



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI
SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE

Pio Bersani – Mauro Bencivenga

**LE PIENE DEL TEVERE A ROMA
DAL V SECOLO a.C. ALL'ANNO 2000**



Anno 2001

In copertina è riportato l'acquarello raffigurante "la piena del Tevere a Roma del 1846" del pittore svizzero Salomon Corrodi (1810 – 1892), per gentile concessione del Prof. Pier Andrea De Rosa della associazione culturale "Studio Ottocento".



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI

SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE

Pio Bersani* – Mauro Bencivenga**

LE PIENE DEL TEVERE A ROMA DAL V SECOLO a.C. ALL'ANNO 2000

*geologo libero professionista, e-mail: piober@libero.it

**ingegnere dirigente del Servizio idrografico e Mareografico Nazionale, e-mail: mauro.bencivenga@dstn.it

Anno 2001

*Studiando, ricercando, ragionando,
cerchiamo di comprendere quanto ci è concesso.*

PREFAZIONE

Il presente lavoro si propone l'ambizioso obiettivo di riassumere 2500 anni di storia delle piene del Tevere a Roma, ragion per cui la prima parte si basa essenzialmente su una ricerca storica di quanto ci è stato tramandato dalle varie fonti bibliografiche e dai vari autori che nel tempo si sono interessati dell'argomento; mentre nella seconda parte, concernente gli ultimi 130 anni (dal 1870 al 2000), è stato possibile uno studio scientifico dei fenomeni di piena, grazie agli strumenti di misura e controllo che dal 1870 sono stati via via installati nel bacino del Tevere.

La storia di Roma è sempre stata intimamente legata alle vicende del suo fiume: il Tevere, presente sin dal tempo della leggenda della fondazione della città.

I periodi storici più felici per Roma sono stati contrassegnati da una valorizzazione del fiume e da un rispetto per esso, a cui ha fatto riscontro una migliore difesa dalle inondazioni, come testimoniano la storia dei primi secoli del periodo romano imperiale ed in epoca più recente il '600 il secolo del grande barocco romano, in cui sono vissuti grandi pontefici e grandi artisti.

Al contrario nei periodi contrassegnati dalla mancanza di un forte potere centrale, si è avuto un degrado delle condizioni della città e del fiume e quindi spesso conseguenze più disastrose in caso di piene che provocavano inondazioni, come nel periodo medioevale (per quanto sia poco conosciuto) ed in particolare nei secoli XV e XVI.

Scopo del presente lavoro, oltre a fornire un quadro il più completo possibile sullo stato delle conoscenze, è cercare di comprendere quanto abbiano influito sulle inondazioni a Roma le condizioni climatiche e quanto l'opera dell'uomo.

INDICE

1. PREMESSE	Pag. 1
2. SUDDIVISIONE IN SOTTOBACINI PRINCIPALI E CENNI DI GEOLOGIA	» 3
3. LE PIENE STORICHE DAL V SECOLO a.C. AL 1870 ...	» 6
3.1 Le piene del periodo Romano	» 9
3.2 Le piene dal Medio Evo a Roma capitale d'Italia	» 13
3.3 Note sulle altezze idrometriche registrate in passato	» 16
3.4 Le lapidi ricordo delle inondazioni	» 22
3.5 Principali mutamenti naturali ed antropici del bacino idrografico	» 26
3.6 Principali mutamenti delle condizioni dell'alveo del Tevere a Roma e loro influenza sulle inondazioni	» 28
3.7 Variazioni della linea di costa in prossimità della foce del Tevere	» 32
4. LE PIENE DAL 1871 AL 1920	» 35
5. LE PIENE DAL 1921 AL 2000	» 42
5.1 Metodologia di studio delle piene	» 42
5.2 Le piene in relazione alla distribuzione delle piogge	» 49
5.3 Piogge determinanti, diagramma di Frosini, analisi a cluster	» 52
5.4 Coefficiente di deflusso di piena e scala dello stato di satu- razione del bacino	» 62
5.5 Considerazioni sulla frequenza delle piene nel periodo 1871–2000	» 67

6. CONSIDERAZIONI SU FENOMENI DI PIENA E TRASPORTO SOLIDO	Pag. 72
7. CONCLUSIONI	» 76
BIBLIOGRAFIA	» 83

APPENDICE A – Fonti bibliografiche delle maggiori piene del Tevere a Roma (da Remedina et alii, 1998)

APPENDICE B – Colmi di piena alla stazione di Roma Ripetta dal 1871 al 1920, con altezza al colmo $H_c \geq 9,80$ m e con intervallo minimo di 7 giorni.

1. PREMESSE

Il lavoro esamina le piene del fiume Tevere a Roma dai tempi antichi fino all'anno 2000.

Naturalmente il grado d'informazione è diverso a seconda del periodo storico in cui sono avvenute le piene, diminuendo di norma man mano che si arretra nel tempo, anche se il periodo medioevale in particolare risulta quello meno conosciuto (nel periodo di Roma antica infatti le cronache del tempo sono ricche di informazioni, anche se certamente non ancora del tutto recepite dagli studiosi attuali).

Si è ritenuto opportuno dividere il periodo studiato in tre intervalli temporali: a) dal V secolo a.C. fino all'anno 1870; b) dall'anno 1871 all'anno 1920; c) dall'anno 1921 all'anno 2000.

Il periodo più antico fino al 1870 si basa essenzialmente sulle cronache delle inondazioni provocate a Roma dalle piene e sulle testimonianze dei livelli di piena tramandatici sulle tante lapidi che sono giunte ai nostri giorni.

Anche se già dal 1782 esistono misure dell'altezza idrometrica al primo idrometro di Ripetta, soltanto dall'anno 1871, in seguito alla grande alluvione del 29 dicembre 1870 sono cominciate da parte del Ministero dei Lavori Pubblici le osservazioni sistematiche del livello del fiume, giornaliera in condizioni normali e orarie in caso di piena. (Tali osservazioni sono raccolte in volumi manoscritti ora conservati nella Biblioteca dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Roma).

A tali altezze idrometriche è possibile associare (per il periodo 1871–1920) un valore della portata grazie alla recente ricostruzione delle scale di deflusso (Bencivenga, Calenda e Mancini, 2000) delle tre grandi piene di quel periodo (1870, 1900 e 1915).

Infine dal 1921 sono iniziate le osservazioni pluviometriche giornaliera in un gran numero di stazioni distribuite in tutto il bacino idrografico e contemporaneamente sono iniziate le misure sistematiche di portata, che sono pubblicate annualmente sugli annali idrologici del Servizio Idrografico di Roma.

Dal 1921 al 2000, per un periodo di 80 anni, è quindi possibile uno studio scientifico delle piene del Tevere a Roma in relazione alla distribuzione delle piogge nell'intero bacino.

Nel presente lavoro sono state esaminate 55 piene con portata al colmo maggiore o uguale a $1400 \text{ m}^3/\text{s}$, avvenute in tale periodo; per lo studio di queste piene sono stati elaborati oltre 21000 dati di pioggia giornaliera.

Il lavoro si propone essenzialmente di raccogliere e divulgare quanto esistente sulle piene del Tevere a Roma, proponendo tutti i dati disponibili (altezze idrometriche, portate e altezze di pioggia) e limitando al massimo “filtri” e post-elaborazioni dei dati di osservazione.

2. SUDDIVISIONE IN SOTTOBACINI PRINCIPALI E CENNI DI GEOLOGIA

Da quando esiste il serbatoio di Corbara è stata proposta una nuova schematizzazione del bacino del Tevere in 4 sottobacini (Bersani et alii, 1999), riportata in fig. 1.

Nelle condizioni attuali del fiume infatti è più corretto considerare il corso principale formato dall'asta fluviale del fiume Paglia e dall'asta fluviale del Tevere dalla confluenza appunto col Paglia fino alla foce, poiché sull'asta fluviale del Paglia non esistono dighe mentre invece il deflusso liquido del Tevere a monte della confluenza col Paglia è regolato dalla diga con serbatoio di Corbara.

In pratica cioè è possibile considerare un bacino principale: Paglia + basso Tevere di circa 5343 km² che riceve in sinistra idrografica tre affluenti principali: l'alto Tevere sotteso dalla diga di Corbara (circa 6077 km² di bacino), il fiume Nera (circa 4290 km² di bacino) e il fiume Aniene (circa 1446 km² di bacino).

Pertanto di seguito sono riportati alcuni cenni sulla geologia del bacino seguendo la divisione nei 4 sottobacini citati.

A) Bacino del Paglia + basso Tevere con 5343 km² di superficie. Il bacino è costituito da terreni molto eterogenei. Il bacino del fiume Paglia (1338 km²) è costituito in gran parte da terreni prevalentemente argillosi di età pliocenica e in parte minore dalla formazione delle argille scagliose di età oligocenica, mentre nella parte più meridionale del bacino affiorano i prodotti vulcanici dell'apparato Vulsino. Il bacino del Paglia è nel complesso impermeabile. Il basso Tevere (4005 km²) dal punto di vista litologico si divide in due parti. La parte occidentale (ad ovest del Tevere) e meridionale è ricoperta dai prodotti vulcanici di età pleistocenica degli apparati Vulsino, Vicano, Sabatino e dei Colli Albani. La parte ad est del Tevere è invece costituita dai sedimenti prevalentemente argillosi di età pliocenica nei rilievi collinari in prossimità del fiume, mentre la parte più esterna montana è costituita da successioni calcareo-marnose-silicee tipiche dell'ambiente pelagico e dell'ambiente di transizione bacino-piattaforma di età dal Lias al Miocene. Sia la valle del Paglia che la valle del Tevere da Baschi alla confluenza con l'Aniene sono depressioni originate da una fase tettonica distensiva plio-pleistocenica. La permeabilità del bacino del basso Tevere è nel complesso abbastanza elevata.

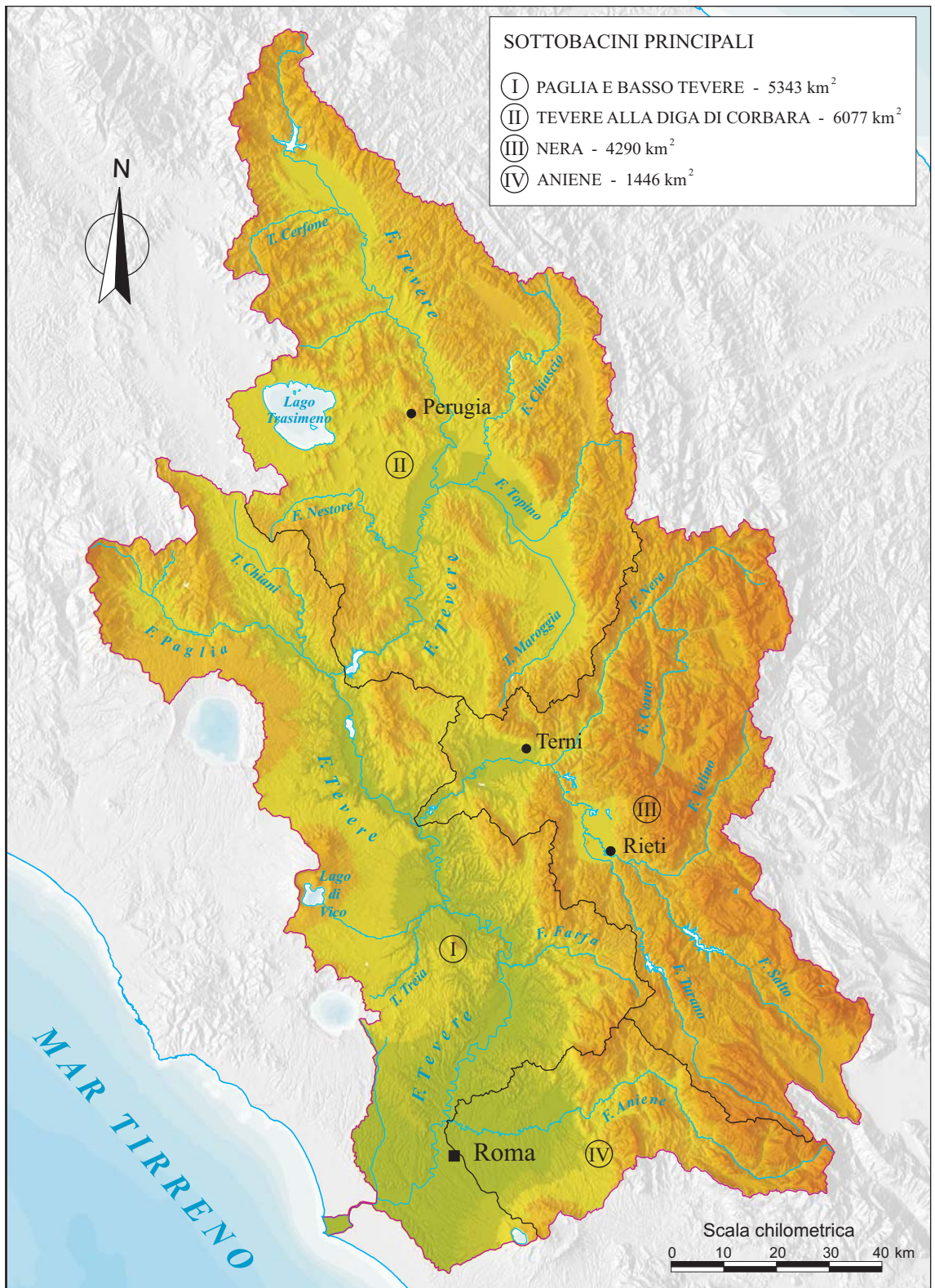


Figura 1 – Il bacino idrografico del Tevere

B) Bacino dell'alto Tevere (fino alla diga di Corbara) con 6077 km² di superficie. Questo bacino è costituito nelle zone collinari e montuose prevalentemente dai sedimenti del Complesso dei depositi sinorogenici indifferenziati composto per lo più da depositi argillosi e arenacei torbiditici di età dal Cretacico al Pliocene inferiore. Mentre i sedimenti lacustri e fluvio-lacustri di età pleistocenica occupano le parti più pianeggianti, dove un tempo si estendeva il lago Tiberino: da Perugia a Todi con la sua diramazione verso Foligno e Spoleto. Il bacino è nell'insieme prevalentemente impermeabile.

C) Bacino del fiume Nera con 4290 km² di superficie. Il bacino è costituito nella parte settentrionale prevalentemente da successioni calcareo-marnose-silicee tipiche dell'ambiente pelagico e dell'ambiente di transizione bacino-piattaforma di età dal Lias al Miocene, mentre nella parte meridionale prevalgono le successioni calcaree e calcareo-dolomitiche dell'ambiente di piattaforma subsidente di età dal Lias al Miocene. Nella parte centrale del bacino vi sono alcune importanti piane, che testimoniano vaste depressioni tettoniche, ora colmate da depositi fluvio-lacustri: la piana di Terni (che rappresenta una diramazione dell'antico lago Tiberino prima citato), la piana di Rieti, la piana di San Vittorino e la piana di Leonessa. La permeabilità del bacino è nel complesso elevata; il 5% della sua superficie (Bencivenga e Bersani, 2000) è costituita da bacini calcarei endoreici.

D) Bacino del fiume Aniene con 1446 km² di superficie. Il bacino è costituito nella sua parte montana dalle formazioni calcaree con elevato grado di carsificazione della serie di piattaforma carbonatica, di età dal Lias al Cretacico superiore. Nella parte centrale del bacino affiorano i sedimenti della successione calcareo-marnoso-silicea dell'ambiente di transizione bacino-piattaforma di età dal Lias al Miocene. Nella parte finale del bacino affiorano i prodotti vulcanici di età pleistocenica provenienti dall'apparato dei Colli Albani. Il bacino risulta nel complesso molto permeabile ed è caratterizzato da un carsismo (esteso anche ai depositi carbonatici sottostanti i sedimenti marnoso-arenacei) più spinto in confronto al bacino del Nera, rispetto al quale i circuiti delle acque sotterranee risultano così più rapidi.

3. LE PIENE STORICHE DAL V SECOLO a.C. AL 1870

Le inondazioni della città di Roma da parte del Tevere hanno rappresentato un problema sin dall'antichità, la cui soluzione si è ottenuta soltanto alla fine dell'800 con la costruzione dei "muraglioni" all'interno della città di Roma, decisi in seguito alla grande piena del 1870 e realizzati tra il 1880 e il 1890 nel tratto Ponte Margherita–Ponte Palatino e completati in tutto il tratto urbano nel 1925.

Molti autori si sono interessati in passato alla compilazione di elenchi delle inondazioni del Tevere a Roma. Fra questi il primo lavoro a carattere scientifico, cui si rifanno in parte anche gli autori successivi, si deve a Le Gall (1953) nel suo "Le Tibre fleuve de Rome dans l'Antiquité", dove per ogni piena citata viene riportata la fonte d'informazione.

Tra gli autori più recenti che hanno compilato questi elenchi, a partire dalle piene del V sec a.C., si ricordano: Frosini (1977), Luciani (1985), Bencivenga (1995) e Remedia (1998). Tutti questi lavori citano la fonte dell'informazione di ogni singola piena riportata, eccetto Luciani (1985) che si limita alla sola elencazione degli anni in cui le piene sono avvenute. Inoltre in un rapporto interno del Servizio Idrografico e Mareografico di Roma del 1998 sono elencate le piene dall'anno 1000 all'anno 1870, senza però che sia citata la fonte d'informazione.

Nelle tabelle 1, 2 e 3 che seguono sono messe a confronto le piene che hanno causato inondazioni a Roma dei 5 autori sopracitati, ritenendo opportuno dividere il periodo in questione nei seguenti tre intervalli temporali, come comunemente in uso:

- dal V sec. a.C. all'anno 0 dell'era cristiana (tab. 1);
- dall'anno 0 dell'era cristiana all'anno 1000 (tab. 2);
- dall'anno 1001 all'anno 1870 (tab. 3, in cui è riportata, quando conosciuta, anche l'altezza idrometrica misurata o ricostruita a Ripetta).

Oltre i 5 autori citati nelle tabelle sono contenute alcune piene riportate da altri autori (Romano, 1941; Ventriglia, 1971; D'Onofrio, 1980; Di Martino, 1980; Rendina, 1999) che nei loro testi non hanno stilato elenchi di inondazioni, ma ne citano alcune che sono "sfuggite" agli autori degli elenchi menzionati. Ragion per cui di queste "fonti minori" sono riportate soltanto le piene "inedite". È stato infine riportato un elenco più antico (Perrone, 1899), perché ritenuto di particolare interesse storico, nel quale sono contenute 15 piene con altezza idrometrica a Ripetta superiore a 15 m, tale elenco è stato ripreso dal volume "Idrografia fluviale" edito dal Ministero dei

DATA	REMEDIA 1998	BENCIVENGA 1995	LUCIANI 1985	FROSINI 1977	D'ONOFRIO 1980
414 a.C.	X	X	X (419)	X	
363	X	X	X	X	
241	X	X	X (242)	X	
215	X	X	X (216)	X	
214			X		
203	X	X	X (204)	X	
202	X	X	X	X	
193	X	X	X	X	
192	X	X	X (191)	X	
189	X	X		X	
93			X		
60					X
54	X	X	X	X	
44	X	X		X	
32					X
27	X	X	X	X	
23	X	X		X	
22	X	X	X	X	
13	X	X	X	X	
4 a.C.			X		

Tab. 1 – Inondazioni del Tevere a Roma nel periodo avanti Cristo.

DATA	REMEDIA 1998	BENCIVENGA 1995	LUCIANI 1985	FROSINI 1977	DI MARTINO 1980
5 d.C.	X	X	X (4)	X	
12		X		X	
15	X	X	X (14)	X	
20			X		
36	X	X		X	
56			X		
69	X	X	X (68)	X	
77			X		
98	NERVA 96-98	NERVA 96-98	X	NERVA 96-98	
105	TRAIANO 98-117	TRAIANO 98-117	X	TRAIANO 98-117	
119	ADRIANO 117-138	ADRIANO 117-138	X	ADRIANO 117-138	
127			X		
147	X	X		X	
162	MARCO AURELIO 161-180	MARCO AURELIO 161-180	X	MARCO AURELIO 161-180	
217	X	X	X	X	
223			X		
253	X	X	X	X	
371	X	X	X (374)	X	
379	X	X		X	
398	X	X		X	
411	X	X		X	
555	X	X		X	
570	X	X	X	X	
589	X	X	X	X	
685	X	X	X	X	
717			X		X (716)
725	X	X	X	X	
778	X	X	X	X	
791 dicembre 20	X	X	X (792)	X (791-792)	
847 novembre 22	X	X			
856 gennaio	X	X	X	X	
860 ottobre 30	X	X	X	X	
860 dicembre 27	X	X	X	X	
976			X		

Tab. 2 – Inondazioni del Tevere a Roma nel primo millennio dopo Cristo.

DATA	REMEDIA 1998	BENCIVENGA 1995	LUCIANI 1985	FROSINI 1977	S.L. DI ROMA 1998	RENDINA 1999	D'ONOFRIO 1980	DI MARTINO 1980	ROMANO 1941	VENTRIGLIA 1971	PERRONE 1899	Hidrom (m) Ripetta
1003			X									
1170			X									
1180 gennaio	X	X	X	X	X							>16
1230 febbraio 2	X	X	X	X	X							>16
1277 novembre 6	X	X	X	X	X							>16
1280 dicembre			X								X	(16,02)
1310 gennaio	X	X		X								
1345 novembre	X	X		X								
1350			X									
1376 dicembre					X							17,00
1378			X									
1379 novembre 9	X	X		X	X							17
1383			X									
1412			X									
1415 ottobre 31			X	X (a)								
1422 novembre 30	X	X	X	X	X							17,22
1438 novembre 2			X	X (a)								
1442			X									
1449			X									
1467 novembre 29			X	X (a)								
1474			X									
1475 novembre				X (a)		X	X					
1476 gennaio 8	X	X		X	X							17,41
1480 dicembre 26								X				
1485 novembre 25			X	X (a)								
1488 13 marzo							X		X			
1492 dicembre 4				X (a)								
1493 settembre			X	X (a)								
1495 dicembre 5	X	X	X	X	X						X	16,88
1500 novembre						X						
1514 novembre 13	X	X	X	X	X							>16
1522			X									
1530 ottobre 8	X	X	X	X	X						X	18,95
1557 settembre 15	X	X	X	X	X						X	18,90
1567			X							X		
1572			X									
1589 novembre 10	X	X	X	X	X							>16
1598 dicembre 24	X	X	X	X	X						X	19,56
1599 gennaio 10				X								
1606 gennaio 23	X	X	X	X	X						X	18,27
1637 febbraio 22	X	X	X	X	X						X	17,55
1647 dicembre 7	X	X	X	X	X							16,41
1660 novembre 5	X	X	X	X	X						X	17,11
1686 novembre 6	X	X	X	X	X							15,99
1695								X				
1700 novembre						X		X				
1702 dicembre	X	X	X								X	15,42
1742 gennaio	X		X	X							X	15,02
1750 dicembre	X	X	X								X	15,58
1777								X				
1783 febbraio 17					X							14,49
1784 dicembre 17					X							14,69
1786 gennaio 5					X							14,41
1788										X		
1789 novembre 10					X							14,55
1805 febbraio 2	X	X	X	X	X						X	16,42
1809	X											15,47
1836 febbraio 5					X							14,20
1843 febbraio 7	X		X								X	15,34
1844 febbraio 27					X							>14
1845 novembre 10					X							14,45
1846 dicembre 10	X	X	X	X	X						X	16,25
1851 novembre 10					X							14,04
1855 febbraio 17					X							14,79
1855 marzo 28	X											14,90
1858 dicembre 3	X				X							14,07
1863 gennaio 20	X											14,92
1870 dicembre 29	X	X	X	X	X						X	17,22

Tab. 3 – Maggiori piene del Tevere a Roma dall’anno 1001 all’anno 1870. Per il secolo XIX sono state considerate le piene con altezza idrometrica a Ripetta superiore a 14,0 m. (a) = allagamenti secondo Frosini (1977).

Lavori Pubblici alcuni anni prima. In tale elenco figura come eccezionale ($h = 16,02$ m) anche la piena del dicembre 1280. Tale valore è stato però riportato tra parentesi in tab. 3, perché non confermato da nessuno degli autori successivi.

Soprattutto per il periodo più antico (tabb. 1 e 2) vi è il rischio che la stessa piena possa essere stata ubicata due volte in due anni successivi da autori diversi, a causa della difficoltà di attribuzione della data esatta, per cui in questi casi si è preferito considerare un unico evento di piena, riportando tra parentesi l'anno diverso riportato dall'autore meno documentato.

Non si può infine escludere che "l'errore di stampa" possa avere, in alcuni dei lavori considerati, di fatto "classificato" una piena in realtà inesistente, soprattutto quando riportata da un solo autore e senza che ne sia citata la fonte.

È comunque interessante notare come la semplice lettura di alcuni testi sulla storia di Roma abbia evidenziato l'esistenza di diverse piene non riportate negli elenchi "classici".

Nell'Appendice A sono riportate le fonti d'informazione delle piene delle tabb. 1 – 3 elencate da Remedea et alii, 1998; tale lavoro costituisce infatti la più completa ricerca bibliografica sull'argomento. Le fonti d'informazione per le piene delle tabb. 1 – 3 non comprese in detto lavoro, sono quelle riportate nelle tabelle stesse e nel testo.

3.1 Le piene del periodo Romano

La città di Roma, sin dal suo periodo più antico, dovette lottare per rendere vivibili ed abitabili le parti di territorio su cui si andava via via sviluppando. Per eliminare i vasti e malsani acquitrini presenti nelle zone a quote meno elevate e in comunicazione con il Tevere, già nel VII secolo a.C. ebbe inizio la costruzione delle cloache (Rosicarelli, 1985), condotti cioè posti ad idonea profondità sotto il piano campagna, correnti lungo la linea di compluvio delle vallette esistenti tra i colli e sfocianti direttamente nel fiume. La prima cloaca fu realizzata nell'epoca dei re dal primo Tarquinio nell'anno 616 a.C. per bonificare la zona compresa tra i colli Palatino e Capitolino. Successivamente nel tempo furono costruite altre cloache per bonificare le vallate comprese tra i colli Quirinale, Viminale ed Esquilino fino a che, da Tarquinio il Superbo, nell'ultimo periodo della Roma Regia, venne realizzata la Cloaca Massima a risanamento delle aree del Foro, del Circo Massimo, della Suburra e nella quale furono incanalate anche le acque del Velabro, che spesso ristagnavano nella zona dove attualmente è ubicato l'arco di Giano a quattro fornic.

Il grave difetto delle cloache romane (e delle successive chiaviche nell'era papale) era quello di sboccare direttamente nel Tevere per cui, ad ogni piena

del fiume, le acque rigurgitando dalle fogne inondavano estesamente le parti basse della città.

Nel periodo Repubblicano e successivamente in quello Imperiale le cloache da opere preminentemente idrauliche, costruite cioè per la bonifica del suolo, vengono trasformate in opere idraulico-igieniche, atte a smaltire le acque superficiali e quelle usate dai Romani che, copiose giungevano a Roma per mezzo dei suoi grandiosi undici acquedotti (il primo acquedotto costruito a Roma, si ricorda, fu l'Appio nel 311 a.C.).

Una rete di fognatura (Rosicarelli, 1985) costituisce per la città ciò che il sistema venoso è per il corpo umano: smaltisce cioè quanto il sistema arterioso, gli acquedotti, vi adducono.

Le opere di bonifica delle zone più depresse e la realizzazione delle fognature sin qui descritte possono considerarsi il primo tentativo di controllo delle acque superficiali e quindi di difesa della città di Roma dalle inondazioni del Tevere.

La città di Roma nel periodo Repubblicano sorgeva prevalentemente sulle alture e le parti basse erano per lo più occupate da edifici pubblici, come ad esempio, l'enorme edificio del "Porticus Aemilia" (Moccheggiani Carpano, 1985) del II secolo a.C. costruito per il porto fluviale all'altezza della pianura tra il Tevere e l'Aventino, allo scopo di accogliere le derrate alimentari provenienti dal mare Tirreno.

La situazione (Di Martino e Belati, 1980) dovette cambiare radicalmente dopo che Cesare ebbe indicato nel Campo Marzio la nuova zona di sviluppo della città, sviluppo che fu incoraggiato soprattutto da Augusto (31 a.C. – 14 d.C.), che vi costruì importanti edifici ed eresse, ai limiti di questa area, il mausoleo della sua dinastia.

Durante tutto l'Impero si assiste ad un crescente sviluppo della città nel Campo Marzio e al di là della via Lata (l'attuale via del Corso), dove nel II secolo d.C. sorsero interi quartieri di abitazioni. In questo prorompente sviluppo, Roma si estese, oltre che nel Campo Marzio, in altre due aree pianeggianti in prossimità del fiume: Trastevere e la zona dell'Emporio ai piedi dell'Aventino.

È evidente che in seguito a questo nuovo assetto della città, le inondazioni del Tevere dovettero assumere, in epoca imperiale, una importanza ed una drammaticità che non ebbero di certo fino a tutto il periodo della Repubblica.

Non stupisce pertanto (Di Martino e Belati, 1980) il fatto che sia stato proprio Augusto il primo ad affrontare il problema della difesa dalle inondazioni, facendo allargare e sistemare il letto del Tevere e fu lo stesso Augusto

(o secondo alcuni Tiberio, 14 – 37 d.C.) ad istituire i “curatores alvei Tiberis et riparum” con il compito di delimitare e tenere sgombro l’alveo.

Una difesa “indiretta” dalle inondazioni fu prodotta dai grandi incendi della Roma imperiale, dove la gran parte delle costruzioni era in legno, e i detriti furono utilizzati per rialzare la quota delle zone più depresse. L’incendio del 64 d.C. durante l’impero di Nerone durò ben 9 giorni e distrusse gran parte della città dal Colle Oppio all’Appia fino alla porta Capena. I detriti (Ventriglia, 1971) furono utilizzati per colmare tra l’altro la palude Caprea (la zona ove ora sorge S.Andrea della Valle), il Velabro, nel Foro il pavimento della via Sacra fu rialzato di circa 2 metri, il livello del Campo Marzio fu rialzato di circa 3 metri, etc. Altri incendi vi furono poi verso la fine dell’Impero ad opera dei barbari invasori: Alarico nel 410 d.C. e Genserico nel 455 d.C. Anche alcuni terremoti (Lanciani, 1985; Guidoboni, 1989; Bersani, 1994) hanno probabilmente contribuito a produrre macerie.

È interessante notare che sotto l’attuale Ponte Sisto è stato ritrovato un frammento di pietra proveniente dall’antico ponte di Agrippa, che portava incise delle cifre in numeri romani poste una sotto l’altra ad una distanza corrispondente alla misura di un piede romano. È quasi certo (Di Martino e Belati, 1980) che quelle cifre rappresentavano il frammento di un vero e proprio idrometro, che doveva servire a controllare il crescere della acque del fiume ed a stabilire quanto mancasse al raggiungimento del livello di guardia (la scala graduata era infatti decrescente dal basso verso l’alto).

È inoltre probabile che le Mura Aureliane, costruite dall’imperatore Aureliano (270 – 275 d.C.) presenti in riva sinistra dalla Porta del Popolo fino al Ponte di Agrippa (oggi ricostruito con il nome di Ponte Sisto) e dall’altezza della Porta Portuense fino ad oltre il Monte Testaccio, svolgessero una funzione di argine in caso di piena del fiume per la parte della città compresa nel Campo Marzio.

Una difesa dalle inondazioni della città di Roma era costituita inoltre da una maggiore larghezza dell’alveo del fiume rispetto all’attuale, pari a circa 130 m (Bersani et alii, 2002 in corso di stampa) a giudicare dalla lunghezza dei ponti del tempo: Senatorio, Elio e Cestio + Fabricio. Tale lunghezza è in accordo con quanto affermato dal famoso archeologo Lanciani (riportato in Perrone, 1899), il quale scoprì che i resti dell’antico “Emporium” nei pressi oggi di via Marmorata, erano arginati da tre ordini di banchine, le quali da una larghezza di 70 m per le magre, arrivavano appunto a circa 130 m per le piene.

Inoltre non bisogna dimenticare che il deflusso del Tevere a Roma era facilitato, rispetto alla situazione attuale, da una maggiore pendenza dell’al-

veo; infatti la foce del Tevere e la linea di costa erano ubicati circa 4 km più a monte, come testimonia ad esempio la posizione della città di Ostia con il suo porto. Però già l'imperatore Claudio (41 – 54 d.C.) dovette costruire un nuovo porto, che per problemi di insabbiamento fu poi sostituito all'inizio del II secolo d.C. dal nuovo porto costruito dall'imperatore Traiano, il quale aprì il canale di Fiumicino (Flumen Micinum) anche con l'intento di facilitare il deflusso delle acque a mare, come difesa dalle inondazioni.

A proposito dell'avanzamento della linea di costa è interessante notare (Bellotti, 1989 e 1994) come forse anche l'origine della città di Ostia sia legata a questi spostamenti. Infatti i resti più antichi noti di Ostia risalgono al V secolo a.C., mentre la sua fondazione viene indicata nei testi (Tito Livio e Plinio il vecchio) intorno al VII secolo a.C. Ciò ha fatto pensare ad alcuni studiosi che la prima Ostia fosse stata fondata più a sud, quando il Tevere si immetteva ancora in una laguna disposta parallelamente alla linea di costa, in prossimità di una comunicazione (fluviale) che la laguna stessa aveva con il mare nella sua parte meridionale. In effetti una conferma che il Tevere avesse una foce rivolta a sud della laguna è data dai resti di un paleoalveo identificato per la prima volta nelle foto aeree del 1911 e successivamente rinvenuto anche in alcuni sondaggi.

