



CONTRATTO DI FIUME MISA E NEVOLA

IDROLOGIA e IDRAULICA

6 Febbraio 2017

PREMESSA

- Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Delibera 67/2016 ha adottato l'Assetto di progetto redatto ai sensi dell'art. 6 delle NA del PAI
- L'Assetto di Progetto ha finalità pianificatorie pertanto anche le analisi contenute sono volte sostanzialmente a stimare, in via del tutto preliminare e globale, i volumi necessari per la laminazione delle portate al colmo e la conseguente messa in sicurezza del fiume Misa nell'abitato di Senigallia.
- Le analisi andranno quindi affinate nelle successive fasi di progettazioni degli interventi.
- I presupposti per la redazione dell'Assetto di progetto sono:
 - Valutazione preliminare delle portate di picco relative a tempi di ritorno di 50-100-200 anni e stima dei volumi necessari a laminare i picchi di piena in relazione alla portata che presumibilmente è in grado di attraversare in particolar modo il centro della città di Senigallia senza creare alluvionamenti.
 - Valutazione della portata massima transitabile al centro Senigallia ipotizzabile in prima battuta $\cong 240 \text{ m}^3/\text{sec}$ ("Progetto Definitivo per la realizzazione di Area Agricola di compensazione idraulica in Località Bettollelle" e "Convenzione per la consulenza generale e gli studi propedeutici alla difesa idraulica del Fiume Misa Prov. di Ancona – UNIPM ")

PREMESSA

Stralcio Relazione “Convenzione per la consulenza generale e gli studi propedeutici alla difesa idraulica del Fiume Misa Prov. di Ancona – UNIPM ”)

Quote profilo di piena [m s.m.m.]	4.66	4.20	3.95	3.82	3.39	2.07	1.83	1.74	1.68	1.07	0.69	0.50
Q=200 m³/s	4.66	4.20	3.95	3.82	3.39	2.07	1.83	1.74	1.68	1.07	0.69	0.50
Quote profilo di piena [m s.m.m.]	5.88	5.54	5.16	5.12	4.39	3.89	3.79	3.61	3.61	2.11	1.14	0.50
Q=350 m³/s	5.88	5.54	5.16	5.12	4.39	3.89	3.79	3.61	3.61	2.11	1.14	0.50

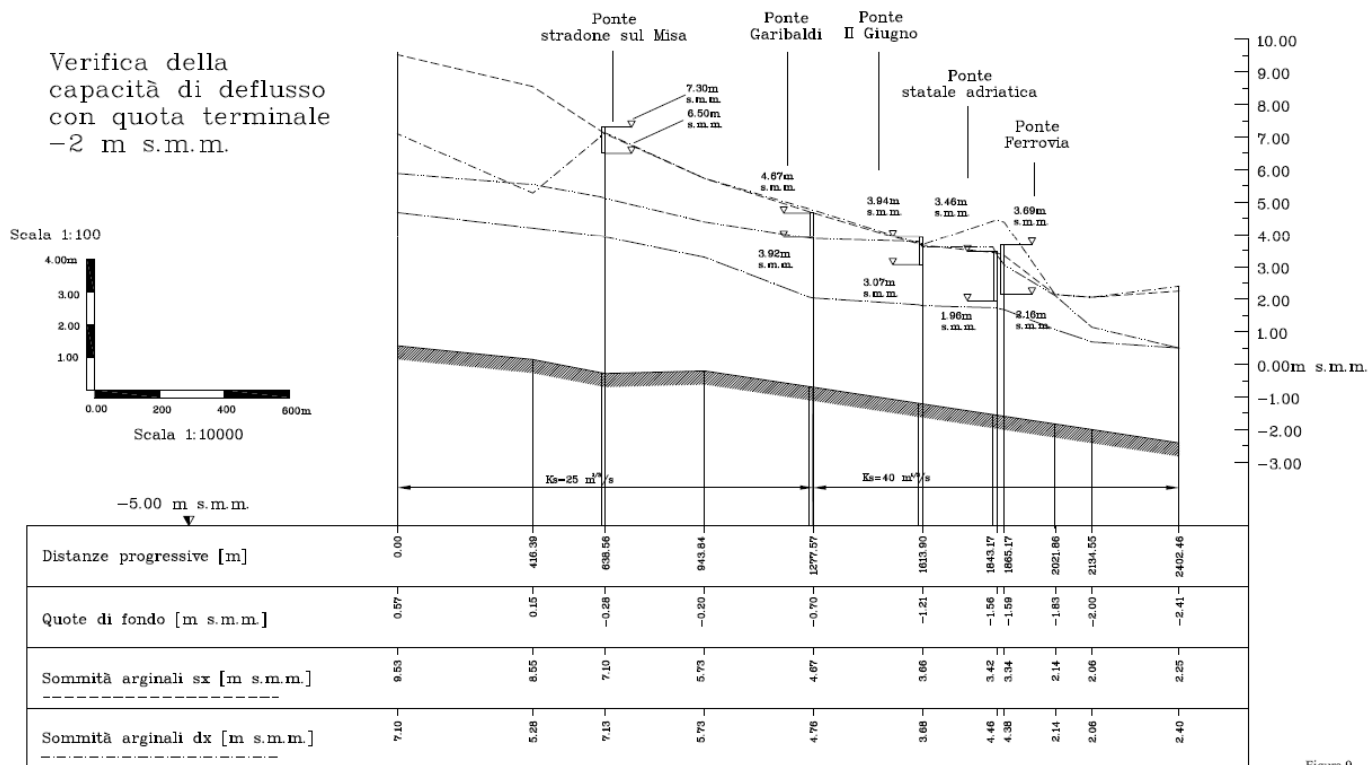
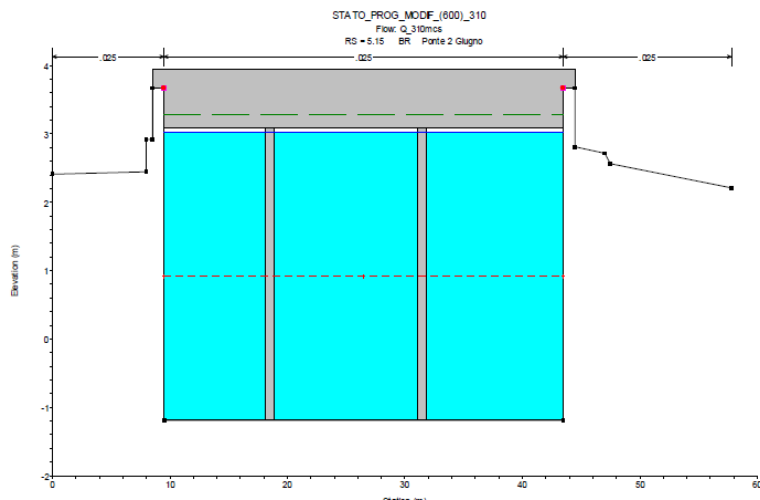
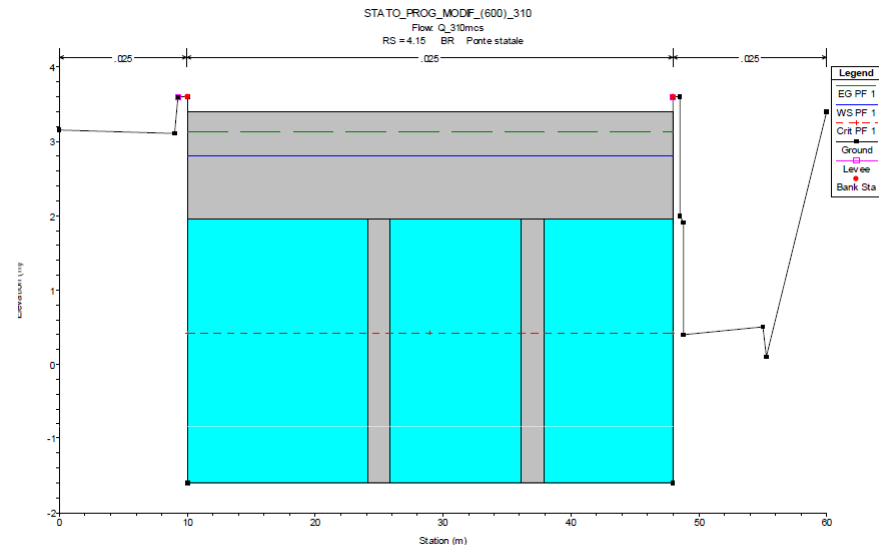
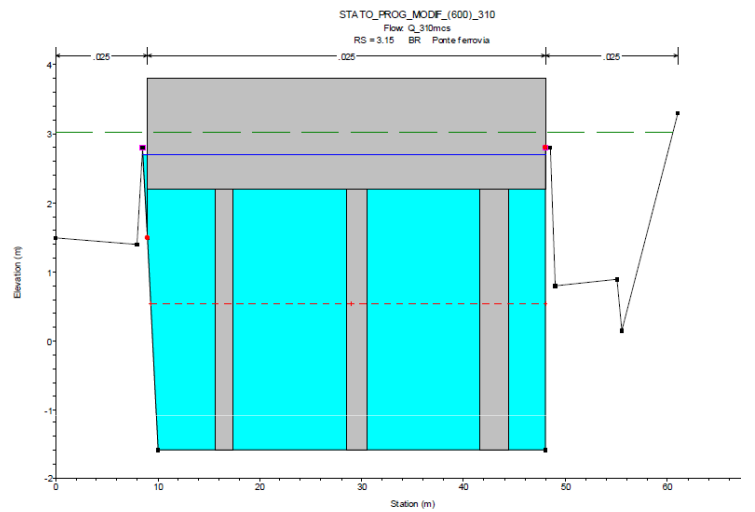


