa su 2 righe con lettere alte circa 3,5 cm. (fig. 2), è su un mezzo fusto di colonna in marmo (attualmente conservato negli scantinati di Palazzo Braschi a Roma) alto circa 112 cm e con un diametro di circa 28 cm (fig. 3).

Sciolta dalle abbreviazioni e con alcune plausibili integrazioni l'iscrizione può essere così restituita (DI GIOIA, 1998):

“PONT(IFICATU), DO(M)P(N)I. ALEX(ANDRI). III. P(A)P(AE). ANNO.XX(I) [INDICTIONE] XII[I]. ME(N)SE. IAN(UARII)/D(IE).XXVI.HUCUSQ(UE) CREVIT FLUM(EN). [ANNO DOMINI AB] IN(CAR)N(ATIO)NE. M.C.LXXX”, che tradotta in italiano risulta: “Nel ventesimo anno di pontificato di nostro signore Alessandro III Papa, nell'indizione XII,

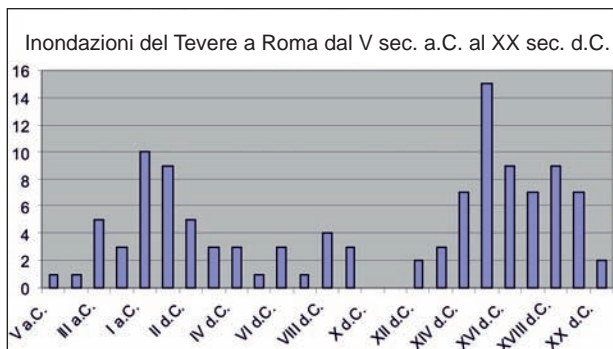


Fig. 1 - Inondazioni del Tevere a Roma dal V sec. a.C. al 2010 (da BERSANI & BENCIVENGA, 2001 modificato).

- Floods of the Tiber in Rome from the fifth century. B.C. to 2010 (from BERSANI & BENCIVENGA, 2001 modified).

nel mese di gennaio, nel giorno ventiseiesimo, fin qui crebbe il fiume, nell'anno 1180 dall'incarnazione di nostro Signore”.

Sia la colonna con l'iscrizione del gennaio 1180, che la lapide con l'iscrizione del novembre 1277, quest'ultima conservata all'Arco dei Banchi presso Ponte S. Angelo, probabilmente facevano parte del porticato della antica Basilica romanica (BERSANI & BERSANI, 2002) dei Santi Celso e Giuliano, che si affacciava sul Tevere di fronte a Castel Sant'Angelo.

È possibile che proprio la Chiesa dei Santi Celso e Giuliano (BERSANI & BERSANI, 2002) sia stato il primo luogo dove si conservava, incisa nel marmo, la testimonianza delle altezze d'acqua raggiunte dalle inondazioni dal periodo medievale fino agli inizi del '500, quando



Fig. 2 - La colonna con l'iscrizione dell'inondazione del Tevere a Roma del 26 gennaio 1180, particolare dell'iscrizione (Museo di Roma, sede di Palazzo Braschi).

- The column with the inscription of the Tiber flood in Rome on January 26th, 1180, detailed inscription (Museum of Rome, Palazzo Braschi).



Fig. 3 - La colonna con l'iscrizione dell'inondazione del Tevere a Roma del 26 gennaio 1180 (Museo di Roma, sede di Palazzo Braschi).

- The column with the inscription of the Tiber flood in Rome on January 26th, 1180 (Museum of Rome, Palazzo Braschi).

la chiesa fu definitivamente abbandonata e distrutta (SEGUI *et alii*, 1996). Infatti dal 1495 la testimonianza, attraverso ancora lapidi marmoree, delle altezze delle inondazioni del Tevere si ritrova nella parte opposta del fiume a Castel Sant'Angelo.

L'altezza delle piene (ed anche quella dei livelli giornalieri del fiume) raggiunta a Roma dal 1782 fino ad oggi si misura facendo riferimento ad una stessa scala idrometrica: la stazione di Roma - Ripetta. Il primo idrometro, in marmo, risale al 1782 ed era posto nell'antico porto settecentesco di Ripetta (porto inaugurato nel 1704 e sulle cui famose colonne sono stati anche riportati i livelli di piena fin dal 1495, riprendendoli probabilmente – con precisione topografica - dalla facciata di un palazzo abbattuto proprio per la costruzione del Porto). L'idrometro del 1782 è stato poi sostituito da altri idrometri, sempre in marmo, nel 1789 e nel 1821, ora conservati uno su un lato della vicina chiesa di San Rocco in via di Ripetta, uno in via dell'Arancio e uno in piazza Firenze (Ministero dei Lavori Pubblici, 1924; BENCIVENGA *et alii*, DI LORETO & LIPERI, 1995).

Il Porto di Ripetta è stato poi in parte distrutto e in parte ricoperto per la costruzione nel periodo 1880-1892 dei muraglioni urbani e del Lungotevere, a seguito della grande inondazione di Roma del 28 dicembre 1870, che ha fatto registrare un'altezza idrometrica al colmo a Ripetta di 17,22 m, cui ha corrisposto una portata di circa 3.300 m³/s.

Attualmente, dal 1902, vi è un idrometro in marmo posto dove era l'antico Porto di Ripetta nelle scale che dal Lungotevere portano alla banchina del fiume, in sinistra idrografica subito a monte di Ponte Cavour. A questo idrometro oggi è stata affiancata anche una strumentazione laser in telemisura. Pur essendo stati sostituiti nel tempo gli idrometri alla stazione di Ripetta, questi hanno pressappoco conservato lo stesso zero idrometrico, per cui ancor oggi i livelli di piena del Tevere a Roma si riferiscono sempre all'idrometro di Ripetta ed anche le antiche inondazioni sono state riferite a questo zero idrometrico ricavandone così l'altezza idrometrica di piena, sin dall'inondazione del 1422 (questa inondazione infatti è la prima per la quale esiste, come detto, una lapide-ricordo in posizione originale).