Le piene dal V al II secolo a.C. ci sono state tramandate da Tito Livio (59 a.C. – 17 d.C.) nella sua grande storia di Roma "Ab Urbe condita libri", nei libri giunti fino ai nostri giorni, mentre le piene dal I secolo a.C. all'inizio del II secolo d.C. sono giunte a noi attraverso la "Storia Romana" dello storico greco Dione Cassio (155 – 235 d.C.). Completano le informazioni sulle piene del periodo romano le opere di altri autori come Tacito e Plinio (Remedia et alii, 1998).

In alcuni anni riportati nella tab.1 si sono avute più piene (Remedia et alii, 1998): 2 piene nel 215 a.C. e ben 12 piene nel 189 a.C.

Nella tab. 1 sono riportate le due piene del 60 e del 32 a.C. riprese da D'Onofrio (1980, pag. 134), dove è scritto che queste due piene insieme ad altre successive avrebbero contribuito a minare la solidità di Ponte Sublicio.

Ventriglia, 1971 riporta una inondazione del Tevere a Roma, che sarebbe avvenuta nel 194 a.C., tale piena però non è stata riportata in tab. 1, perché si tratta di un errore di attribuzione dell'anno, essendo infatti stata ripresa dalla stessa fonte (Tito Livio XXXV, 21, 5–6) della piena del 192 a.C., a cui sappiamo con certezza che Livio si riferisce.

Un'informazione indiretta sulle piene di questo periodo viene fornita anche dall'archeologia. Infatti nella zona dell'attuale via della Lungara vi era la "Villa Farnesina" di età romana, così denominata perché scoperta sui terreni di proprietà della famiglia Farnese.

La Villa Farnesina, i cui affreschi murali, che ne hanno permesso la datazione sono ora conservati al Museo Nazionale Romano di Palazzo Massimo

a piazza dei Cinquecento, è stata costruita tra il 30 e il 20 a.C. e poi abbandonata secondo gli archeologi a causa delle inondazioni del Tevere (probabilmente per le due piene avvenute nel 23 e nel 22 a.C.).

Per quanto riguarda infine il periodo precedente al V secolo a.C. esistono scarsissime informazioni. Luciani (1985) riporta una inondazione, nell'anno 749 a.C., Carcani (1893) riporta un'inondazione nel VII anno della storia di Roma, mentre Le Gall (1953) esclude che si possa vedere un'inondazione del Tevere nell'area dove sarebbe poi sorta Roma nella leggenda, legata alla nascita di Roma, della cesta contenente Romolo e Remo trasportata dal fiume.

3.2 Le piene dal Medio Evo a Roma capitale d'Italia

Nel presente lavoro per il periodo che va dall'anno 1000 all'anno 1870 (vedi tab. 3) sono state "riscoperte" alcune piene solitamente non riportate negli elenchi delle piene di questo periodo.

Per il periodo tardo medievale D'Onofrio (1980) riporta le piene del 1475 e del 1488. Infatti a pag. 303 narra che il papa Alessandro VI Borgia in data 13 marzo 1488 tornando da San Gregorio al Celio trovò che l'acqua del fiume presso San Celso arrivava fino al petto del cavallo e fino a coprire interamente i prati (di Castello) arrivando a circa un palmo e mezzo (30 cm circa) dalla lapide ricordo della piena del Giubileo passato (1475)", indicando così che anche la piena del 1475 era stata di importanza tale da meritare una lapide ricordo. D'Onofrio C. (1980) riporta ancora a pag. 303 un'inondazione dell'anno 1305, tale piena però non è stata inserita in tab. 3, perché si tratta probabilmente di un errore di stampa, che dovrebbe essere corretto in 1310.

Romano (1941) nel suo testo sul rione "Ponte" nel vol. I a pag. 18 riporta, ancora per il tardo medioevo, quanto segue: "Il 26 dicembre 1480 il Tevere raggiunse il < latus aedis sancti Celsi > (la chiesa era ancora nella piazza di Ponte), come conferma il diarista Pontani, il quale narra pure che alli 12 (marzo 1488) venne lo fiume alto, che arrivò al porticale di san Celso, et lo papa era andato a San Gregorio (al Celio) et non potette ritornare in palazzo". Romano (1941) ancora nel suo testo sul rione "Ponte" nel vol. III a pag. 7-8 così narra a proposito di questa piena: "Il pontefice (Giulio II Della Rovere, 1503 – 1513) venne indotto a prendere questo provvedimento perché il sacro tempio (la chiesa dei santi Celso e Giuliano) molto aveva sofferto per l'inondazione del marzo 1488". Il provvedimento di cui si parla era la demolizione dell'antica chiesa dei santi Celso e Giuliano, l'ampliamento della piazza di Ponte (la quale era stata aperta nell'anno 1451 da papa Nicolò V davanti a Ponte S. Angelo, in riva sinistra, proprio nell'ambito della sistemazione di questo ponte) e della via de' Banchi (oggi via del

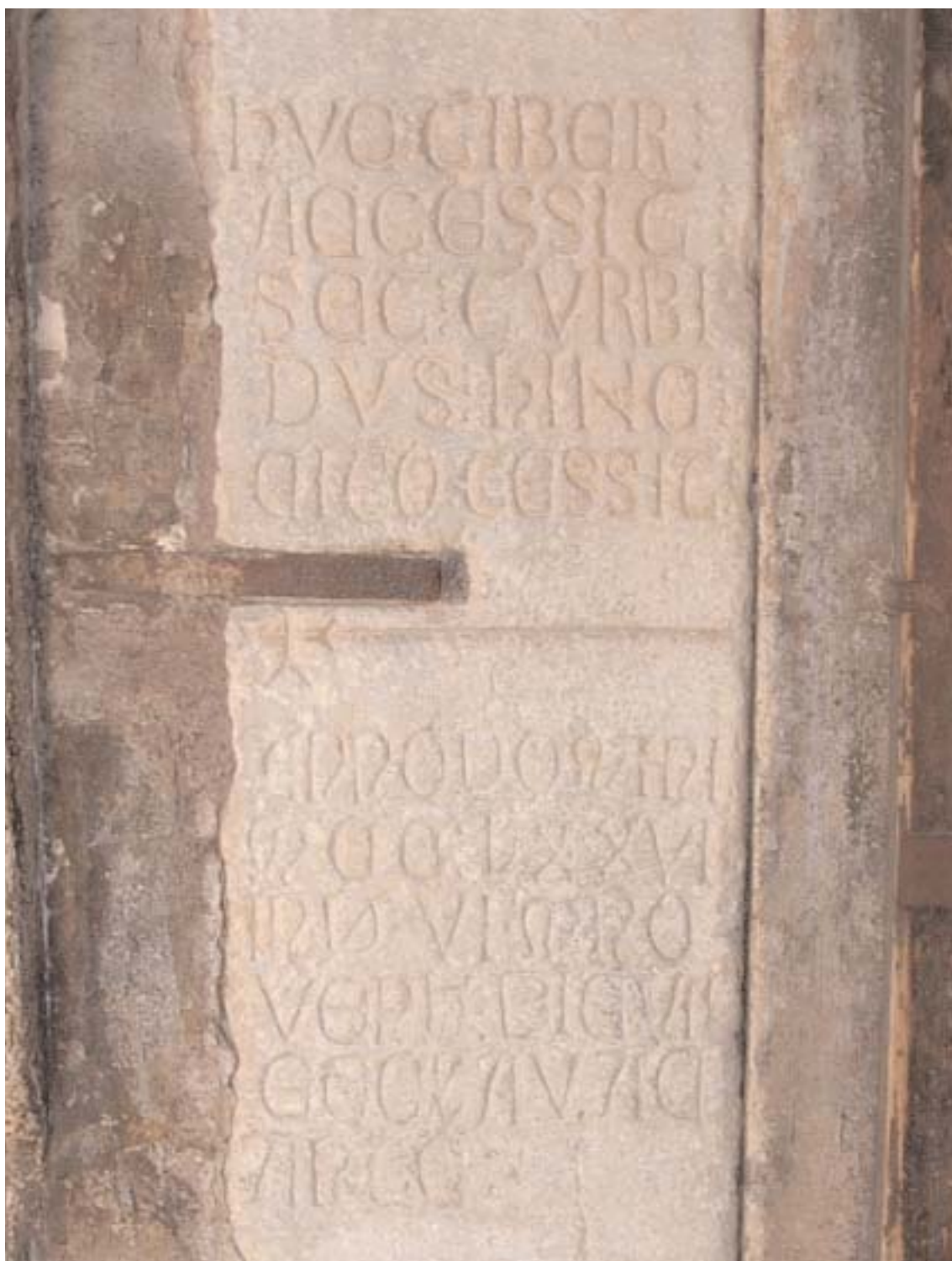


Foto 1 – Lapide ricordo dell'inondazione del Tevere del novembre 1277, attualmente ubicata sotto l'Arco de' Banchi. Il testo (tradotto dal latino) è il seguente: "Qui giunse il Tevere ma, torbido si ritirò ben presto nell'anno del signore 1277 nella seconda indizione il settimo giorno del mese di novembre, sede vacante". (Foto Angelo Canalini)

Banco di S. Spirito) e la ricostruzione della chiesa su questa via. La via de' Banchi veniva chiamata anche "Canale di Ponte" perché durante le piene l'acqua vi si precipitava come in un vero e proprio canale.

La piena del 1488, ora descritta, riportata da Romano (1941), è la stessa riportata anche in D'Onofrio (1980).

Ancora per il basso Medioevo e per il periodo successivo, Rendina (1999) nel suo libro sugli Anni Santi di recente pubblicazione, fornisce interessanti notizie circa tre piene avvenute tutte ovviamente in anni giubilari: nel novembre 1475, nel novembre 1500 e nel novembre 1700. A proposito della piena del 1475 così riporta a pag. 36: "Un enorme nubifragio colpì Roma a fine novembre, con l'inondazione del Tevere e una pestilenza, così che il papa prolungò il Giubileo fin alla Pasqua del 1476". Quanto scritto da Rendina è in accordo con D'Onofrio (1980) e contrasta invece con Frosini (1977) che, come riportato in tab. 3, considerava per quest'anno (1475) solo un semplice allagamento.

Inoltre Rendina (1999) per la piena del 1500 così riporta a pag. 38: "Verso la fine di novembre del 1500, in seguito alle piogge torrenziali, il Tevere straripò e provocò un'inondazione e mezza città fu un mare di fango; per questo la chiusura dell'Anno Santo fu spostata all'Epifania del 1501". Che l'anno 1500 sia stato un anno meteorologicamente perturbato lo confermano anche Castiglioni e Saba (1957) nella loro "Storia dei papi", quando raccontano che il 29 giugno di quell'anno "un ciclone svelse il tetto della sede papale, schiantò il soffitto, sconvolse il pavimento e lo stesso papa (Alessandro VI Borgia) rimase ferito".

Infine a proposito della piena dell'anno 1700, Rendina (1999) così riporta a pag. 58: "Si verificarono diverse calamità naturali con le piogge torrenziali, l'inondazione del Tevere e perfino un terremoto. La basilica di San Paolo divenne inagibile e la visita (giubilare) del 28 novembre era stata spostata nella basilica di S. Maria in Trastevere per 8 giorni". Non essendo noto a Roma un terremoto nell'anno 1700, i danni della Basilica di San Paolo devono essere stati causati dalla piena, che quindi deve essere stata considerevole. Inoltre Di Martino e Belati (1980) riportano che il Belli menzionava una lapide di un'inondazione, ubicata sulla via Flaminia avvenuta con la sede vacante. Secondo Di Martino la lapide si riferisce proprio alla piena del novembre 1700, ed infatti Clemente XI Albani (1700 – 1721) fu proclamato papa il giorno 30 novembre 1700 (Rendina, 1999). Il fatto che di questa piena (con straripamenti nella città di Roma sia nella zona nord, nella via Flaminia, sia nella zona sud, alla basilica di San Paolo) ci sia giunta notizia

di una sola lapide, ci induce a pensare che sia avvenuta proprio in un periodo di sede vacante.

Lo stesso autore scrive che vi furono straripamenti (o forse escrescenze) annuali del Tevere a Roma dall'anno 1700 all'anno 1703, ma per le poche notizie raccolte, in tab. 3 sono stati riportati solo gli eventi del 1700 e del 1702.

Le informazioni “inedite” ora riportate indicano che man mano che si scaverà negli archivi della storia di Roma (ed anche semplicemente tra i testi già pubblicati), si avranno sempre più notizie di piene ora sconosciute. Così- ché già ora non appare più vera la famosa affermazione dell'abate Bonini del 1666: “tra l'860 e il 1180, per ben 320 anni, non si sentì o non si sa che Roma sia stata inondata”. Infatti, come visto in tab. 3, Luciani (1985) riporta in tale periodo tre inondazioni negli anni 976, 1003 e 1170.

3.3 Note sulle altezze idrometriche registrate in passato

La prima stazione idrometrica a Ripetta è entrata in funzione sin dal 1782, da allora esistono informazioni sui livelli di piena. Questo idrometro è stato sostituito nel 1821 da un nuovo idrometro in pietra (ora dismesso ed ubicato poco distante su un lato della chiesa di San Rocco). Nel 1893 durante la costruzione dei “muraglioni” urbani, l'idrometro del 1821 fu sostituito da un idrometro ubicato immediatamente a monte di Ponte Cavour, che è tuttora in funzione unitamente agli strumenti registratori che nel tempo sono stati installati sul ponte Cavour.

Prima ancora degli idrometri del 1798 e del 1821, il livello delle inondazioni a Roma veniva “registrato” sulle famose colonne di travertino del porto settecentesco di Ripetta, inaugurato nel 1704. Su tali colonne sono stati riportati, riprendendoli probabilmente da iscrizioni su palazzi nelle immediate vicinanze, anche i livelli raggiunti dall'acqua in alcune delle maggiori inondazioni precedenti (1495, 1530, 1598, 1606, 1637, 1660, 1686 e 1702). Questi stessi livelli sono stati poi riportati anche sull'idrometro in pietra del 1821 prima citato.

Nella tab. 3 sono riportate le altezze idrometriche, misurate o ricostruite, dei livelli di piena ai vari idrometri di Ripetta che si sono succeduti nel tempo, tralasciando in questa sede la trattazione sulle variazioni dello zero idrometrico.

In tab. 3 la piena del 1557 è stata riportata con un'altezza di 18,90 m anche se alcune fonti (Frosini, 1977; Remedea, 1998) attribuiscono a questa piena

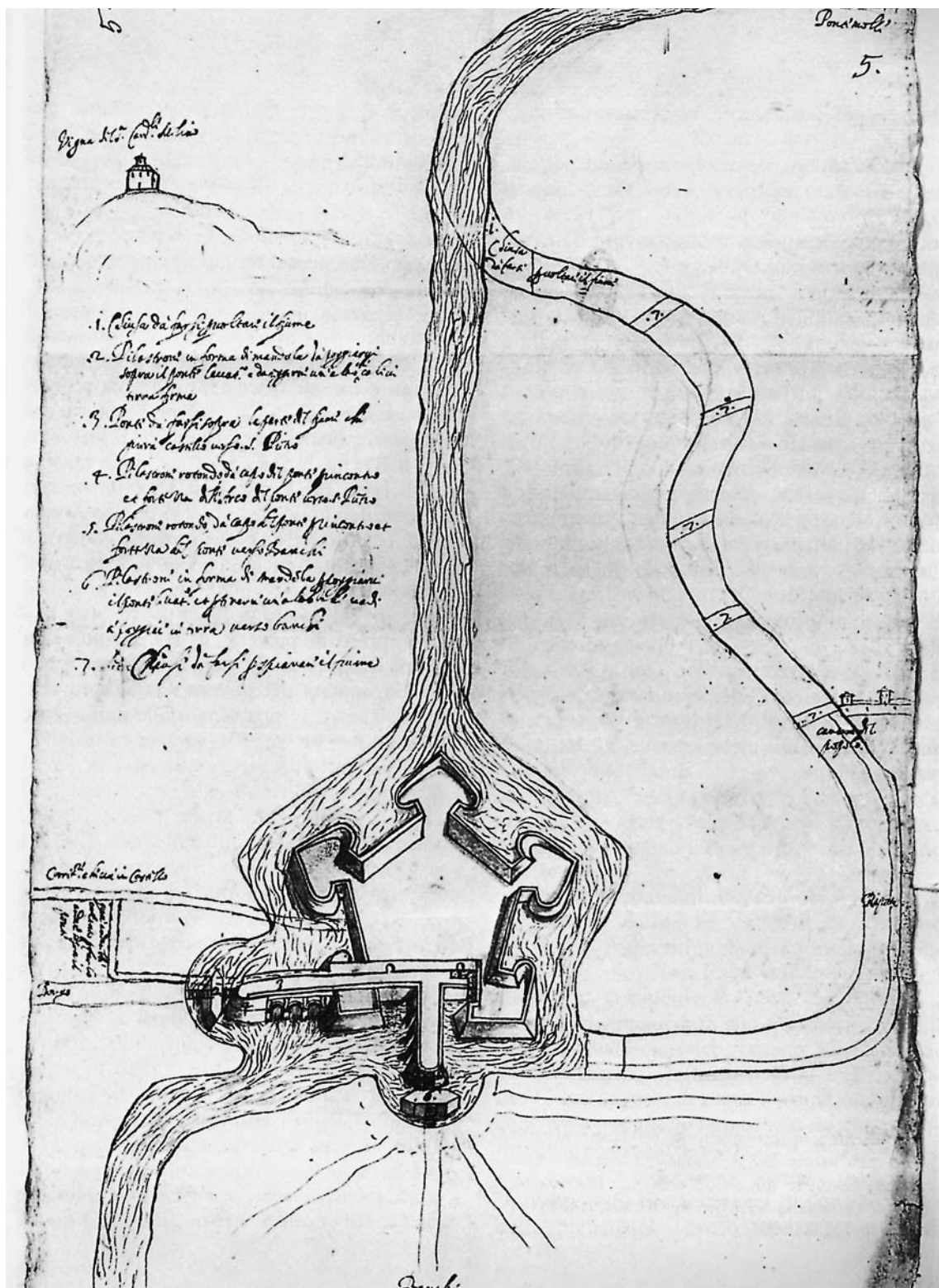


Foto 2 – Disegno di anonimo (databile al 1626 circa) rappresentante il progetto di un “drizzagno” del Tevere dall’altezza di Villa Madama a Monte Mario fino al fossato di Castel S. Angelo. (da C. D’Onofrio, 1980)

un'altezza di 18,00 m; l'attribuzione dell'altezza idrometrica di questa piena è in effetti controversa perché essa non è riportata nelle famose colonne del Porto di Ripetta, poiché quasi tutte le lapidi ricordo di questa piena furono distrutte dai romani in quanto riportavano il nome del mal sopportato papa Paolo IV Carafa (1555 – 1559) e questa deve essere stata anche la sorte della lapide che originariamente doveva trovarsi in un palazzo vicino al successivo porto di Ripetta.

Nella stessa tab. 3 è riportata la piena del 10 novembre 1589 con altezza maggiore di 16 m. Tale piena (Frosini, 1977) ha avuto un altro colmo di altezza di poco inferiore il giorno 4 novembre, che ha provocato anch'esso un'inondazione. Il colmo del 4 novembre non è stato però riportato nella tabella, perché come per i periodi successivi (dopo il 1870) si sono considerate indipendenti 2 piene consecutive, quando avvenute a distanza di tempo di almeno 7 giorni (per lo stesso motivo dell'anno 1647 è riportata l'inondazione del 7 dicembre e non quella del 10 dicembre). Frosini (1977), riprendendola da Gigli (1958), riporta notizia di un successivo colmo di piena che sarebbe avvenuto il giorno 24 dello stesso mese di dicembre 1647, che non è stato però inserito in tab. 3 per mancanza di dati certi.

Anche nel caso della piena del 10 novembre 1589 l'altezza idrometrica è indicata approssimativamente come maggiore di 16 m, perché di tale inondazione è giunta a noi memoria di una sola lapide (nella zona dell'attuale via dell'Orso, ora anch'essa scomparsa), poiché Sisto V (1585 – 1590), morto solo pochi mesi dopo l'inondazione, subì la stessa “damnatio memoriae” di papa Paolo IV Carafa, ragion per cui anche questa piena non è riportata sulle colonne del porto di Ripetta.

In tab. 3 è stata inserita anche la piena del 10 gennaio 1599, tale piena infatti (Frosini, 1977) è riportata unitamente alla grande piena del dicembre 1598 nel testo di un “avviso” dell'epoca stampato a Cremona: “Avvisi ultimi venuti dalla città di Roma, che narrano due grandissime et spaventevoli inondazioni seguite l'una il 23–24–25 dicembre 1598 e l'altra alli 10–11 gennaio 1599”.

In tab. 3 è riportata la piena del gennaio 1742, che ha raggiunto un'altezza idrometrica a Ripetta di 15,02 m. Tale piena risulta molto interessante, perché nel rilievo del 1744 degli ingegneri bolognesi Chiesa e Gambarini, è riportato il livello raggiunto dalle acque di questa piena ai vari ponti di Roma.

La piena del 1788 (Ventriglia, 1971) è stata inserita in tab. 3 perché in essa si è interrato completamente il braccio del Tevere compreso fra l'isolotto

immediatamente a monte dell'isola Tiberina e la sponda sinistra del Tevere, la quale risultò quindi più avanzata dopo tale evento.

La piena della tab. 3 del 1572 riportata da Luciani (1985) è probabilmente la stessa riportata nell'anno 1571 da Brizzi, 1989 (che la riprende a sua volta da Moroni, 1840 – 61), che la menziona per dimostrare come a quel tempo le piene fossero interpretate a guisa di un castigo divino.

Nella tab. 3 inoltre non è stata riportata la piena dell'anno 1575 (Autori vari, 1998), perché forse confusa con quella dell'anno 1557, che avrebbe contribuito a minare la stabilità del ponte Senatorio, poi crollato nella piena del 1598.

Probabilmente dopo le grandi inondazioni del 1530 e del 1557 le piene dovevano rappresentare un evento “quasi normale” e non furono messe nuove lapidi ricordo se non per le nuove piene veramente eccezionali (1589 e 1598).

Nella stessa tab. 3 infine non è stata riportata la piena del 1628 presente nell'elenco originale di Luciani (1985) perché essa, come spiegano Di Martino e Belati (1980), è stata confusa dal Bonini con quella del 1637, errore tra l'altro ripreso pari pari dalla Commissione ministeriale del 1871.

Per le piene storiche, tralasciando in questa sede come già detto le variazioni dello zero idrometrico, è stato possibile collegare le altezze idrometriche dei livelli di piena con gli effetti che ne seguivano (Di Martino, 1980; Barberis, 1991):

- a 13 m: l'acqua raggiungeva l'occhialone di Ponte Sisto e si avevano i primi allagamenti per rigurgito dalle fognature;

- a 14 m: cominciavano le tracimazioni dal fiume;

- a 16 m: si avevano le vere e proprie inondazioni.

Di Martino e Belati (1980) fanno una suggestiva descrizione delle inondazioni del Tevere a Roma, ricostruendo uno scenario approssimativamente vero per le maggiori inondazioni del passato, che si riporta: “Durante le piene eccezionali il Tevere aveva per letto l'intera valle; ora si osservi come detta valle sia molto ampia fino alla confluenza con l'Aniene, subito dopo si restringa fra i monti Parioli e le colline di Tor di Quinto, si mantenga angusta per tutto il tratto occupato dalla città per poi allargarsi di nuovo. Ne consegue che le acque di piena, proprio in corrispondenza dell'abitato acquistavano la massima velocità e il maggiore impeto. Generalmente una delle correnti principali incontrando l'ostacolo di ponte Milvio, imboccava la via Flaminia prorompendo in città attraverso Porta del Popolo e dilagando per la via del Corso e Ripetta; una seconda impetuosa corrente seguiva le pendici di

Monte Mario per giungere poi a Castel S. Angelo, dove si riuniva alle acque che avevano seguito l'altro percorso creando terribili vortici che travolgevano qualsiasi cosa incontrassero sul loro cammino". La corrente che fuoriusciva in riva destra a monte di Ponte Milvio era quella, già descritta ad esempio nella riportata inondazione del 1488, che invadeva "fino a coprire interamente, i Prati di Castello" (l'attuale zona di piazza Mazzini e del quartiere Prati) e che poi ritornava nel fiume all'altezza di Castel S. Angelo. Il Tevere, come avviene in tutti i fiumi in piena, tendeva a rettificare il suo corso, tagliando il meandro che va dall'altezza di Monte Mario fino all'altezza di Ponte S. Angelo. Numerosi sono stati (D'Onofrio, 1980) i progetti (mai realizzati) all'inizio del '600 (in particolare dopo la grande piena del dicembre 1598) di aprire un drizzagno dalle pendici di Monte Mario fino all'altezza di Ponte S. Angelo. Il problema era però di vecchia data, essendo stato Giulio Cesare il primo a proporre la costruzione di un canale del genere.

Quanto descritto poc'anzi da Di Martino e Belati, 1980 mette bene in evidenza l'importanza della strettoia, a valle della confluenza con l'Aniene, costituita dal Ponte Milvio con la sua soglia. Il Ponte Milvio tuttora rappresenta un ostacolo al deflusso delle acque perché permette il passaggio soltanto di una portata di circa 2500 m³/s e costituisce tuttora il punto in cui il Tevere a Roma inizierebbe a fuoriuscire dai suoi argini per portate di piena eccezionali.

Recentemente (Ubertini e Ferrante, 2001) è stato presentato un modello numerico, realizzato dall'Università La Sapienza di Roma in collaborazione con l'Archivio di Stato, che ha ricostruito l'inondazione della città di Roma in riva sinistra del Tevere nell'evento del 1870.

Le informazioni riportate nelle tabb. 1–3, pur con le limitazioni espresse, hanno consentito di ricostruire il numero di inondazioni per secolo dal V sec. a.C. fino all'anno 2000 (per le inondazioni successive all'anno 1870 si rimanda ai capitoli che seguono) riportate nella tab. 4 e nel grafico di fig. 2.

Nella tab. 4 e in fig. 2 la piena dell'anno 1500 è stata attribuita al XV secolo, così come la piena dell'anno 1700 al XVII secolo e la piena dell'anno 1900 al XX secolo.

Per quanto sinora detto il grafico di fig. 2 deve essere inteso non come un'indicazione climatica assoluta di periodi più o meno piovosi, ma piuttosto come un'indicazione dei periodi in cui l'informazione storica è più completa o più carente. Un aiuto per la comprensione dei periodi storici più "ricchi" di inondazioni può essere fornito, come si vedrà in seguito, dallo studio dell'avanzamento della linea di costa in prossimità della foce del Tevere.

Secolo	Numero inondazioni	Secolo	Numero inondazioni
V a.C.	1	IX d.C.	4
IV a.C.	1	X d.C.	1
III a.C.	5	XI d.C.	1
II a.C.	3	XII d.C.	2
I a.C.	10	XIII d.C.	3
I d.C.	9	XIV d.C.	7
II d.C.	5	XV d.C.	17
III d.C.	3	XVI d.C.	9
IV d.C.	3	XVII d.C.	7
V d.C.	1	XVIII d.C.	9
VI d.C.	3	XIX d.C.	7
VII d.C.	1	XX d.C.	2
VIII d.C.	4	Totale	118

Tab. 4 – Numero di inondazioni del Tevere a Roma per secolo dal V secolo a.C. all’anno 2000. Per i secoli XIX e XX sono state considerate le piene con altezza idrometrica maggiore di 15 m a Ripetta.

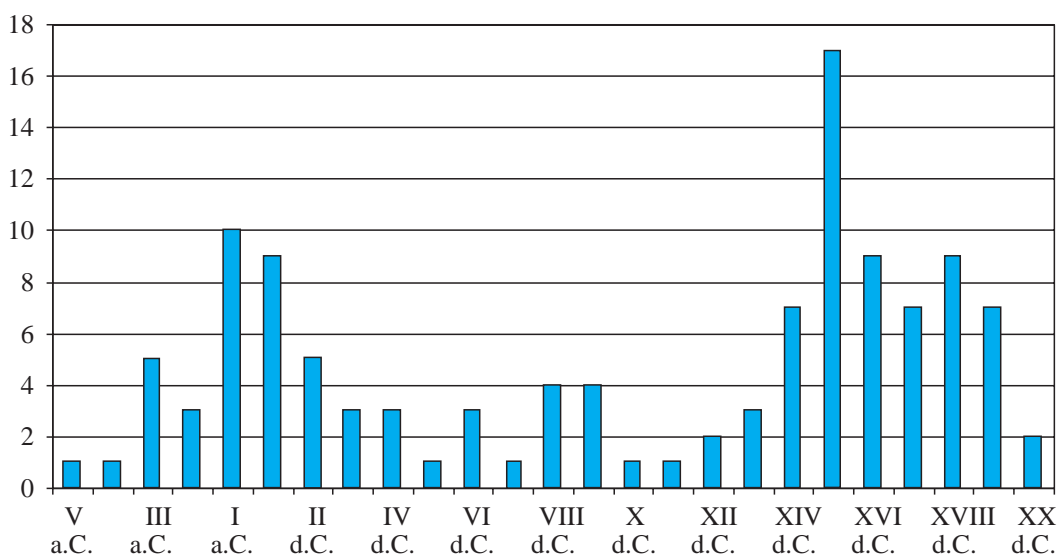


Fig. 2 – Inondazioni del Tevere a Roma dal V secolo a.C. al XX secolo d.C.

Il livello di 16 m, corrispondente all’inizio delle piene eccezionali, come si evince dalla tab. 3, nel periodo dall’anno 1000 all’anno 1870 è stato raggiunto o superato 21 volte.

In particolare nel periodo di tempo di 250 anni dal 1450 al 1700 si sono avute ben 13 delle 21 piene eccezionali (non contando quella dell’anno 1280), di cui ci è giunta notizia nell’intero periodo di 870 anni dal 1000 al 1870. In particolare dal 1530 al 1606 si sono avute ben 5 piene eccezionali,

di cui 4 con altezza superiore a 18 m e tra queste la piena del 24 dicembre 1598, che con 19,56 m costituisce il massimo storico, a cui è possibile associare una portata di circa 4000 m³/s. In tale piena 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 metri.

Inoltre, in base a quanto esposto nel precedente par. 3.2, sembra probabile che anche le piene degli anni 1475, 1488 e 1500 abbiano superato l'altezza di 16 m a Ripetta e dovrebbero essere quindi ascritte nelle piene eccezionali.

3.4 Le lapidi ricordo delle inondazioni

A Roma le lapidi con indicazione del livello raggiunto dall'acqua durante le inondazioni sono distribuite un po' dappertutto nella Roma antica, soprattutto dentro le Mura Aureliane (Di Martino e Belati, 1980; Bencivenga et alii; 1995). Antichi elenchi delle lapidi ricordo delle inondazioni sono stati ritrovati: uno in un manoscritto ora conservato nella Biblioteca Angelica (Celani, 1985) e un secondo (il codice Chigiano) conservato nella Biblioteca Vaticana. Il primo "censimento" delle lapidi ancora esistenti è invece di Maroni Lombroso, 1961.

La più antica di queste lapidi, giunta a noi integra, è del 1277 ed è situata nel rione Ponte all'Arco de' Banchi nei pressi della chiesa di S. Celso e S. Giuliano; si ha inoltre memoria di una lapide (oggi scomparsa) dell'inondazione del 1180 presente un tempo nella stessa zona dei Banchi.

Le lapidi più recenti si riferiscono all'ultima inondazione della città di Roma, avvenuta, come noto, nell'anno 1870 e sono numerose in molte parti basse della città (le uniche lapidi più recenti si riferiscono alle piene del 1900 e del 1937, ubicate nella chiesa di San Bartolomeo all'isola Tiberina, e sono ovviamente interne ai muraglioni).

Le lapidi della piena del 1598 testimoniano, come già detto, il livello più alto raggiunto dalle acque del Tevere a Roma, con 19,56 m di altezza idrometrica a Ripetta. La qual cosa si evince bene osservando la facciata della chiesa della Minerva nei pressi del Pantheon, dove è possibile confrontare l'altezza della piena del 1598 con le altezze delle altre piene (piene del 1422, 1495, 1530, 1557 e 1870).

A proposito della piena del 1598 Di Martino e Belati (1980) ricordano che sono giunte ai nostri giorni ben 11 lapidi a ricordo di tale inondazione, tra cui quella presente in via S. Maria de' Calderari a circa un metro e mezzo di altezza in prossimità dell'attuale via Arenula.