Figura 9

Premessa



Q=310 m³/sec

Stralcio Allegato A1 "Progetto Definitivo per la realizzazione di Area Agricola di compensazione idraulica in Località Bettollelle"

Premessa

- Nell'Assetto di Progetto non è stata realizzata modellazione idraulica dello stato attuale in quanto non si dispone ad oggi di Rilievo aggiornato delle sezioni d'alveo (Ultimo rilievo disponibile Anno 2002).
- La portata transitabile a Senigallia è stata pertanto esclusivamente dedotta dai suddetti studi
- Rilievo delle sezioni d'alveo e delle opere d'arte e successiva modellazione idraulica di dettaglio dovranno essere sviluppate nelle successive fasi di progettazione per valutare l'efficacia dei singoli interventi
- Per le finalità dell'Assetto di Progetto si può in ogni caso ritenere ragionevole l'utilizzo di una portata massima transitabile stimata nel centro di Senigallia di $240 \text{ m}^3/\text{sec}$; tale valore può aumentare o diminuire in relazione alle condizioni di fondo alveo del tratto terminale (ex porto canale) ma dal punto di vista pianificatorio poco cambia

Analisi Idrologica

L'Analisi idrologica si pone come obiettivo:

Stima dei valori di portata al colmo per tempi di ritorno di 50-100-200 anni:

- Bacino del Fiume Misa chiuso alla foce ($S=378.64 \text{ Km}^2$)
- Bacino del Fiume Misa chiuso alla confluenza con il Fiume Nevola ($S=176.61 \text{ Km}^2$)
- Bacino del Nevola chiuso alla foce ($S=148.03 \text{ Km}^2$)

Individuazione preliminare degli idrogrammi di piena critici in termini di laminazione dei volumi di piena in modo da consentire il deflusso all'interno dell'abitato di Senigallia.

NOTA:

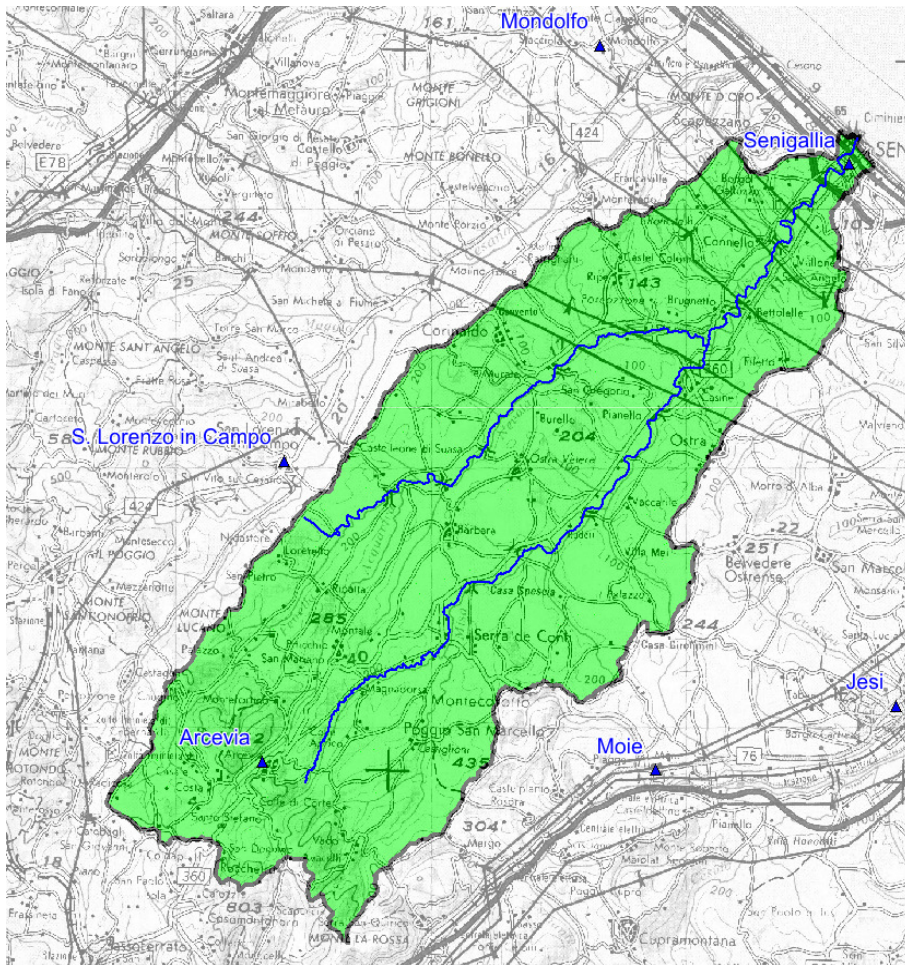
- La suddivisione dei Bacini di Misa e Nevola in questa fase ha il solo scopo di individuare una migliore ripartizione dei volumi, nel caso di laminazione sui rami di Misa e Nevola prima della confluenza.
- L'analisi svolta è di tipo globale sui tre bacini, pertanto non tiene conto dell'effettiva posizione delle casse di laminazione. Un'analisi più accurata va rimandata, una volta effettuate le opportune scelte progettuali, alla progettazione preliminare-definitiva-esecutiva.

Analisi Idrologica

Alla base della presente analisi idrologica c'è lo Studio della piovosità relativa a tempi di ritorno di 50-100-200 anni :

- Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore delle stazioni pluviometriche significative per il bacino del Fiume Misa 1929 al 2013 (Senigallia, Mondolfo, San Lorenzo in Campo, Arcevia, Moie, Jesi)
- Analisi Statistico-Probabilistica di Gumbel
- Curve di Possibilità Climatica $h(mm)=a(mm) \cdot t(ore)^n$