La classificazione, in base alla portata liquida, dello stato del Tevere alla stazione di Roma Ripetta (circa 16.545 km²), secondo FROSINI, 1977, è riportata nella tabella 1.

Frosini, nel 1977 classificava lo stato del Tevere anche in base all'altezza idrometrica a Ripetta (tab. 2), ma a causa delle variazioni delle scale di deflusso nel tempo dovute alle condizioni dell'alveo e alla variazione (seppur limitata) dello zero idrometrico è sempre necessario specificare se la classificazione delle piene viene fatta in base alla portata o all'altezza idrometrica.

Nel rispetto del pensiero del Prof. FROSINI è oggi senz'altro più corretto riferirsi alla scala delle portate, mentre la classificazione delle piene in base all'altezza

idrometrica ha più che altro un significato storico, in quanto ad ogni altezza idrometrica di piena corrispondevano determinate zone della città che si allagavano (MARGARITORA, 1993).

La classificazione di FROSINI (1977) in base all'altezza idrometrica a Ripetta è riportata in tabella 2.

Le inondazioni a Roma prima della costruzione dei muraglioni ottocenteschi (1880-1892) avvenivano secondo 2 modalità (BENCIVENGA *et alii*, 1995; MARGARITORA, 1993; NATALE & SAVI, 2004):

A) per "rigurgito dalle fogne" ed iniziavano al livello di 13 m a Ripetta.

B) per "correnti": le tracimazioni dal fiume cominciano a 14 m a Ripetta, mentre a 16 m si avevano le vere e proprie inondazioni (stato di piena eccezionale in tabella 2).

Come risalta subito all'occhio in figura 1 vi sono due secoli (il X e l'XI d.C.) in cui non sono note inondazioni del Tevere ed altri secoli in cui è nota una sola inondazione. Ciò può essere dovuto o a variazioni del clima (PINNA, 1996) o alla scarsa conoscenza storica, soprattutto del periodo medievale.

Il secolo XVI è stato invece il secolo che ha fatto registrare il maggior numero di inondazioni. Ciò è dovuto a due fattori principali: il clima e lo stato di manutenzione dell'alveo del fiume sia nella città di Roma (in particolare per la presenza dei ponti e dei molini galleggianti) sia nei tratti a monte e a valle della città. In particolare tra il 1530 e il 1606 si sono avute ben 5 piene

Tab. 1 – *Classificazione delle piene del Tevere a Roma in base alla portata (da FROSINI, 1977).*

– Floods classification of the Tiber in Rome based on the flow rate (from FROSINI, 1977).

Portata a Roma – Ripetta (m ³ /s)	
stato di magra	inferiore a 100 m ³ /s
stato normale	tra 100 e 200 m ³ /s
stato di intumescenza	tra 200 e 800 m ³ /s
stato di piena ordinaria	800 e 1500 m ³ /s
stato di piena straordinaria	tra 1500 e 2000 m ³ /s
stato di piena eccezionale	maggiore di 2000 m ³ /s

Tab. 2 – *Classificazione delle piene del Tevere a Roma in base all'altezza idrometrica (da FROSINI, 1977).*

– Floods classification of the Tiber in Rome based on the hydrometric height (from FROSINI, 1977).

Altezza idrometrica a Roma - Ripetta	
stato di magra	fino a 5 m
stato normale	da 5 a 7 m
stato di intumescenza	da 7 a 10 m
stato di piena ordinaria	da 10 a 13 m
stato di piena straordinaria	da 13 a 16 m
stato di piena eccezionale	oltre 16 m

eccezionali (vedi tabella 2), con altezza idrometrica a Ripetta maggiore di 17 m, di queste ben 4 hanno superato anche l'altezza di 18 m. La piena che ha raggiunto l'altezza massima di sempre si è verificata il 24 dicembre 1598 con un'altezza pari a 19,56 m a Ripetta, seguita dalla piena dell'8 ottobre 1530 (altezza al colmo a Ripetta 18,95 m) e dalla piena del 15 settembre 1557 (altezza al colmo a Ripetta 18,90 m).

Nella piena del 24 dicembre 1598 le acque fuoriuscite dall'alveo del Tevere hanno raggiunto un'altezza di 5 m a piazza Navona e le colonne del Pantheon sono andate sott'acqua per 6 m.

Il settembre dell'anno 1557 è stato un mese straordinariamente piovoso (BERSANI, 2004) perché, oltre la piena del Tevere a Roma del giorno 15 settembre, si sono avute:

- in Toscana le piene dell'Arno e del fiume Ombrone (dopo tale piena i Medici costruirono l'argine in riva destra dell'Ombrone da Grosseto fino al mare nell'area della Trappola);

- in Sicilia il torrente Cannizzaro il giorno 27 settembre che ha causato a Palermo una grande alluvione.

Nel grafico di figura 1 nel XX secolo sono state inserite due inondazioni, corrispondenti ad altrettante piene eccezionali: quella del 15 febbraio 1915 (altezza idrometrica a Ripetta pari a 16,09 m, cui corrisponde una portata di 2.900 m³/s) e quella del 17 dicembre 1937 (altezza idrometrica a Ripetta pari a 16,84 m, cui corrisponde una portata di 2.900 m³/s), pur essendosi avuti nella città in tali occasioni solo limitati allagamenti. Queste due piene hanno però raggiunto altezze idrometriche molto elevate, e solo grazie alla costruzione dei muraglioni urbani (costruiti tra il 1880 e il 1892) non hanno causato grandi allagamenti nella città di Roma.