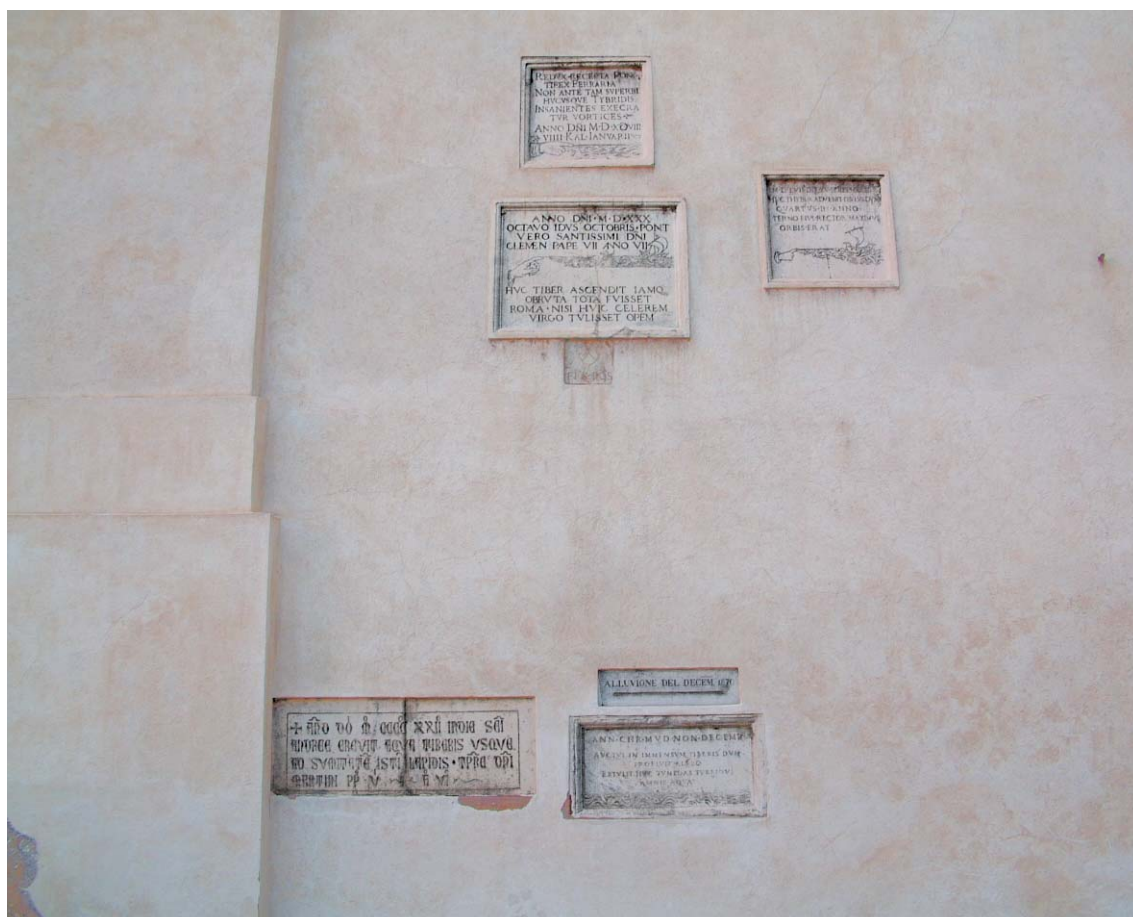


Foto 3 – Lapidi ricordo sulla facciata della chiesa della Minerva. Le lapidi apposte dai Frati Domenicani ricordano le inondazioni (dalla più alta alla più bassa) degli anni 1598, 1557, 1530, 1870, 1422 e 1495. (Foto Angelo Canalini)

Questa lapide, sebbene l'aspetto attuale del palazzo che la ospita è successivo alla data della piena (il portale d'ingresso è seicentesco), risulta molto interessante. Infatti la lapide è situata tra i numeri civici 27 e 28 di via S. Maria de' Calderari (il civico 28 per giunta risulta trasformato in finestra) in un edificio attiguo alla chiesa di S. Maria del Pianto, di cui attualmente costituisce l'oratorio. Tale chiesa è stata demolita (forse anche a causa dei danni riportati nelle inondazioni del 1598 e del 1606) e poi ricostruita nella sua forma attuale nel 1612 nello stesso luogo (Armellini, 1891, pag. 570–1) della precedente chiesa cinquecentesca. Poichè sulla via S. Maria de' Calderari vi sono altri edifici di età precedente alla piena del 1598, tra cui uno al civico 23/b, nella cui facciata ha inglobato i resti di un edificio romano imperiale, si può affermare che il piano stradale di via S. Maria de' Calderari è attualmente circa lo stesso del 1598.

Anche la lapide quindi sembra essere nella sua posizione originale e segna così il livello effettivamente raggiunto dall'acqua che fuoriusciva immediatamente a monte dell'isola Tiberina.

Il livello indicato dalla lapide è circa ad un metro di altezza sull'attuale via Arenula, all'altezza dell'incrocio con via S. Maria de' Calderari; ciò indica l'imponente altezza raggiunta in riva sinistra dall'acqua che fuoriusciva dal fiume, probabilmente anche per l'effetto diga causato dal crollo delle tre arcate del Ponte Senatorio avvenuto in questa piena, dove tra l'altro erano sicuramente convogliati tutti i mulini ubicati a monte nei pressi dell'isola Tiberina.

L'altezza dell'acqua ha raggiunto nella zona livelli tanto alti probabilmente anche per la difficoltà incontrata dall'acqua ad allontanarsi dal fiume stesso a causa della ristrettezza dei vicoli della zona, la via Arenula infatti fu aperta solo alcuni secoli più tardi, e rappresenta quindi un'altezza dovuta in parte anche a rigurgito.

Anche per la piena del settembre 1557 abbiamo informazioni indirette che ci indicano un livello elevatissimo delle acque di piena all'isola Tiberina. In tale piena è infatti crollata (Armellini, 1891) la facciata della chiesa di San Bartolomeo all'isola e fu staccata dal campanile della chiesa di San Giovanni Calibita, un'edicola sacra (Tesei, 1988), il cui lumicino votivo, secondo la tradizione, sarebbe rimasto acceso nonostante fosse stato sommerso dalle acque del Tevere. Una copia dell'edicola sacra (ora dedicata alla "Madonna della lampada del Tevere") è posta attualmente alla base del campanile a ricordo del miracolo. La piena del settembre 1557 (avvenuta quando il ponte Senatorio era ancora integro) per aver portato via l'edicola sacra deve aver sormontato di almeno 1 o 2 metri il piano stradale di Ponte Fabricio.

Il nome "Arenula" deve la sua origine alle inondazioni del Tevere, la zona subito a monte dell'isola Tiberina infatti era frequentemente interessata dalle inondazioni del Tevere, tanto che in riva sinistra troviamo già nell'XI secolo il toponimo Arenula, che poi per sincopata corruzione (Romano, 1935) si trasformerà in Regola, attuale denominazione del rione. Inoltre alla stessa altezza in riva destra, in Trastevere, esiste tuttora via della Renella; sia il nome Arenula che il nome Renella derivano dalla sabbia che il Tevere depositava nelle strade durante gli straripamenti dal suo alveo. Anche la non più esistente via della Fiumara all'altezza dell'attuale Lungotevere Cenci, deve il suo nome (Brizzi, 1989) alle inondazioni del Tevere. Infatti questa via, ubicata tra Ponte Fabricio e la scomparsa via del Merangolo, era tra le

prime ad essere invasa dalle acque delle piene del Tevere, che si riversavano poi nel ghetto.

Inoltre ancora a proposito delle lapidi ricordo è interessante notare come l'antica chiesa dei santi Celso e Giuliano sia ricordata (come riporta Romano, 1941 vol. III, pag. 7) in un documento dell'anno 1008 nel Registro Benedettino Sublacense, dove è così descritta: "Il sacro tempio si protendeva quasi all'imbocco del ponte (S. Angelo), era proceduto da un portico al quale si accedeva mediante gradini. Un anonimo seicentista ci fa sapere che presso la scala esisteva la più antica memoria pervenutaci integra di un'inondazione del Tevere (dell'anno 1277): è la stessa che oggi vediamo murata sotto l'arco de' Banchi, quasi allo sbocco della via del S. Spirito, sul lato destro".

Da quanto riporta Romano (1941) sembra probabile che l'antica chiesa dei santi Celso e Giuliano con la sua scalinata e il suo portico, avesse la funzione di ricordare il livello delle maggiori inondazioni nei primi secoli del II millennio, anticipando così di molti secoli il ruolo di memoria poi svolto dal porto settecentesco di Ripetta, infatti, come visto, abbiamo memoria della presenza, nel complesso della chiesa, delle lapidi delle piene del 1180, 1277 e 1475.

Dopo i gravi danni riportati dalla chiesa, come visto, in seguito alla inondazione del 1488 (e forse anche del 1495), tale funzione fu svolta da Castel Sant'Angelo ubicato sulla riva opposta del fiume, dove sono tuttora conservate (anche se non in posizione originale) le lapidi di inondazioni successive alla piena del 1488, (anni 1495, 1530, 1598, 1606 e 1870).

Anche nella zona nord della città, presso la Porta del Popolo nelle Mura Aureliane sono tuttora conservate le lapidi indicanti il livello massimo raggiunto dall'acqua durante le maggiori inondazioni (anni 1530 e 1598). Infatti l'acqua proveniente dalla zona di Ponte Milvio (Di Martino e Belati, 1980; Barberis et alii, 1991), si incanalava lungo la via Flaminia, giungeva nell'area di piazza del Popolo e proseguiva poi lungo la via del Corso (dove si univa all'acqua proveniente dalla zona di Ripetta) raggiungendo poi piazza Venezia.

Lo stretto legame tra la Porta del Popolo e il Tevere è del resto confermato dal fatto che questa assunse per un certo periodo il nome di "flumentanea".

Infine una testimonianza indiretta del livello della piena del Tevere a Roma, è fornito per l'inondazione del 10 dicembre 1846, da uno splendido acquarello (Studio Ottocento, 2001) dipinto dal pittore svizzero Salomon Corrodi (1810 – 1892), dove è rappresentato il Tevere nella zona dei Prati di Castello (vedi foto 18).

3.5 Principali mutamenti naturali ed antropici del bacino idrografico

Nel corso del tempo sia il reticolo idrografico che l'estensione del bacino del Tevere hanno subito dei mutamenti.

Tra i mutamenti del reticolo idrografico si ricorda:

1) Il lago di Albano (o Castelgandolfo) con il bacino scolante nel lago, fa parte del bacino idrografico del Tevere da quando è stato realizzato il suo emissario negli anni 399 – 398 a.C.

2) La costruzione nel 271 a.C. del “cavo curiano” che attraverso le cascate delle Marmore permise la confluenza delle acque del fiume Velino direttamente nel fiume Nera. Scopo dell'opera era quello di liberare la piana reatina dalle frequenti inondazioni delle piene del fiume Velino (anche se il problema delle inondazioni della piana fu risolto soltanto in epoca moderna con la costruzione dei serbatoi sui fiumi Salto e Turano nel 1938 – 1940). Il cavo curiano non più funzionante per incuria ed abbandono nel periodo medioevale, fu riaperto all'inizio del '400 da papa Gregorio XII Correr (1406 – 1409) con la costruzione del “cavo gregoriano”. Nel 1602 poi da papa Clemente VIII Aldobrandini (1592 – 1602) fu costruito il ponte Regolatore sul fiume Velino, poche centinaia di metri a monte delle cascate delle Marmore con lo scopo di limitare le piene del fiume Nera.

3) Il lago del Fucino (Merla, 1946), prosciugato nel 1875 dai Torlonia, scaricava le sue acque nel fiume Salto (quindi nel bacino del Tevere), fino a quando l'imperatore Claudio (41 – 54 d.C.), costruendo una galleria, ora denominata “emissario romano”, non convogliò le sue acque nel bacino del fiume Liri.

4) All'inizio del II secolo d.C. fu aperto il canale di Fiumicino (Flumen Micinum) con lo scopo di eliminare le inondazioni di Roma e permettere la costruzione del porto di Traiano. In precedenza l'imperatore Claudio nel 52 d.C. aveva fatto costruire un porto (a lui intitolato), dove ora sorge l'aeroporto di Fiumicino, in cui l'acqua del Tevere giungeva da un canale che si dipartiva dal Tevere circa 1 km a monte del successivo canale di Fiumicino.

5) L'imperatore Traiano (Ventriglia, 1971) sembra abbia ideato e fatto costruire una fossa laterale per lo scarico delle acque di piena che doveva attraversare i Prati di Castello (attualmente la zona di piazza Mazzini e del quartiere Prati), ma di essa non è rimasta alcuna traccia.

6) Nel 1490 (Perrone, 1899) il bacino dell'alto Tresa e il bacino del Rio Maggiore, che prima scaricavano nel lago Trasimeno, furono immessi nel Chiani, affluente del Paglia. Successivamente l'intero bacino del Tresa fu

deviato nel lago di Chiusi e tale lago, che prima apparteneva al bacino del Tevere, andò a far parte del bacino dell'Arno.

7) La piena del 15 settembre 1557 ha provocato il taglio di un meandro a valle di Roma, nei pressi di Ostia antica, rettificando così in quel tratto il corso del fiume.

Tra i mutamenti del bacino idrografico si ricorda:

8) L'avanzamento della linea di costa in prossimità della foce del Tevere, documentato sin dal VI sec. a.C., ha accresciuto la superficie del bacino idrografico e soprattutto ha portato ad una diminuzione nel tempo della pendenza del fiume nel tratto terminale, con conseguenze importanti innanzitutto per quanto riguarda il fenomeno delle inondazioni della città di Roma. Il maggiore avanzamento del litorale alla foce del Tevere è avvenuto tra il 1400 e il 1750 (Bellotti et alii, 1989; Sapro s.p.a., 1991) come testimonia l'ubicazione delle torri di guardia costruite sulla linea di costa, con una velocità media di avanzamento di circa 10 m/anno. La regressione della linea di costa è invece iniziata, seppur con fasi alterne, all'inizio del '900. Anche la diminuzione di circa 1100 km² di bacino idrografico (il territorio della Chiana), descritta nel punto successivo, avvenuta intorno al 1780 ha sicuramente svolto un ruolo importante nella diminuzione del trasporto solido del fiume e quindi sulle variazioni della linea di costa.

9) Un altro mutamento del bacino idrografico, molto importante per le piene del Tevere a Roma, si deve a papa Pio VI Braschi (1775 – 1799), che intorno al 1780 ponendo termine ad una lunga contesa tra Stato Pontificio e Granducato di Toscana, fece costruire un "arginello" in terra in modo che le acque della Chiana (un territorio di circa 1100 km²) si riversassero non più nel fiume Tevere, dove giungevano attraverso il fiume Chiani e il fiume Paglia, ma nel bacino del fiume Arno. La deviazione delle acque della Chiana nel bacino del Tevere era già iniziata in parte nel 1342 (Perrone, 1899), in precedenza anche l'imperatore Tiberio (Ventriglia, 1971) aveva progettato tale deviazione, senza però attuarla.

Inoltre bisogna tener conto che in particolare nel periodo medioevale e rinascimentale è continuato il fenomeno dell'innalzamento del livello del terreno nella città di Roma, sia per la sabbia depositata dalle piene del Tevere e poi ridistribuita sul terreno, sia soprattutto per le macerie accumulate sul suolo per diversi motivi: incendi e saccheggi (nel 1084 ad opera di Roberto il Guiscardo e nel 1527 ad opera dei Lanzichenecchi di Carlo V), terremoti (anni 443, 508, 801, 1231, 1349 e 1703 in particolare) e sia infine per le ricostruzioni dei papi in particolare Paolo III (1534 – 1550) e Sisto V (1585 – 1590).

Una nota a parte merita l'origine dell'isola Tiberina a Roma. Essa infatti secondo la leggenda si sarebbe formata sulle migliaia di covoni di grano appartenuti a Tarquinio il Superbo e gettati dai Romani nel fiume dopo la sua cacciata avvenuta nel 509 a.C.

Ma quanto descritto è frutto di fantasia, essendo in realtà l'isola Tiberina costituita dagli stessi depositi alluvionali recenti di età olocenica riscontrabili sulle due rive del fiume ed aventi spessori superiori a 50 m (Ventriglia, 1971; S.G.N., 1995).

Ciò induce a pensare (Bersani e Piotti, 2001) che la nascita dell'isola Tiberina sia avvenuta in tempi storici, probabilmente durante una piena del fiume, in cui il Tevere ha separato un lembo di terra da una delle due sponde. Il lembo di terra in questione sarebbe poi stato eroso solo in parte dal fiume, sia perché ubicato in un'area paludosa con bassa pendenza, sia per merito delle opere di difesa effettuate dagli uomini nel corso dei secoli.

Se questa ipotesi fosse esatta è verosimile pensare che la piena del Tevere, da cui sarebbe nata l'isola Tiberina, sia avvenuta nel periodo Romano Regio (VIII – VI secolo a.C.) e che se ne conservasse memoria al tempo della cacciata di Tarquinio il Superbo, da cui la nascita della leggenda prima citata dei covoni di grano.

3.6 Principali mutamenti delle condizioni dell'alveo del Tevere a Roma e loro influenza sulle inondazioni

In passato molte inondazioni sono state causate dall'uomo direttamente o indirettamente.

Per quanto riguarda le inondazioni causate direttamente dall'uomo si ricorda quella del 30 novembre 1422, quando Braccio da Montone “fece rompere le Marmore dello lago de Pedelaco (Piediluco), et fecelo ad intentione di allacare Roma, et fecelo”, dal diario di Stefano Infessura riportato in Romano (1941).

Per quanto riguarda invece le inondazioni causate indirettamente dall'uomo, si annoverano quelle in periodo tardo medioevale e le grandi inondazioni cinquecentesche.

La causa di tali inondazioni (o delle maggiori conseguenze negative delle inondazioni) è da ricercarsi nella cattiva gestione e manutenzione dell'alveo del Tevere soprattutto nella città di Roma, che al tempo della Roma imperiale erano invece ben curate dal “curator alvei Tiberis et riparum”.

In particolar modo nella seconda metà del XV secolo sotto il pontefice Nicolò V Parentucelli (1447 – 1455) l'alveo del Tevere in corrispondenza di Ponte S. Angelo venne ristretto dalla costruzione di due torri tra il Castel S. Angelo e il Ponte S. Angelo, poi sostituite dal grosso torrione circolare edificato da Alessandro VI Borgia (1492 – 1503) negli anni dal 1492 al 1495, le cui fondazioni chiusero completamente le due arcate minori del ponte in riva destra. Inoltre proprio di fronte al Castello, pochi anni dopo, gli Altoviti costruirono il loro palazzo a picco sul fiume, che in quel punto di conseguenza risultò fortemente strozzato. Così il Ponte S. Angelo si trasformava in caso di piena quasi in una diga e costituiva spesso il punto in cui il Tevere cominciava ad uscire dal suo alveo nella parte centrale della città, anche perché nelle piene eccezionali, l'acqua che era fuoriuscita in riva destra all'altezza dell'attuale Villa Madama a Monte Mario, dopo aver invaso i "Prati di Castello" tendeva a rientrare nel fiume proprio all'altezza di Castel S. Angelo, ed è documentato che sia nella piena dell'ottobre 1530 (Squadrilli, 2000) che in quella del dicembre 1598 (Frosini, 1977) le acque del fiume in piena sormontarono il Ponte S. Angelo abbattendone la balaustra.

Inoltre i tanti mulini che in epoca cinquecentesca (ma anche prima e dopo) si affollavano sul Tevere all'altezza dell'isola Tiberina, con le loro strutture di sostegno e di accesso in muratura, costituivano un altro punto critico unitamente al ponte Senatorio (oggi Ponte rotto) ubicato immediatamente a valle dell'isola stessa.

Nel secolo XVI, come riporta Pensuti (1923), il Tevere era denominato "receptaculus omnium purgamentorum urbis (ricettacolo di ogni immondezza della città)".

Per i motivi esposti il XVI secolo in particolare ha fatto registrare tante imponenti inondazioni a Roma (in particolare: l'8 ottobre 1530, il 15 settembre 1557 e il 24 dicembre 1598).

La situazione cominciò a migliorare dopo la piena del 1598 (quella in assoluto riconosciuta come la maggiore a Roma di tutti i tempi con una portata al colmo stimata in circa 4000 m³/s), poiché in quell'occasione crollarono due piloni (e quindi tre arcate) del Ponte Senatorio dalla parte della riva sinistra, e il ponte mai più ricostruito liberò l'alveo da un pesante ingombro, perché esso raccogliendo i mulini trascinati da monte dalla corrente nelle grandi piene si trasformava praticamente in una diga.

Il problema della difesa di Roma dalle inondazioni (Di Martino e Belati, 1980) si cominciò ad affrontare seriamente dopo le inondazioni del 1530 e

del 1557 con papa Gregorio XIII Boncompagni (1572 – 1585) che emise nel 1574 la bolla “Quae publicae utilie”. Tale bolla rappresentò un vero e proprio regolamento edilizio che aveva uno dei suoi aspetti più salienti proprio nel favorire l’allargamento e la rettificazione dei vicoli, eliminando tra l’altro le strette intercapedini fra casa a casa, retaggio dell’antica architettura medioevale. Sisto V Peretti (1485 – 1490) successore di Gregorio XIII continuò e incrementò l’opera di allargamento e regolarizzazione delle strade, mirando ad espandere la città a Levante verso i colli, facendo espandere il nucleo abitato che era ristretto nell’ansa del Tevere (nel Campo Marzio). La rete viaria voluta da questo papa costituì la spina dorsale per l’espansione della città e al notevole sviluppo lungo le direttrici sistine (contrassegnate dai famosi obelischi, come la strada Felice, attualmente via Sistina, via Quattro Fontane e via Agostino De Pretis) sui percorsi dei restaurati acquedotti, fece riscontro un adeguamento del vecchio centro.

Se si confronta la Roma del primo quarto del ’600 con quella di 50 anni prima assistiamo alla sostituzione di una città ancora per molti aspetti medioevali, con quella assai più ampia ed estesa verso i colli che, nelle grandi linee, è giunta fino ai nostri giorni. Grazie a questa forte espansione urbanistica le inondazioni del Tevere, per terribili che fossero, non interessavano più la totalità della città, ma solo una parte di essa; inoltre le acque incontravano sul loro cammino edifici più solidi e più alti quindi meno soggetti alla loro furia e defluivano più facilmente lungo le strade più larghe e regolari.

All’inizio del ’600 le condizioni dell’alveo del Tevere all’interno della città di Roma migliorarono grazie all’opera di Paolo V Borghese (1605 – 1621) che nel 1612 ripristinò tra l’altro l’antico acquedotto Traiano, che provenendo dalle sorgenti presso il lago di Bracciano giungeva al Gianicolo. Il dislivello dal Gianicolo al Tevere permise con la nuova acqua, denominata “Paola” dal nome del pontefice, di azionare molti molini che andarono a sostituire molte delle “mole” galleggianti sul Tevere, diminuendo così l’ostacolo al deflusso delle acque durante le piene.

Dopo l’inondazione del 1606, che, nonostante la grande portata del fiume come attestano i contemporanei, fece molti meno danni rispetto alla piena del 1598, per le migliorate condizioni di deflusso, papa Paolo V si interessò anche della pulizia dell’alveo, come narra il Pastor nel 1886: “si cercò frattanto di attenuare il malanno con la proibizione di fabbricare sulle rive del Tevere e di gettare macerie nel fiume, quindi si incominciò a pulire il letto del fiume”.

Un miglioramento sostanziale al deflusso delle acque nel tratto urbano si deve all'ingegnere idraulico romano Giulio Buratti, che sotto il pontificato di papa Urbano VIII Barberini (1623 – 1644), fece abbattere su Ponte S. Angelo il torrione circolare costruito da Giuliano da Sangallo per conto di papa Alessandro VI, potendo così riaprire le luci delle due arcate minori in prossimità del Castello e restituire al fiume buona parte del suo alveo originale.

Inoltre nella prima metà del '600 (Moccheggiani Carpano, 1985) con i papi Gregorio XV Ludovisi (1621 – 1623) e il suo successore Urbano VIII vi fu un'opera di risistemazione del sistema fognario, spesso restaurando e ripristinando i vecchi condotti romani. In precedenza anche papa Gregorio IX dei Conti di Segni (1227 – 1241) aveva costruito ex novo molti tratti di nuovi tracciati fognari, che essendo però a quote superiori a quelle dell'antica Roma, furono ben presto ostruiti dai fanghi dei depositi del Tevere.

I cambiamenti descritti migliorarono sicuramente la situazione tanto che nella seconda metà del '600 si ebbero soltanto due piene eccezionali (anni 1660 e 1686) e addirittura nessuna piena eccezionale nel '700, anche se ciò è dovuto anche a fattori climatici.

Nuove piene eccezionali si ebbero invece nell'800, negli anni 1805, 1846 e soprattutto nel 1870. La piena del 29 dicembre 1870 causò infatti l'ultima grande inondazione della città di Roma, dopo la quale furono costruiti i famosi "muraglioni" negli anni 1880 – 1890.

3.7 Variazioni della linea di costa in prossimità della foce del Tevere

La prima linea di costa ricostruita intorno alla foce del Tevere risale al VI secolo a.C. al tempo della Roma Regia (Bellotti et alii, 1989; Sappro s.p.a., 1991).

La linea di costa al tempo della Roma imperiale è ricostruibile in base alla posizione dei porti di Claudio e Traiano, alla posizione della città di Ostia (dal latino Ostium = foce) e alla posizione delle ville patrizie esistenti lungo la via Severiana, che rappresentava secondo le testimonianze storiche, una sorta di strada litoranea.

La foce di Fiumara Grande era a quel tempo (Bellotti et alii, 1989; Sappro s.p.a., 1991) dove oggi sorge la Torre Boacciana (attualmente ubicata subito a valle del ponte della Scafa in riva sinistra), costruita a guardia della foce nel 1420. Non sembrerebbe dunque a prima vista esserci stato alcun movi-

mento significativo della foce tra l'epoca imperiale e il 1400. Ma ciò è assai improbabile, sembra più logico pensare ad una serie di movimenti di avanzamento e arretramento con risultante pressochè nulla. In effetti sembrerebbe possibile tracciare su base archeologica una linea di costa del IV secolo d.C. ben più avanzata rispetto a quella del I secolo d.C. Inoltre una testimonianza di arretramento della linea di costa in epoca romana, al tempo degli imperatori Massimo e Massimino, è contenuta in un'epigrafe ardeatina (Lanciani, 1903), dove si parla di opere radenti a difesa della via Severiana dai flutti.

Dal Rinascimento è possibile documentare l'avanzamento della linea di costa. Nel 1569, a causa dell'avanzamento della foce, fu costruita la Torre di San Michele (anche questa in riva sinistra del braccio di Fiumara Grande) distante circa 2200 m dalla Torre Boacciana. Se la Torre Boacciana fosse stata costruita effettivamente sulla linea di costa, il tasso di avanzamento della foce sarebbe stato nei 149 anni intercorsi tra le due costruzioni di circa ben 15 m/anno.

Se invece si considera quanto dice Procopio, che afferma che nel 540 d.C. la linea di costa era a circa 1800 m dall'ultimo gomito del fiume, si avrebbe che tra il 540 d.C. e l'anno 1569 il tasso di avanzamento medio dovrebbe essere tra 1,5 e 2,0 m/anno.

Come si vede risulta assai arduo tentare una ricostruzione precisa della progradazione della foce tra il I secolo d.C. e il Rinascimento, essendo le testimonianze di questo periodo scarse e spesso contraddittorie.

Più agevole risulta la ricostruzione dal Rinascimento. Nel 1662 veniva costruita sulla riva destra del canale di Fiumicino la Torre Alessandrina, che costruita in mare era già pochi anni dopo già sulla terraferma. Nel 1773 veniva costruita la Torre Clementina sempre in riva destra del canale di Fiumicino circa 1 km più in avanti, con un avanzamento medio quindi della linea di costa nei 111 anni, di circa 9 m/anno.

I dati della livellazione effettuata dagli ingegneri bolognesi Chiesa e Gambarini nel 1744 mostrano che la linea di riva si era spostata verso mare di circa 1544 m nei 175 anni che separavano quel rilievo dalla costruzione della Torre di San Michele. Il tasso di avanzamento era dunque stato a Fiumara Grande di circa 9 m/anno.

Nel 1850 l'ingegnere del Tevere Giovanni Cavalieri di San Bertolo affermava che la torre di San Michele distava 1870 m dal mare (con un tasso di avanzamento medio in 106 anni quindi di circa 3 m/anno).

A questa diminuzione della velocità di avanzamento della linea di spiaggia ha probabilmente contribuito il fatto che circa 1100 km² della Val di Chiana passarono a far parte del bacino dell'Arno intorno all'anno 1780.

Successivamente si è assistito a piccoli spostamenti della foce con andamenti contrastanti fino al 1905 quando la Torre San Michele distava dal mare circa 2000 m (D'Arrigo, 1932). Sembra questo il momento di massima progradazione di Fiumara Grande.

Nel 1930 (D'Arrigo, 1932) la foce dista dalla Torre San Michele 1750 m circa. Nella cartografia dell'I.G.M. dei primi anni '50 quella distanza si era ridotta a circa 1550 m. L'arretramento appare evidente e la foce è ormai già stabilizzata da opere di difesa.

Anche il vertice della sponda destra mostrava nei primi anni del secolo scorso un'evidente fase di corrosione se si considera che il faro (l'ultima "torre") costruito nel 1903 a Fiumara Grande circa un centinaio di metri nell'entroterra, nel 1913 era già stato raggiunto dai flutti tanto da rendere necessarie opere di difesa.

Le opere di difesa costruite a Fiumara Grande e alla foce di Fiumicino nei primi anni del secolo, hanno bloccato l'arretramento delle foci manifestatosi, come visto, tra la fine dell'800 e l'inizio del '900; da allora nessun segno di progradazione si è più manifestato.

È interessante notare che nella seconda metà del XVI secolo, dove si è visto che la costa in prossimità della foce del Tevere era in fase di veloce avanzamento, anche la foce del fiume Po era in netta progradazione. Infatti in tale periodo il Po ha rettificato il tratto finale del suo corso (spostando tra l'altro il suo alveo da sud a nord della città di Ferrara) e si è formata la foce a delta sui sedimenti di recente deposizione.

4. LE PIENE DAL 1871 AL 1920

In seguito alla grande inondazione di Roma del 29 dicembre 1870 (con una portata al colmo stimata in circa 3300 m³/s) fu istituito ad opera del Ministero dei Lavori Pubblici un servizio di piena per misurare i livelli di piena nella città di Roma e a valle della stessa, in un certo numero di idrometri disposti nei ponti più importanti; tra questi vi era ovviamente anche l'idrometro di Ripetta, installato già dal 1821 (che fu poi sostituito durante la costruzione dei muraglioni nel 1893 da quello tuttora esistente situato in riva sinistra sui gradini subito a monte di Ponte Cavour).

Le osservazioni dei livelli di piena sono stati raccolti in volumi manoscritti: "Piene del Tevere a Roma dal 1870 al 1920" e sono ora conservati nella Biblioteca dell'attuale "Ufficio Idrografico e Mareografico di Roma".

Per quanto riguarda l'idrometro di Ripetta questi dati sono già stati in parte selezionati e pubblicati da altri autori: Min. Lavori Pubblici (1924), Frosini (1933) e Remedina (1998). Nel corso del presente lavoro si è preferito, pur tenendo conto del lavoro svolto dagli autori citati, rileggere tutti i dati relativi ai colmi delle piene per l'intero periodo 1871 – 1920, riportando per ogni singolo evento di piena il giorno e l'ora con la relativa altezza al colmo.

Nel presente lavoro seguendo una metodologia di studio unica con le piene più recenti (periodo 1921 – 2000) sono state considerate indipendenti due piene consecutive nel tempo, quando i loro colmi sono avvenuti ad un intervallo di tempo di almeno 7 giorni.

I maggiori mutamenti all'interno del bacino avvenuti nel periodo 1871 – 1920 riguardano la città di Roma. Infatti nel periodo 1880 – 1890 sono stati costruiti i "muraglioni" nel tratto tra ponte Margherita e ponte Palatino, che sono stati poi completati in tutto il tratto urbano nel 1925; mentre contemporaneamente tra il 1870 e il 1890 venivano realizzati i due grandi collettori fognari paralleli al corso del Tevere in destra e in sinistra idrografica per lo smaltimento delle acque reflue. I due collettori scaricando nel Tevere all'altezza dell'attuale Grande Raccordo Anulare a sud di Roma, hanno definitivamente risolto il problema degli allagamenti della città per rigurgito dalle fogne.

Nel presente lavoro sono state selezionate tutte le piene del periodo 1871 – 1920, i cui colmi abbiano raggiunto all'idrometro di Ripetta un'altezza di 10 m circa (corrispondente ad una portata istantanea di circa 800 m³/s), ben oltre quindi quanto fatto dai precedenti autori.

Tali dati sono riportati nell'Appendice B al presente lavoro.