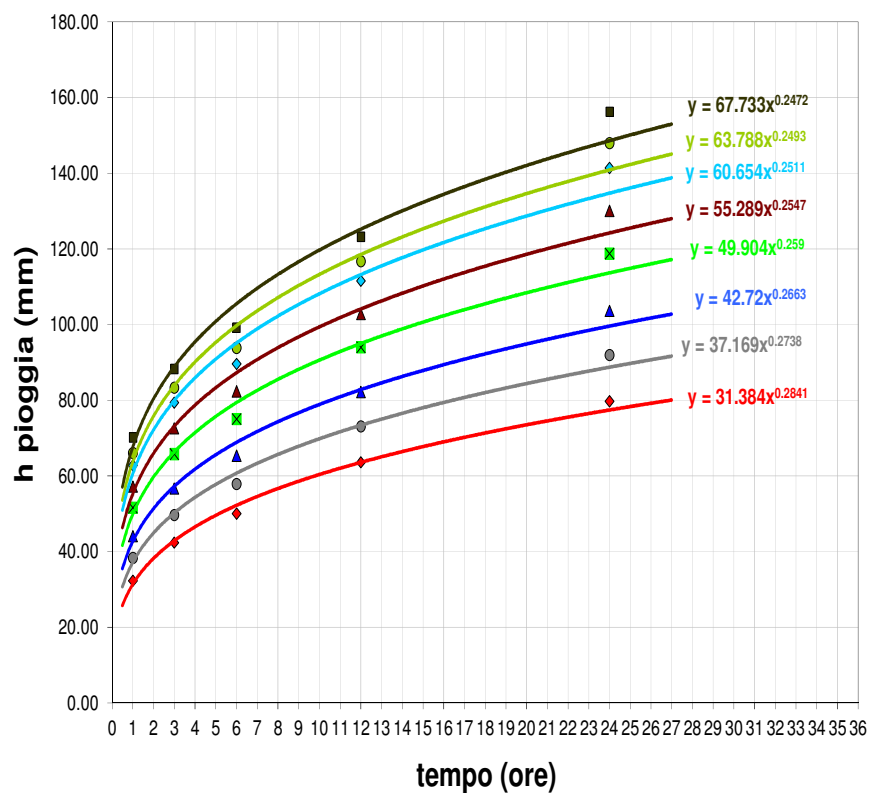
Analisi Idrologica



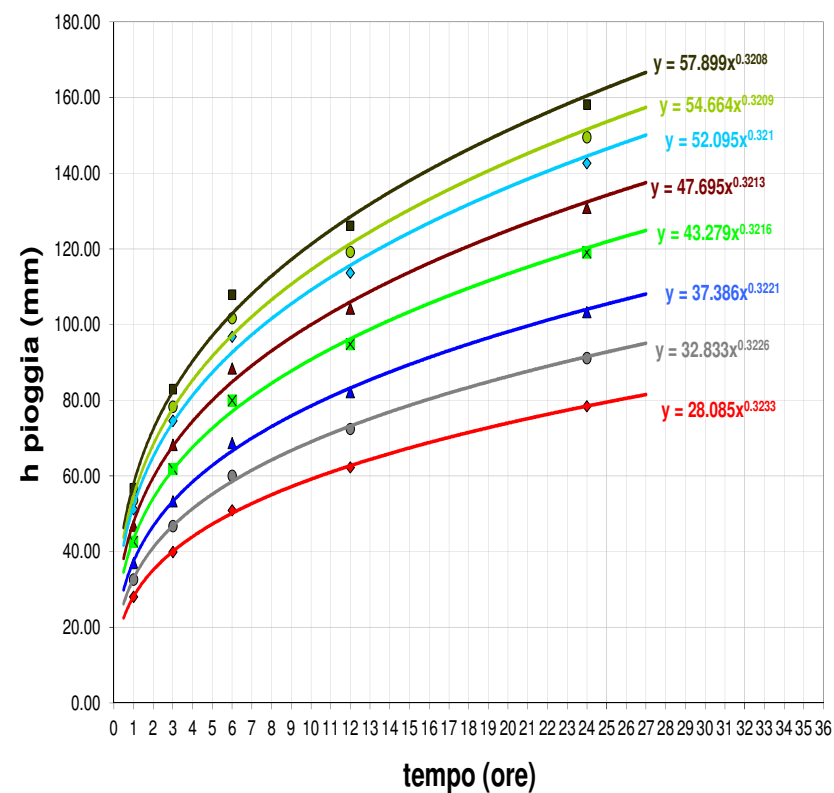
Sono state individuate le Stazioni pluviometriche significative per il bacino del Fiume Misa con almeno 30 anni di dati disponibili di precipitazioni massime annuali di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore

Analisi Idrologica

Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione Arcevia - 535 mt s.l.m.

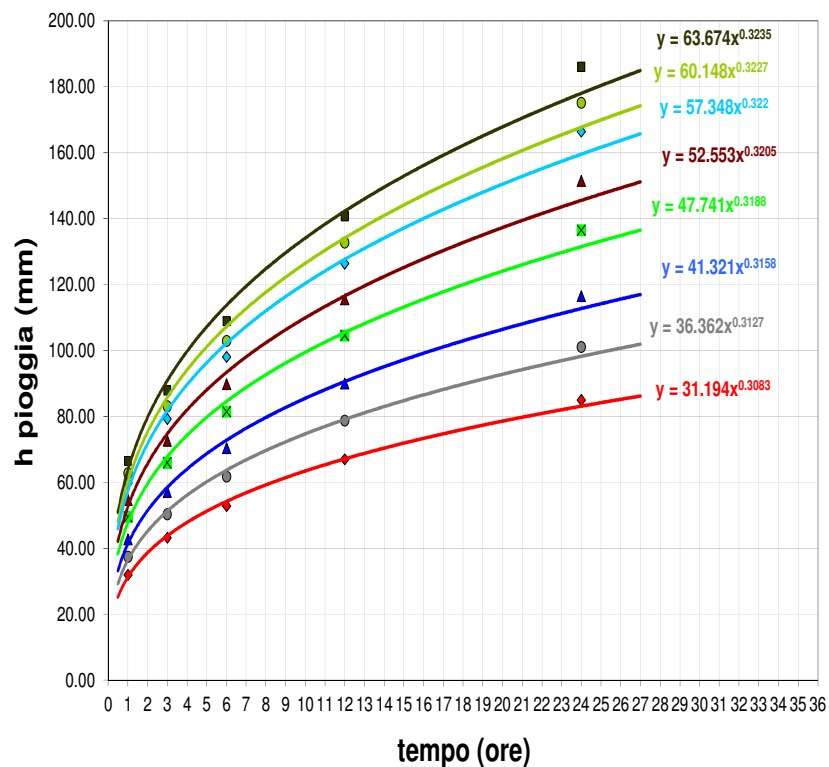


Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione Jesi - 96 mt s.l.m.

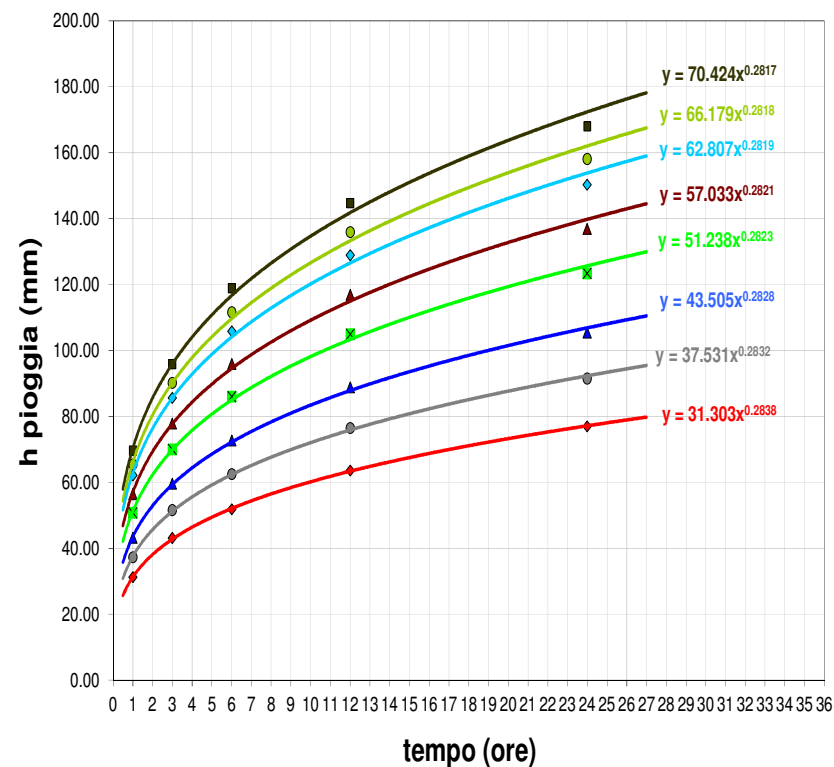


Analisi Idrologica

Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione Moie - 110 mt s.l.m.