È interessante notare che in PINNA 1996, "Le variazioni del clima, dall'ultima glaciazione alle prospettive per il XXI secolo", si individua un periodo caldo medievale (800-1200 d.C.) e la cosiddetta fase fredda denominata "Piccola Era glaciale" nel periodo 1550-1850. Il periodo caldo medievale sembra coincidere con il periodo assai scarso di inondazioni in figura 1, mentre la Piccola Era glaciale sembra invece coincidere con i secoli in cui è avvenuto il maggior numero di inondazioni. Per il XVI secolo, il secolo delle grandi inondazioni, bisogna però anche considerare, come detto, le cause antropiche, consistenti soprattutto nella pessima manutenzione del fiume a Roma: il Tevere (PENSUTI, 1923) era denominato infatti "*receptaculus omnium purgamentorum urbis*" (ricettacolo di ogni immondezza della città).

Poiché, come visto, nel tempo a Roma sono variate le condizioni dell'alveo ed anche lo zero idrometrico della stazione di Ripetta, l'altezza dei livelli idrometrici di piena e non di piena deve essere riferita a periodi di misura omogenei. Così in tabella 3 (da BERSANI, 2004) sono riportate per ogni mese dell'anno le massime altezze idrometriche (ricostruite o misurate) dall'anno 1000 all'anno 2010, divise per periodi di tempo in cui

le condizioni dell'alveo sono state omogenee, così come pure l'idrometro di riferimento. Rispetto alla tabella proveniente da BERSANI, 2004 è stato aggiunto il dato del maggio 1615 con un valore >14 m. Infatti recentemente è stato ritrovato all'Archivio di Stato di Firenze un bando (Fondo Mediceo del Principato, vol. 4028, ff. 513ss, Avvisi da Roma dl 30 maggio 1615) che descrive l'evento di piena del maggio 1615, di cui si era persa memoria. Poiché nel bando è scritto che il Tevere uscì fuori dal suo letto inondando via dell'Orso e via di Ripetta verso piazza del Popolo significa appunto, per quanto detto in precedenza, che è stata superata l'altezza idrometrica di 14 m a Ripetta.

Tale bando, per il suo interesse storico, viene riportato in appendice all'articolo.

Allo scopo di evidenziare, relativamente alle piene del Tevere, l'influenza dell'avanzamento nel tempo della foce del fiume, in figura 4 è riportata la Carta dell'evoluzione della linea di costa alla foce del Tevere (da BERSANI & MORETTI, 2008). In tale Carta è indicata la posizione delle varie Torri di guardia che sono state costruite nel tempo sul braccio di Fiumara Grande e sul canale di Fiumicino, man mano che la linea di costa avanzava verso il mare aperto. Tali torri sono infatti risultate fondamentali nella ricostruzione delle antiche linee di costa.

Dalla figura 4 si evince che l'avanzamento della linea di costa alla foce del Tevere, seppure con velocità differenti, è stato continuo dall'epoca romana fino agli inizi del '900. Da allora è invece in atto un arretramento della linea di costa, sia per cause naturali che antropiche (BERSANI & MORETTI, 2008).

È infine interessante notare che l'andamento dei fenomeni di piena del fiume Tevere nel diagramma dopo l'anno 1000 è molto simile anche ad altri importanti fiumi che sfociano nel Mediterraneo: l'Ebro, il Rodano ed il Nilo.

2. - IL CLIMA NELL'ULTIMO SECOLO

Ponendo ora l'attenzione al clima nell'ultimo secolo, in base agli studi del Prof. Sabino Palmieri (PALMIERI *et alii*, 2003, 2007) ed in particolare allo studio più recente del 2008 (PALMIERI *et alii* 2008, MIGLIARDI & BERSANI, 2008), è stato individuato un *Change Point* climatico nel bacino idrografico del fiume Tevere, utilizzando una statistica non parametrica (con i metodi CUSUM e Pettitt), che prende in esame 4 parametri:

- A: afflussi annuali medi sull'intero bacino;
- Ana: afflussi nel semestre novembre-aprile medi sull'intero bacino;
- T: temperature medie annuali;
- Tmo: temperature medie nel semestre maggio-ottobre.

Alla stazione idrometrica di Roma-Ripetta i deflussi annuali del Tevere hanno cominciato a presentare un *trend* negativo a partire dal periodo 1984-86. È presumibile che il bacino, dopo un congruo periodo (4-6 anni circa), abbia risposto a due fattori indipendenti:

Tab. 3 – *Altezze idrometriche massime in metri alla stazione di Roma Ripetta nei vari mesi dell'anno divise per diversi intervalli di tempo (da BERSANI, 2004 modificato).*

– Maximum hydrometric levels (meters) in Roma Ripetta measurement station in different months of the year, divided in different intervals of time (BERSANI, 2004 modified version).

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Periodo												
1000 – 1400	> 16,0 26-1-1180	> 16,0 -1232	--	--	--	--	--	--	--	--	17 9-11-1379	17 -1388
1401 – 1600	17.41 8-1-1476	--	> 16,0 13-3-1488	--	--	--	--	--	18.9 15-9-1557	18.95 8-10-1530	17.22 30-11-1422	19.56 24-12-1598
1601 – 1680	18.27 23-1-1606	17.55 22-2-1637	--	--	> 14,0 -1620	--	--	--	--	--	17.11 5-11-1660	16.41 7-12-1647
1681- 1781	15.02 -1743	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15.99 6-11-1686	15.58 -1762
1782 – 1801	14.41 5-1-1876	14.49 17-2-1783	13.3 -1798	13.52 -1797	10.81 3-5-1786	9.89 2-6-1783	8.15 17-7-1783	7.58 3-8-1792	7.89 -1804	13.1 26-10-1784	14.55 10-11-1789	14.68 17-12-1784
1802 – 1821	--	16.42 2-2-1805	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1822 – 1870	14.92 20-1-1863	15.34 7-2-1843	14.9 28-3-1855	12.65 15-4-1849	12.61 10-5-1856	11.88 4-6-1844	8.52 6-7-1868	11.92 7-8-1868	11.85 19-9-1859	13.85 25-10-1846	14.45 10-11-1845	17.22 29-12-1870
1871 – 1920	14.28 1/9/19	16.08 2/15/15	14.25 3/8/17	13.48 10-4-1885	13.45 5/16/05	10.8 6/7/14	10.7 26-7-1874	8.7 8-8-1880	10.78 25-9-1878	13.75 22-10-1896	15.37 16-11-1878	16.17 1/7/37
1921 – 1962	14.9 1/4/29	14.53 2/6/47	13.87 3/2/36	11.67 4/24/26	11.75 5/2/56	10.35 6/15/39	8 7/19/32	7.5 8/28/53	10.86 9/20/60	13.83 10/31/28	13.52 11/19/29	16.84 12/17/37
1963 – 2010	10.76 1/16/80	12.72 2/17/76	9.44 3/2/78	10.74 4/16/78	9.74 5/1/74	8.98 6/3/97	6.72 7/15/86	7.71 8/10/02	12.65 9/3/65	10.82 10/26/64	11.77 11/22/91	12.46 12/30/64