Grazie al prezioso lavoro di recente redazione sulle scale di deflusso storiche alla stazione di Roma Ripetta (Bencivenga, Calenda e Mancini, 2000),

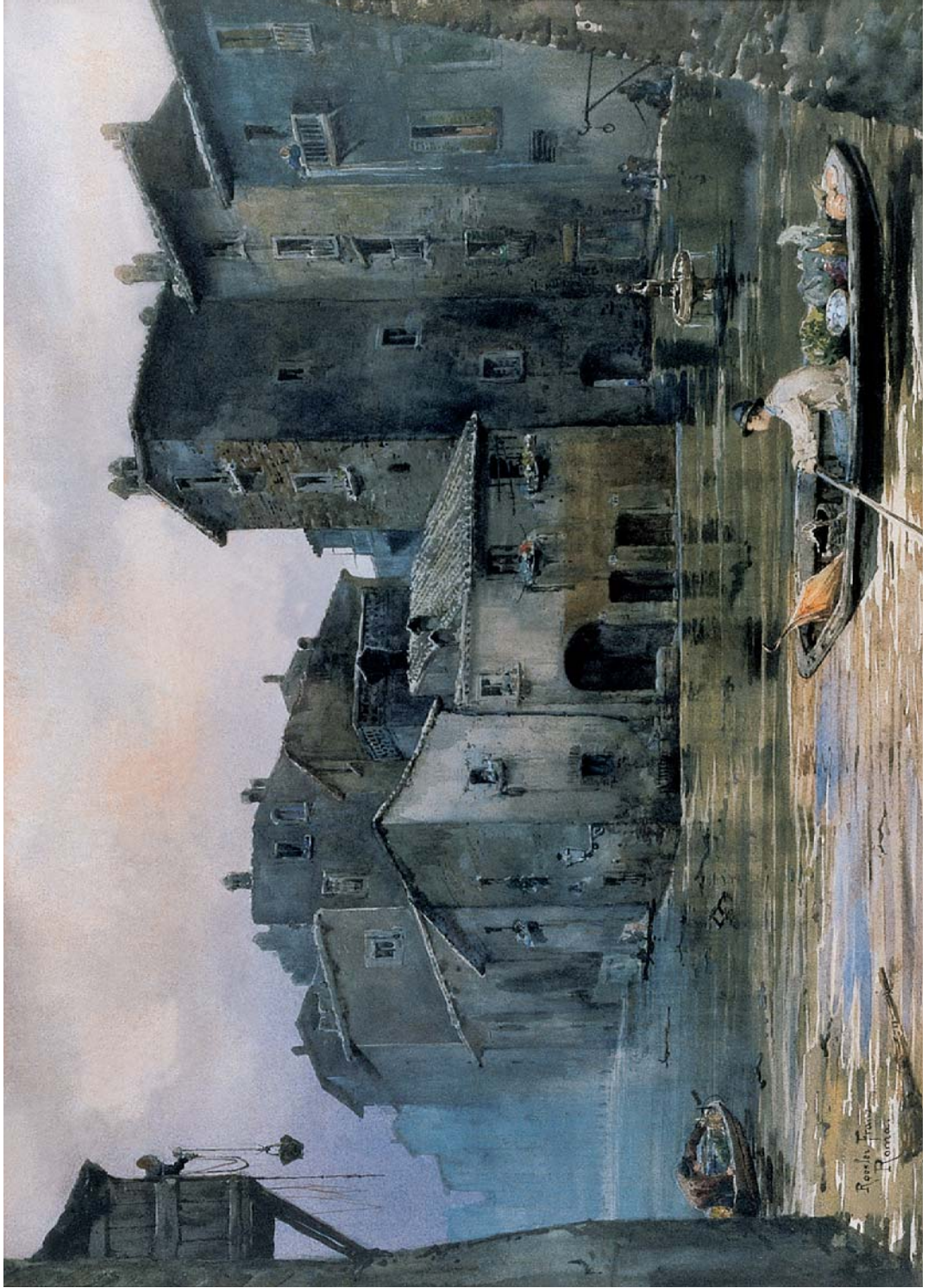


Foto 5 – “ Via Fiumara nel ghetto, inondata” di Ettore Roesler Franz. Acquarello di proprietà del Museo di Roma – Palazzo Braschi

in cui sono state anche ricostruite le scale di deflusso per le tre grandi piene contenute nel periodo in oggetto (1870, 1900 e 1915), è stato possibile associare ad ogni altezza idrometrica il corrispondente valore della portata. (In precedenza Remedia, 1998 aveva stimato con funzione interpolare di potenza le portate al colmo per il periodo 1900 – 1920).

In particolare per la piena del 29 dicembre 1870 è stata calcolata una portata al colmo di circa 3300 m³/s, per la piena 2 dicembre 1900 una portata al colmo di circa 3100 m³/s ed infine per la piena del 15 febbraio 1915 una portata al colmo di circa 2900 m³/s.

È stato così possibile per i 5 decenni che vanno dal 1870 al 1920 individuare il numero di eventi di piena con portata al colmo Q_c maggiore od uguale a 2000 m³/s e a 1400 m³/s ed inoltre gli eventi con portata media giornaliera Q_{med} maggiore od uguale a 1000 m³/s e a 800 m³/s.

Nella tab. 5 è riportato il numero di piene, per decenni successivi, avvenute ad intervalli di tempo di 7 giorni, mentre nella tab. 6 è riportato il numero di piene, per decenni successivi, avvenute ad intervalli di tempo di 30 giorni.

Le scale di deflusso dei 3 eventi di piena citati (1870, 1900 e 1915) pur essendo tra loro molto simili non sono del tutto uguali, comunque per semplicità nel presente lavoro per tutto il periodo 1871 – 1920 si sono attribuite le stesse altezze idrometriche in corrispondenza delle medesime portate d'interesse, che vengono di seguito riportate:

$$Q_c : 2000 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow H_c : 13,85 \text{ m}$$

$$Q_c : 1400 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow H_c : 12,30 \text{ m}$$

$$Q_{med} : 1000 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow H_c : 11,10 \text{ m}$$

$$Q_{med} : 800 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow H_c : 10,20 \text{ m}$$

Poiché spesso per le portate delle piene meno elevate nei volumi manoscritti dal 1870 al 1920 non sono riportati tutti i valori orari giornalieri, ma soltanto la lettura alle ore 12,00, per stabilire l'altezza idrometrica di soglia per il valore della portata media giornaliera Q_{med} di 800 m³/s e 1000 m³/s si è adottato un valore leggermente più elevato del valore corrispondente alla medesima portata istantanea (ad esempio essendo 10,00 m l'altezza idrometrica corrispondente a $Q_c = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, è stata scelta l'altezza idrometrica di 10,20 m per $Q_{med} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$).

Comunque poiché le incertezze legate alle scale di deflusso più antiche potrebbero permanere, tutti i dati riportati nell'Appendice B consentono, a chi ne abbia intenzione, di riaggruppare diversamente queste piene.



Foto 6 – “L’Aniene straripato nel febbraio 1902, vista da Tivoli” Acquarello di Ettore Roesler Franz (Collezione privata). Sulla destra del quadro è riconoscibile Ponte Lucano, sulla sinistra si riconosce Villa Adriana.

Decennio	Intervallo fra 2 colmi: 7 giorni			
	Qc>= 2000 m ³ /s	Qc>= 1400 m ³ /s	Qmed>= 1000 m ³ /s	Qmed>= 800 m ³ /s
1871-1880	3	24	41	56
1881-1890	2	8	20	28
1891-1900	2	16	23	34
1901-1910	3	18	25	45
1911-1920	4	19	32	42
1871-1920	14	85	141	205

Tab. 5 – Numero di eventi di piena con portata al colmo maggiore o uguale a 2000 m³/s, a 1400 m³/s, e con portata media giornaliera maggiore o uguale a 1000 m³/s e a 800 m³/s, per intervalli di tempo fra 2 colmi successivi di 7 giorni, divisi per decenni dal 1871 al 1920.

Decennio	Intervallo fra 2 colmi: 30 giorni			
	Qc>= 2000 m ³ /s	Qc>= 1400 m ³ /s	Qmed>= 1000 m ³ /s	Qmed>= 800 m ³ /s
1871-1880	3	18	28	32
1881-1890	2	8	15	18
1891-1900	2	11	16	22
1901-1910	3	10	18	30
1911-1920	4	14	20	26
1871-1920	14	61	97	128

Tab. 6 – Numero di eventi di piena con portata al colmo maggiore o uguale a 2000 m³/s, a 1400 m³/s, e con portata media giornaliera maggiore o uguale a 1000 m³/s e a 800 m³/s, per intervalli di tempo fra 2 colmi successivi di 30 giorni, divisi per decenni dal 1871 al 1920.

Nella tab. 7 sono riportate alcune informazioni sulle piene del Tevere a Roma del periodo 1870 – 1920, di cui si dispone di dati pluviometrici, seppure in maniera molto limitata. Per le sette piene del periodo 1871 – 1880 i dati pluviometrici sono stati ricavati dalla pubblicazione del Ministero dei Lavori Pubblici – Direzione Generale delle Opere Idrauliche: “Rilievi, osservazioni ed esperienze sul fiume Tevere” del 1882, mentre per la piena del 1919 i dati pluviometrici provengono dall’annale del 1919 del Servizio Idrografico di Roma. Infine le informazioni relative alle grandi piene del 1870, 1900 e del 1915 sono state ricavate da Frosini (1977).

Il significato di alcune voci della tab. 7 è spiegato nel capitolo relativo alle piene del periodo 1921 – 2000. Infatti pur disponendo solo di poche stazioni pluviometriche, queste piene sono state analizzate con la stessa metodologia delle piene del periodo più recente 1921 – 2000.

Data e ora del colmo di piena	Altezza al colmo (m)	Numero Stazioni	P 6gg (mm) intero bacino	P 6gg (mm) Perugia Isa	P 6gg (mm) Roma U.C.M.	TIPO A,B,C	Num. giorni determ.	Int. prec. >10mm in 6g
28 dicembre 1870 ore 22,00	17,22	4	---	102,4 (4 gg)	82,0 (4 gg)	---	---	---
13 dicembre 1872 ore 03,00	13,04	15	62,9	70,1	19,0	A	3	3
1 novembre 1873 ore 06,00	13,98	15	142,1	144,7	163,0	B	4	5
5 dicembre 1875 ore 15,00	13,96	18	84,4	79,4	98,7	C	4	4
16 novembre 1878 ore 03,00	15,37	19	127,1	76,4	207,9	B	4	5
4 maggio 1879 ore 05,00	13,12	19	67,7	43,4	120,2	B	3	3
1 dicembre 1879 ore 11,00	13,75	18	117,3	143,2	24,3	A	4	6
23 novembre 1880 ore 05,00	13,40	17	77,0	87,8	43,7	A	2	3
2 dicembre 1900 ore 14,00	16,17	7	---	73,0 (3 gg)	145,5 (3 gg)	B	---	---
15 febbraio 1915 ore 05,00	16,08	8	---	---	---	B	---	---
9 gennaio 1919 ore 20,00	14,28	28	64,7	50,7	68,3	C	3	3

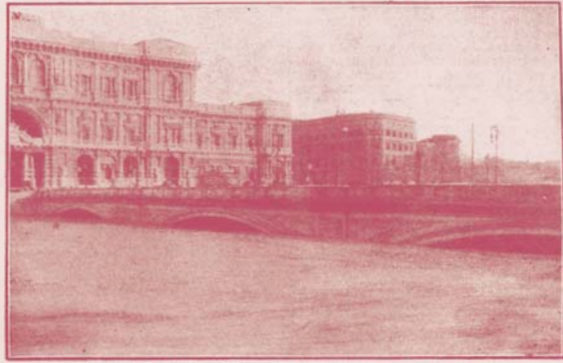
Tab. 7 – Piene del Tevere in relazione alla piogge nel periodo 1870 – 1920.

LA ECCEZIONALE PIENA DEL TEVERE E LA PARZIALE INONDAZIONE DI ROMA.



L'acqua entra dall'arco-porta di Ponte Milvio.

La settimana scorsa le acque del Tevere a Roma raggiunsero il livello massimo dell'altezza: metri 16,08. La piena di quest'anno fu adunque di soli 9 centimetri inferiore a quella del 1900 durante la quale crollò il muraglione del Lungotevere Anguillara. Da allora il Governo ha speso molti e molti milioni in lavori per difendere la capitale dalle acque del suo fiume che la insidiano abbastanza frequentemente. Infatti danni materiali in città stavolta quasi non ve ne furono, all'infuori di quelli della sospensione della circolazione, delle case dovute abbandonare, dello scoppio di un deposito di carburo perché invaso dalle acque, dei ponti non certo beneficiati dall'urto della enorme massa d'acqua. Ma danni enormi vi furono a valle di Roma, a Maccarese, ad Ostia, là dove vi sono i comprensori delle grandi bonifiche. Il Re fu più volte nei luoghi allagati, ed il Governo provvide a nutrire dal mare gli abitanti di Fiumicino rimasti bloccati. Fortunatamente non vi furono vittime umane; ma anzi la piena ha dato occupazione agli sfaccendati.



Il ponte Umberto che conduce al nuovo palazzo di giustizia.



La folla assiefa dal Ponte Garibaldi alla salita delle acque.



La violenza delle acque del Tevere contro il ponte Cestio.



Piazza Pia inondata: il trasbordo dei passeggeri che si recano a San Pietro.



Gli archi del ponte Sant'Angelo ormai completamente chiusi dall'acqua.



L'isola di S. Bartolomeo, nel mezzo del Tevere, sepolta per metà.



Viadotto che unisce Castel Sant'Angelo col Vatinaso.

Foto 7 – Piena del dicembre 1915, dalla Domenica del Corriere del 28 febbraio – 5 marzo 1916.

5. LE PIENE DAL 1921 AL 2000

Per lo studio delle piene nel periodo dal 1921 al 2000 si dispone sia delle misure di portata giornaliera alla stazione di Roma Ripetta, sia dei dati pluviometrici giornalieri su un grande numero di stazioni distribuite nell'intero bacino.

Per tale periodo è quindi possibile mettere in relazione le piene del Tevere con le piogge che le hanno determinate.

Per quanto concerne le portate alla stazione di Roma Ripetta, il Servizio Idrografico di Roma pubblica annualmente sugli "Annali idrologici" sia le altezze idrometriche giornaliere che le portate corrispondenti su un certo numero di stazioni di portata nel bacino del Tevere, tra cui appunto la stazione di Roma Ripetta. Per l'intero periodo in oggetto esistono infatti le scale di deflusso, sia pure con delle incertezze per le altezze idrometriche più elevate. Inoltre gli Annali idrologici riportano spesso per le maggiori piene un piccolo rapporto contenente informazioni sulla portata al colmo e la distribuzione delle piogge.

La classificazione in base alla portata liquida degli stati del Tevere alla stazione di Roma Ripetta (circa 16545 km²), secondo Frosini (1977), è la seguente:

- stato di magra: portata inferiore a 100 m³/s
- stato normale: portata compresa tra 100 e 200 m³/s
- stato di intumescenza: portata compresa tra 200 e 800 m³/s
- stato di piena ordinaria con portata compresa tra 800 e 1500 m³/s
- stato di piena straordinaria con portata compresa tra 1500 e 2000 m³/s
- stato di piena eccezionale con portata maggiore di 2000 m³/s

Nel presente lavoro sono state prese in considerazione tutte le piene che abbiano avuto una portata al colmo Q_c pari ad almeno 1400 m³/s (così come già fatto da Bencivenga et alii, 1998 e Bersani et alii, 1999), riscontrando in tutto 55 eventi, di cui 33 nel periodo 1921 – 1962 (precedente all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara) e 22 eventi nel periodo 1963 – 2000. Nel periodo 1921 – 2000 si sono verificati altri 7 eventi di piena tra il 1942 e il 1948, per i quali però non è stato possibile lo studio delle piogge perché, a causa del periodo bellico, i dati pluviometrici non sono stati pubblicati sugli Annali idrologici.

5.1 Metodologia di studio delle piene

La metodologia adottata per lo studio delle piene si basa sui seguenti punti:

– Le portate al colmo sono state approssimate ai $50 \text{ m}^3/\text{s}$, perché tale approssimazione causa infatti al massimo un errore di $\pm 25 \text{ m}^3/\text{s}$, pari a circa $1 - 2\%$ del valore reale, mentre è noto (Castany et alii, 1970) che l'errore nella determinazione dei parametri idrologici non è mai inferiore al 5% .

– È stato identificato come giorno della piena, il giorno in cui si è avuta la massima portata media giornaliera e non il giorno in cui si è verificato il colmo della piena.

– 2 piene consecutive sono state considerate indipendenti quando i rispettivi colmi sono avvenuti ad un intervallo di tempo di almeno 7 giorni (così come già fatto anche per il periodo 1871 – 1920).

– È stata calcolata la pioggia areale a partire dai valori della pioggia giornaliera misurata in 55 stazioni uniformemente distribuite nell'intero bacino idrografico.

– Alle piogge “preparatorie” gli eventi di piena utilizzate dai precedenti autori è stato sostituito il parametro $Q_{4,5}$ (Bencivenga et alii 1998, Bersani et alii 1999), che rappresenta “la media delle portate giornaliere registrate alla stazione di Roma Ripetta il quarto e il quinto giorno che precedono l'evento di piena”. Si tratta di un parametro importante, perché fornisce informazioni sullo stato del fiume (e quindi anche sullo stato di saturazione del bacino), al momento in cui si vengono a verificare le piogge determinanti. Tale parametro risulta valido soprattutto per il periodo precedente alla costruzione del serbatoio di Corbara.

– Le piogge determinanti sono state esaminate al diagramma di Frosini (1977), che divide le piogge nel tipo A (piogge decrescenti da monte verso valle) e nel tipo B (piogge crescenti da monte verso valle), a cui è stato aggiunto il tipo C con piogge praticamente uniformi sull'intero bacino (Bencivenga et alii 1998, Bersani et alii 1999).

– Per ogni singola piena è stato determinato il contributo delle piogge in ognuno dei 4 sottobacini principali, in cui è stato diviso l'intero bacino idrografico del Tevere.

Nella tab. 8 sono riportati i 55 eventi di piena del periodo 1921 – 2000 con portata al colmo $Q_{c \geq} 1400 \text{ m}^3/\text{s}$, di cui sono disponibili i dati pluviometrici giornalieri, inoltre nella tab. 9 sono riportati i 7 eventi di piena del periodo 1942 – 1948, di cui non sono stati pubblicati i dati pluviometrici.

Nella tab. 8 essendo state, come detto, le portate al colmo approssimate a $\pm 25 \text{ m}^3/\text{s}$, il valore di soglia di $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ è stato in realtà abbassato a $1376 \text{ m}^3/\text{s}$; nella stessa tabella le portate al colmo tengono conto anche delle scale di deflusso contenute nel lavoro di Bencivenga e Calenda (2000),

	Piena Data Qmed	Qmed S.I. (m³/s)	Ora e giorno del colmo	Hc (m)	Qc (m³/s)	Q_{4,5} (m³/s)	Tmed (°) Perugia	Tmed (°) Roma	Tmed (°) Media
1	20-ott-22	1042	07,00 del 20/10/1922	12,64	1500	124	–	–	–
2	27-ott-22	1099	08,00 del 27/10/1922	12,50	1450	284	–	–	–
3	09-dic-23	1440	03,00 del 09/12/1923	14,95	2350	652	–	–	–
4	02-mar-25	1621	06,00 del 03/03/1925	13,10	1650	365	7,8	11,8	9,8
5	31-ott-28	1540	06,00 del 01/11/1928	13,83	1650	133	15,2	19,6	17,4
6	04-gen-29	1966	22,00 del 04/01/1929	14,90	2050	192	4,8	9,7	7,2
7	19-nov-29	1525	14,00 del 19/11/1929	13,52	1550	211	7,2	12,1	9,7
8	17-dic-33	1229	09,00 del 17/12/1933	12,04	1400	457	5,0	8,8	6,9
9	30-dic-33	1508	09,00 del 30/12/1933	13,06	1550	314	4,5	8,7	6,6
10	16-dic-34	1876	23,00 del 16/12/1934	14,40	1950	219	8,5	12,7	10,6
11	10-feb-35	1413	17,00 del 10/02/1935	12,82	1450	262	2,6	9,1	5,9
12	03-mar-35	1696	02,00 del 04/03/1935	13,73	1750	562	6,1	10,6	8,3
13	19-nov-35	1407	16,00 del 19/11/1935	12,73	1450	221	9,8	13,5	11,6
14	02-mar-36	1690	06,00 del 02/03/1936	13,87	1750	415	5,0	10,6	7,8
15	09-ott-37	1370	08,00 del 09/10/1937	12,70	1500	192	14,8	20,3	17,6
16	17-dic-37	2730	23,00 del 17/12/1937	16,84	2750	1470	4,9	8,8	6,9
17	24-dic-38	1440	14,00 del 24/12/1938	12,77	1550	204	4,1	8,9	6,5
18	26-ott-40	1346	00,00 del 27/10/1940	12,45	1450	171	12,7	16,9	14,8
19	05-feb-41	1553	13,00 del 06/02/1941	13,32	1800	491	3,6	8,3	6,0
20	23-feb-41	1540	17,00 del 23/02/1941	13,18	1750	758	4,0	9,6	6,8
21	10-mar-41	1260	19,00 del 10/03/1941	11,84	1400	722	8,7	11,7	10,2
22	06-feb-47	2190	10,00 del 06/02/1947	14,53	2300	249	4,7	8,5	6,6
23	27-feb-51	1460	20,00 del 27/02/1951	12,07	1550	500	6,5	10,5	8,5
24	03-gen-53	1230	09,00 del 03/01/1953	11,54	1400	772	6,0	10,5	8,2
25	13-feb-54	1270	08,00 del 13/02/1954	11,45	1400	261	6,3	10,2	8,2
26	02-mag-56	1355	10,00 del 02/05/1956	11,75	1450	265	9,5	12,9	11,2
27	03-dic-59	1180	09,00 del 03/12/1959	11,75	1450	163	9,7	13,1	11,4
28	26-dic-59	1307	06,00 del 26/12/1959	11,88	1500	434	6,1	10,5	8,3
29	23-dic-60	1380	23,00 del 23/12/1960	12,10	1550	888	5,1	9,5	7,3
30	06-gen-61	1390	19,00 del 06/01/1961	12,10	1550	539	4,3	9,8	7,0
31	13-gen-61	1160	13,00 del 13/01/1961	11,26	1400	684	5,7	10,4	8,1
32	14-nov-61	1125	19,00 del 14/11/1961	11,53	1450	235	10,0	14,0	12,0
33	20-nov-62	1160	04,00 del 21/11/1962	11,16	1400	890	6,1	10,2	8,1
34	20-dic-64	1132	04,00 del 20/12/1964	11,16	1400	345	10,1	13,1	11,6
35	30-dic-64	1520	06,00 del 30/12/1964	12,46	1700	357	4,5	8,7	6,6
36	03-set-65	1562	18,00 del 03/09/1965	12,65	1800	124	16,3	20,9	18,6
37	06-feb-69	1507	06,00 del 06/02/1969	11,30	1500	246	3,2	8,7	5,9
38	17-feb-69	1544	11,00 del 17/02/1969	11,43	1550	414	3,0	7,7	5,3
39	19-nov-75	1425	11,00 del 19/11/1975	11,46	1500	139	8,9	12,0	10,5
40	17-feb-76	2004	02,00 del 17/02/1976	12,72	2050	168	6,7	10,1	8,4
41	16-apr-78	1341	07,00 del 16/04/1978	10,74	1400	310	7,6	11,1	9,3
42	18-feb-79	1601	12,00 del 18/02/1979	11,90	1650	372	7,0	10,4	8,7
43	17-gen-80	1402	19,00 del 16/01/1980	10,76	1400	401	3,8	8,5	6,1
44	08-nov-80	1500	21,00 del 07/11/1980	11,10	1500	165	10,7	14,9	12,8
45	15-nov-80	1380	11,00 del 15/11/1980	10,83	1400	508	8,3	12,3	10,3
46	23-dic-82	1450	06,00 del 24/12/1982	11,55	1500	665	5,1	9,7	7,4
47	27-feb-84	1650	06,00 del 27/02/1984	11,81	1650	192	4,4	10,4	7,4
48	20-nov-85	circa1300	–	–	1400	133	3,3	9,5	6,4
49	02-feb-86	1850	02,00 del 03/02/1986	12,40	1900	185	5,0	8,9	6,9
50	27-nov-87	1350	16,00 del 27/11/1987	10,70	1400	160	7,4	11,7	9,5
51	10-dic-87	1400	22,00 del 10/12/1987	11,08	1450	437	5,2	10,5	7,8
52	11-dic-90	1236	21,00 del 10/12/1990	10,63	1400	117	4,6	8,9	6,8
53	22-nov-91	1563	21,00 del 22/11/1991	11,77	1600	938	8,9	13,5	11,2
54	09-dic-92	1533	02,00 del 09/12/1992	11,39	1550	251	6,9	10,9	8,9
55	17-dic-99	1360	20,00 del 17/12/1999	10,95	1450	292	5,4	10,1	7,8

Tab. 8 – I 55 eventi di piena del Tevere a Roma con $Q_c \geq 1400 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto 8 – Piena del dicembre 1937: la via Portuense allagata. Archivio fotografico del Servizio Idrografico di Roma.

mentre invece le portate medie giornaliere sono state lette direttamente sugli annali idrologici.

Sulle portate al colmo di questo periodo, tanto si è scritto e tanti autori se ne sono interessati, al punto che una valutazione oggettiva è diventata ormai molto difficile, ragion per cui deve essere accettata un'approssimazione almeno dell'ordine di 100 di m^3/s sul valore reale.

Nella stessa tab. 8 sono anche riportate le temperature medie delle stazioni di Perugia Isa e di Roma U.C.M. nei 4 giorni precedenti il giorno della piena (posto, come detto, coincidente con il giorno della portata massima giornaliera) ed inoltre la media dei due valori precedenti (di Roma e di



Foto 9 – Piena del dicembre 1937: Fornace nella zona di Castel Giubileo. (Foto Filippo e Saverio Bersani).

Perugia) approssimativamente rappresentativa della temperatura media dell'intero bacino nei 4 giorni precedenti la piena.

Poiché, come già detto, si sono considerate piene indipendenti, quelle i cui colmi sono avvenuti ad un intervallo di tempo di almeno 7 giorni, nell'elenco non è presente la piena del 31 dicembre 1952 con altezza al colmo $H_c = 11,38$ m, perché tale piena è avvenuta soltanto 3 giorni prima della piena del 3 gennaio 1953, che ha avuto un'altezza al colmo maggiore ($H_c = 11,54$ m). La piena del 31 dicembre 1952 è invece riportata da altri autori che per le statistiche idrauliche utilizzano i massimi colmi annuali.

Nell'elenco di tab. 8 è stata inoltre inserita la piena del 20 novembre 1985, anche se di tale evento non si conosce l'altezza idrometrica massima a causa del mancato funzionamento degli strumenti di misura. Infatti una pioggia ragguagliata sull'intero bacino di oltre 95 mm nei giorni dal 17 al 20 novembre fa presupporre una portata al colmo per il giorno 20 novembre dell'ordine almeno di $1400 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella tabella 10 sono riportate divise per mese le 62 (55 della tab. 8 + le 7 della tab. 9) piene avvenute nel periodo 1921 – 2000. La frequenza maggiore si riscontra a febbraio e dicembre con 16 casi, seguiti da novembre con 12 casi. Il confronto tra il periodo più antico (1921 – 1962) e il più recente (1963 – 2000) mostra una maggiore concentrazione delle piene nel periodo da novembre a febbraio nel periodo più recente (91% dei casi), rispetto al periodo più antico (75% dei casi).

Piena	Qmed (m ³ /s)	Ora e giorno del colmo	Hc (m)	Qc (m ³ /s)	Q _{4,5} (m ³ /s)
11 febbraio 1942	1370	06,00 del 11/02/1942	12,50	1600	335
26 febbraio 1942	1320	11,00 del 26/02/1942	11,80	1450	327
29 novembre 1944	1340	24,00 del 29/11/1944	11,80	1450	220
19 novembre 1946	1600	21,00 del 19/11/1946	12,65	1600	806
13 febbraio 1947	1470	18,00 del 12/02/1947	12,42	1650	890
20 febbraio 1947	1500	13,00 del 20/02/1947	11,88	1550	686
29 gennaio 1948	1600	09,00 del 29/01/1948	12,25	1600	350

Tab. 9 – Eventi di piena del Tevere a Roma nel periodo 1942 – 1948, di cui non sono disponibili i dati pluviometrici.

Periodo	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	settembre	ottobre	novembre	dicembre	Totali
1921-1962	5	10	4	0	1	0	5	6	9	40
1963-2000	1	6	0	1	0	1	0	6	7	22
1921-2000	6	16	4	1	1	1	5	12	16	62

Tab. 10 – Eventi di piena del Tevere a Roma nel periodo 1921 – 2000 divisi per mese.

Nel periodo in oggetto il maggior mutamento all'interno del bacino idrografico, per quanto concerne gli effetti sulle piene, è rappresentato senza dubbio dalla costruzione della diga con serbatoio di Corbara, avvenuta tra il 1959 e il 1963 sul corso principale del Tevere, che sottende un bacino di oltre 6000 km², oltre un terzo del bacino totale. Il serbatoio di Corbara infatti con i suoi 190 milioni di metri cubi ha la capacità di laminare le piene del Tevere riducendo anche notevolmente l'entità dei colmi a Roma. Il riempimento dell'invaso (Calenda et alii, 1997) è iniziato nel 1963 – 64, ma già nel 1972 il manifestarsi di fessurazioni in alcuni degli speroni ha consigliato l'abbassamento del livello massimo d'invaso alla quota 122,00 m s.l.m. – due metri sopra il livello di minima regolazione – a eccezione di eventuali sovralti in caso di piene, condizioni in cui il volume disponibile risultava di soli 67 milioni di metri cubi. Dopo un periodo di radicali lavori di ristrutturazione, il riempimento dell'invaso è ripreso nel 1982, raggiungendo nel marzo 1983 la quota 129 m s.l.m.; dall'aprile 1983 è ricominciato

l'esercizio normale, raggiungendosi nella seconda decade di giugno la quota 132 m s.l.m. e alla fine del maggio 1984 la quota 136 m s.l.m., due metri sotto la quota di massima regolazione. Da questa data in poi l'impianto ha funzionato regolarmente.

Però in questo intervallo di tempo sono avvenuti anche altri mutamenti, tra cui si ricorda in particolare, nel periodo 1921 – 1962 (precedente all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara):

- la costruzione del drizzagno di Spinaceto nel 1940, che ha eliminato una ansa del Tevere nella zona a sud-ovest di Roma all'altezza dell'attuale Grande Raccordo Anulare;

- il ripristino funzionale delle golene lungo il corso principale del fiume nella zona a nord di Roma, eseguito dopo la grande piena del dicembre 1937;

- l'approfondimento dell'alveo del Tevere iniziato con la costruzione dell'arginatura del tratto di fiume che va da Roma fino alla foce eseguito dal 1916 al 1930 ed accentuato dalla costruzione del drizzagno di Spinaceto;

- la costruzione sul corso principale del Tevere per scopi idroelettrici, di traverse (Castel Giubileo nel 1952, Nazzano nel 1956 e Ponte Felice nel 1961) e dighe con serbatoio sui principali affluenti (tra cui in particolare la diga di San Liberato sul fiume Nera nel 1953, la diga di Posticciola sul fiume Salto nel 1940 e la diga del Turano sull'omonimo fiume nel 1940); e nel periodo 1963 – 2000 (successivo all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara):

- agli inizi degli anni '60 tramite il canale Anguillara sono state aggiunte al sottobacino del fiume Nestore 3 aree (drenate dal Rigo Maggiore, dal torrente Tresa e dal fosso Moiano) per un totale di circa 78 km² al fine di contrastare l'abbassamento del lago Trasimeno.

- la costruzione di altre dighe con serbatoio sull'asta principale del Tevere (la diga di Alviano nel 1964 e la diga di Montedoglio nel 1992) e sugli affluenti (come la diga di Casanuova sul fiume Chiascio nel 1992);

- i prelievi in alveo di grandi quantitativi di materiale inerte (ciottoli, ghiaia e sabbia) avvenuti soprattutto negli anni '60 per la realizzazione dei rilevati dell'autostrada A1 e della ferrovia direttissima Roma – Firenze;

- si è accentuato il fenomeno dell'approfondimento dell'alveo, già iniziato nel periodo precedente al 1963, a causa sia dei prelievi di inerti in alveo, sia della diminuzione del trasporto solido del fiume, causata a sua volta dalla presenza degli impianti idroelettrici descritti sul corso principale del Tevere, i quali hanno provocato una diminuzione di pendenza a monte ed inoltre

hanno anche provocato un arresto del materiale trasportato nel caso dei serbatoi delle dighe.

Da quando esiste il serbatoio di Corbara è stata proposta, come già detto, una nuova schematizzazione del bacino del Tevere in 4 sottobacini (Bersani et alii, 1999), riportata in fig. 1.

Nelle condizioni attuali del fiume infatti è più corretto considerare il corso principale formato dall'asta fluviale del fiume Paglia e dall'asta fluviale del Tevere dalla confluenza appunto col Paglia fino alla foce, poichè sull'asta fluviale del Paglia non esistono dighe mentre invece il deflusso liquido del Tevere a monte della confluenza col Paglia è regolato dall'esistenza della diga con serbatoio di Corbara.