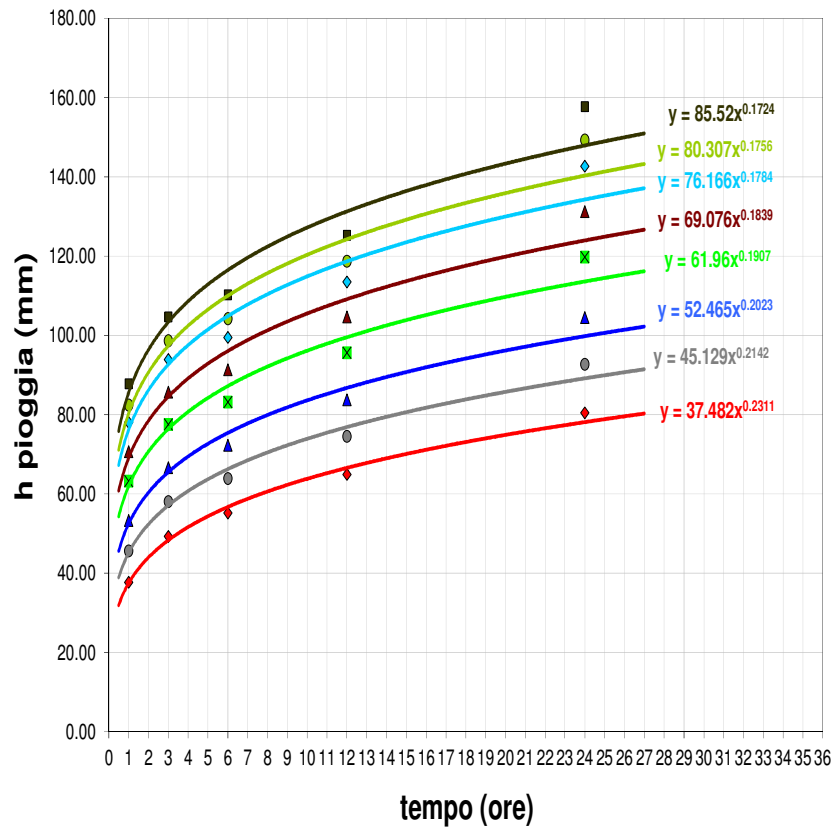


Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione Mondolfo - 144 mt s.l.m.

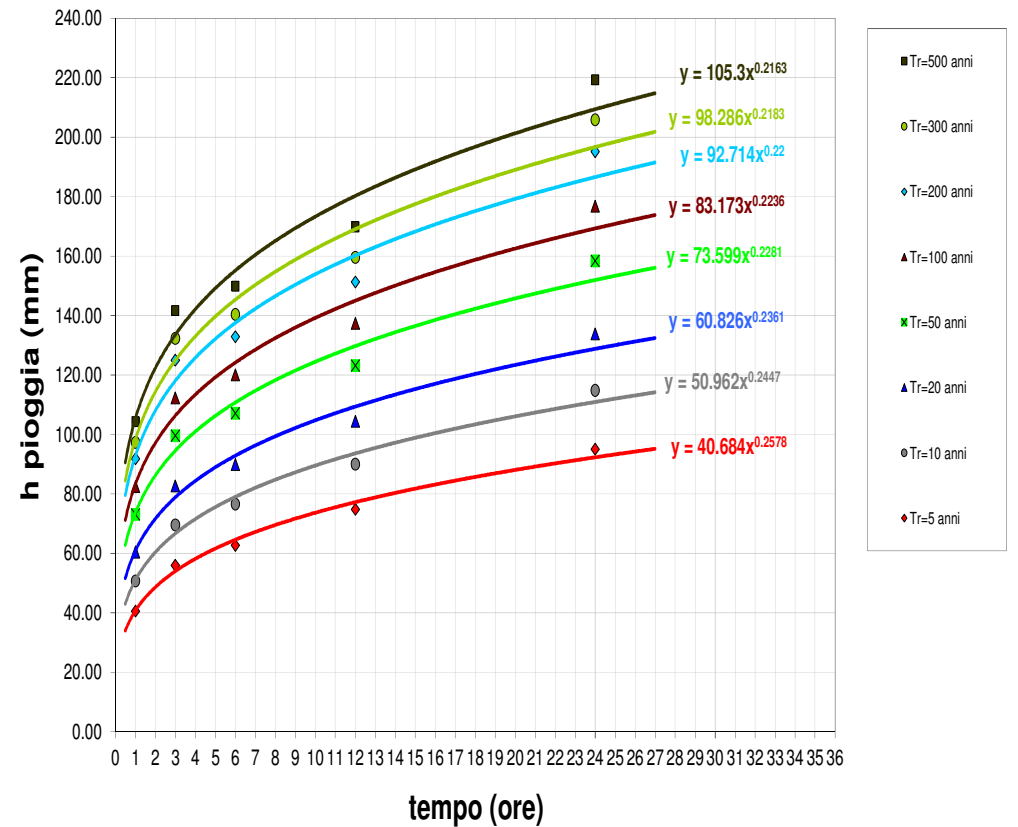


Analisi Idrologica

Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione San Lorenzo in Campo 209 mt s.l.m.



Curve Possibilità climatica Piogge Orarie
Stazione Senigallia - 5 mt s.l.m.



Analisi Idrologica

ANALISI SPAZIALE PLUVIOMETRIA:

- Per ogni Tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni Interpolazione, sul territorio con maglia 10metrix10metri dei valori di “a(mm)” con tecnica IDW (Inverse Distance Weighting) esponente 2
- Per ogni Tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni Interpolazione, sul territorio con maglia 10metrix10metri dei valori di “P(e)” (pioggia corrispondente ad un tempo di precipitazione pari ad “e” (2.71828182846)) con tecnica IDW (Inverse Distance Weighting) esponente 2
- attraverso le proprietà dei logaritmi naturali (ln) calcolo del valore spaziale di “n” $n = \ln(P(e)) - \ln(a)$
- Interpolazione, sul territorio con maglia 10metrix10metri dei valori di Pioggia oraria massima annuale media con tecnica IDW (Inverse Distance Weighting) esponente 2
- Interpolazione, sul territorio con maglia 10metrix10metri dei valori di Pioggia giornaliera massima annuale media con tecnica IDW (Inverse Distance Weighting) esponente 2

Analisi Idrologica

VALUTAZIONE PORTATE MASSIME AL COLMO DI PIENA

- Metodo di Giandotti;
- Metodo Cinematico o Razionale;
- Metodo di regionalizzazione con stima della portata indice attraverso diverse formulazioni;
- Metodo del Curve Number (nelle condizioni di saturazione e CN_{II} e CN_{III}).