la diminuzione delle precipitazioni nel semestre freddo (novembre-aprile) e l'aumento della temperatura dell'aria nel semestre maggio-ottobre.

Entrambi questi *trend* si sono consolidati intorno al 1980, che appare quindi un *Change Point* climatico di notevole importanza, identificato da entrambi i metodi di indagine.

Questo cambiamento climatico non ha effetto locale, ma costituisce una caratteristica ben identificata degli andamenti delle grandezze meteorologiche nell'intero emisfero nord, sia pure con intensità diverse in vari settori (TRENBERTH, 1990).

Conferme sperimentali di questo *Change Point* climatico nel bacino del Tevere sono:

- 1) l'inizio degli abbassamenti dei livelli dei laghi di Albano e Nemi, ubicati al margine sud-orientale del bacino del Tevere, risale al 1984 (REGIONE LAZIO, 1999).
- 2) nel novembre 1985 a seguito di una pioggia ragguagliata nel bacino del Tevere di oltre 100 mm nei sei giorni precedenti il colmo di piena a Roma, si è registrata una portata al colmo alla stazione di Roma Ripetta di soltanto 350-400 m³/s, mentre in tutti gli altri

casi studiati dal 1870 al 2010 (BERSANI & BERSANI, 2008) ad una tale pioggia, avvenuta in qualsiasi stagione dell'anno, ha corrisposto a Roma una portata al colmo di almeno 1.200 m³/s.

3) Le portate del Tevere a Roma-Ripetta divise per decennio dal 1870 al 2010 mostrano i minimi per tutte le portate esaminate (800, 1.000, 1.400 e 2.000 m³/s) nei decenni 1981-1990 e 1991-2000.

4) Il numero di giorni (BERSANI & BERSANI, 2008) con portata media giornaliera Q_{med} maggiore o uguale a 350 m³/s diminuisce notevolmente da dopo l'anno 1986.

A proposito del punto 3) la figura 5 (da BERSANI & BENCIVENGA, 2001, modif. ed estesa) mostra le diverse portate di piena (800, 1.000, 1.400 e 2.000 m³/s) del Tevere a Roma, divise per decennio dal 1870 al 2010.

Nella figura 5 (costruita per il periodo 1822-1871 in base ai dati di MINISTERO DI AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO - COMMISSIONE IDROGRAFICA, 1873) si vede che i valori minimi per tutte le portate di piena diminuiscono sensibilmente dal decennio 1981-1990, all'interno del quale appunto è avvenuto il menzionato *Change point* climatico, inoltre si nota come i valori delle



Fig. 4 - Evoluzione della linea di costa alla foce del Tevere (da BERSANI & MORETTI, 2008). 1) Campanile Basilica S. Ippolito del sec. XII; 2) Torre Niccolina o Torre diruta del 1450; 3) Torre Alessandrina del 1662; 4) Torre Clementina del 1773; 5) Castello di Ostia antica; 6) Torre Boacciana edificata nel IX sec. d.C. su ruderi romani e restaurata nel 1420; 7) Torre San Michele del 1569; 8) Faro di Fiumicino costruito nel 1903 ed abbattuto nel 1944; 9) Nuovo Faro di Fiumicino costruito nel 1950 circa; 10) Ricostruzione di Porto (I-IV sec. d.C.) al Museo della Via Ostiense a Roma.

- Evolution of the coastline at the Tiber mouth (from BERSANI & MORETTI, 2008). 1) Basilica S. Ippolito bell tower, sec. XII; 2) Niccolina Tower or diruta Tower, 1450; 3) Alessandrina Tower, 1662; 4) Clementina Tower, 1773; 5) Ostia antica castle; 6) Boacciana Tower built in IX sec. a.C. on Roman ruins and restored in 1420; 7) San Michele Tower, 1569; 8) Fiumicino Lighthouse built in 1903 and demolished in 1944; 9) New Fiumicino Lighthouse built around 1950; 10) Port rebuilding (I-IV cent. a.C.) at the of Via Ostiense Museum, Rome.

portate di piena si mantengono bassi anche per i 2 decenni successivi.

Nel grafico di figura 5 l'intervallo tra 2 piene consecutive considerate è almeno di sette giorni, mentre la portata degli eventi di piena considerati è stata ricavata dalle scale di deflusso contenute in BENCIVENGA *et alii*, CALENDÀ & MANCINI, 2001.

Inoltre per gli eventi di piena (anni 1965, 1976, 1984, 1986 e 2008) con portata superiore a 2.000 m³/s è stata considerata la portata naturale (CALENDÀ *et alii*, DI MALTA, MANCINI & UBERTINI, 1997), la portata cioè che si sarebbe avuta senza la laminazione del serbatoio di Corbara.

Per quanto riguarda invece il punto 4 era stato riscontrato che il numero di giorni con portata media giornaliera Q_{med} maggiore o uguale a 350 m³/s diminuisce notevolmente a partire dal 1986 (BERSANI & BERSANI, 2008). Il grafico, ora aggiornato al 2010, è riportato in figura 6, dove si nota che nel periodo 1932-1986 il numero di giorni con Q_{med} maggiore o uguale a 350 m³/s è pari a 50, mentre nel periodo successivo 1987-2010 risulta inferiore a 17.