In pratica cioè è possibile considerare un bacino principale Paglia–Tevere di circa 5343 km² che riceve in sinistra idrografica tre affluenti principali: l'alto Tevere sotteso dalla diga di Corbara (circa 6077 km² di bacino), il fiume Nera (circa 4290 km² di bacino) e il fiume Aniene (circa 1446 km² di bacino). Questa visione del bacino permette di considerare l'alto Tevere sotteso dalla diga di Corbara, semplicemente come un corso d'acqua affluente dal comportamento irregolare, che restituisce le piogge cadute nel suo bacino, a causa dell'azione regolatrice del serbatoio di Corbara, a distanza di tempo normalmente superiore al tempo di corrivazione per un bacino di tale superficie, eccetto nei casi di pioggia prolungata per molti giorni consecutivi (vedi evento del novembre 1991 in Bencivenga et alii, 1992), in cui il livello della acqua nella diga di Corbara raggiunge il suo massimo prima dell'esaurirsi delle precipitazioni e il serbatoio di Corbara quindi non può più svolgere la sua funzione di laminazione delle piene.

5.2 Le piene in relazione alla distribuzione delle piogge

Per lo studio delle piogge sono state scelte 55 stazioni pluviometriche, distribuite uniformemente sul bacino idrografico, che hanno funzionato con continuità nel periodo oggetto dello studio.

Quando una stazione non ha funzionato è stata sostituita con una stazione vicina in modo da avere sempre 55 stazioni per il calcolo delle piogge.

È stata calcolata la pioggia areale a partire dai 13 sottobacini principali in cui è diviso il bacino del Tevere, la cui descrizione con le aree è riportata in tab. 11.

Poiché 5 stazioni (Perugia, Assisi, Fratta Todina, Prodo e Terni) sono ubicate in prossimità del confine tra due sottobacini, sono state considerate rap-

presentative della pioggia di entrambi i sottobacini; cosicché per la determinazione della pioggia nei 13 sottobacini sono stati utilizzati in pratica i valori di 60 stazioni pluviometriche, con una media quindi di una stazione ogni 285 km² circa.

SOTTOBACINI	AREA (km ²)	%	Stazioni pluviometriche
1 – Tevere a monte del Chiascio	2.184	12,7	Montecoronaro, Toppole, Pietralunuga, Petrelle, Perugia Isa, Torgiano, Castel Rigone
2 – Chiascio escluso Topino	724	4,2	Gubbio, Sorgenti Scirca, Bastia Umbra, Assisi
3 – Nestore e Trasimeno	1.034	6,0	Perugia Isa, Tuoro, Monte del Lago, Corciano, Fratta Todina
4 – Topino e Maroggia	1.230	7,2	Assisi, Nocera Umbra, Spoleto
5 – Tevere a monte del Paglia	905	5,3	Fratta Todina, Prodo, Todi, Casalina
6 – Chiani e Paglia	1.338	7,8	Prodo, Castelluccio di Pienza, Proceno, Acquapendente, Orvieto
7 – Tevere a monte dell’Aniene	3.383	19,7	Bagnoregio, Attigliano, Calvi, Ronciglione, Civita Castellana, Abbazia di Farfa, Nepi, Riano
8 – Nera a valle del Velino	501	2,9	Terni
9 – Corno e Nera a monte del Velino	1.454	8,5	Abeto, Albaneto, Arrone
10 – Velino esclusi Salto e Turano	742	4,3	Terni e Monte Terminillo
11 – Salto e Turano	1.592	9,3	Posticciole, Balze S.Lucia, Tubione, Pereto, Scurcola, Verrecchie
12 – Aniene	1.446	8,5	Affile, Subiaco S.Scolastica, Licenza, Castelmadama, Settecami, Pantano Borghese, Zagarolo, Frascati
13 – Tevere area urbana di Roma	621	3,6	Roma Millerose, Roma S.I., Roma Tre Fontane, Castel di Leva
Intero bacino Tevere	17.156	100	

Tab. 11 – I 13 sottobacini principali del fiume Tevere con le stazioni pluviometriche utilizzate per il calcolo delle precipitazioni.

Inoltre le piogge sono state anche calcolate nella parte settentrionale del bacino 7 corrispondente alla sezione del Tevere a monte della confluenza con il Nera. Questo bacino che può indicarsi con il numero 7 bis ha una superficie di circa 997 km² e la sua individuazione risulta necessaria per le successive elaborazioni.

Per la determinazione degli afflussi che hanno causato gli eventi di piena sono stati considerati i valori giornalieri della pioggia riportati sugli annali del Servizio Idrografico di Roma nel periodo di sette giorni che si è scelto per la descrizione dell’evento di piena.

Si è infatti ritenuto opportuno considerare i valori giornalieri dei sei giorni precedenti la piena ed inoltre il valore del giorno stesso in cui si è verificato l’evento di piena, poiché anche quest’ultimo può fornire indicazioni sull’andamento delle perturbazione meteorologica che ha generato le piogge e quindi lo stesso evento di piena.

Si ricorda che i valori giornalieri di pioggia riportati sugli annali idrologici si riferiscono al giorno della durata di 24 ore che termina la mattina alle ore 09,00 dopo essere iniziato alle ore 09,00 del giorno precedente; mentre i valori di portata media giornaliera si riferiscono effettivamente alle 24 ore della data del giorno riportata sull’Annale idrologico.

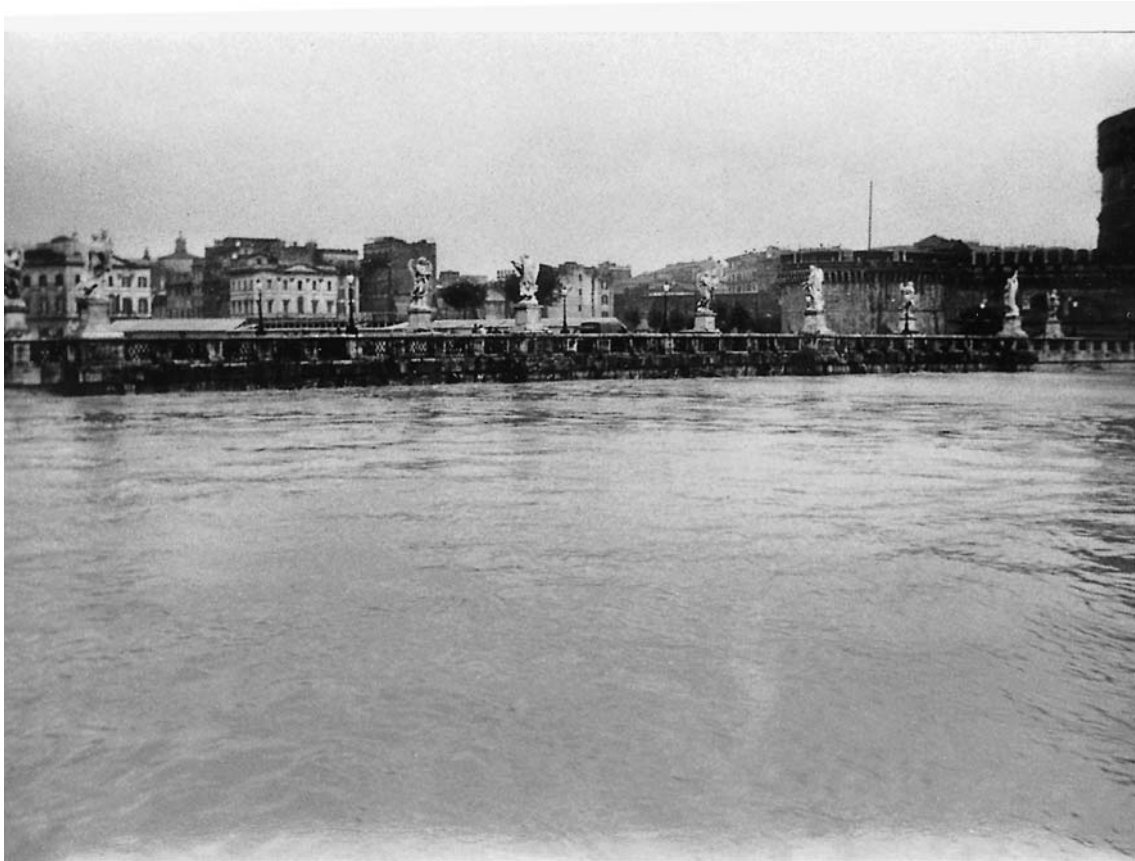


Foto 10 – Piena del dicembre 1937: Ponte S. Angelo visto da monte. (Foto Filippo e Saverio Bersani).

Quindi per un evento di piena avvenuto ad esempio il giorno 8 di un mese, essendo state prese in considerazione le piogge nei sei giorni precedenti la piena, è stato considerato anche il giorno 8, che dal punto di vista pluviometrico termina alle ore 09,00 del mattino. In alcuni casi il giorno del colmo della piena può non coincidere con il giorno della portata massima giornaliera riportato sull'Annale idrologico, ma può essere il giorno precedente o il giorno successivo, si è deciso comunque per semplicità di considerare, per l'analisi delle piogge, il giorno della piena coincidente con il giorno della portata massima giornaliera.

Essendo stati esaminati 55 eventi di piena, sono stati inseriti al computer oltre 21000 dati pluviometrici giornalieri (55 stazioni x 55 piene x 7 giorni), completando ed ampliando lo studio delle piene del Tevere a Roma già in parte pubblicato (Bencivenga et alii 1998, Bersani et alii 1999).

5.3 Piogge determinanti, diagramma di Frosini, analisi a cluster

Nel caso del Tevere sono da considerarsi come “piogge determinanti” le piogge di 1, 2, 3 o 4 giorni precedenti il colmo di piena. Infatti viste le dimensioni del bacino e il relativo tempo di corrivazione (circa 62 ore), le piogge precedenti ai 4 giorni sono indicative dello stato di saturazione del terreno e dello stato del fiume su cui si verificano le piogge determinanti, ma non concorrono direttamente alla formazione del colmo di piena.

Nel presente lavoro quindi si è deciso di considerare come determinanti, le piogge avvenute al massimo nei 4 giorni precedenti il giorno della portata massima giornaliera, le quali in ogni singola piena sono state messe in relazione col parametro $Q_{4,5}$, che fornisce indicazioni sulle piogge avvenute nei giorni e nei mesi precedenti.

Altri autori (Palmieri et alii, 2001; Remedina et alii, 1998) ritengono più opportuno considerare, per il Tevere a Roma, come determinanti le piogge avvenute nei 6 giorni precedenti il giorno della portata massima giornaliera.

Remedina (1998) infatti divide le piogge che concorrono alle piene del Tevere in tre intervalli di tempo: la fase preparatoria (estesa fino a 3 – 4 mesi prima l’evento di piena), la fase antecedente (estesa da 5 a 10 giorni) che precede la fase contemporanea (di durata massima 5 – 6 giorni).

Il diagramma delle piogge determinanti per il bacino del Tevere è stato elaborato per primo dal prof. Frosini (1977). Tale diagramma prende in considerazione le piogge giornaliere dei 2 o 3 giorni che hanno preceduto il colmo, cumulate procedendo da monte verso valle nel bacino idrografico.

Il diagramma si compone di 9 punti caratteristici sull’asta principale del Tevere a monte e a valle delle maggiori confluenze, come mostra la tab. 12.

Sezioni sull’asta principale del Tevere	km ² Frosini 1977	km ² Serv. Idrog. 1999	differenza
1) Tevere a Chiascio escluso	2184	2174	-10
2) Tevere a Chiascio incluso	4138	4136	-2
3) Tevere a Paglia escluso	6077	6149	+72
4) Tevere a Paglia incluso	7415	7478	+63
5) Tevere a Nera escluso	8412	8462	+50
6) Tevere a Nera incluso	12702	12773	+71
7) Tevere a Aniene escluso	15089	15176	+87
8) Tevere a Aniene incluso	16545	16627	+82
9) Tevere alla foce	17156	17270	+114

Tab. 12 – Le 9 sezioni sull’asta principale del Tevere utilizzate per il diagramma delle piogge determinanti, confronto tra le aree considerate da Frosini 1977 e le aree ricalcolate dal Servizio Idrografico e Mareografico di Roma nel 1999.

Nella tab. 12 è riportato tra l'altro il confronto tra le superfici utilizzate da Frosini (1977) e congruenti con le superfici dei 13 sottobacini della tab. 11, con le superfici ricalcolate recentemente dal Servizio Idrografico e Mareografico di Roma nel 1999 (Servizio Idrog. e Mareog. di Roma, 1999; Bencivenga e Bersani, 2000).

Nella fig. 1 i limiti del bacino del Tevere e dei sottobacini principali sono quelli redatti dal Servizio Idrografico e Mareografico di Roma nel 1999, mentre nella didascalia della figura sono riportate, per uniformità con i lavori precedenti (Bencivenga et alii, 1998; Bersani et alii, 1999), le superfici calcolate da Frosini, 1977.

Nel presente lavoro si è preferito infatti non utilizzare le nuove superfici ricalcolate nel 1999 per avere una maggiore continuità con i lavori precedenti, visto tra l'altro le esigue differenze di superficie (riportate in tab. 12 e solo in un caso di poco superiore all'1%). Le differenze tra le superfici utilizzate nel 1977 e nel 1999 sono dovute in gran parte all'aumento di circa 78 km² di superficie del sottobacino del fiume Nestore, avvenuto agli inizi degli anni '60 al fine di contrastare l'abbassamento del livello del lago Trasimeno. Tali aree scolando in un lago "in abbassamento", risultano praticamente ininfluenti ai fini delle piene.

Il prof. Frosini classificò le curve risultanti dal diagramma in 2 categorie: il tipo A e il tipo B. Le curve di tipo A sono rappresentative di eventi di piena generati da piogge che crescono a partire dalla confluenza con il Chiascio escluso, fino a quella con il Nera escluso, per poi diminuire gradatamente fino al termine del bacino. Il tipo B invece rappresenta le piogge che vanno regolarmente e gradatamente aumentando da monte a valle nel bacino fino al suo termine. A queste 2 categorie sono state poi aggiunte (Bencivenga et alii, 1998; Bersani et alii, 1999) le piogge determinanti di tipo C. Le curve di tipo C, intermedie tra le curve di tipo A e di tipo B, hanno andamento pressoché orizzontale e corrispondono a quei casi in cui il valore della pioggia media ragguagliata si mantiene pressoché costante nelle sezioni lungo l'asta principale del fiume al variare delle superfici sottese fino alla foce.

Per semplicità nel proseguo si continuerà a chiamare diagramma di Frosini, il diagramma con tutti i 3 tipi di curve descritti.

Nel presente lavoro per definire il numero di giorni determinanti (riportato in tab. 13) nei 4 giorni precedenti il giorno della portata massima giornaliera, è stato scelto il valore di soglia della pioggia giornaliera di 5 mm (approssimato a 4,5 mm); in un solo caso (piena del 9 dicembre 1992) i giorni determinanti sono risultati non tutti consecutivi.

Dalla tab. 13, dove sono riportate nuovamente le 55 piene esaminate nel periodo 1921 – 2000, si evince che le piogge determinanti sono in prevalenza di 4 giorni (28 casi), seguite da quelle di 3 giorni (20 casi), poi da

quelle di 2 giorni (6 casi), mentre in un solo caso (piena del 10 marzo 1941) si sono avute piogge determinanti di un solo giorno. Ciò indica che il bacino del Tevere è paragonabile ad un sistema idraulico che ha bisogno di diversi giorni di pioggia per caricarsi ed “esprimere” una piena a Roma.

Nella tab. 13 inoltre per ogni piena è riportato il numero di giorni (nei 6 giorni precedenti il giorno della portata massima giornaliera) in cui l’intensità di precipitazione ha superato i 10 mm (valore approssimato a 9,5 mm).

Nella tab. 13 inoltre per ogni piena è riportata la pioggia ragguagliata nel bacino del Tevere sotteso dalla stazione di Roma Ripetta (circa 16545 km²) nei 4 giorni precedenti la piena e la portata defluita alla stessa stazione nei 5 giorni del passaggio della piena (con il 3° giorno dei 5 corrispondente al giorno della portata massima giornaliera). Il rapporto tra i descritti afflussi e deflussi fornisce un’indicazione di massima del coefficiente di deflusso di piena (Bersani et alii, 1999), come descritto nel successivo paragrafo 5.4.

La classificazione delle piogge che hanno causato gli eventi di piena, in accordo con Palmieri (2001 e 2002) è stata effettuata sulla pioggia dei 6 giorni precedenti il giorno della portata massima giornaliera, utilizzando un metodo oggettivo di analisi a cluster (vedi fig. 3), che suddivide i casi imponendo che la variabilità sia minima nell’ambito di ciascun gruppo e massima tra i gruppi. Da tale analisi sono risultati 29 casi di piogge determinanti di tipo B (crescenti da monte verso valle), in 8 casi piogge di tipo A (decrecenti da monte verso valle) e in 18 casi piogge di tipo C (praticamente uniformi su tutto il bacino). Nella tab. 13 infine è riportato il tipo di classificazione (A, B o C) risultante da tale analisi.

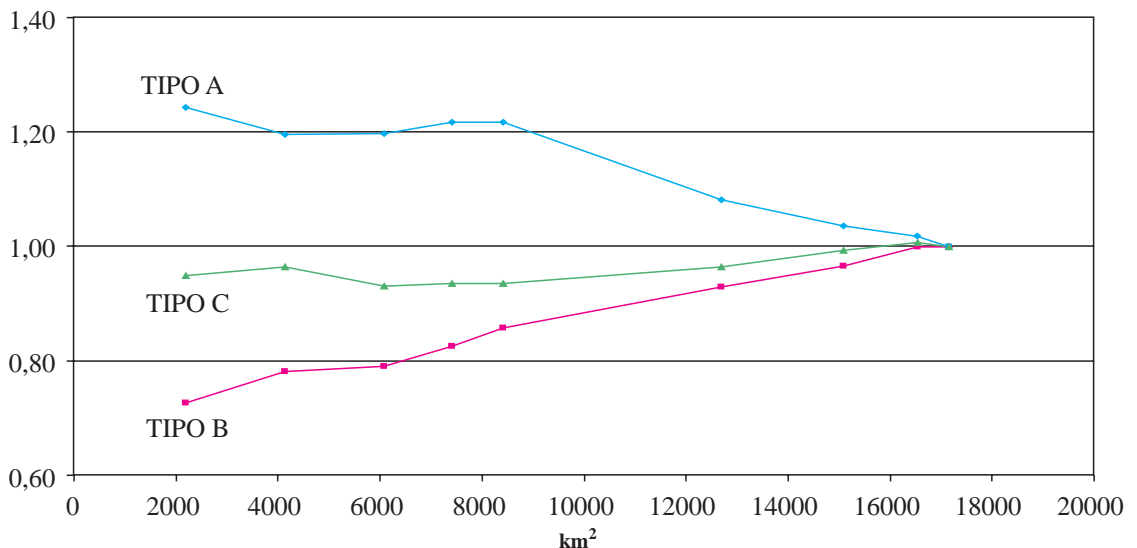


Fig. 3 – Analisi a cluster delle piogge di 6 giorni nei 55 eventi di piena del periodo 1921 – 2000.

Per quanto riguarda il periodo precedente 1871 – 1920 (vedi tab. 7), per quanto è stato possibile ricostruire, le piogge determinanti sono state prevalentemente di tipo B (5 casi) e in misura minore di tipo A (3 casi) e di tipo C (2 casi).

Recenti lavori (Bencivenga et alii 2001, Palmieri et alii, 2001) considerano, invece della pioggia totale, la pioggia netta nei 6 giorni precedenti la piena, cioè quella frazione della pioggia totale che si trasforma in ruscellamento e che è quindi responsabile della portata di un corso d'acqua.

Se si prende ora in considerazione la tab. 21, che riporta le piene con una portata al colmo reale o naturale (Calenda et alii, 1997) uguale o superiore a $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ nell'intero periodo 1871 – 2000, è possibile vedere che le piogge nei 6 giorni precedenti le piene sono state in maggioranza di tipo B (9 casi), seguite dal tipo C (5 casi) e in un solo caso di tipo A.

Tra i 55 eventi esaminati nelle tabelle 8 e 13, l'evento di piena del 3 settembre 1965 ha fatto registrare il valore record di precipitazione dell'intero periodo 1921 – 2000, con oltre 190 mm di pioggia in 72 ore, a cui è correlato un valore anche record dell'acqua precipitabile media nello strato 0–1500 metri pari a 18 mm (Bersani et alii, 1995). In tale evento si è avuta una portata al colmo del Tevere a Roma dell'ordine soltanto di $1800 \text{ m}^3/\text{s}$, per diversi motivi: il serbatoio di Corbara ha immagazzinato 90 milioni di m^3 , il grado di saturazione del bacino era basso come dimostra il valore del parametro $Q_{4,5}$ pari a $124 \text{ m}^3/\text{s}$ ed infine le piene alluvionali lungo il corso principale del Tevere e dei suoi affluenti principali (Paglia e Nera in particolare) si sono comportate come un serbatoio naturale ed hanno avuto la capacità di immagazzinare la prima piena al termine del periodo estivo, svolgendo così anche loro una azione di laminazione della piena.

Come si vede dalla tab. 8 nell'evento del settembre 1965 la temperatura media del bacino nei 4 giorni precedenti la piena è stata molto elevata ($18,6 \text{ }^\circ\text{C}$), così come sono state molto elevate le corrispondenti temperature delle piene del 31 ottobre 1928 ($17,4 \text{ }^\circ\text{C}$) e del 9 ottobre 1937 ($17,6 \text{ }^\circ\text{C}$) ed è proprio l'alta temperatura che fa crescere il valore dell'acqua precipitabile a livelli tanto elevati. In queste piene si è riscontrata una distribuzione delle piogge nel bacino al diagramma di Frosini di tipo A per le piene dell'ottobre 1928 e del settembre 1937 e di tipo C per la piena del settembre 1965. Fra queste 3 piene l'unica che ha superato la portata "naturale" di $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ (addirittura $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ secondo Calenda et alii, 1997) è stata la piena del settembre 1965.

Anche le grandi piene del Tevere del passato avvenute nei mesi di settembre ed ottobre (8 ottobre 1530 e 15 settembre 1557) sono state molto probabilmente simili a quella del 3 settembre 1965, caratterizzate cioè da una temperatura elevata e da piogge di elevata intensità sull'intero bacino idrografico.

In particolare tutto il mese di settembre dell'anno 1557 deve essere stato straordinariamente piovoso, essendosi anche avute le piene dei fiumi Arno e

Ombrone (Bellotti et alii, 1999) in Toscana (dopo tale piena i Medici costruirono l'argine in riva destra dell'Ombrone da Grosseto fino al mare nell'area della Trappola) e del torrente Cannizzaro in Sicilia, che il giorno 27 causò la grande alluvione di Palermo (A.I.I., 1987).

La piena del 3 settembre 1965 del Tevere a Roma risulta inoltre significativa per la valutazione del pericolo che le piene possono costituire a causa di un improvviso innalzamento del livello del fiume, anche quando l'acqua non fuoriesce dagli argini. Il giorno 1° settembre 1965 infatti il livello del Tevere all'idrometro di Ripetta è salito, in sole quattro ore, dalle ore 17,00 alle ore 21,00, di 4 metri da 6,30 m a 10,40 m; considerando che all'idrometro di Ripetta la banchina sotto il ponte Cavour sulla riva sinistra è a quota 5,75 m, si evince come la banchina sia stata sommersa di oltre 4 metri.

Ciò deve far pensare a tutti i rischi collegati ad un improvviso innalzamento delle acque del fiume, soprattutto per quanto riguarda le attività sulla banchina: attività ricreative e alloggiamenti di fortuna di senzatetto.

Inoltre nella tab. 13 è interessante notare come la piena del 6 febbraio 1947 abbia raggiunto una portata al colmo Q_c molto elevata, pari a circa 2300 m³/s, in relazione alle piogge. Ciò è stato causato dallo scioglimento della neve caduta nei giorni precedenti, la cui permanenza al suolo era stata favorita dalle basse temperature verificatesi in quel periodo (Annale Idrologico, 1947).

Infine nella tab. 13 è riportata la piena del 22 novembre 1991 che ha raggiunto un'altezza idrometrica al colmo a Ripetta di 11,77 m (con una portata al colmo corrispondente $Q_c = 1600$ m³/s). Tale colmo ha seguito un altro colmo di piena avvenuto il giorno 17 (e quindi non riportato nell'elenco perché a distanza di tempo inferiore a 7 giorni) con un'altezza di 10,33 m (Bencivenga et alii, 1992), cui corrisponde una portata di circa 1200 m³/s. Questa piena risulta interessante perché nei 4 giorni che l'hanno preceduta (dal 14 al 17 novembre) si è avuta una pioggia ragguagliata nel bacino fino a Roma pari a circa 90 mm, ma il bacino effettivo risulta in realtà più piccolo perché in tale piena gli invasi di Corbara (6077 km²), del Salto (802 km²) e del Turano (439 km²) hanno completamente invasato le rispettive onde di piena, riducendo di fatto il bacino utile a Roma – Ripetta a 9173 km² corrispondente a circa metà dell'intero bacino. Quindi si può affermare che una pioggia ragguagliata di circa 90 mm su un bacino di circa 9200 km² ha prodotto a Roma una portata al colmo di circa 1200 m³/s, per di più trovando un terreno asciutto ($Q_{4,5} = 123$ m³/s) trattandosi della prima piena del periodo autunnale. Questa piena indica per le piene a Roma, l'importanza fondamentale che hanno le piogge che avvengono nel bacino del Paglia + basso Tevere unitamente alle piogge del bacino dell'Aniene e del basso Nera, in quelle parti del bacino idrografico cioè in cui il tempo di corrvazione è al massimo dell'ordine delle 30 ore, quindi pari a circa la metà del valore di 62 ore (Piotti e Ferranti, 1996) calcolato per l'intero bacino.

Piena		Qc (m ³ /s)	P4 gg a Roma (mm)	P4 gg a Roma (10 ⁶ m ³)	Qmed defl. 5gg a Roma (m ³ /s)	Qdefl. 5gg a Roma (10 ⁶ m ³)	Coeff. defl. di piena %	P6 gg Frosini A,B,C	Giorni determ. n. giorni	Intens. prec. >10mm in 6gg
1	20-ott-22	1500	77,9	1289	576	249	19,3	B	2	2
2	27-ott-22	1450	74,2	1228	574	248	20,2	B	4	4
3	09-dic-23	2350	76,2	1261	1158	500	39,7	C	4	5
4	02-mar-25	1650	52,7	872	1020	441	50,5	A	4	3
5	31-ott-28	1650	100,1	1656	1106	478	28,8	A	4	4
6	04-gen-29	2050	86,5	1431	1461	631	44,1	B	4	5
7	19-nov-29	1550	90,5	1497	884	382	25,5	B	4	5
8	17-dic-33	1400	54,8	907	1060	458	50,5	C	4	5
9	30-dic-33	1550	60,3	998	1082	467	46,9	B	4	3
10	16-dic-34	1950	91,6	1516	1577	681	45,0	A	4	5
11	10-feb-35	1450	47,6	788	799	345	43,8	A	2	2
12	03-mar-35	1750	69,5	1150	1276	551	47,9	B	3	2
13	19-nov-35	1450	72,2	1195	749	324	27,1	C	2	2
14	02-mar-36	1750	98,7	1633	1524	658	40,3	B	4	5
15	09-ott-37	1500	65,6	1085	761	329	30,3	A	3	2
16	17-dic-37	2750	109,1	1805	2176	940	52,1	C	4	4
17	24-dic-38	1550	70,7	1170	966	417	35,7	B	3	3
18	26-ott-40	1450	86,9	1438	751	324	22,6	C	3	3
19	05-feb-41	1800	78,3	1295	1370	592	45,7	B	4	5
20	23-feb-41	1750	75,4	1247	1404	607	48,6	B	4	2
21	10-mar-41	1400	30,2	500	913	394	78,9	A	1	2
22	06-feb-47	2300	84,1	1391	1461	631	45,4	B	4	3
23	27-feb-51	1550	59,9	991	1008	435	43,9	C	3	3
24	03-gen-53	1400	46,5	769	878	379	49,3	C	2	4
25	13-feb-54	1400	49,5	819	760	328	40,1	C	3	2
26	02-mag-56	1450	78,9	1305	951	411	31,5	B	3	3
27	03-dic-59	1450	98,6	1631	943	407	25,0	B	4	3
28	26-dic-59	1500	53,0	877	1050	454	51,7	C	3	3
29	23-dic-60	1550	60,3	998	1091	471	47,2	B	4	4
30	06-gen-61	1550	52,0	860	1139	492	57,2	C	3	3
31	13-gen-61	1400	38,9	644	813	351	54,6	C	2	1
32	14-nov-61	1450	67,9	1123	690	298	26,5	C	4	4
33	20-nov-62	1400	82,1	1358	894	386	28,4	C	4	5
34	20-dic-64	1400	52,1	862	735	318	36,8	B	4	3
35	30-dic-64	1700	80,0	1324	1115	482	36,4	B	3	4
36	03-set-65	1800	191,1	3162	1239	535	16,9	C	3	3
37	06-feb-69	1500	65,4	1082	905	391	36,1	A	3	2
38	17-feb-69	1550	63,5	1051	1157	500	47,6	B	4	4
39	19-nov-75	1500	132,6	2194	815	352	16,0	B	3	4
40	17-feb-76	2050	93,6	1549	1160	501	32,4	B	4	3
41	16-apr-78	1400	62,4	1032	865	374	36,2	C	3	2
42	18-feb-79	1650	57,3	948	1156	499	52,7	B	3	5
43	17-gen-80	1400	58,6	970	774	334	34,5	B	3	2
44	08-nov-80	1500	102,5	1696	915	395	23,3	A	4	3
45	15-nov-80	1400	63,4	1049	805	348	33,2	B	2	3
46	23-dic-82	1500	69,4	1148	913	394	34,4	B	3	4
47	27-feb-84	1650	110,0	1820	1211	523	28,7	B	4	4
48	20-nov-85	1400	95,5	1580	-	-	-	B	4	4
49	02-feb-86	1900	110,4	1827	1252	541	29,6	B	4	4
50	27-nov-87	1400	114,8	1899	779	337	17,7	C	4	4
51	10-dic-87	1450	50,7	839	995	430	51,2	B	3	3
52	11-dic-90	1400	88,4	1463	854	369	25,2	B	4	3
53	22-nov-91	1600	76,6	1267	1225	529	41,8	C	3	4
54	09-dic-92	1550	97,6	1615	1026	443	27,4	C	3	4
55	17-dic-99	1450	74,7	1236	841	363	29,4	B	4	2

Tab. 13 – I 55 eventi di piena del Tevere a Roma con Qc >= 1400 m³/s.



Foto 11 – Piena del dicembre 1937: Ponte Milvio visto da monte. (Foto Filippo e Saverio Bersani).

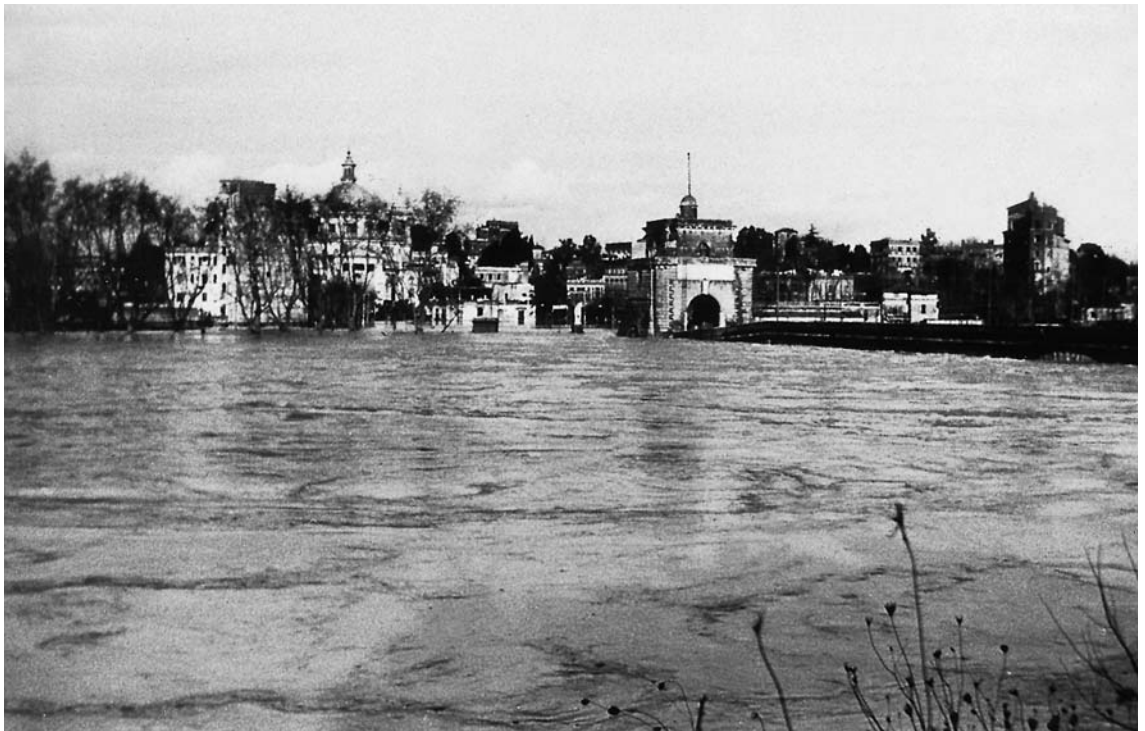


Foto 12 – Piena del dicembre 1937: Ponte Milvio visto da valle. (Foto Filippo e Saverio Bersani).