Analisi Idrologica

METODO DI GIANDOTTI

Fiume Misa alla Foce

T_R (anni)	\bar{h} (mm)	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	93.51	516.95
100	100.50	555.61
200	109.84	607.24

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

T_R (anni)	\bar{h} (mm)	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	88.29	312.80
100	98.23	348.03
200	107.35	380.35

PORTATA MASSIMA AL COLMO

$$Q_{\text{max colmo GIANDOTTI}} \text{ (m}^3/\text{s)} = \frac{\lambda S_{\text{tot}} \bar{h}}{0.8 t_{c \text{ GIANDOTTI}}}$$

Fiume Nevola

T_R (anni)	\bar{h} (mm)	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	92.82	284.50
100	99.09	303.74
200	107.93	330.82

Analisi Idrologica

METODO CINEMATICO

PORTATA MASSIMA AL COLMO

$$Q_{\max} = \frac{h_{t=t_c} \phi S}{t_c} \quad \phi_{1\text{ora}} = 0.41 \quad \text{che provoca } \phi_{t=\text{corrivazione}} \approx 0.5$$

STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Fiume Misa alla foce

$$t_{c \text{ Ogrosky-Mockus}} = 8.37 \text{ ore} \approx 8 \text{ ore } 22 \text{ min}$$

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

$$t_{c \text{ Ogrosky-Mockus}} = 4.97 \text{ ore} \approx 4 \text{ ore } 58 \text{ min}$$

Fiume Nevola alla foce

$$t_{c \text{ Ogrosky-Mockus}} = 6.09 \text{ ore} \approx 6 \text{ ore } 6 \text{ min}$$

Analisi Idrologica

METODO CINEMATICO

Fiume Misa alla Foce

T_R (anni)	$h^*(t_c, T_R)$	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	98.05	505.12
100	104.99	540.86
200	114.68	590.81

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

T_R (anni)	$h^*(t_c, T_R)$	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	83.92	339.57
100	93.30	377.52
200	102.00	412.73

Fiume Nevola

T_R (anni)	$h^*(t_c, T_R)$	$Q_{\text{max colmo}}$ (m ³ /s)
50	95.35	263.83
100	101.48	280.79
200	110.47	305.66

Analisi Idrologica

METODO REGIONALIZZAZIONE

PORTATA MASSIMA AL COLMO

$$Q_{\text{max colmo regionalizzazione-}i} = K_{T_R} \cdot Q_{\text{indice-}i}$$

$$Q_{\text{indice-}1} (m^3 / s) = 0.21 \cdot 10^{-3} \cdot S_{\text{tot}}^{1.0816} \cdot h_{m-1 \text{ giorno}}^{2.4157} \cdot (H_m - Z)^{-0.4694}$$

$$Q_{\text{indice-}2} (m^3 / s) = 2.797 \cdot 10^{-5} \cdot S_{\text{tot}}^{1.235} \cdot h_{m-1 \text{ ora}}^r{}^{3.513} \cdot L_{\text{tot}}^{-0.720}$$

$$Q_{\text{indice-}3} (m^3 / s) = Q_{\text{media-colmo}}$$

Analisi Idrologica

METODO REGIONALIZZAZIONE

Fiume Misa alla Foce

T_R (anni)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-1 (m^3/s)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-2 (m^3/s)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-3 (m^3/s)
50	686.12	576.80	545.74
100	791.48	665.37	629.54
200	896.84	753.94	713.35

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

T_R (anni)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-1 (m^3/s)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-2 (m^3/s)
50	319.57	282.77
100	368.64	326.20
200	417.71	369.62

Fiume Nevola

T_R (anni)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-1 (m^3/s)	$Q_{\text{max colmo}}$ Regionalizzazione-2 (m^3/s)
50	252.31	234.10
100	291.05	270.04
200	329.80	305.99

Analisi Idrologica

METODO CURVE NUMBER

Fiume Misa alla Foce (CN_{II})

T _R (anni)	I (mm)	I _a /I	K = S/I	C	P _n (mm)	Q _{max colmo (CN II)} (m ³ /s)
50	77.00	0.06	0.82	0.50	38.26	319.74
100	84.05	0.06	0.76	0.52	43.83	366.31
200	92.06	0.05	0.69	0.55	50.34	420.68

PORTATA MASSIMA AL COLMO

$$Q_{\max-scs} = 0.208 \cdot \frac{P_n \cdot S_{tot}}{t_a}$$

Fiume Misa prima della confluenza con Nevola (CN_{II})

T _R (anni)	I (mm)	I _a /I	K = S/I	C	P _n (mm)	Q _{max colmo (CN II)} (m ³ /s)
50	75.71	0.07	0.89	0.48	36.17	183.62
100	84.03	0.06	0.80	0.51	42.62	216.38
200	91.95	0.05	0.73	0.53	48.94	248.46

Fiume Nevola (CN_{II})

T _R (anni)	I (mm)	I _a /I	K = S/I	C	P _n (mm)	Q _{max colmo (CN II)} (m ³ /s)
50	75.81	0.07	0.84	0.49	37.34	168.90
100	82.88	0.06	0.77	0.52	42.90	194.06
200	90.62	0.06	0.70	0.54	49.16	222.39

Analisi Idrologica

METODO CURVE NUMBER

Fiume Misa alla Foce (CN_{III})

T_R (anni)	I (mm)	I_a/I	$K = S/I$	C	P_n (mm)	$Q_{\max \text{ colmo (CN III)}}$ (m ³ /s)
50	67.19	0.07	0.42	0.64	42.78	538.19
100	74.13	0.07	0.38	0.66	49.09	617.62
200	81.32	0.06	0.35	0.69	55.72	701.03

Fiume Misa prima della confluenza con Nevola (CN_{III})

T_R (anni)	I (mm)	I_a/I	$K = S/I$	C	P_n (mm)	$Q_{\max \text{ colmo (CN III)}}$ (m ³ /s)
50	63.36	0.08	0.45	0.62	39.34	327.76
100	70.14	0.07	0.40	0.65	45.45	378.63
200	76.85	0.07	0.37	0.67	51.58	429.78

Fiume Nevola (CN_{III})

T_R (anni)	I (mm)	I_a/I	$K = S/I$	C	P_n (mm)	$Q_{\max \text{ colmo (CN III)}}$ (m ³ /s)
50	66.47	0.08	0.42	0.63	42.13	285.47
100	73.78	0.07	0.38	0.66	48.77	330.51
200	80.88	0.06	0.35	0.68	55.31	374.83