Il grafico di figura 6 è stato costruito con i dati di Ufficio Idrografico e Mareografico, Compartimento di Roma (1918 - 2002) e Regione Lazio - Servizio Idrografico Regionale (2000-2010).

La scelta di prendere in considerazione la portata di 350 m³/s non è casuale, essendo tale portata infatti (DALL'OGGIO & REMEDIA, 1984) la portata di soglia in cui inizia il trasporto solido del Tevere a Roma.

Il grafico di figura 6 in effetti non è omogeneo dal 1932 fino al 1986, ma nella presente memoria si prende in considerazione soltanto l'evidente cambiamento avvenuto intorno al 1986.

A guardare con attenzione il grafico di figura 5 si vede che nell'ultimo decennio 2000-2010 vi è una risalita rispetto al decennio precedente per tutte le portate di piena. Questa risalita nel decennio in questione è iniziata a partire dal 2004 ed ha portato nel dicembre 2008 ad un evento di piena eccezionale (vedi tab. 1) con una portata "naturale" pari a circa 2.000 m³/s, l'altezza idrometrica al colmo corrispondente è stata di 12,51 m, che classifica la piena invece soltanto come ordinaria (vedi

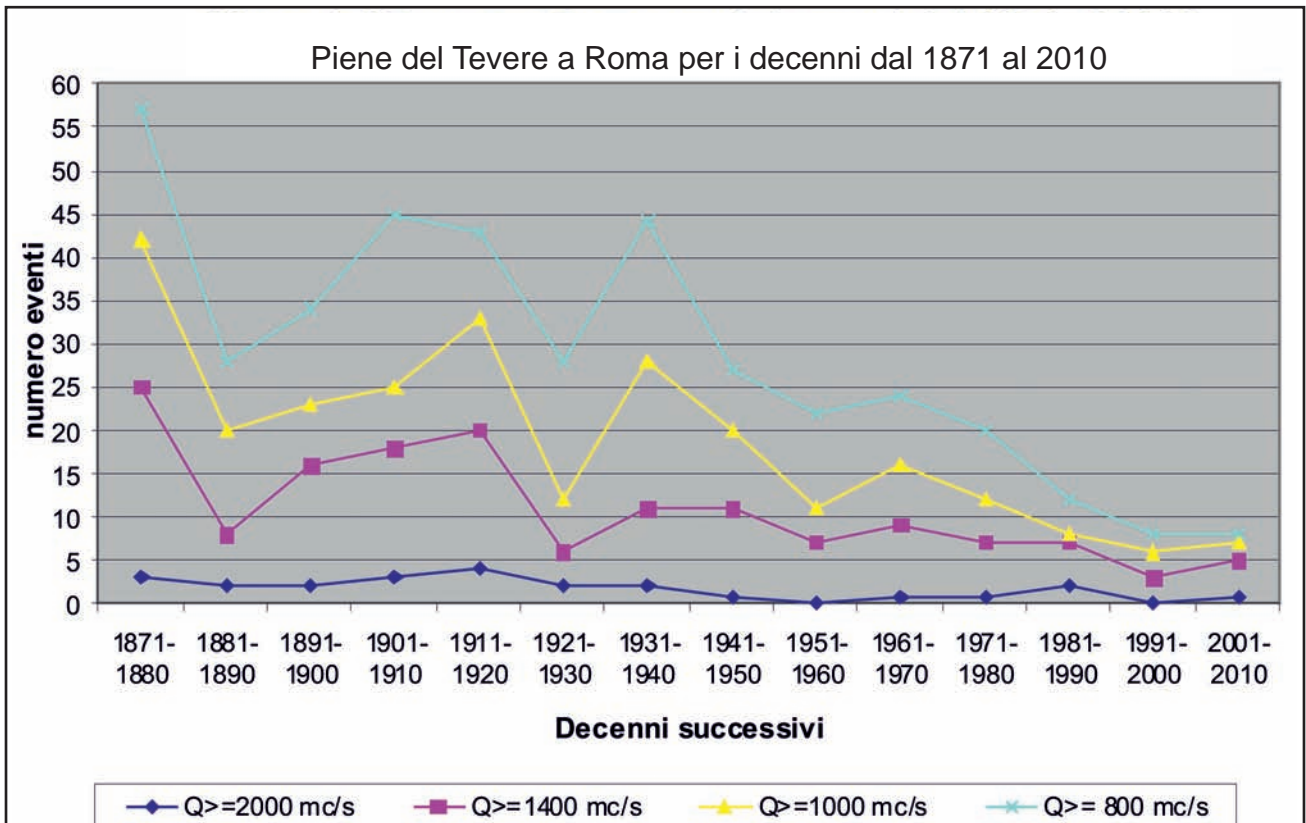


Fig. 5 – Piene del Tevere a Roma per diverse portate per i decenni dal 1870 al 2010 (BERSANI & BENCIVENGA, 2001, modif. ed estesa).
 - Tiber Floods in Rome for several flows in the decades 1870-2010 (BERSANI & BENCIVENGA, 2001, modif. and extended).