Nella tab. 14 è riportato per il periodo precedente (1921 – 1962) e successivo (1963 – 2000) all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara la portata massima al colmo per le diverse durate delle piogge determinanti (da 1 a 4 giorni) riportate nella tab. 13, in relazione anche al parametro $Q_{4,5}$.

Come si può vedere in un solo caso sui 55 studiati nel periodo 1921 – 2000 le piogge determinanti di un solo giorno (pari a circa 26 mm) hanno causato una piena del Tevere a Roma dell'ordine di 1400 m³/s; ciò è stato possibile perché il fiume si trovava già in uno stato di piena ordinaria ($Q_{4,5} = 722$ m³/s) e con la portata media giornaliera del giorno precedente pari a 866 m³/s.

PERIODO 1921–1962				
	P = 1 giorno	P = 2 giorni	P = 3 giorni	P = 4 giorni
Data	10/03/1941	22/10/1922	03/03/1935	17/12/1937
$Q_{4,5}$ (m ³ /s)	722	124	262	1470
P (mm)	26,3	75,9	67,9	109,1
Q_c (m ³ /s)	1400	1500	1750	2750
PERIODO 1963–2000				
	P = 1 giorno	P = 2 giorni	P = 3 giorni	P = 4 giorni
Data	–	15/11/1980	03/09/1965	17/02/1976
$Q_{4,5}$ (m ³ /s)	–	508	124	168
P (mm)	–	58,0	189,1	93,6
Q_c (m ³ /s)	–	1400	1800	2050

Tab. 14 – Portate al colmo massime associate a piogge determinanti di 1, 2, 3 e 4 giorni nel bacino del Tevere fino a Roma (16545 km²) nei periodi 1921–1962 e 1963–2000, in relazione anche al parametro $Q_{4,5}$.

È interessante a questo punto confrontare i valori delle piogge determinanti di 1 o più giorni della tab. 14 con la massima precipitazione probabile (PMP) nell'intero bacino, che risulta (Bersani et alii, 1995) essere di 116 mm/24 ore. La PMP rappresenta la precipitazione massima in 24 ore che si potrebbe verificare sull'intero bacino in un evento eccezionale in cui concorrano la massima umidità dell'aria (misurabile con l'acqua precipitabile) e la massima efficienza dinamica.

Dall'esame delle tabelle 8 (con 55 eventi) e 9 (con 7 eventi) si vede che si sono avuti 40 eventi di piena con portata al colmo Q_c maggiore od uguale a 1400 m³/s nel periodo 1921 – 1962 (con una media di un evento ogni 12 mesi circa) e 22 eventi di piena nel periodo 1963 – 2000 (con una media di un evento ogni 20 mesi circa), con una riduzione quindi della frequenza delle piene di oltre un terzo nel periodo più recente successivo all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara.

Nella tab. 15 inoltre sono riportate le piogge di 6 giorni per i 4 sottobacini principali (vedi fig. 1), in cui è stato suddiviso l'intero bacino (Tevere a Corbara, Paglia + basso Tevere, Nera e Aniene).

Il confronto tra le tabelle 13 e 15 mostra che nelle piene con piogge determinanti di tipo C, l'intensità della pioggia di 6 giorni è molto simile in tutti i 4 sottobacini citati, a conferma che si tratta di piene originate da perturbazioni estese contemporaneamente sull'intero bacino.

La tabella 15 riporta anche per l'intero bacino le piogge di 6 e 4 giorni e il loro rapporto. Si vede che nella maggior parte dei casi il rapporto è molto vicino all'unità, indicando che in tali casi è indifferente considerare le piogge di 4 o 6 giorni per lo studio delle piene.

	Piena	Qc (m ³ /s)	Tevere a Corbara 6077 km ² P6gg (mm)	Paglia+ bassoTev 5343 km ² P6gg (mm)	Nera 4290 km ² P6gg (mm)	Aniene 1446 km ² P6gg (mm)	Intero bacino 17156 km ² P6gg (mm)	Intero bacino 17156 km ² P4gg (mm)	P6gg/P4gg
1	20-ott-22	1500	71,0	109,5	59,4	140,5	86,0	83,0	1,0
2	27-ott-22	1450	64,9	93,6	87,0	90,1	81,5	74,2	1,1
3	09-dic-23	2350	101,3	107,5	100,5	124,4	105,0	75,1	1,4
4	02-mar-25	1650	65,3	57,2	52,7	33,5	57,0	51,3	1,1
5	31-ott-28	1650	125,4	116,7	58,1	71,8	101,3	97,7	1,0
6	04-gen-29	2050	89,3	116,8	99,5	145,5	105,1	86,0	1,2
7	19-nov-29	1550	110,2	137,1	123,8	155,5	125,8	90,1	1,4
8	17-dic-33	1400	69,5	88,9	81,6	90,2	80,3	54,8	1,3
9	30-dic-33	1550	58,0	88,2	49,8	91,3	68,1	60,7	1,1
10	16-dic-34	1950	119,3	140,0	63,3	101,1	110,1	91,2	1,2
11	10-feb-35	1450	57,0	50,4	41,4	44,8	50,0	46,7	1,1
12	03-mar-35	1750	55,2	84,4	109,4	76,3	79,6	68,1	1,2
13	19-nov-35	1450	64,8	97,1	52,8	84,3	73,5	73,2	1,0
14	02-mar-36	1750	88,2	109,3	128,8	121,8	107,5	97,3	1,1
15	09-ott-37	1500	100,4	45,5	45,2	48,2	65,1	64,5	1,0
16	17-dic-37	2750	117,5	129,4	135,0	159,7	129,2	107,9	1,2
17	24-dic-38	1550	61,3	112,8	85,1	136,4	90,1	70,9	1,3
18	26-ott-40	1450	90,7	111,1	75,3	116,4	95,4	86,9	1,1
19	05-feb-41	1800	94,5	132,9	83,8	150,5	108,5	77,9	1,4
20	23-feb-41	1750	77,7	100,7	90,9	123,3	92,0	74,5	1,2
21	10-mar-41	1400	60,9	44,7	51,9	45,6	52,3	29,7	1,8
22	06-feb-47	2300	68,2	128,6	100,0	133,4	100,5	84,3	1,2
23	27-feb-51	1550	86,2	58,7	92,0	84,4	78,9	58,0	1,4
24	03-gen-53	1400	88,5	95,1	115,4	63,8	95,2	46,1	2,1
25	13-feb-54	1400	51,5	64,1	53,6	72,2	57,7	49,3	1,2
26	02-mag-56	1450	72,4	100,6	106,6	96,0	91,7	78,6	1,2
27	03-dic-59	1450	65,5	129,9	107,2	138,1	102,1	98,4	1,0
28	26-dic-59	1500	69,4	61,1	96,3	82,6	74,6	51,7	1,4
29	23-dic-60	1550	75,8	100,3	99,2	137,4	94,4	59,7	1,6
30	06-gen-61	1550	72,2	70,5	63,2	90,9	70,7	51,4	1,4
31	13-gen-61	1400	40,9	50,3	33,4	57,1	43,3	38,5	1,1
32	14-nov-61	1450	69,4	73,6	91,1	96,5	78,4	67,7	1,2
33	20-nov-62	1400	128,1	136,9	154,3	137,8	138,2	81,2	1,7
34	20-dic-64	1400	58,5	112,6	58,2	108,4	79,4	53,0	1,5
35	30-dic-64	1700	78,3	89,5	106,4	108,6	106,2	79,6	1,3
36	03-set-65	1800	188,9	230,6	149,3	203,6	194,2	191,4	1,0
37	06-feb-69	1500	80,9	52,6	68,9	59,9	67,3	63,7	1,1
38	17-feb-69	1550	70,4	64,9	103,7	146,9	83,4	62,9	1,3
39	19-nov-75	1500	114,4	147,3	174,2	191,3	146,1	132,0	1,1
40	17-feb-76	2050	85,9	123,4	106,7	145,3	107,8	94,7	1,1
41	16-apr-78	1400	66,1	65,0	72,5	89,1	69,3	61,8	1,1
42	18-feb-79	1650	69,6	95,7	82,1	90,1	82,5	58,1	1,4
43	17-gen-80	1400	41,6	73,7	72,7	104,1	63,5	59,8	1,1
44	08-nov-80	1500	131,8	124,7	112,3	118,6	123,6	101,4	1,2
45	15-nov-80	1400	70,3	80,6	99,9	99,5	83,3	64,0	1,3
46	23-dic-82	1500	91,0	88,5	145,6	146,6	108,5	69,2	1,6
47	27-feb-84	1650	109,8	122,6	135,6	210,3	128,8	109,6	1,2
48	20-nov-85	1400	62,9	98,4	155,6	159,1	105,3	96,2	1,1
49	02-feb-86	1900	87,6	138,6	108,9	160,8	115,0	112,5	1,0
50	27-nov-87	1400	94,6	131,3	149,2	139,8	123,5	114,8	1,1
51	10-dic-87	1450	77,0	87,6	64,4	75,7	77,1	50,1	1,5
52	11-dic-90	1400	71,6	82,4	109,3	156,1	91,5	89,0	1,0
53	22-nov-91	1600	106,7	106,7	133,1	124,1	114,8	76,4	1,5
54	09-dic-92	1550	118,0	115,0	143,3	161,6	127,0	97,3	1,3
55	17-dic-99	1450	54,0	50,1	120,7	109,9	74,2	73,6	1,0

Tab. 15 – I 55 eventi di piena del Tevere a Roma con Qc >= 1400 m³/s.



Foto 13 – Piena del dicembre 1937: L'isola Tiberina vista dalla riva destra. (Foto Filippo e Saverio Bersani).



Foto 14 – Piena del dicembre 1937: L'isola Tiberina vista da Ponte Garibaldi. (Foto Filippo e Saverio Bersani).

5.4 Coefficiente di deflusso di piena, scala dello stato di saturazione del bacino

Nella tab. 13 sono descritte le 55 piene esaminate nel periodo 1921 – 2000, dove per ogni piena è riportata la pioggia ragguagliata nel bacino del Tevere sotteso dalla stazione di Roma Ripetta (circa 16545 km²) nei 4 giorni precedenti la piena e la portata defluita alla stessa stazione nei 5 giorni del passaggio della piena (con il 3° giorno dei 5 considerati, corrispondente al giorno della portata massima giornaliera). Il rapporto tra i descritti afflussi e deflussi fornisce, come già detto in precedenza, un'indicazione di massima del coefficiente di deflusso di piena (Bersani et alii, 1999), che è però influenzato per il periodo 1963 – 2000 dall'esistenza della diga con serbatoio di Corbara. I dati pluviometrici giornalieri sono stati ripresi, come detto, dagli annali idrologici, ad eccezione che per la piena del 6 febbraio 1947, dove sono stati ripresi da Remedina et alii (1998).

PERIODO	PERIODO 1921-1962		PERIODO 1963-2000	
	Numero Piene	Coefficiente di deflusso di piena (%)	Numero piene	Coefficiente di deflusso di piena (%)
ESTATE	–	–	1	17
AUTUNNO	14	31	10	30
INVERNO	18	48	9	36
PRIMAVERA	1	32	1	36
ANNUALE (Tutti i casi)	33	40	21	32

Tab. 16 – Coefficienti di deflusso di piena stagionali nei periodi 1921–1962 e 1963–2000.

In tab. 16 inoltre è riportato il coefficiente di deflusso di piena sia annuale che stagionale su 54 casi (infatti, come già detto, non si dispone dei dati di portata della piena del 20 novembre 1985), considerando anche l'evento "anomalo" del 10 marzo 1941, in cui detto coefficiente ha raggiunto un valore altissimo (78,9%) a causa di una portata del fiume che evidentemente risentiva in maniera notevole di piogge precedenti al periodo di tempo utilizzato per il calcolo di questo coefficiente.

Se si considera il coefficiente di deflusso di piena su scala annuale si vede che nel periodo più recente 1963 – 2000 è diminuito di circa l'8% (dal 40 al 32%). Mentre per quanto riguarda quelli stagionali, l'autunnale rimane circa uguale (30% circa), ma diminuisce notevolmente quello invernale (dal 48 al 36%) nel periodo più recente da quando cioè è entrato in funzione il serbatoio di Corbara.

Ed è proprio all'esistenza del serbatoio di Corbara in particolare e degli altri serbatoi sul corso principale del Tevere e sui suoi affluenti, a cui si deve in parte la forte diminuzione del coefficiente di deflusso invernale, unitamente all'alterazione del flusso di base del fiume (Boni et alii, 1993). Presumibilmente l'invaso (Bencivenga et alii, 2001; Palmieri et alii, 1999 e 2002) agisce in due modi che riflettono processi diversi: (a) durante gli eventi di piena esercita la laminazione ridistribuendo nel tempo l'onda di piena; (b) favorendo l'irrigazione in estate ed all'inizio dell'autunno in un vasto comprensorio, dà luogo a notevole esportazione di acqua nell'atmosfera per evapotraspirazione. Ne consegue, nelle stagioni successive, una alterazione del flusso di base del Tevere. Il flusso di base risulta anche alterato dai prelievi di acqua sia superficiale sia soprattutto sotterranea, che sono andati aumentando nel tempo.

Nella tab. 17, applicabile "sic et simpliciter" soltanto agli eventi anteriori al 1963, si è effettuato un tentativo di classificare lo stato di saturazione generale del bacino in base al valore del parametro $Q_{4,5}$ alla stazione di Roma – Ripetta. Il parametro $Q_{4,5}$ (Bencivenga et alii 1998; Bersani et alii 1999), rappresenta, come già detto, "la media delle portate giornaliere registrate alla stazione di Roma Ripetta il quarto e il quinto giorno che precedono l'evento di piena".

$Q_{4,5}$ (m^3/s)	STATO DI SATURAZIONE DEL BACINO
< 100 m^3/s	ASCIUTTO
Tra 100 e 200 m^3/s	SEMIASCIUTTO
Tra 200 e 500 m^3/s	INTERMEDIO
Tra 500 e 800 m^3/s	SEMISATURO
Tra 800 e 1400 m^3/s	SATURO
> 1400 m^3/s	COMPLETAMENTE SATURO

Tab. 17 – Scala dello stato di saturazione del bacino del Tevere in base al parametro $Q_{4,5}$ (m^3/s) alla stazione di Roma Ripetta.

Il parametro $Q_{4,5}$ sintetizza bene sia i processi a scala temporale lunga, che influenzano il flusso di base, sia i processi di saturazione del suolo dovuti a precipitazioni antecedenti gli eventi di piena. Ciò vale soprattutto per i casi occorsi prima della realizzazione del bacino di Corbara (1963). Successivamente la regolazione delle portate conseguenti all'invaso sembra aver ridotto la rappresentatività di questo parametro nel senso anzidetto.

Attualmente lo stato di saturazione del bacino può essere meglio valutato con i dati disponibili in tempo reale, essenzialmente di precipitazione e di altri

parametri collegati (come l'umidità del suolo) anche con osservazioni satellitari.

Come si vede dalla tab. 17 il bacino sembra potersi considerare completamente saturo quando il valore del $Q_{4,5}$ supera i $1400 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tale condizione è tanto più vera quando si verificano 2 piene a breve distanza di tempo. Ad esempio nel dicembre 1959 si sono avute 2 piene che hanno raggiunto alla stazione di Roma – Ripetta circa la stessa altezza idrometrica e quindi circa la stessa portata: il giorno 3 dicembre si è avuto un colmo con $H_c = 11,75 \text{ m}$ ($Q_c = 1450 \text{ m}^3/\text{s}$) e il giorno 26 dicembre un altro colmo con $H_c = 11,88 \text{ m}$ ($Q_c = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$). Mentre però per la prima piena il $Q_{4,5}$ valeva $163 \text{ m}^3/\text{s}$, per la seconda piena era molto più elevato e pari a $434 \text{ m}^3/\text{s}$, così mentre per il primo colmo si sono avuti $98,6 \text{ mm}$ di pioggia in 4 giorni (vedi tab. 13), per il 2° colmo è stata sufficiente una pioggia ragguagliata di $53,0 \text{ mm}$ in 4 giorni per avere una portata al colmo maggiore. Anche il coefficiente di deflusso di piena testimonia bene il diverso grado di saturazione del bacino nelle due piene: circa 25% nella piena del 3 dicembre e circa 52% nella piena del 26 dicembre.

La piena dell'anno 1870 e le grandi piene del secolo appena terminato (1900, 1915 e 1937) sono avvenute in anni particolarmente piovosi, così che le piogge determinanti le piene hanno trovato un terreno completamente saturo (ad esempio nella piena del 17 dicembre 1937 il $Q_{4,5}$ era di $1470 \text{ m}^3/\text{s}$). Nella tab. 18 sono riportati i valori di piovosità (ripresi da Frosini, 1977) dell'intero anno della piena (quando la piena è avvenuta a dicembre) e nei mesi precedenti tali piene alle stazioni di Roma U.C.M. e di Perugia Isa.

PIENA	Perugia Val.medio ann. (mm)	Perugia Val. anno (mm)	Perugia Val. mensile (mm)	Roma Val.medio ann. (mm)	Roma Val. anno (mm)	Roma Val. mensile (mm)
29-12-1870	933	1183	–	836	816	–
02-12-1900	933	1084	378 (2 mesi)	836	1470	585 (2 mesi)
15-02-1915	933	–	470 (3 mesi)	836	–	553 (3 mesi)
17-12-1937	933	1396	526 (3 mesi)	836	978	402 (3 mesi)

Tab. 18 – Valori di piovosità alle stazioni di Roma e Perugia nel periodo precedente le piene del 1870, 1900, 1915 e 1937.

Inoltre anche la maggiore piena del Tevere conosciuta, avvenuta il 24 dicembre 1598 con un'altezza idrometrica di $19,56 \text{ m}$ a Ripetta, cui corrisponde una portata al colmo di circa $4000 \text{ m}^3/\text{s}$, è avvenuta in un anno particolarmente piovoso perché, come riporta la cronaca del tempo di Jacopo Castiglione, il Tevere era già più volte uscito dal suo letto (almeno il 2 feb-

braio e il 7 marzo) allagando la zona dell'attuale via dell'Orso ed uscì nuovamente anche pochi giorni dopo, il 10–11 gennaio 1599. Nella stessa cronaca è inoltre scritto: “Quest’anno del 1598 è stato quasi tutto si humido, che la maggior parte di giugno si passò con pioggia e freddo, né per questo havemo avuto l’Autunno asciutto. Anzi in detta stagione non ha mai fatto altro, che piovere quasi continuamente”.

Come già più volte detto la piena del 24 dicembre 1598 a Roma è considerata la massima piena del Tevere, però Perrone (1899) afferma che se la piena del 29 dicembre 1870 avesse avuto lo stesso bacino idrografico della piena del 1598, a Roma Ripetta si sarebbe avuta una altezza idrometrica maggiore che nel dicembre 1598. I cambiamenti descritti da Perrone (1899), avvenuti nei circa 300 anni di intervallo fra le due piene, sono i seguenti: a) diminuzione di circa 1171 km² di bacino della Val di Chiana passati all’Arno; b) la deviazione, avvenuta nel 1490, del torrente Tresa e del Rio Maggiore dal Trasimeno al Chiani, mentre nel 1870 sia il Tresa che il Rio Maggiore sversavano nell’Arno; c) la costruzione del ponte Regolatore sul Velino, ultimata nel 1602. Se fosse esatto quanto affermato da Perrone (1899) non sarebbe corretto considerare la piena (o meglio le piogge determinanti la piena) del 1598 come un evento eccezionale con tempo di ritorno 1000 anni.

Per quanto riguarda infine la durata dell’onda di piena delle piene descritte, in tab. 19 sono riportati i tempi in ore in cui il livello del Tevere è stato superiore a 15 e 16 m a Ripetta.

PIENA	Altezza al colmo Hc a Roma Ripetta (m)	Portata al colmo Qc a Roma Ripetta (m ³ /s)	Tempo in ore con H > 15 m a a Roma Ripetta	Tempo in ore con H > 16 m a a Roma Ripetta
24 dicembre 1598	19,56	4000 (?)	–	35
29 dicembre 1870	17,22	3300	50	35
2 dicembre 1900	16,17	3100	44	15
15 febbraio 1915	16,08	2900	57	11
17 dicembre 1937	16,84	2750	66	49

Tab. 19 – Durata dell’onda di piena per altezze idrometriche a Roma Ripetta superiori a 15 e 16 m.

Nella tabella è stata inserita anche la piena di dicembre 1598, per la quale l’informazione sulla durata dell’altezza idrometrica è stata ripresa dalla cronaca di Jacopo Castiglione, riportata in Frosini (1977), dove si legge che il Tevere inondò la città a partire dalle ore 23 circa del giorno 23 dicembre e solo alle ore 10 circa del giorno 25 dicembre, il livello dell’acqua cominciò a calare. L’acqua del Tevere era così fuoriuscita dal suo alveo per un tempo di circa 35 ore, considerando appunto 16 m il valore di soglia in cui vi era lo straripamento del fiume.



Foto 15 – Piena del dicembre 1937: L'Istituto San Michele a Lungotevere Ripa. (Foto Filippo e Saverio Bersani)



Foto 16 – Piena del dicembre 1937: L'Istituto San Michele a piazzale Portuense. (Foto Filippo e Saverio Bersani)

5.5 Considerazioni sulla frequenza delle piene nel periodo 1871–2000

Il completamento dello studio delle piene fino all'anno 2000 permette ora di avere il quadro completo delle piene avvenute nel passato. Nella tab. 20 è riportato il numero di piene, per decenni successivi dal 1871 al 2000, avvenute ad intervalli di tempo di 7 e 30 giorni.

I dati della tab. 20 hanno anche consentito l'elaborazione dei grafici corrispondenti riportati nelle figg. 4 e 5.

Decennio	Intervallo fra 2 colmi: 7 giorni				Intervallo fra 2 colmi: 30 giorni			
	Qc>= 2000 m ³ /s	Qc>= 1400 m ³ /s	Qmed>= 1000 m ³ /s	Qmed>= 800 m ³ /s	Qc>= 2000 m ³ /s	Qc>= 1400 m ³ /s	Qmed>= 1000 m ³ /s	Qmed>= 800 m ³ /s
1871-1880	3	24	41	56	3	18	28	32
1881-1890	2	8	20	28	2	8	15	18
1891-1900	2	16	23	34	2	11	16	22
1901-1910	3	18	25	45	3	10	18	30
1911-1920	4	19	32	42	4	14	20	26
1921-1930	2	6	12	28	2	5	10	19
1931-1940	2	11	28	44	2	9	18	25
1941-1950	1	11	20	27	1	6	9	17
1951-1960	0	7	11	22	0	6	8	16
1961-1970	1	9	16	24	1	5	12	16
1971-1980	1	7	12	20	1	6	9	15
1981-1990	2	7	8	12	2	6	7	10
1991-2000	0	3	6	8	0	3	6	8
Totali	23	146	254	390	23	107	176	254

Tab. 20 – Numero di eventi di piena con portata al colmo maggiore o uguale a 2000 m³/s, a 1400 m³/s, e con portata media giornaliera maggiore o uguale a 1000 m³/s e a 800 m³/s, per intervalli di tempo fra 2 colmi successivi rispettivamente di 7 e 30 giorni, divisi per decenni dal 1871 al 2000.

La prima osservazione è che le forme delle 4 curve nelle 2 figure risultano estremamente simili, con la differenza ovviamente di un minor numero di piene per l'intervallo di 30 giorni, eccezion fatta per le piene con colmo da 2000 m³/s, in cui la curva è uguale nelle due figure, a conferma che tale portata rappresenta un evento eccezionale; addirittura soltanto in un caso l'intervallo di tempo fra 2 di queste piene (19 gennaio e 17 marzo 1917) è stato inferiore all'anno.

Le figure 4 e 5 mostrano ambedue che dall'inizio del secolo vi è una tendenza alla diminuzione della frequenza delle piene di tutte le 4 classi di portata considerate, con il fenomeno particolarmente accentuato per gli ultimi due decenni. L'unico decennio in controtendenza è il 1921 – 1930, che risulta essere assai “povero” di piene.

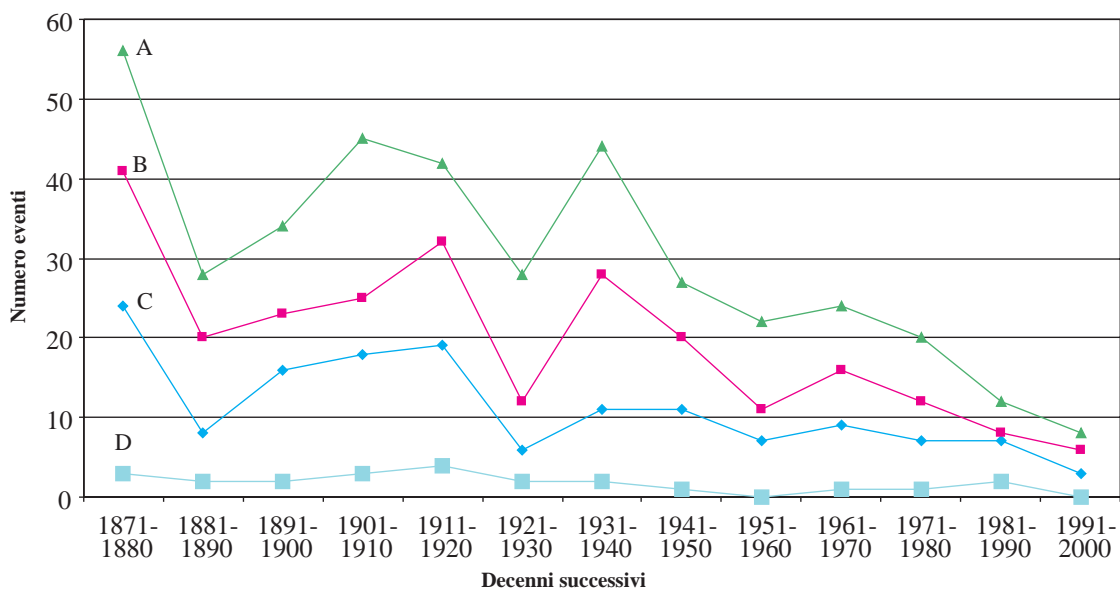


Fig. 4 – Piene del Tevere a Roma con intervallo minimo di 7 giorni, per decenni dal 1871 al 2000. A= 800 m³/s, B=1000m³/s, C=1400 m³/s, D=2000 m³/s.

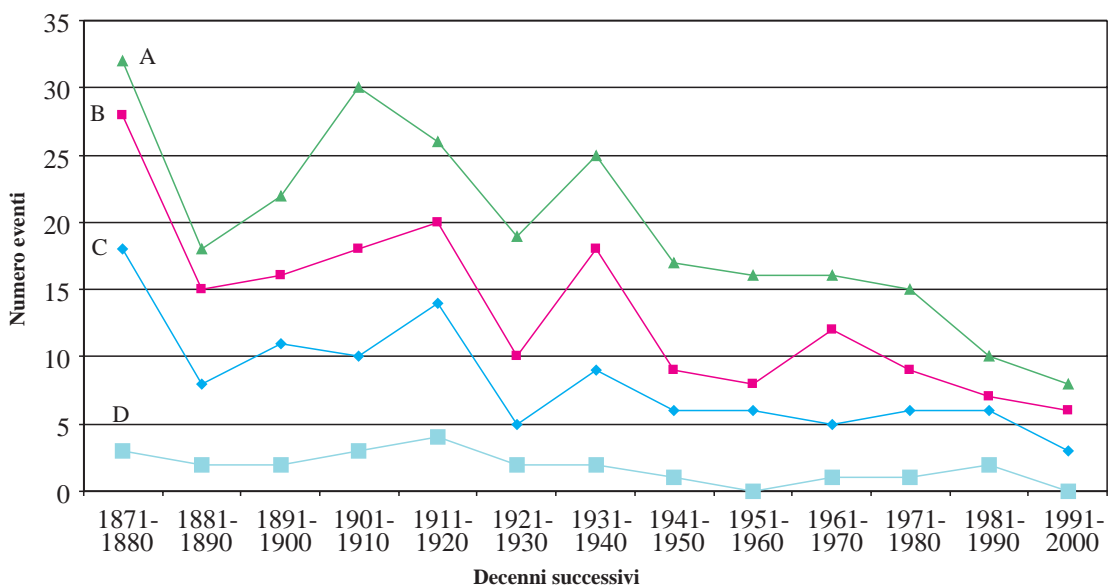


Fig. 5 – Piene del Tevere a Roma con intervallo minimo di 30 giorni, per decenni dal 1871 al 2000. A= 800 m³/s, B=1000m³/s, C=1400 m³/s, D=2000 m³/s.

Il maggior contributo alla diminuzione deriva dal decrescente numero di piene di media intensità ($Q_{med} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$).

Per il periodo più antico 1871 – 1900, dopo un primo decennio assai “ricco” in piene, il decennio successivo mostra un brusco calo del numero delle piene che tendono poi a ricrescere nell’ultimo decennio del secolo.

Nella tab. 21 per l’intero periodo 1871 – 2000, in cui è possibile associare le portate all’altezza idrometrica a Ripetta, è riportato l’elenco delle 22 piene che hanno uguagliato o superato la portata al colmo di $2000 \text{ m}^3/\text{s}$.

DATA DELLA PIENA	Altezza al colmo (m)	Diagramma di Frosini
1873 novembre 1	13,98	B
1875 dicembre 5	13,96	C
1878 novembre 16	15,37	B
1885 gennaio 13	13,85	-
1887 dicembre 24	13,90	-
1892 marzo 16	13,86	-
1900 dicembre 2	16,17	B
1902 febbraio 5	14,39	-
1903 dicembre 8	14,02	-
1905 novembre 25	14,12	-
1915 febbraio 15	16,08	B
1917 gennaio 19	13,90	-
1917 marzo 8	14,25	-
1919 gennaio 9	14,28	C
1923 dicembre 9	14,75	C
1929 gennaio 4	14,90	B
1934 dicembre 16	14,40	A
1937 dicembre 17	16,84	C
1947 febbraio 6	14,53	B
1965 settembre 3	12,65	C
1976 febbraio 17	12,72	B
1984 febbraio 27	11,81	B
1986 febbraio 2	12,40	B

Tab. 21 – Piene del Tevere a Roma con portata al colmo Q_c maggiore od uguale a $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ e tipo di piogge al diagramma di Frosini nei 6 giorni precedenti la piena. Per il periodo 1871-1920 l’altezza di soglia è stata scelta pari a 13,85 m alla stazione di Roma–Ripetta; le piene del 1965, del 1984 e del 1986 sono state riportate perché si è tenuto conto della portata al colmo naturale (Calenda, 1997) cioè della portata che si sarebbe avuta senza la laminazione del serbatoio di Corbara.

Le piene con portata al colmo da $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ nel periodo 1960 – 1990 risultano essere 4, ma di queste ben 3 (anni 1965, 1984 e 1986) sono state considerate tali in base alla loro portata “naturale” (Calenda et alii, 1997) perché la laminazione del serbatoio di Corbara ha in realtà notevolmente abbassato il valore della portata al colmo.

Per meglio comprendere i fenomeni climatici che hanno determinato la frequenza delle piene dal 1870 al 2000, si pone ora lo sguardo sulla temperatura e sugli afflussi del secolo da poco ultimato, come risulta dalla rianalisi del

National Center for Environmental Prediction – NCEP dei dati osservativi degli ultimi 50 anni espresso in modo sintetico e nelle grandi linee.

Tra il 1950 ed il 1980 la temperatura sulle regioni del medio Tirreno è diminuita in media al ritmo di $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C} / 5$ anni. Successivamente, tra gli anni '80 e '90 vi è stato un aumento di temperatura apprezzabile (dell'ordine di $+0,2\text{ }^{\circ}\text{C} / 5$ anni) che è poi balzato al ritmo di circa $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C} / 5$ anni nell'ultimo quinquennio del secolo. Nella seconda metà del secolo la temperatura è dunque aumentata di circa 1 grado.

Anche nella prima metà del secolo appena terminato tra gli anni '20 e '40 la temperatura media è aumentata di circa un grado, per cui attualmente la temperatura media è di circa 2 gradi superiore rispetto all'inizio del '900.

Le precipitazioni sulle regioni del medio Tirreno nel corso degli ultimi 100 anni, hanno invece subito variazioni negative: il totale medio annuo è diminuito circa tra il 10 e il 15% (Bencivenga e Ranieri, 1997; Palmieri et alii, 1991; Vaccaro, 1998) ed i mesi più coinvolti dalla diminuzione sono marzo, aprile, maggio e dicembre.

È evidente che una diminuzione apprezzabile delle piogge contribuisce alla diminuzione del numero degli eventi di piena di tutte le 4 categorie rappresentate nelle figg. 4 e 5, anche se la diminuzione del valore annuo non significa necessariamente una diminuzione delle intensità delle piogge determinanti la singola piena.