Analisi Idrologica

CONFRONTO METODI E SCELTA PORTATA MASSIMA AL COLMO DI PROGETTO

Fiume Misa alla Foce Tr=200 anni

Metodo di Giandotti: $Q_{\text{max colmo GIANDOTTI (TR=200 anni)}} = 607.24 \text{ m}^3/\text{s}$

Metodo Cinematico: $Q_{\text{max colmo CINEMATICO (TR=200 anni)}} = 590.81 \text{ m}^3/\text{s}$

Metodo Regionalizzazione:

$Q_{\text{max colmo Regionalizzazione-1 (TR=200 anni)}} = 896.84 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max colmo Regionalizzazione-2 (TR=200 anni)}} = 753.94 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max colmo Regionalizzazione-2 (TR=200 anni)}} = 713.35 \text{ m}^3/\text{s}$

Metodo Curve Number (SCS) :

$Q_{\text{max colmo SCS CN II (TR=200 anni)}} = 420.68 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max colmo SCS CN III (TR=200 anni)}} = 701.03 \text{ m}^3/\text{s}$

Analisi Idrologica

CONFRONTO METODI E SCELTA PORTATA MASSIMA AL COLMO DI PROGETTO

Fiume Misa alla Foce $Tr=200$ anni

- Relazione Idraulica del “Progetto Definitivo per la realizzazione di Area Agricola di compensazione idraulica in Località Bettolle” e Relazione Generale “Convenzione per la consulenza generale e gli studi propedeutici alla difesa idraulica del Fiume Misa” (Prov. di Ancona – UNIPM) $Q_{Tr=100anni}=400\div 600\text{ m}^3/\text{s}$;
- Relazione Generale “Convenzione per la consulenza generale e gli studi propedeutici alla difesa idraulica del Fiume Misa” (Prov. di Ancona – UNIPM) viene indicato un Idrogramma di piena $Q_{Tr=100anni}=600\text{ m}^3/\text{s}$;
- Metodo SCS CN_{III} generalmente sovrastima la portata massima al colmo;
- Metodo di Giandotti e Metodo Cinematico sostanzialmente producono risultati simili;
- I dati sull’uso del suolo, nonostante datati, forniscono un valido elemento di valutazione dei coefficienti di deflusso e il tempo di corrivazione Ogrosky-Mockus sembra essere confermato dai dati della piena critica del Fiume Misa del 3-4 Maggio registrati a Bettolle (posta circa a 11.5 km dalla foce): t_L prossimo alle 4 ore e di conseguenza t_c di circa 6 ore 40 min più tempo per raggiungere la foce (circa 1 ore 40 min), porta ad un t_c alla foce di circa 8 ore e 20 min;

Analisi Idrologica

CONFRONTO METODI E SCELTA PORTATA MASSIMA AL COLMO DI PROGETTO

SCELTO METODO CINEMATICO COME METODO PER LA STIMA DELLA PORTATA DI PIENA AL COLMO

Fiume Misa alla foce

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=50 anni)}} = 505.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=100 anni)}} = 540.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 590.81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=50 anni)}} = 339.57 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=100 anni)}} = 377.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 412.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fiume Nevola alla foce

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=50 anni)}} = 263.83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=100 anni)}} = 280.79 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 305.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analisi Idrologica

IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

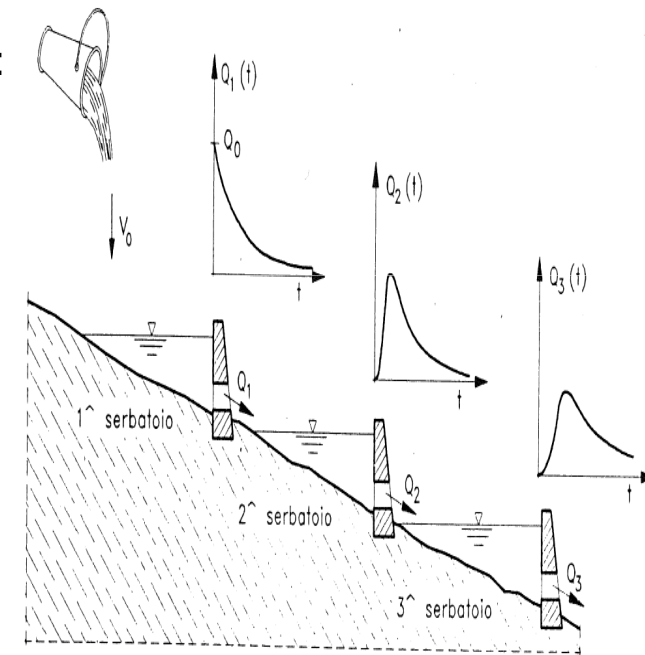
Stima Idrogrammi Piena con il Metodo di Nash

N e K mediante adattamento a parametri già stimati nel metodo cinematico:

- Valore Portata di picco
- Tempo di corrivazione
- Ragguaglio delle precipitazioni all'area del bacino
- Coefficienti di deflusso

Nota:

Taratura valori di N e K su singoli eventi poco applicabile, per difficoltà di ricostruzione nel dettaglio dell'evento pluviometrico dal punto di vista spaziale. In particolare nell'evento del Maggio 2014 sembra che le stazioni pluviometriche presenti sul territorio non siano riuscite a registrare i valori massimi di pioggia in quanto posizionate agli estremi della perturbazione principale.