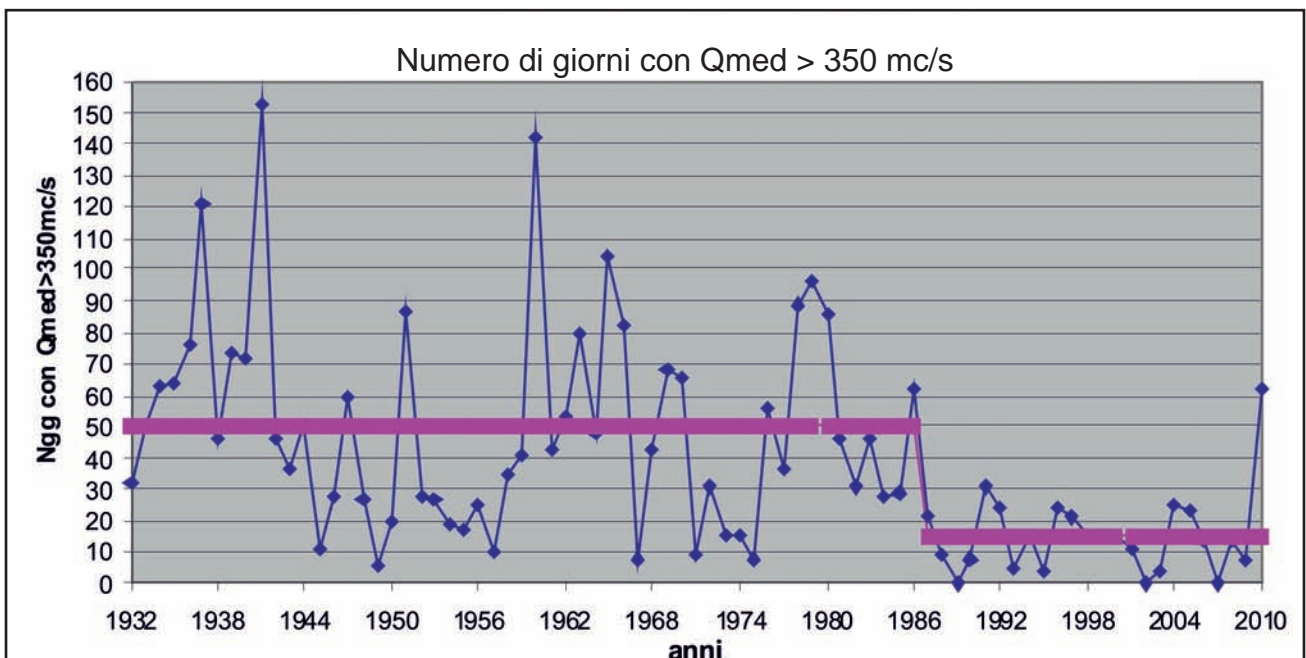


Fig. 6 – Numero di giorni con portata media giornaliera Qmed superiore a 350 m³/s dal 1932 al 2010.
 - Number of days with average daily flow Qmed greater than 350 m³/s from 1932 to 2010.

tab. 2), rispetto all'altezza idrometrica. Inoltre nell'anno 2010 vi sono state altre due piene che hanno superato (secondo la scala di deflusso riportata in BENCIVENGA

et alii, 2001) la portata di 1.400 m³/s, con altezza idrometrica al colmo a Ripetta pari a 11,10 m il giorno 11 gennaio e di 11,56 m il giorno 3 dicembre.

Inoltre, il grafico di figura 6 indica chiaramente che nell'anno 2010 vi è stato un deciso aumento del numero di giorni con portata media giornaliera Q_{med} superiore a $350 \text{ m}^3/\text{s}$.

Anche se dal 2008-2010, la temperatura non ha subito variazioni in senso negativo vi sono alcuni indizi quali l'aumento della piovosità sia annuale che nel semestre primavera - estate e l'innalzamento dei livelli di falda nel bacino del Tevere che lasciano ipotizzare che vi sia forse in atto un nuovo *Change point* climatico.

A proposito dell'innalzamento dei livelli della falda idrica in figura 7 è riportato l'andamento del livello del lago di Martignano dal settembre 2008 all'ottobre 2010, mentre in figura 8 è riportato l'andamento del livello del lago di Nemi per lo stesso periodo di tempo. Questi diagrammi, così come i diagrammi dei laghi di Bracciano ed Albano, mostrano che da quando il Servizio Idrografico del Lazio, a partire dal settembre 2008, ha tenuto sotto il controllo il loro livello, vi è stata una risalita, con il livello minimo estivo dal 2008 al 2010 sempre a quote più elevate. Va sottolineato tuttavia che i livelli degli specchi liquidi, in particolare per i laghi di Albano e Nemi, sono ancora a quote assai inferiori a quelle che avevano agli inizi degli anni '80 prima del *Change Point* climatico dianzi descritto (PALMIERI *et alii*, 2008).

Bisogna anche prendere in considerazione l'ipotesi secondo la quale il fortissimo terremoto avvenuto in Indonesia il 26 dicembre 2004 (con conseguente tsunami) di Magnitudo pari a circa 9,3 gradi della scala Richter abbia potuto, sia pur leggermente, cambiare l'inclinazione dell'asse terrestre, causando così una maggiore piovosità nell'emisfero settentrionale. Inoltre recentemente, l'11 marzo 2011 si è registrato un altro fortissimo terremoto in Giappone (con conseguente tsunami) di Magnitudo 8,9 gradi della scala Richter, anch'esso forse responsabile di modifiche nell'inclinazione dell'asse terrestre.

Solo i prossimi anni ci diranno se attualmente siamo in presenza di un nuovo *Change Point* climatico o meno.

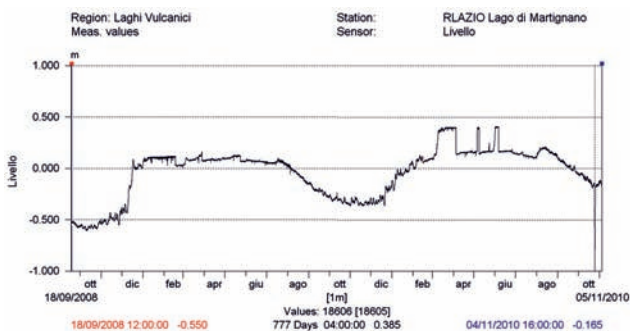


Fig. 7 - Livello del lago di Martignano da settembre 2008 a novembre 2010 (dati del Servizio Idrografico Regionale del Lazio).