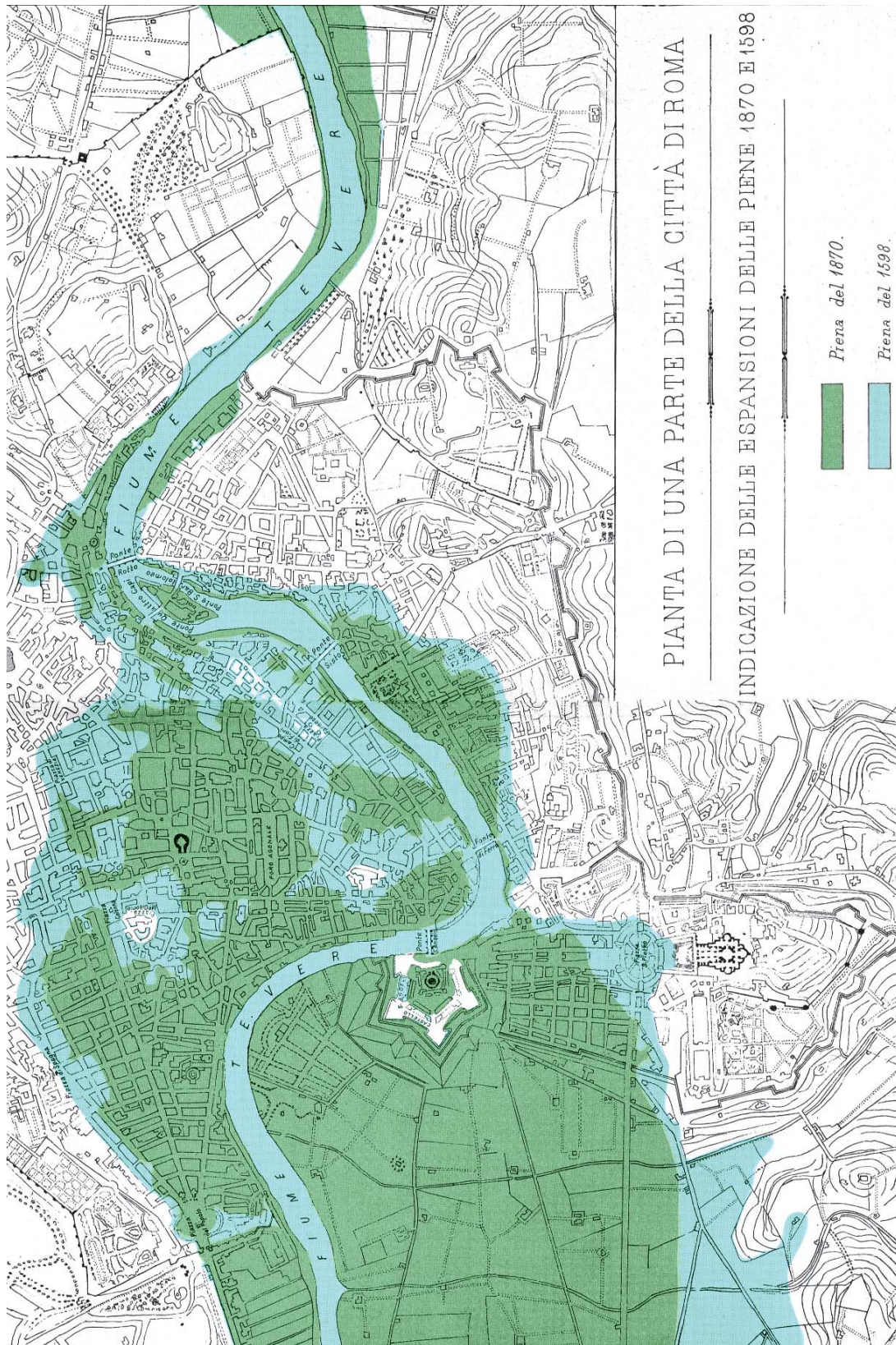


Foto 17 – Le aree inondate dal Tevere a Roma, redatte dall'ing. Canevari nel 1871, durante le piene del 1598 e del 1870 (da C. D'Onofrio, 1980).

6. CONSIDERAZIONI SU FENOMENI DI PIENA E TRASPORTO SOLIDO

Le prime misure di trasporto solido (riguardanti il trasporto torbido o in sospensione) a Roma furono effettuate dalla Stazione Agraria Sperimentale di Roma nel periodo 1873 – 1879. Furono quindi riprese dal Servizio Idrografico di Roma (ancora con la sola misura del trasporto torbido) nel 1932 e interrotte nuovamente nel 1973. Esistono poi 2 anni di misure più recenti: il primo l'anno 1985 (con misura del trasporto torbido) eseguito per una tesi di laurea in Geologia all'Università La Sapienza di Roma e il secondo nel marzo 1990 – marzo 1991 eseguito dalla Sapro s.p.a. nel corso della redazione del Piano di bacino del fiume Tevere, in cui è stato misurato sia il trasporto in sospensione che al fondo.

Successivamente l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Roma su finanziamento dell'Autorità di bacino del fiume Tevere ha svolto una campagna di misura del trasporto solido sia al fondo che in sospensione nel 1995 – 96 in diverse stazioni nel bacino del Tevere tra cui anche quella di Roma, l'esiguità delle misure effettuate non permette però stime su scala annuale. Attualmente alla stazione di Roma Ripetta viene misurato il trasporto in sospensione in concomitanza delle misure di portata liquida.

Inoltre misure indirette del trasporto solido del Tevere sono state effettuate in passato eseguendo le batimetrie dei principali invasi sul corso principale del fiume: Corbara (1964, 1991 e 1995) e Alviano (1964, 1991 e 1995), anche se soprattutto per il serbatoio di Corbara i risultati delle batimetrie effettuate devono essere interpretati con molta cautela, a causa della diversa strumentazione e della diversa accuratezza con cui sono stati eseguiti i diversi rilievi.

Un'altra misura indiretta del trasporto solido è costituita dallo studio dei profili di fondo alveo (Sapro s.p.a., 1991), che permette di ricostruire per intervalli temporali i tratti di fiume in erosione o in accumulo.

Il trasporto solido a Roma è essenzialmente costituito dal trasporto torbido, mentre risulta del tutto trascurabile il trasporto al fondo (Sapro s.p.a., 1991; Bersani e Amici, 1993) ed è concentrato nei giorni dell'anno in cui avvengono le piene.

Il trasporto solido in sospensione in condizioni non di piena è costituito da materiale argilloso e limoso (diametro dei granuli D inferiore a 0,05 mm).

Le analisi granulometriche eseguite sul materiale rappresentativo di entrambi i tipi di trasporto solido durante le piene hanno indicato invece un materiale prettamente sabbioso (diametro dei granuli D compreso tra 0,05 e 2,00 mm) con un diametro medio $D_{50} = 0,5$ mm circa.

L'unico elemento distintivo tra i sedimenti rappresentativi dei due tipi di trasporto è la presenza di materiale ghiaioso ($D > 2,00$ mm) nel trasporto di fondo, anche se in percentuale limitata, inferiore al 10%. I campioni di trasporto di fondo esaminati nel periodo 1990 – 91 erano 2 e provenivano il primo dalla miscelazione di 23 distinti campionamenti avvenuti con portate comprese tra circa 50 e 300 m^3/s e il secondo durante una misura di portata con $Q = 700 m^3/s$ nella fase discendente della piena dell'11 dicembre 1990, con portata al colmo $Q_c = 1400 m^3/s$. Il campione rappresentativo del trasporto torbido è stato invece prelevato da chi scrive, sulla banchina in riva sinistra a valle del ponte Principe Amedeo Savoia Aosta alcuni giorni dopo il passaggio della citata piena dell'11 dicembre 1990. Il campione è effettivamente rappresentativo di questa piena, in quanto la banchina del Tevere era stata completamente ripulita pochi mesi prima nell'ambito dei lavori eseguiti a Roma per i mondiali di calcio del 1990.

Nella tab. 22 (tratta da Bersani e Piotti, 1994) è indicato il trasporto solido medio annuo a Roma per diversi periodi di tempo, anche se per i dati più antichi esistono dei dubbi sulla loro attendibilità.

Periodo di misura	Deflusso torbido (10^3 ton)	Deflusso torbido unitario (ton/km ²)
1873 – 1879	10600	640
1932 – 1946	7460	451
1949 – 1963	4217	255
1964 – 1973	1419	86
1985	670	40
1990 – 1991	500	30

Tab. 22 – Deflusso torbido e deflusso torbido unitario misurati alla stazione di Roma Ripetta in passato (valori medi annui).

Anche le misure di trasporto torbido eseguite successivamente, dal 1995 al 2000, confermano l'esiguità del materiale trasportato dal fiume a Roma in tale periodo.

Le misure sperimentali dal 1964 in poi sono successive alla costruzione dei principali impianti idroelettrici con serbatoio sul corso principale del Tevere (in particolare Corbara è stato ultimato nel 1963 e Alviano nel

1964), da allora le condizioni del fiume e del suo bacino si sono mantenute pressoché immutate fino ad oggi. In base alle considerazioni esposte, è stata trovata (Bersani e Piotti, 1994) la relazione lineare che lega su scala annuale il deflusso torbido e la Q_{somma} , cioè la portata liquida ottenuta sommando tutte le portate medie giornaliere a Roma superiori al valore di soglia di $350 \text{ m}^3/\text{s}$. Il valore di $350 \text{ m}^3/\text{s}$ infatti (Dall'Oglio e Remedia, 1984) indica la portata d'inizio del trasporto torbido a Roma. La relazione (nota col nome di "equazione di Bersani e Piotti") è la seguente:

$$Y = 0,0575 x + 0,1606 \quad (1)$$

Dove la y rappresenta il deflusso torbido annuale (espresso in milioni di tonnellate) e la x indica la Q_{somma} prima descritta (espressa in $\text{m}^3/\text{s} \times 1000$). Tale relazione permette così di ricostruire il deflusso torbido annuale, per gli anni successivi al 1973 fino al 2000, anche in assenza di misure sperimentali di trasporto solido, a partire soltanto dai valori della portata media giornaliera pubblicati sugli Annali Idrologici.

Altre ricostruzioni del trasporto solido medio annuo a Roma sono anche state effettuate da Bencivenga e Remedia, 1999.

La tab. 22 indica che il deflusso torbido, che avviene come già detto quasi esclusivamente durante le piene, è in continua diminuzione. Il calo del trasporto solido a Roma su base annuale è causato sia dalla diminuzione del numero dei giorni con $Q_{\text{med}} > 350 \text{ m}^3/\text{s}$, sia dalle mutate condizioni del bacino, dovute principalmente alla costruzione di serbatoi e sbarramenti ed anche ad un differente uso del suolo. Infatti il serbatoio di Corbara (Calenda et alii, 1976) ha comportato una riduzione di circa il 30% del trasporto solido misurato a Roma. È interessante ora notare che la capacità di arresto del trasporto solido da parte di un serbatoio dipende anche dal modo in cui si verifica la piena, se cioè l'onda di piena ha la possibilità di oltrepassare lo sbarramento oppure è obbligata a depositare il materiale solido nel bacino a monte.

Inoltre anche nelle singole piene la densità dell'onda di piena è andata progressivamente calando nel tempo, dalle piene più antiche alle più recenti. La qual cosa ha probabilmente influenza anche sulla velocità di propagazione della stessa onda di piena ed è questo un aspetto che meriterebbe sicuramente maggiore approfondimento, anche per una migliore calibrazione di un modello afflussi – deflussi.

Anche da quanto ora esposto, appare chiara la necessità di un controllo sistematico del trasporto solido almeno alla stazione di Roma.

Infine bisogna sottolineare che lo studio del trasporto solido in relazione all'avanzamento del litorale in prossimità della foce del Tevere (vedi paragr. 3.7) aiuta a comprendere l'entità delle piene avvenute nel passato.

Infatti è lecito attribuire i maggiori avanzamenti della linea di costa ai periodi in cui il Tevere ha effettivamente apportato un maggior contributo solido, che deriva a sua volta dai periodi in cui si sono avute piene importanti e con frequenza maggiore. Ciò è lecito perché le condizioni del mare (intese come intensità delle mareggiate), per quanto se ne sa (e sarebbe questo un altro aspetto da approfondire), possono ritenersi costanti nei tempi storici e le piccole variazioni climatiche (Pinna, 1996) come il periodo caldo medievale (800 – 1200 d.C.) o la fase fredda denominata “Piccola Età Glaciale” (1550 – 1850 d.C.) non hanno influenzato il livello medio del mare.



Foto 18 – Acquarello raffigurante “la piena del Tevere a Roma del 1846” del pittore svizzero Salomon Corrodi (1810 – 1892). Collezione privata.

7. CONCLUSIONI

Lo studio ha cercato di mettere insieme tutte le informazioni esistenti sulle piene del Tevere a Roma, provenienti dai tanti autori che se ne sono occupati soprattutto negli ultimi decenni.

Per le piene più antiche fino all'inizio del 1800 si evince che una ricerca storica più accurata di quelle sinora svolte (soprattutto per quanto riguarda il periodo medioevale) potrebbe far conoscere altre inondazioni di Roma sinora sconosciute.

Nel periodo che va dall'anno 1000 al 1870 si sono avute 21 piene eccezionali del Tevere (con altezza cioè superiore a 16 m all'idrometro di Ripetta), che sono "documentate" dalle lapidi in pietra ubicate sui palazzi del centro storico o agli idrometri che si sono succeduti nel tempo a Ripetta o ancora dalle descrizioni degli effetti disastrosi redatte dai contemporanei. A queste 21 dovrebbero probabilmente essere aggiunte almeno altre 3 inondazioni (avvenute negli anni 1475, 1488 e 1500), la cui documentazione è stata "riscoperta" nel corso del presente lavoro. Poiché si è visto che in alcuni periodi storici (il 1400 e il 1500 in particolare) molte inondazioni sono state rese più gravi dall'incuria e dal restringimento dell'alveo fluviale, ad equivalenti eventi piovosi sono corrisposti nel tempo effetti differenti. Lo studio del trasporto solido e dell'avanzamento della linea di costa in prossimità della foce, aiuta a comprendere i periodi in cui effettivamente le inondazioni a Roma erano dovute ad eventi con portata veramente eccezionale. Nel periodo di tempo di 250 anni dal 1450 al 1700 ad esempio la linea di costa in prossimità della foce del Tevere ha avuto un avanzamento medio di circa 10 m/anno ed in tale periodo si sono avute ben 13 delle 21 piene eccezionali, di cui ci è giunta notizia certa nell'intero periodo di 870 anni dal 1000 al 1870. In particolare dal 1530 al 1606 si sono avute ben 5 piene eccezionali, di cui 4 con altezza superiore a 18 m e tra queste la piena del 24 dicembre 1598, che con 19,56 m costituisce il massimo storico, a cui è possibile associare una portata al colmo di circa 4000 m³/s.

È interessante notare che circa nello stesso periodo (seconda metà del XVI secolo) anche la foce del fiume Po era in netta progradazione ed in tale periodo si è formata la foce a delta sui sedimenti di recente deposizione.

Per il periodo 1871 – 1920 è stata eseguita una ricostruzione del numero di eventi per decennio che hanno superato in particolare le portate al colmo di 1400 m³/s e 2000 m³/s.



Foto 19 – “La visita a Roma di Re Vittorio Emanuele II, durante l’inondazione della città il 30 dicembre 1870” di Ettore Roesler Franz. Acquarello di proprietà dell’Istituto per la Storia del Risorgimento Italiano.

Infine è stato possibile effettuare lo studio delle piene in relazione alla distribuzione delle piogge nell'intero bacino per il periodo di 80 anni, dal 1921 al 2000, anche se qualche ricostruzione, sia pure con poche stazioni pluviometriche, sia stata fatta anche per le piene tra il 1871 e il 1880.

Per le 55 piene con portata maggiore o uguale a $1400 \text{ m}^3/\text{s}$, esaminate del periodo 1921 – 2000, è stata eseguita un'analisi a cluster della distribuzione (nel diagramma del prof. Frosini del 1977) delle piogge dei 6 giorni precedenti la piena.

È risultato che il tipo B (piogge crescenti da monte verso valle) è il più frequente con 29 casi, seguito dal tipo C (piogge praticamente uniformi su tutto il bacino) con 18 casi ed infine dal tipo A (piogge decrescenti da monte verso valle) con 8 casi. Anche nel periodo precedente 1872 – 1919 il tipo B è stato il più frequente con 5 casi su 10 esaminati.

Le piene maggiori sono state generate da piogge di tipo B (2 dicembre 1900, 15 febbraio 1915 e 17 febbraio 1976) o di tipo C (17 dicembre 1937 e 3 settembre 1965).

Lo studio delle piogge determinanti di uno o più giorni nel bacino in relazione alle piene a Roma ha mostrato che nel periodo 1921 – 2000 in un solo caso (evento del 10 marzo 1941) piogge di un solo giorno (con un'altezza ragguagliata nel bacino pari a circa 26 mm) hanno causato a Roma un colmo di piena dell'ordine di $1400 \text{ m}^3/\text{s}$, peraltro associato ad un valore elevato del parametro $Q_{4,5}$ pari a $722 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nel periodo 1921 – 2000 il maggior mutamento all'interno del bacino idrografico, per quanto concerne gli effetti sulle piene, è rappresentato senza dubbio dalla costruzione della diga con serbatoio di Corbara, avvenuta tra il 1959 e il 1963, che con i suoi 190 milioni di metri cubi ha la capacità di laminare le piene del Tevere riducendo l'entità dei colmi a Roma. La frequenza delle piene con portata al colmo Q_c maggiore o uguale a $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ si è infatti ridotta di circa un terzo nel periodo 1963 – 2000 (con Corbara in funzione) rispetto al precedente periodo (1921 – 1962). A questa diminuzione ha in parte anche concorso una diminuzione degli afflussi, valutabile tra il 10 e il 15% nel corso degli ultimi 100 anni.

Infine per il periodo 1921 – 2000 è stato calcolato anche il coefficiente di deflusso di piena, confrontando anche qui il periodo precedente con quello successivo all'entrata in funzione del serbatoio di Corbara. È risultato che mentre il coefficiente di deflusso autunnale è circa lo stesso per entrambe i periodi (pari a circa il 30%), quello invernale diminuisce da circa il 48% nel periodo pre-Corbara a circa il 36% nel periodo post-Corbara. Tale diminu-

zione sembra potersi imputare in parte all'azione di regolazione del serbatoio di Corbara e degli altri serbatoi presenti in altre parti del bacino (sui fiumi Salto e Turano in particolare) che, oltre ad avere un effetto di regolazione delle portate dei singoli eventi, hanno presumibilmente determinato alterazioni nel flusso di base del fiume attraverso processi a lunga scala temporale come l'infiltrazione profonda nel suolo e l'evapotraspirazione. Il flusso di base inoltre risulta alterato anche dai prelievi di acqua sia superficiale sia soprattutto sotterranea, che sono andati aumentando nel tempo.

Infine lo studio ha posto in evidenza che, per gli eventi di piena anteriori alla costruzione dell'invaso di Corbara, è possibile ipotizzare una scala dello stato di saturazione del bacino, in base al valore del parametro $Q_{4,5}$, media delle portate giornaliere registrate alla stazione di Roma Ripetta il quarto e il quinto giorno che precedono l'evento di piena. Per studi storici retrospettivi, tale parametro fornisce uno strumento semplice e sintetico per identificare la "predisposizione" del bacino ad esprimere un evento di piena.

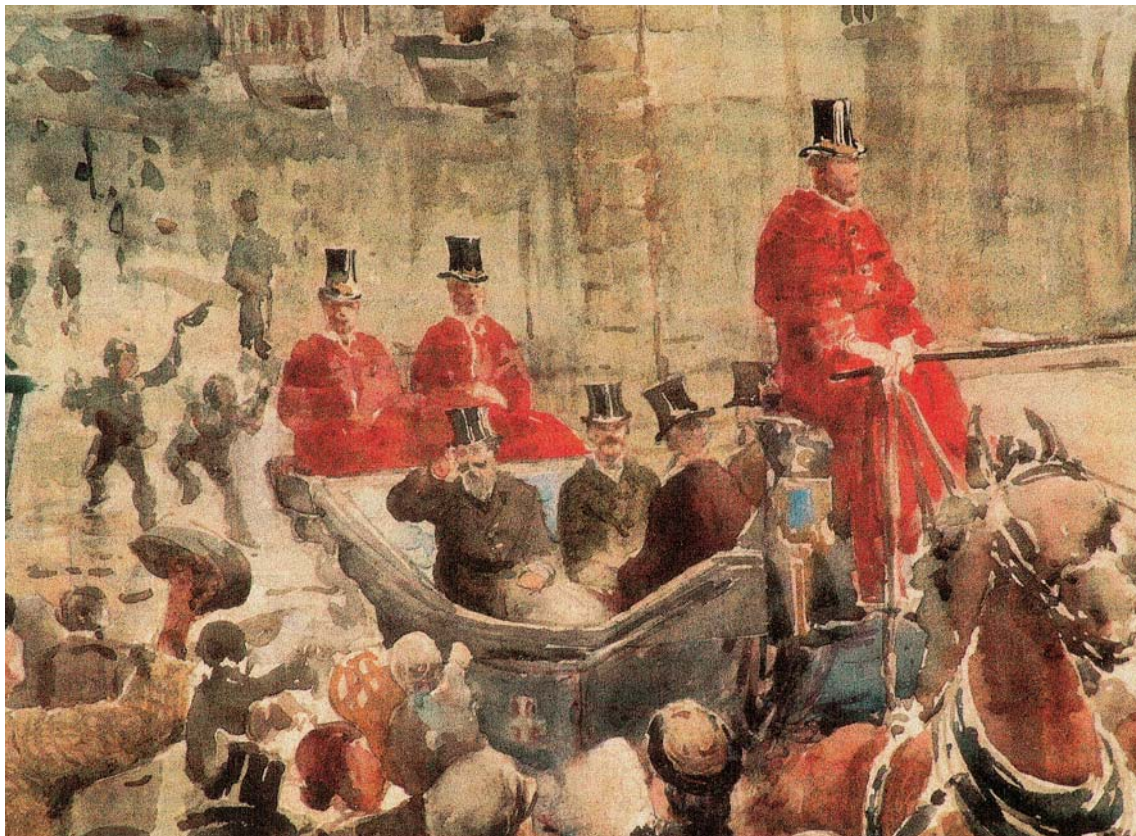


Foto 20 – Particolare della foto precedente dell'acquarello di Ettore Roesler Franz. Il Re Vittorio Emanuele II nella vettura di ritorno dal Campidoglio, passando per il Corso è in compagnia di Biagio Placidi, rappresentante il Municipio di Roma e dei generali La Marmora e De Sonnaz. (Foto Angelo Canalini)

Da quanto esposto l'ultima piena importante a Roma risale al dicembre 1937 con un'altezza idrometrica a Ripetta di 16,84 m, a cui corrisponde una portata al colmo di circa 2750 m³/s; in tale evento comunque si sono avuti soltanto limitati allagamenti in alcuni punti della città (come a monte di Ponte Milvio, all'isola Tiberina e nel Lungotevere Ripa all'altezza del San Michele). Da allora le "difese" di Roma dalle piene del suo fiume sono migliorate soprattutto, come visto, per la costruzione del drizzagno di Spinaceto nel 1940 e del serbatoio di Corbara ultimato nel 1963 ed infine per un migliore utilizzo delle golene lungo il corso del fiume nella zona a nord di Roma.

Gli interventi di sistemazione idraulica descritti, i sempre maggiori utilizzi delle risorse idrauliche superficiali e sotterranee ed il trend negativo dell'afflusso medio di precipitazioni verificatosi negli ultimi settanta anni hanno determinato una migliore condizione del deflusso delle piene ordinarie con una conseguente fiducia dell'uomo verso il fiume.



Foto 21 – Il tempio detto di Vesta, fotografato da Ettore Roesler Franz, in seguito all'inondazione del Tevere a Roma del dicembre 1870 (Raccolta Bernoni).

Peraltro è da evidenziare che nel corso degli anni il bacino idrografico ha subito una sempre più estesa urbanizzazione con superfici rese maggiormente impermeabili, un sempre più elevato abbandono del territorio di montagna con degrado dei versanti e della rete idraulica ed una sempre minore manutenzione di quel sistema di opere idrauliche e di bonifica realizzate nel corso dei secoli. Infine si è verificata una sempre maggiore presenza di strutture abusive e non, realizzate in aree destinate alla libera esondazione del corso d'acqua.

Tali strutture, in condizioni di piena, potrebbero essere trascinate in alveo determinando la costituzione di sbarramenti temporanei e la successiva formazione di onde di piena artificiali ed eccezionali.

Per quanto detto la città di Roma deve essere considerata tuttora vulnerabile anche per piene di entità pari a quelle avvenute nel passato recente (anni 1870, 1900, 1915 e 1937), che hanno avuto portate al colmo comprese tra 2750 e 3300 m³/s. In una tale eventualità, quasi dimenticata, proprio per la eccessiva fiducia riposta dall'uomo nella possibilità di controllo dei fenomeni naturali, l'isola Tiberina con la struttura ospedaliera del "Fatebenefratelli" verrebbe interessata dalle acque di piena ed anche le difese spondali a monte di Ponte Milvio potrebbero essere aggirate e in tal caso l'acqua invaderebbe molte zone della città.

Inoltre in caso di piena eccezionale sono da considerare a rischio anche le zone difese dalle arginature a valle della città: la Magliana e tutta l'area interessata dal tratto terminale del Tevere e dal canale di Fiumicino; in tali zone è necessaria una costante manutenzione delle opere di difesa idraulica, poiché le quote del terreno sono inferiori ai livelli di piena del fiume.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare innanzitutto i componenti dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Roma, il Direttore ing. Francesco Mele, che ha permesso l'accesso ai dati, l'ing. Gabriele Nardone per i dati recenti delle portate non ancora pubblicati, Cristina Pompei e la dott.ssa Emma Zaccagnini per i dati termometrici e pluviometrici, ed infine Gianfranco Pipitò, quale insostituibile memoria storica, per il recupero dei dati più antichi.

Si ringrazia il dott. Rodolfo Lama della Direzione del SIMN per l'attività di coordinamento redazionale presso l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Si ringrazia Claudio Tosti dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato – Settore Cartografia Computerizzata del Poligrafico dello Stato per la redazione della figura del bacino del Tevere con i dati del DEM.

Si ringrazia il prof. Cesare D'Onofrio per aver permesso la pubblicazione di alcune figure del suo prezioso libro: "Il Tevere" del 1980.

Si ringrazia il prof. Pier Andrea De Rosa della Associazione culturale "Studio Ottocento" per aver permesso la pubblicazione dell'immagine dell'acquarello di Salomon Corrodi raffigurante l'inondazione del Tevere a Roma del 1846.

Si ringraziano l'architetto Carlo Bernoni e il dott. Pierluigi Roesler Franz per il materiale fotografico fornito relativo alle opere di Ettore Roesler Franz.

Si ringrazia il Museo di Roma – Palazzo Braschi per aver concesso il permesso di pubblicare l'immagine dell'acquarello di Ettore Roesler Franz: "Via Fiumara nel ghetto, inondata".

Si ringrazia l'Istituto per la Storia del Risorgimento Italiano per aver autorizzato la pubblicazione dell'acquarello di Ettore Roesler Franz: "La visita a Roma di Re Vittorio Emanuele II durante l'inondazione della città il 30 dicembre 1870".

Si ringrazia il Prof. Piero Bellotti per il materiale fornito inerente la costa in prossimità del Tevere e per le proficue discussioni.

Si ringrazia l'ing. Alessandro Piotti per gli scambi di idee avvenuti in tanti anni di collaborazione.

Si ringrazia infine vivamente il Prof. Sabino Palmieri per i suggerimenti ricevuti e la collaborazione prestata.

BIBLIOGRAFIA

ALESSANDRONI M.G., REMEDIA G. (1999): “*Le piene eccezionali del fiume Tevere a Roma*”, Università degli Studi di L’Aquila, Dip. di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno (DISAT n. 3).

ALESSANDRONI M.G., REMEDIA G., FERRANTI C., PELILLO R. (2000): “*Il contributo dei sensori remoti nel preannuncio delle piene in tempo reale*”. IDRA 2000, XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche.

ANGELORO V., BENCIVENGA M., MATTIOLO V. (1989): “*La piena del Tevere del febbraio 1986 e l’effetto di laminazione del serbatoio di Corbara*”. Estratto dal Giornale del Genio Civile fasc. 7–8. Roma.

ANGELORO V., LINETTI R. (1996): “*Brevi considerazioni sull’effetto del serbatoio di Corbara nella riduzione del rischio di piena a Roma*”. L’Acqua n. 1. Roma.

ARMELLINI M. (1891): “*Le chiese di Roma dal secolo IV al XIX*”. Tipografia Vaticana Roma.

ARREDI F. (1974): “*Brevi richiami sulla caratteristiche idrografiche del Tevere*”. Idrotecnica n. 1–2. Roma.

ASHBY T. (1991): “*Gli acquedotti dell’Antica Roma*”. Edizioni Quasar.

ASSOCIAZIONE IDROTECNICA ITALIANA – Sez. Sicilia occidentale (1987): “*Palermo tra le due alluvioni*”. Conferenza – dibattito. Palermo. Idrotecnica n. 2.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma (1999): “*Il Piano di bacino del fiume Tevere, studi idro-meteorologici ed idraulici*”. Seminario 29 aprile 1999.

AUTORI VARI (1998): “*Il Tevere a Roma nelle vedute dei grandi incisori*”. Grafiche Pima. Città di Castello (PG).

AUTORI VARI (1999): “*Roma e il Tevere. L’isola Tiberina e il suo ambiente*”. Convegno 5 novembre 1998. L’Acqua numero speciale 3.

BARBERIS V., D’AMICO R. (1991): “*Verifica dei livelli di piena del Tevere*”. Agere notizie. Anno 11, n. 1.

BELLOTTI P. (1988): “*Il delta del Tevere: geologia, morfologia, evoluzione*” in “*Il delta del Tevere, viaggio tra passato e futuro*”, a cura di Carlo Bagnasco. Fratelli Palombi editore.

BELLOTTI P. (1994): “*Sedimentologia ed evoluzione olocenica della laguna costiera presente un tempo alla foce del Tevere*”. Atti del X Congresso della Associazione italiana di oceanologia e limnologia.

BELLOTTI P., TORTORA P., VALERI P. (1986): “*Il delta del Tevere: facies deposizionali ipotesi evolutiva*”. Mem. Soc. Geol. It. 35.

BELLOTTI P., CARBONI M., MILLI S., TORTORA P., VALERI P. (1989): “*La piana deltizia del fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall’ultimo low-stand glaciale all’attuale*”. Giornale di Geologia serie 3, n. 51/1. Bologna.

BELLOTTI P., CAPUTO C., DAVOLI L., EVANGELISTA S., VALERI P. (1999): “*Lineamenti morfologici e sedimentologici della Piana deltizia del fiume Ombrone (Toscana meridionale)*”. Boll. Soc. Geol. It. 118.

BENCIVENGA M., ANGELORO V. (1992): “*Gestione dei serbatoi di Corbara, Salto e Turano durante la piena del fiume Tevere del novembre 1991 e la rete di telerilevamento nel bacino del Tevere*”. 23° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Firenze.

BENCIVENGA M., BERSANI P., CASALE G.R., PALMIERI S., SIANI A.M. (2001): “*Il bacino del Tevere: processi idrometeorologici a breve e a lunga scala temporale e loro relazione con gli eventi di piena*”. Convegno dell’Accademia Nazionale dei Lincei: “*Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive*”. Roma 5 giugno 2001 (atti in corso di stampa).

BENCIVENGA M., BERSANI P., DI GIACOMO P., TOSTI C. (2000): “*Superficie dei bacini idrografici ricadenti nel Compartimento di Roma del Servizio*”.

Idrografico e Mareografico e proposta di linee guida per la definizione dei bacini idrografici". Geologia Tecnica e Ambientale n. 4.

BENCIVENGA M., BERSANI P., PIOTTI A., (1998): "*Caratterizzazione degli eventi di piena del fiume Tevere a Roma dal 1963 al 1995*". Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali – Servizio Idrografico e Mareografico. Rapporto tecnico SIMN/RT/1/98.

BENCIVENGA M., CALEND A G., MANCINI C. (2000): "*Recupero dell'informazione idrometrica tramite la ricostruzione delle scale di deflusso*". Servizio Idrografico e Mareografico – Ufficio compartimentale di Roma.

BENCIVENGA M., DI LORETO E., LIPERI L. (1995): "*Il regime idrologico del Tevere, con particolare riguardo alle piene nella città di Roma*". Vol. L delle Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia.

BENCIVENGA M., RANIERI E. (1997): "*Il regime dei deflussi del Tevere a Roma*". L'Acqua n. 3. Roma.

BENCIVENGA M., REMEDIA G. (1994): "*La necessità di regolamentazione dell'uso delle aree inondabili – Il caso della bassa valle del fiume Tevere*". Università degli Studi di L'Aquila, Dip. di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno (DISAT n. 3).

BENCIVENGA M., REMEDIA G. (1999): "*Indagine sull'erosione e sulla sedimentazione lineare nell'alveo del fiume Tevere*". Università degli Studi di L'Aquila, Dip. di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno (DISAT n. 2).

BERNONI C., BRIZZI B. (1986): "*Ettore Roesler Franz, Roma paesaggi e figure nelle fotografie*". Editore Colombo.

BERSANI P. (1999): "*Le piogge determinanti le piene del Tevere a Roma dal 1921 al 1995*". Servizio Idrografico e Mareografico – Compartimento di Roma.