Analisi Idrologica

IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

Fiume Misa alla foce

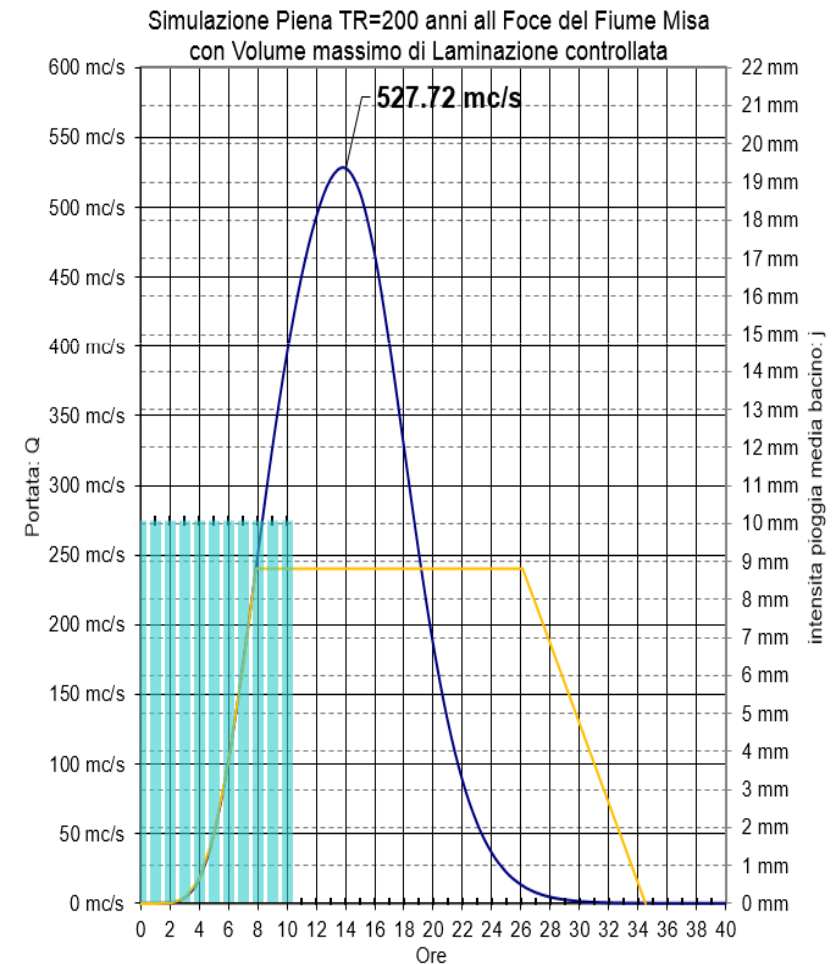
$n = 9.18$

$k = 1.02$

$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 590.81 \text{ m}^3/\text{s (tp=6ore)}$

- Immaginando un'unica cassa
- Scelto valore di portata in uscita dalla cassa pari a $240.00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Immaginando ingresso regolato da paratoia

Volume massimo da laminare si ha per un $t_p = 10$ ore a cui corrisponde una portata al colmo $Q_{\text{max colmo}} = 527.72 \text{ m}^3/\text{s}$ ed un volume da laminare pari a $V_{\text{Laminazione}} = 7.31$ milioni di m^3



Analisi Idrologica

IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

Fiume Misa prima della confluenza con il Fiume Nevola

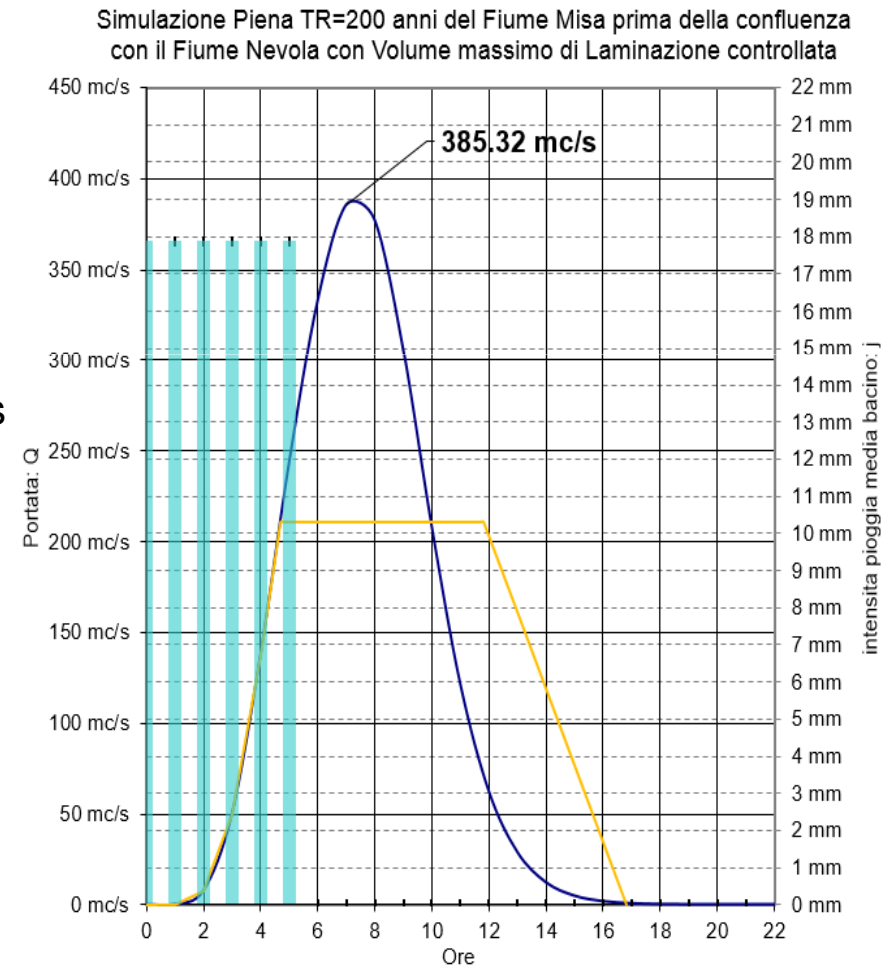
$n = 9.45$

$k = 0.59$

$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 412.73 \text{ m}^3/\text{s (tp=3ore)}$

- Immaginando un'unica cassa
- Scelto valore di portata in uscita dalla cassa pari a $210.00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Immaginando ingresso regolato da paratoia

Volume massimo da laminare si ha per un $t_p = 5$ ore a cui corrisponde una portata al colmo $Q_{\text{max colmo}} = 385.32 \text{ m}^3/\text{s}$ ed un volume da laminare pari a $V_{\text{Laminazione}} = 2.07$ milioni di m^3



Analisi Idrologica

IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

Fiume Nevola

$n = 8.77$

$k = 0.78$

$Q_{\text{max colmo ASSETTO (TR=200 anni)}} = 305.66 \text{ m}^3/\text{s (tp=4ore)}$

- Immaginando un'unica cassa
- Scelto valore di portata in uscita dalla cassa pari a $140.00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Immaginando ingresso regolato da paratoia

Volume massimo da laminare si ha per un $t_p = 6$ ore a cui corrisponde una portata al colmo $Q_{\text{max colmo}} = 289.66 \text{ m}^3/\text{s}$ ed un volume da laminare pari a $V_{\text{Laminazione}} = 2.24$ milioni di m^3