- *Water level of Martignano lake from september 2008 to novembre 2010 (data from Servizio Idrografico Regionale del Lazio).*

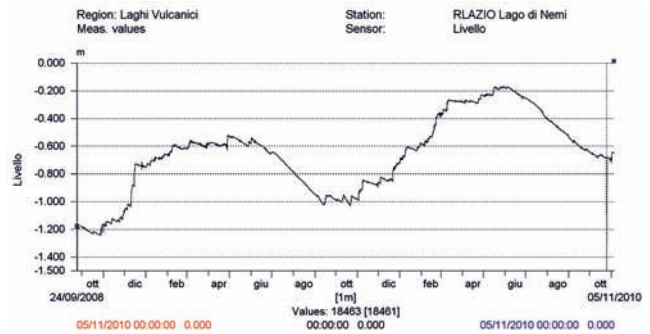


Fig. 8 - Livello del lago di Nemi da settembre 2008 a novembre 2010 (dati del Servizio Idrografico Regionale del Lazio).

- *Water level of Nemi lake from september 2008 to novembre 2010 (data from Servizio Idrografico Regionale del Lazio).*

Ringraziamenti

Si ringrazia L'Ing. Francesco Mele, Direttore del Servizio Idrografico della Regione Lazio, per aver gentilmente fornito i diagrammi dei livelli dei laghi di Martignano e Nemi.

BIBLIOGRAFIA

- BELATI M. (1999) - *Le inondazioni del Tevere nell'antichità*. Forma Urbis Anno IV n.7/8.
- BENCIVENGA M., CALEDA G. & MANCINI C. (2001) - *Ricostruzione storica delle scale di deflusso delle principali stazioni di misura nel bacino del fiume Tevere*. Il secolo XX, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale in collaborazione con l'Università Roma Tre, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- BENCIVENGA M., DI LORETO E. & LIPERI L. (1995) - *Il regime idrologico del Tevere, con particolare riguardo alle piene nella città di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 50.
- BERSANI P. & BENCIVENGA M. (2001) - *Le piene del Tevere a Roma dal V secolo a.C. all'anno 2000*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma. On line sul sito www.abtevere.it
- BERSANI A. & BERSANI P. (2002) - *Considerazioni storico-idrauliche su Ponte S. Angelo (o ponte Elio o di Adriano) sul fiume Tevere a Roma*. L'Acqua n. 5, Roma.
- BERSANI P. (2004) - *Fiume Tevere a Roma: piene nel periodo estivo e considerazioni sulla massima portata storica*. Geologia Tecnica e Ambientale n. 2. On line sul sito www.consigionazionalegeologi.it
- BERSANI P. & BERSANI A. (2008) - *Le piene del Tevere a Roma dal 1921 al 2007: Afflussi e stima del coefficiente di deflusso di piena*. Geologia Tecnica & Ambientale n. 3-4. On line sul sito www.consigionazionalegeologi.it
- BERSANI P. & MORETTI D. (2008) - *Evoluzione storica della linea di costa in prossimità della foce del Tevere*. L'Acqua, n. 5.
- BERSANI P. & BELATI M. (2010) - *La più antica iscrizione di un'inondazione del Tevere a Roma*. L'Acqua n. 5.
- BONINI F.M. (1663) - *Del Tevere incatenato ovvero l'arte di frenar le correnti*. Roma.
- CALEDA G., DI MALTA L., MANCINI C. & UBERTINI L. (1997) - *Distribuzione di probabilità dei colmi di piena del Tevere a Roma*. L'Acqua n. 3, Roma.
- CALVO B., PETACCIA A. & SAVI F. (2007) - *Simulazione della piena di fine novembre 2005 lungo il medio-basso Tevere*. L'Acqua n. 4, Roma.
- CASTIGLIONE J. (1599) - *Trattato dell'inondazione del Tevere*. Roma.
- DALL'OGGIO S. & REMEDIA G. (1984) - *Variazioni dell'alveo del Tevere da Ponte Milvio al mare*. Giornale del Genio Civile n. 122, Roma.
- DALL'OGGIO S. & REMEDIA G. (1986) - *Evoluzione dell'alveo*