BERSANI P. (1994): "*La sismicità dell'area dei Castelli Romani e i suoi possibili effetti sulla città di Roma*". Provincia di Roma Assessorato all'Ambiente e Protezione Civile.

BERSANI P., AMICI R. (1993): “*Il trasporto solido del fiume Tevere*”. Idrotecnica n. 3. Roma.

BERSANI P., BENCIVENGA M., PIOTTI A. (1999): “*Caratterizzazione degli eventi di piena del fiume Tevere a Roma dal 1921 al 1995*”. L’Acqua n. 1–2. Roma.

BERSANI P., PIOTTI A. (1994): “*Correlazioni tra portata liquida e trasporto solido del fiume Tevere a Roma*”. Idrotecnica n. 2. Roma.

BERSANI P., CLERICI R., PALMIERI S., PIOTTI A. (1995): “*Bacino del fiume Tevere: afflussi e caratterizzazione meteorologica degli eventi di piena*”. Idrotecnica n. 5. Roma.

BERSANI A., BERSANI P., CANALINI A., PIOTTI A. (2002): “*Considerazioni storico – idrauliche su Ponte S. Angelo (o ponte Elio o di Adriano) sul fiume Tevere a Roma*”. (In corso di stampa).

BONI C., BONO P., CAPELLI G. (1986): “*Schema idrogeologico dell’Italia centrale*”. Boll. Soc. Geol. It., 35.

BONI C., BONO P., CAPELLI G. (1988): “*Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio*”. Regione Lazio – Università degli Studi di Roma La Sapienza.

BONI C., PETITTA M., PREZIOSI E., SERENI M. (1993): “*Genesi e regime di portata delle acque continentali del Lazio*”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ufficio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche – Roma.

BONINI F.M. (1663): “*Del Tevere incatenato ovvero l’arte di frenar le correnti*”. Roma.

BRIZZI (1989): “*Il Tevere, un secolo di immagini*”. Colombo editore.

CALENDA G., CAPOROSSO A., MANCINI C. (1999): “*Valutazione delle piene storiche a Roma*”.

CALENDA 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.

CALENDA G., DALL’OGLIO S., MARGARITORA G. (1976): “*Conferenza sull’idrografia sul Tevere nel suo tratto urbano*”. XV Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Roma.

CASTANY G., MARGAT J., ALBINET M., DELLAROZIERE–BOUILLIN O. (1970): “*Evaluation rapide des ressources en eaux d’une region*” in *Atti Convegno Internazionale sulle Acque sotterranee*. Palermo.

CASTIGLIONI C., SABA A. (1957): “*Storia dei Papi*”. Edizioni UTET.

CELANI L. (1895): “*Alcune iscrizioni sulle inondazioni del Tevere*”. Boll. Archeol. Comunale di Roma. Serie 4, anno 23.

DALL’OGLIO S., REMEDIA G. (1984): “*Variazioni dell’alveo del Tevere da Ponte Milvio al mare*”. Giornale del Genio Civile n. 122. Roma.

DALL’OGLIO S., REMEDIA G. (1986): “*Evoluzione dell’alveo del Tevere tra Ponte Felice e Ponte Milvio*”. Giornale del Genio Civile n. 124. Roma.

D’ARRIGO A. (1932): “*Sulle fasi del regime del litorale deltizio del Tevere*”. Annali dei Lavori Pubblici. Roma.

DELLI S. (1984): “*I ponti di Roma*”. Newton Compton Editori

DE ROSA P.A., TRASTULLI P.E. (1991): “*Roma d’una volta*”. Newton Compton editori.

DI MARTINO V., BELATI M. (1980): “*Qui arrivò il Tevere. Le inondazioni del Tevere nelle testimonianze e nei ricordi*”. Multigrafica Editrice Roma

D’ONOFRIO C. (1980): “*Il Tevere, l’isola tiberina, le inondazioni, i molini, i porti, le rive, i muraglioni, i ponti di Roma*”. Romana Società Editrice

FROSINI P. (1933): “*Etude hydrologique du bassin du tibre*”. CNR – Comitato per l’ingegneria – Commissione di studio per l’idrologia scientifica. Roma.

FROSINI P. (1937): “*Le piene del Tevere e affluenti nell’autunno–inverno del 1937*”. Estratti dagli Annali Idrologici parte II. Roma.

FROSINI P. (1977): “*Il Tevere, le inondazioni di Roma e i provvedimenti presi dal governo italiano per evitarle*”. Accademia Nazionale dei Lincei. Roma.

- FRUTAZ A.P. (1962): “*Le piante di Roma*”. Istituto di Studi Romani.
- GHIMENTI E. (1969): “*Gli eventi eccezionali del settembre 1965 nei bacini del compartimento*”. Estratti dagli Annali Idrologici parte II. Roma.
- GIGLI G. (1958): “*Diario romano (1608 – 1660)*” Ediz. Tumminelli Roma.
- GILMAN C. (1964): “*Rainfall*”. in *Handbook of applied hydrology*. Ven Te Chow Editor. New York.
- GIORGINI A. (1990) “*HEC-1 Tutorial*”. School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, In. GIORGINI A. “*HEC-1 Tutorial*” School of Civil Engineering, Purdue University. West Lafayette, In.
- GIULIANO G., SCIOTTI M. (1981): “*Schema idrogeologico del bacino del Tevere*”. C.N.R. Irsa, Quaderno 48. Roma.
- GREGOROVIVS F. (1876): “*Sulla storia delle inondazioni del Tevere*”.
- GUIDOBONI E. (1989): “*I terremoti prima del mille in Italia e nell’area mediterranea*”. Istituto Nazionale di Geofisica. Ediz. SGA. Bologna.
- INFESSURA S. (1890): “*Diario della città di Roma*” a cura di Oreste Tommassini. Roma.
- JANNATTONI L. (1998): “*Roma sparita negli acquarelli di Ettore Roesler Franz*”. Newton Compton editori.
- LANCIANI (1903): “*Storia degli scavi di Roma*”.
- LE GALL J. (1953): “*Le Tibre fleuve de Rome dans l’Antiquité*”. Pubbl. de l’Institute d’Art et d’Archeologie de l’Université de Paris. Paris.
- LUCIANI R. (1985): “*Roma sotterranea*”. Catalogo della mostra. Comune di Roma–Ass.to alla Cultura. Fratelli Palombi Editori. Roma.
- MAMMUCARI R., BERRI M. (2000): “*I XXV della Campagna Romana, Guida per il collezionista*”. Editrice VE.LA.
- MARGARITORA G., NOLI A. (1974): “*Esame degli eventi pluviometrici che hanno dato origine alla massime piene del Tevere a Roma a partire dal 1920*”. Idrotecnica n. 5. Roma.

MARGARITORA G. (1993): “*Il Tevere urbano*”. Accademia Nazionale dei Lincei. Tavola rotonda su: “*Rischi nei grandi bacini fluviali*”. Roma.

MARONI LUMBROSO M. (1961): “*Le intemperanze del Tevere*”. L’Urbe n. 5.

MERLA G. (1944): “*Il Tevere*”. Pubblicazione 22 del Servizio Idrografico di Roma.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1924): “*L’idrometro di Ripetta, cenni storici ed osservazioni pluviometriche giornaliere 1782 – 1921*”. Pubbl. n. 6 del Servizio Idrografico di Roma.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI – Direzione Generale delle Opere Idrauliche (1882): “*Rilievi, osservazioni ed esperienze sul fiume Tevere*”. Tipog. Eredi Botta Roma.

Ministero dei Lavori Pubblici – Ufficio Speciale del Genio Civile per il Tevere e per l’Agro Romano (1986): “*Relazione sulla piena del 31 gennaio 1986, considerazioni e proposte*”. Roma.

MOCHEGGIANI CARPANO C. (1985): “*Le cloache dell’antica Roma*” in “*Roma sotterranea*”, Catalogo della mostra a cura di Roberto Luciani. Comune di Roma–Ass.to alla Cultura. Fratelli Palombi Editori. Roma.

MORONI G., (1840 – 1861): “*Dizionario di Erudizione Storico – Ecclesiastica*”. Roma.

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA (1997): “*Il Tevere fiume di Roma*”. Parte I, Quaderno n. 2. Roma.

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA (1999): “*Il Tevere fiume di Roma*”. Parte II, Quaderno n. 5. Roma.

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA (1997): “*Roma, le difese dal fiume dall’epoca romana ai muraglioni*”. Quaderno n. 3. Roma.

PALMIERI S., BENCIVENGA M., BERSANI P., SIANI A.M., CASALE G.R. (2001): “*Hydrometeorological aspects of Tiber basin storms*”. 3rd Plinius Conference on Mediterranean storms. Baja Sardinia. (Atti in corso di stampa).

PALMIERI S., BERSANI P., SIANI A.M., CASALE G.R. (2002): “*L’evapotraspirazione del bacino del Tevere e sua relazione con gli eventi estremi*”. Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. (In corso di stampa).

PALMIERI S., BERSANI P., SIANI A.M. (1999): “*Severe storm cases in Italy: hydrological and ground effects in the Tiber Basin*”. Proceedings of the “Plinius Conference” – Mediterranean Storms, edited by Claps P. and Siccardi F.

PALMIERI S., SIANI A.M., D’AGOSTINO A. (1991): “*Climate fluctuations and trends in Italy within the last 100 years*”. *Annales Geophysicae* n. 9

PASTOR L. (1886): “*Storia dei papi dalla fine del Medio Evo*”. Roma.

PENSUTI M. (1923). “*Il Tevere*”. Roma.

PERRONE E., ZOPPI G. (1899): “*Tevere*”. Memorie illustrative della Carta Idrografica d’Italia vol. 26. Ministero Agricoltura Industria e Commercio. Roma.

PERRONE E. (1908): “*Tevere*”. Memorie illustrative della Carta Idrografica d’Italia. Roma.

PETTITT A.N. (1979): “*A non-parametric approach to the change-point problem*”. *Applied Statistics* n. 28

PINNA M. (1996): “*Le variazioni del clima, dall’ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*”.

PIOTTI A., FERRANTI C. (1996): “*Quaderno idrologico del fiume Tevere*”. Supplemento al n. 2 di “*Tevere*”, rivista quadrimestrale dell’Autorità di bacino del Tevere, Roma.

RAVAGLIOLI A. (1982): “*Le rive del Tevere, come erano e come sono*”. Edizioni del centro storico.

RAVAGLIOLI A (1995): “*Il Tevere*”. Ediz. tascabili economiche Newton.

REMEDIA G., ALESSANDRONI M.G., (1997): “*Afflusso solido alla foce del Tevere*”. L’acqua n. 1.

REMEDIA 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).

RENDINA C. (1999): “*Guida insolita ai misteri, alle curiosità, alla storia e ai luoghi di Roma dell’Anno Santo*”. Newton & Compton Editori.

ROMANO P. (1935): “*Arenula (Rione Regola)*”. Roma del Cinquecento. Tipografia Agostiniana Roma.

ROMANO P. (1941): “*Rione di Ponte*”. Vol. I, II e III. Roma del Cinquecento. Tipografia Agostiniana Roma.

ROSICARELLI A. (1985): “*Rete della fognatura a Roma*” in “*Roma sotterranea*”. Catalogo della mostra a cura di Roberto Luciani. Comune di Roma–Ass.to alla Cultura. Fratelli Palombi Editori Roma.

SALBITANI E. (1964): “*Le piene del fiume Tevere*”. I Convegno degli ingegneri idraulici del Corpo del Genio Civile. Tipografie Riunite Donati s.p.a. Parma.

S.A.P.P.R.O. s.p.a. (1991): “*Piano di bacino del fiume Tevere: determinazione di un primo bilancio conoscitivo del trasporto solido*” a cura di Bersani P. e Piotti A.. Fase conoscitiva II stralcio – Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per il Lazio. Roma.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1995): “*La geologia della città di Roma, il centro storico*”. Memorie descrittive della Carta Geologica d’Italia. Vol. L. IPZS Roma.

SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI ROMA (1998): “*Rapporto interno sulla piene del Tevere a Roma dall’anno 1000 all’anno 1870*”.

SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO, COMPARTIMENTO DI ROMA (1918 – 1997): “*Annali idrologici Parte I e Parte II*”. Roma.

SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE – Ufficio compartimentale di Roma (1999): “*Carta dei bacini idrografici*”. Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali. Ediz. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma.

SQUADRILLI T. (2000): “*Castel Sant’Angelo*”. Newton & Compton editori.

STUDIO OTTOCENTO (2001): “*La campagna romana da Hackert a Balla*”. Catalogo della mostra a cura di P.A. DE ROSA e P.E. TRASTULLI. Edizioni De Luca.

TESEI G. (1988): “*I gioielli di Roma: Le edicole sacre*”. Casa editrice Anthropos.

TODISCO A. (1983): “*Indagini sull’immissione del fiume Tevere nel mar Tirreno*”. CNR – IRSA, Quaderno n. 62.

TOMMASETTI G. (1906–1926): “*La campagna romana antica, medievale e moderna*” in 4 volumi. Ristampa a cura di CHIUMENTI L. e BILANCIA L. 1976–1980 in 7 volumi.

TORZILLI V. (1976): “*Situazione del fiume Tevere e del suo bacino*”. Rassegna dei Lavori Pubblici n. 7–8. Roma.

UBERTINI L., FERRANTE M. (2001): “*L’inondazione di Roma del 1870, prospettiva storica e modellistica numerica*”. Convegno sugli “*Ecosistemi Urbani*”, organizzato dall’Accademia Nazionale dei Lincei. Roma, 22–24 ottobre (atti in corso di stampa).

VACCARO L. (1998): “*Caratteristiche evolutive del clima nel bacino del Mediterraneo*”. Tesi di laurea in Fisica, Univ. La Sapienza di Roma. Relatore Prof. S. PALMIERI.

VACCARO L., BERSANI P., PILOZZI A., SIANI A.M., PALMIERI S. (1997): “*Data homogeneity in time series: an application to the Tiber data set*”. Atti del Convegno “*Toaldo e il suo tempo*”. Padova 10–13 novembre 1997.

VENTRIGLIA U. (1971): “*La geologia della città di Roma*”. Amm. Prov. di Roma.

APPENDICE A – Fonti bibliografiche delle maggiori piene del Tevere a Roma (da Remedea et alii, 1998).

TABELLA I

Elenco delle piene del fiume Tevere nell'Evo Antico - Periodo 414 a.C.÷411 d.C.

Anno	Fonte
414 a.C.	Tito Livio, IV, 49, 2
363 a.C.	Tito Livio, VII, 3, 2
241 a.C.	Oros. IV, 11, 6; St. Aug. De Civit. Dei, III, 18
215 a.C.	Tito Livio, XXIV, 9, 6, (due inondazioni)
203 a.C.	Tito Livio, XXX, 26, 5
202 a.C.	Tito Livio, XXX, 38, 10-11
193 a.C.	Tito Livio, XXXV, 9, 2-3
192 a.C.	Tito Livio, XXXV, 21, 5-6
189 a.C.	Tito Livio, XXXVIII, 28, 4 (dodici inondazioni)
54 a.C.	Dione Cassio, XXXIX, 61; Cicerone, Ad Quint., fv. III, 5
44 a.C.	Horat., Carmen I, 2, 13-20
27 a.C.	Dione Cassio, LIII, 20
23 a.C.	Dione Cassio, XXIII, 33
22 a.C.	Dione Cassio, LIV, 1
13 a.C.	Dione Cassio, LIV, 25
5 d.C.	Dione Cassio, LV, 22; Cassiod. Chron., 604
12 d.C.	Dione Cassio, LVI, 27
15 d.C.	Dione Cassio, LVII, 14; Tac. Ann. I, 76
36 d.C.	Dione Cassio, LVIII, 26; Zonar. XI, 3
69 d.C.	Tac. Hist. I, 86; Plut. Oth. IV; Svet. Oth., 8
Regno di Nerva (96÷98)	Aurel. Vict. Epist. 13
Regno di Traiano (98÷117)	Plinio, Epist. VIII, 17; Aur. Vitt. Epis. 13
Regno di Adriano (117÷138)	Hist. Aug. Had. 20
147 d.C.	Hist. Aug. Ant. 9; Fasti di Ostia (N.S.A.), 1939
Regno di Marco Aurelio (161-180)	Hist. Aug. M. Aur. 8
217 d.C.	Dione Cassio, LXXVIII, 25
253 d.C.	Aur. Vict. De Caes, 32
371 d.C.	Amm. Marcel. XXIX
379 d.C.	Bedae Chr. 589
398 d.C.	Claud. De Bello Gildonico, 41-43
411 d.C.	I. Castiglione, 1599; F. M. Bonini, 1666; Atti Comm. 1871; B. Capogrossi, 1871

APPENDICE A – segue

TABELLA II

Elenco delle piene del fiume Tevere nel Medio Evo - Periodo 412÷1476

Anno e Data	Fonte
555	I. Castiglione, 1599; F.M. Bonini, 1666; B. Capogrossi, 1871; Atti Comm., 1871; P. Diacono, De Gestis Longobardorum, 1971
570	I. Castiglione, 1599; F. M. Bonini, 1666; B. Capogrossi, 1871; Atti Comm. 1871
589	P. Diacono, De Gestis Longobardorum, III, 24; Gregorio di Tours, Historia Francorum, X, 1; Gregorio Magno, Dialoghi, III, 10; Atti Comm, 1871; F. Gregorovius, 1872; F. Brioschi, 1876
685	F. M. Bonini, 1666; B. Capogrossi, 1871; Atti Comm., 1871; F. Brioschi, 1876
725	I. Castiglione, 1599; F. M. Bonini, 1666; Secondo altre fonti l'anno è il 726 (Liber Pontificalis, Vita Gregorii II, I, 399; P. Diacono, De Gestis Longobardorum, VI, 36; F. Gregorovius, 1872)
778	F. M. Bonini, 1666; Atti Comm. 1871
20 dicembre 791	Liber Pontificalis, Vita Adriani I, Vol. I, 513; Atti Comm. 1871; F. Gregorovius, 1872; F. Brioschi, 1876; G. Lugli, 1936
22 novembre 847	Liber Pontificalis, Vita Sergi II, Vol. II, 91
gennaio 856	Liber Pontificalis, Vita Benedicti III, Vol. II, 145; P. Diacono, De Gestis Longobardorum, III, 24; Gregorio di Tours, Historia Francorum, X, 1; Gregorio Magno, Dialoghi, III, 10; Atti Comm. 1871; F. Gregorovius, 1872; F. Brioschi, 1876
30 ottobre e 27 dicembre 860	Liber Pontificalis, Vita Nicolae I, VOL. II, 53-54; F. M. Bonini, 1666; B. Capogrossi, 1871; Atti Comm., 1871; F. Gregorovius, 1872; F. Brioschi, 1876
gennaio 1180	Chronicon Fossae Novae, J. da Ceccano Authore in L. A. Muratori, Rerum Italicarum Scriptores (R.S.I.); F. Gregorovius, 1872
2 febbraio 1230	Richardi De San Germano Chronicon in L. A. Muratori, R.I.S.; L. A. Muratori, Annali d'Italia, 1965; F. Gregorovius, 1876; M. Carcani, 1893
6 novembre 1277	Terribilini, Cod 2184 Bibl. Casanatense; Anonimo Spagnolo, COD. Chigiano I. V. 167, Bibl. Vaticana; V. Forcella, 1879;
gennaio 1310	Anonimo, Cod. Vat.; Lat. n. 6880 in C. D' Onofrio, 1969
novembre 1345	Anonimo in L. A. Muratori, Antiquates Italicæ Medii Aevi Dissertationis, 1742
9 novembre 1379	S. Infessura, 1890; J. Castiglione, 1599; F. M. Bonini, 1666; M. Carcani, 1875; V. Forcella, 1879; E. Celani, 1895
30 novembre 1422	S. Infessura, 1890; P. Dello Mastro, Diario e Memorie di Diverse Cose Accadute in Roma dal 1422 al 1484, Pubbl. in Il Buonarroti, 1875; J. Castiglione, 1599; F. M. Bonini, 1666; L. V. Pastor, Vitae Martini V, Vol. II, 50, 1958; L. A. Muratori, R.I.S.; F. Gregorovius, 1872
H _{max} = 17,22 m	
8 gennaio 1476	Ammanati Piccolomini J., Epistolae et Commentari Jacobi Piccolomini Cardinalis Papiensis, Mediolani, MDVI, f. 311; S. Infessura, 1890; Atti Comm. 1871; Gherardi J., in L. A. Muratori, Annali d'Italia, 1965; Anonimo in Cod. Vat. Lat. 7239, Bibl. Vaticana
H _{max} = 17,41 m	

APPENDICE A – segue

TABELLA III

Elenco delle piene del fiume Tevere nell'Evo Moderno - Periodo 1477÷1899

Data	Altezza idrometrica a Ripetta		Fonte
	H _{max}	H _{med}	
5 dicembre 1495	16,88	-	Diario di Branca di Tedalini, in L. A. Muratori R.I.S., 1753; L. V. Pastor, Storia dei Papi, Vol. III, 1932; Di Martino M., Belati M., 1980; Morelli G., 1983
13 novembre 1514	-	-	Bonini F. M., 1666
8 ottobre 1530	18,95	-	Gomez L., 1531; Anonimo in Gasparoni G., 1865; Di Martino M., Belati M., 1980
15 settembre 1557	18,00	-	L. V. Pastor, Storia dei Papi, 1944; Anonimo, Manosc. 153 della Bibl. Angelica, Roma ; Di Martino M., Belati M., 1980
4 novembre 1589	-	-	Avviso, Cod. Urb. Lat. N° 1057; Cronaca di I. G., Bibl. Vaticana, R. G. Scienze IV 199, Int. 10
10 novembre 1589	-	-	Castiglione L., 1599
24 dicembre 1598	19,56	-	Castiglione L., 1599; Bacci A., 1599; Anonimo, 1599; Di Martino M., Belati M., 1980;
23 gennaio 1606	18,27	-	Avviso Cod. Urb. Lat., 1074; Bonini F. M., 1666
22 febbraio 1637	17,55	-	Gigli G., 1958; Di Martino M., Belati M., 1980
7 dicembre 1647	-	-	Gigli G., 1958; Di Martino M., Belati M., 1980
5 novembre 1660	17,11	-	Brocchi G., 1820; Bonini F. M., 1666; Di Martino M., Belati M., 1980
6 novembre 1686	15,99	-	Man. Bibl. Vaticana, Armadio XLIX, 16; Frosini P., 1977
dicembre 1702	15,42	-	Di Martino M., Belati M., 1980; Frosini P., 1977
dicembre 1742	15,02	-	Frosini P., 1977
dicembre 1750	15,58	-	Di Martino M., Belati M., 1980; Frosini P., 1977
2 febbraio 1805	16,42	-	Diario Ordinario, Bibl. Vaticana, Cod. Vatic. 9415; Spada F., 1843; Di Martino M., Belati M., 1980; Rinaldi G., Lancetti L., 1964
1809	15,47	-	Bull. Met. Oss. Coll. Rom. - n° 1, Vol. X, 1871
7 febbraio 1843	15,34	15,10	Bull. Met. Oss. Coll. Rom. - n° 1, Vol. X, 1871
10 dicembre 1846	16,25	16,25	Chracas, Diario di Roma, 12. 12.1846; Spada G., Giovagnoni R., da Frosini P., 1977; Di Martino M., Belati M., 1980
28 marzo 1855	14,90	14,40	Di Ricco G., L'Idrometro di Ripetta (1782-1921), 1924
3 dicembre 1858	-	14,07	Di Martino M., Belati M., 1980
20 gennaio 1863	-	14,92	Di Ricco G., L'Idrometro di Ripetta (1782-1921), 1924
29 dicembre 1870	17,22	17,01	La Libertà, Dicembre 1870; Il Tribuno, 28.12.1870; Natalini P., 1877; Catani R., 1943; Di Martino M., Belati M., 1980; Arredi F., 1974
1 novembre 1873	13,98	13,75°	Frosini P., Etude hydrologique du basin du Tibre, 1933; Dall'Oglio S., Remedia G., 1986
16 novembre 1878	15,37	15,35	Frosini P., Etude hydrologique du basin du Tibre, 1933; Di Martino M., Belati M., 1980
16 marzo 1892	13,84	13,86	Frosini P., Etude hydrologique du basin du Tibre, 1933; Di Ricco G., L'Idrometro di Ripetta (1782-1921), 1924

1° novembre 1873 - altezza idrometrica meridiana H = 13,65 m

APPENDICE B – Colmi di piena alla stazione di Roma Ripetta dal 1871 al 1920, con altezza al colmo $H_c \geq 9,80$ m e con intervallo minimo di 7 giorni.

Data	Ora del colmo	Livello a Roma-Ripetta (m)
25-01-1871	14,00	13,40
30-03-1871	15,00	11,94
10-11-1871	06,00	13,41
03-12-1871	03,00	11,50
27-01-1872	24,00	10,75
26-03-1872	03,00	12,50
15-10-1872	03,00	11,05
30-10-1872	21,00	11,30
15-11-1872	15,00	11,15
05-12-1872	07,00	12,62
13-12-1872	03,00	13,04
22-01-1873	18,00	12,60
10-02-1873	03,00	10,59
21-03-1873	15,00	12,30
01-11-1873	06,00	13,98
03-12-1873	03,00	12,83
18-02-1874	24,00	9,84
16-04-1874	06,00	11,23
12-05-1874	24,00	11,30
15-11-1874	18,00	11,08
06-12-1874	02,00	12,75
21-12-1874	15,00	12,69
28-02-1875	24,00	10,80
03-03-1875	06,00	12,08
14-04-1875	24,00	11,65
15-10-1875	18,00	11,23
24-10-1875	11,00	12,49
27-11-1875	12,00	9,96
05-12-1875	15,00	13,96
14-01-1876	10,00	12,64
12-02-1876	12,00	12,88
12-03-1876	09,00	10,12
27-03-1876	15,00	10,22
23-12-1876	03,00	11,20
09-01-1877	21,00	10,25
28-03-1877	06,00	12,51
18-04-1877	24,00	11,77
24-09-1877	24,00	9,86
03-12-1877	24,00	12,42
27-04-1878	15,00	10,65
25-09-1878	12,00	10,78
16-11-1878	15,00	15,37
18-12-1878	20,00	12,34
06-02-1879	23,00	12,53
17-02-1879	04,00	11,76
27-02-1879	19,00	12,24
28-03-1879	20,00	10,28
05-04-1879	22,00	10,19
12-04-1879	12,00	11,48
20-04-1879	07,00	10,31
30-04-1879	01,00	11,45

APPENDICE B – *segue*

04-05-1879	05,00	13,12
11-05-1879	10,00	10,97
28-05-1879	04,00	12,12
01-12-1879	23,00	13,75
08-04-1880	09,00	10,77
02-05-1880	02,00	10,55
13-10-1880	09,00	11,95
11-11-1880	02,00	12,64
23-11-1880	05,00	13,40
20-01-1881	23,00	12,12
31-01-1881	06,00	12,62
30-10-1881	11,00	12,10
29-09-1882	12,00	10,19
18-11-1882	15,00	11,64
07-12-1882	01,00	11,10
29-03-1883	22,00	12,06
07-10-1884	12,00	10,56
13-01-1885	18,00	13,85
10-04-1885	09,00	13,48
02-05-1885	06,00	10,80
17-10-1885	09,00	10,76
26-10-1885	12,00	11,13
03-11-1885	10,00	11,82
24-11-1885	18,00	12,12
23-01-1886	09,00	12,45
15-11-1886	15,00	10,37
11-12-1886	09,00	11,55
10-01-1887	15,00	11,61
22-11-1887	09,00	11,00
05-12-1887	15,00	10,57
24-12-1887	15,00	13,90
22-02-1888	01,00	13,06
20-03-1888	11,00	13,72
09-04-1889	15,00	11,29
18-04-1889	12,00	10,03
01-11-1889	23,00	11,15
20-11-1889	12,00	10,63
01-01-1890	12,00	10,93
20-03-1890	11,00	13,30
09-01-1891	10,00	11,69
17-11-1891	09,00	10,90
06-01-1892	20,00	12,46
16-01-1892	06,00	11,50
04-03-1892	05,00	10,63
16-03-1892	15,00	13,86
27-02-1893	10,00	10,12
03-11-1893	15,00	10,70
24-11-1893	19,00	12,28
02-12-1893	02,00	10,93
03-05-1894	09,00	10,75
11-02-1895	06,00	11,40
04-03-1895	20,00	10,40
01-11-1895	11,00	10,58
21-12-1895	15,00	11,25
28-12-1895	01,00	12,43
27-02-1896	01,00	10,27

APPENDICE B – *segue*

15-10-1896	11,00	12,99
22-10-1896	09,00	13,75
10-11-1896	09,00	12,80
08-12-1896	02,00	12,86
21-12-1896	07,00	12,54
08-03-1897	09,00	10,01
05-12-1897	13,00	11,27
02-04-1898	20,00	13,44
05-11-1898	11,00	11,50
30-11-1898	24,00	11,33
18-10-1899	09,00	12,88
17-12-1899	07,00	13,54
06-01-1900	12,00	10,33
30-03-1900	12,00	10,88
08-04-1900	06,00	13,38
04-05-1900	12,00	10,54
06-06-1900	12,00	10,19
24-10-1900	08,00	12,36
05-11-1900	12,00	10,17
22-11-1900	08,00	13,12
02-12-1900	14,00	16,17
08-02-1901	12,00	10,87
25-02-1901	10,00	10,47
05-03-1901	09,00	11,57
21-03-1901	18,00	12,40
27-12-1901	22,00	12,85
05-02-1902	2,00	14,39
17-03-1902	15,00	10,70
30-04-1902	12,00	9,90
11-05-1902	12,00	10,80
08-12-1903	22,00	14,02
01-01-1904	16,00	12,35
17-01-1904	24,00	10,40
19-02-1904	21,00	10,45
31-03-1904	24,00	11,20
14-12-1904	24,00	10,75
23-02-1905	18,00	10,02
03-03-1905	15,00	10,96
22-04-1905	18,00	11,00
16-05-1905	21,00	13,45
09-11-1905	19,00	12,32
17-11-1905	11,00	12,36
25-11-1905	11,00	14,12
02-05-1906	06,00	10,40
21-05-1906	03,00	10,30
05-11-1906	09,00	11,00
11-11-1906	09,00	9,80
21-11-1906	06,00	9,90
11-12-1906	12,00	10,50
30-12-1906	09,00	11,40
05-01-1907	15,00	10,45
06-04-1907	09,00	10,05
12-04-1907	05,00	10,75
11-11-1907	02,00	13,80
08-12-1907	18,00	11,90
02-01-1908	24,00	9,80

APPENDICE B – *segue*

31-01-1908	20,00	13,00
11-11-1908	19,00	12,45
13-02-1909	02,00	13,00
03-03-1909	03,00	12,40
17-03-1909	15,00	11,50
27-03-1909	21,00	10,05
03-10-1909	15,00	9,80
19-11-1909	12,00	11,75
14-01-1910	18,00	10,80
01-02-1910	21,00	12,85
11-04-1910	03,00	13,10
02-05-1910	15,00	12,82
25-09-1910	09,00	10,35
08-11-1910	06,00	10,80
20-11-1910	03,00	12,20
27-11-1910	15,00	10,50
14-12-1910	06,00	12,15
29-12-1910	18,00	10,25
09-04-1911	12,00	9,95
10-05-1911	24,00	9,95
21-11-1911	03,00	9,85
12-01-1912	06,00	9,80
06-02-1912	09,00	11,60
11-02-1912	03,00	12,40
08-10-1912	03,00	10,10
17-11-1912	06,00	10,40
25-12-1912	15,00	11,00
24-03-1914	23,00	12,53
07-06-1914	21,00	10,80
01-11-1914	23,00	12,17
24-11-1914	03,00	10,70
16-12-1914	01,00	13,05
25-12-1914	18,00	13,78
03-01-1915	20,00	13,29
11-01-1915	07,00	11,63
29-01-1915	11,00	12,30
08-02-1915	12,00	10,35
15-02-1915	05,00	16,08
24-02-1915	08,00	13,70
21-03-1915	14,00	11,70
03-04-1915	24,00	13,20
03-07-1915	15,00	10,05
04-11-1915	17,00	13,65
11-11-1915	03,00	10,70
18-11-1915	03,00	11,80
20-12-1915	24,00	11,75
05-03-1916	14,00	12,35
23-05-1916	15,00	10,28
10-11-1916	21,00	10,00
20-11-1916	24,00	13,38
07-12-1916	12,00	11,60
20-12-1916	05,00	13,82
11-01-1917	05,00	12,86
19-01-1917	14,00	13,90
29-01-1917	08,00	13,48
13-02-1917	24,00	10,60

APPENDICE B – *segue*

08-03-1917	18,00	14,25
25-03-1917	02,00	11,45
09-04-1917	06,00	11,70
17-04-1917	24,00	10,90
31-10-1917	21,00	9,97
15-11-1917	09,00	11,55
10-01-1918	06,00	9,90
23-04-1918	09,00	10,03
20-10-1918	03,00	11,70
28-12-1918	06,00	10,60
09-01-1919	20,00	14,28
08-11-1919	12,00	10,03
30-11-1919	06,00	12,03
03-01-1920	06,00	12,72
11-12-1920	24,00	11,35