- del Tevere tra Ponte Felice e Ponte Milvio*. *Giornale del Genio Civile* n. 124, Roma.
- DI GIOIA E.B. (1998) - *La più antica iscrizione medioevale sull'inondazione del Tevere*: 128-131. In: Cimino e Nota Santi: "Corso Vittorio Emanuele II tra urbanistica e archeologia - Storia di uno sventramento", Edizione Electa Napoli.
- DI MARTINO V. & BELATI M. (1980) - *Qui arrivò il Tevere. Le inondazioni del Tevere nelle testimonianze e nei ricordi*. Multi-grafica Editrice Roma.
- FROSINI P. (1977) - *Il Tevere, le inondazioni di Roma e i provvedimenti presi dal governo italiano per evitarle*. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- GREGOROVIVUS F. (1876) - *Sulla storia delle inondazioni del Tevere*.
- INFESSURA S. (1890) - *Diario della città di Roma*. A cura di Oreste Tommassini, Roma.
- LE GALL J. (1953) - *Le Tibre fleuve de Rome dans l'Antiquité*. Pubbl. de l'Institut d'Art et d'Archeologie de l'Université de Paris, Paris.
- LIBER PONTIFICIS (1955) - *Vita dei Papi*. Ediz. Duchesne, Parigi.
- MARGARITORA G. (1993) - *Il Tevere urbano*. Tavola rotonda su: *Rischi nei grandi bacini idrografici*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- MELE F., NAPOLITANO F., BORZILLO G., SABENE A. & PELLEGRINO F. (2006) - *La gestione in tempo reale della piena del novembre-dicembre 2005 nel bacino del Tevere*. Atti del 30° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Roma.
- MINISTERO DI AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO - Commissione Idrografica (1873) - *Tabelle delle altezze del Tevere osservate ogni giorno all'idrometro di Ripetta in Roma dal 1 gennaio 1822 al 31 dicembre 1871*. Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1924) - *L'idrometro di Ripetta, cenni storici ed osservazioni pluviometriche giornaliere 1782 - 1921*. Publ. n. 6 del Servizio Idrografico di Roma a cura dell'ing. Di Ricco, Roma.
- NATALE L. & SAVI F. (2004) - *Analisi Monte Carlo degli scenari di inondazione di Roma*. Atti della Giornata di studi sui Grandi bacini idrografici. Accademia dei Lincei, 6 novembre 2002. Roma.
- PALMIERI S., SIANI A.M. & CASALE G.R. (2003) - *Evoluzione del clima in Italia negli ultimi 50 anni*. Giornata Mondiale dell'Acqua, 21 marzo 2003: "La siccità in Italia" Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- PALMIERI S., BENCIVENGA M., BERSANI P., SIANI A.M. & CASALE G.R. (2007) - *Il Tevere. Evoluzione del fiume e clima*. L'Acqua n. 2.
- PALMIERI S., MIGLIARDI E. & BERSANI P. (2008) - *Trend and change points in the hydrometeorological history of the Tiber river basin*. *Geologia Tecnica & Ambientale* n.1. On line sul sito www.consiglionazionalegeologi.it
- PENSUTI M. (1923) - *Il Tevere*. Roma.
- PINNA M. (1996) - *Le variazioni del clima, dall'ultima glaciazione alle prospettive per il 21° secolo*.
- PIOTTI A. & FERRANTI C. (1996) - *Quaderno idrologico del fiume Tevere*. Supplemento al n. 2: "Tevere", rivista quadrimestrale dell'Autorità di bacino del Tevere, Roma.
- REMEDIÀ G., ALESSANDRONI M.G. & MANGIANTI F. (1998) - *Le piene eccezionali del fiume Tevere a Roma Ripetta*. Università degli Studi di L'Aquila, Dip. di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno (DISAT n. 3).
- REGIONE LAZIO (1999) - *ST10: Studio idrogeologico del complesso vulcanico dei Colli Albani e sistema gestionale per la tutela della risorsa idrica*. A cura dello studio LOTTI & Associati, 1999.
- REGIONE LAZIO - SERVIZIO IDROGRAFICO REGIONALE (2000-2010) - *Bollettini*.
- SEGUI G., THOENES C. & MORTARI L. (1996) - *S.S. Celso e Giuliano*. Edizioni Roma.
- TRENBERTH K.E. (1990) - *Recent Observed Interdecadal Climate Changes in the Northern Hemisphere*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*,

71 (7): 988-993.

UFFICIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO, COMPARTIMENTO DI ROMA (1918 - 2002) - *Annali idrologici Parte I e Parte II*. Roma.

APPENDICE

Le piogge che quasi sono state da 3 mesi in qua, et le straordinarie nevi cadute nel presente mese di maggio in queste montagne, sendosi disfatte per causa del vento scirocco, et d'una gran pioggia, che durò tutto sabbato notte, hanno fatto talmente crescere questo fiume Tevere che domenica cominciò ad uscir fuori del suo letto, innondando i luoghi più bassi di Roma. Et in particolare la strada dell'Orso sino alla pescaria di Ponte Sant'Angelo, et la strada di Ripetta verso la Piazza del Popolo, per le quali bisognava andare in barchetta. Et continuò nell'accrescimento tutto il lunedì sino alle 4 hore di notte, ma per gratia de Dio, calando martedì si vidde essere ritornato nel suo letto, havendo lasciato le cantine tutte piene d'acqua. Il che non è più accaduto in tale stagione al tempo nostro, ma benen dicono cent'anni sono nel pontificato di Leone decimo [Leo X]. La campagna dov'è arrivata questa inondatione ha patito molto danno, massime li campi di grano et li vigneti, raccontandosi tra l'altre cose, che lunedì sera, mentre il fiume andava crescendo, alcune serpi grosse condotte dall'acqua entrassero vicino al ponte Quattro Capi [Ponte Fabricio] in una mola. Et che degli uomini che dentro erano, alcuni per paura uscirno fuori et fu loro buona fortuna, perché s'avvidero essersi rotta una delle catene di ferro con le quali stava legata, et n'avvertirno gli altri loro compagni, che s'erano messi attorno quelle serpi per ammazzarle, o vero, farli ritornare in acqua. Essi ancora, subito usciti fuori la mola, per il grand'impeto dell'acqua, rottesi l'altre catene, et ligami, andò attraverso con interesse del padrone di circa 1500 scudi. Mentre è durata quest'inondatione si sono fatte d'ordine de superiori stantiamiento diligente, acciò le piazze continuassero a star provviste di pane a beneficio del popolo, non ostante la difficoltà che v'era in macinare il grano in queste mole sopra il Tevere. Et si è inteso che particolarmente siano innondati alcuni luoghi da altri fiumi nella Lombardia et in altre parti con danno della campagna, perdita di bestiame et morte anco di qualche persona. Con l'occasione della medesima inondatione del Tevere il signor Ricciardo Fantoni senese, habitante nella contrada della Madonna dell'Anima, dubitando che nella sua cantina entrasse l'acqua, et facendo però appuntellare le botti et fare altri ripari, vi fu trovato sepolto fra certa terra et sassi un corpo humano, ma tanto consumato et putrefatto che non si conosceva se fosse maschio o femina, sebene per non so che vestigio de vestimenti conosi et infraditi si va conietturando che sia più tosto femina, et per essergli, oltre alcuni denari, stato trovato l'uffitiolo et corona con crocetta et medaglie di san Carlo. E stato poi seppellito questo cadavero nella convicina chiesa di Santa Agnese. Intanto la corte ha fatto carcerare non solo il sudetto signor Ricciardo con tutta la sua famiglia, ma anco alcuni di quelli vicini per vedere di venire in cognitione di questo homicidio. [...]

(Archivio di Stato di Firenze, Fondo Mediceo del Principato, vol. 4028, ff. 513ss, Avvisi da Roma del 30 maggio 1615).