

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

CUP: J31J05000010001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA
TRATTA RHO - GALLARATE**

IDROLOGIA GENERALE

Relazione idrologica

SCALA

-


COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA Progr. REV.

MDL1 30 D 26 RH ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/ Data
A	Emissioni esecutiva	M. Coccato	Ottobre 2017	M. Ventura	Ottobre 2017	S. Borelli	Ottobre 2017	F. Sacchi Ottobre 2017


ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Ufficio Progetti Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
F. Sacchi
P. 27/272 S.p.A.

File: MDL130D26RHID0001001A.doc

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE												
Relazione idrologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26</td> <td>RH ID0001 001</td> <td>A</td> <td>2 di 40</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26	RH ID0001 001	A	2 di 40
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26	RH ID0001 001	A	2 di 40								

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2	IDROGRAFIA DEL TERRITORIO	5
3	VALUTAZIONE DELLE LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA AI FINI DEL CALCOLO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	9
3.1	REGIONALIZZAZIONE STATISTICA	9
3.1.1	<i>Principi del metodo della regionalizzazione</i>	9
3.1.2	<i>Distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV)</i>	11
3.2	ANALISI PLUVIOMETRICA NEL BACINO DEL FIUME OLONA	12
3.2.1	<i>Progetto VAPI del CNR – GNDCI</i>	12
3.2.2	<i>Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)</i>	14
3.2.3	<i>Modello regionale delle precipitazioni intense per l'area di Milano</i>	23
3.2.4	<i>Confronto tra i risultati</i>	25
4	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	28
4.1	ANALISI IDROLOGICA - REGIONALIZZAZIONE STATISTICA DELLE PORTATE DI PIENA	28
4.1.1	<i>Parametri morfometrici</i>	30
4.1.2	<i>Portate idrologiche</i>	31
4.2	DINAMICHE EVOLUTIVE DEL FIUME OLONA	32
4.2.1	<i>Portate morfologiche</i>	33
4.2.2	<i>Interventi idraulici previsti</i>	35
5	CONCLUSIONI	38

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 40

1 PREMESSA

Il progetto di potenziamento riguarda la tratta di linea compresa tra la stazione di Rho e la radice lato Gallarate della stazione di Parabiago, nonché un intervento localizzato nei pressi della stazione di Busto Arsizio, per la realizzazione del “raccordo Y”.

La tratta in esame è ubicata a nord-ovest di Milano ed interessa una fascia di territorio compresa nei comuni di Rho, Pregnana Milanese, Vanzago, Pogliano Milanese, Nerviano e Parabiago in provincia di Milano, alla quale si aggiunge una porzione di territorio dei comuni di Castellanza e Busto Arsizio in provincia di Varese.

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione riporta i risultati dello studio svolto per la caratterizzazione pluviometrica del territorio interessato dall'intervento.

Gli interventi si sviluppano per un'estensione di circa 15 km e sono sinteticamente riassumibili in:

PRG di Rho

- Realizzazione bretella di collegamento tra il binario pari della linea “Milano P.ta Garibaldi-Novara” ed il binario pari linea “Milano-Varese” nel tratto Rho – Fiera Milano;
- PRG della Stazione di Rho con collegamento fra questa e le linee Milano-Torino e Rho-Arona

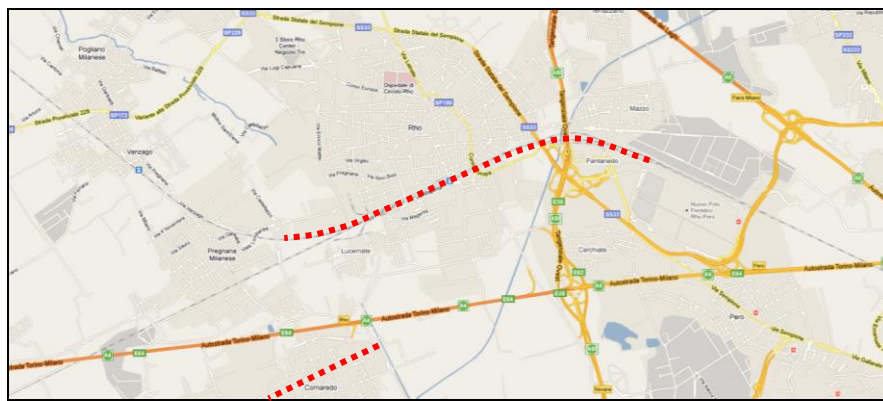


Figura 1.1 – Corografia dell'intervento (Lotto 1)

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

Tratta Rho-Parabiago e Raccordo Y

- Realizzazione del quadruplicamento della linea tra Rho e Parabiago;
- Realizzazione del raccordo Y di collegamento tra la linea F.S. e la linea Ferrovie Nord Milano (F.N.M.) in prossimità della stazione di Busto Arsizio.

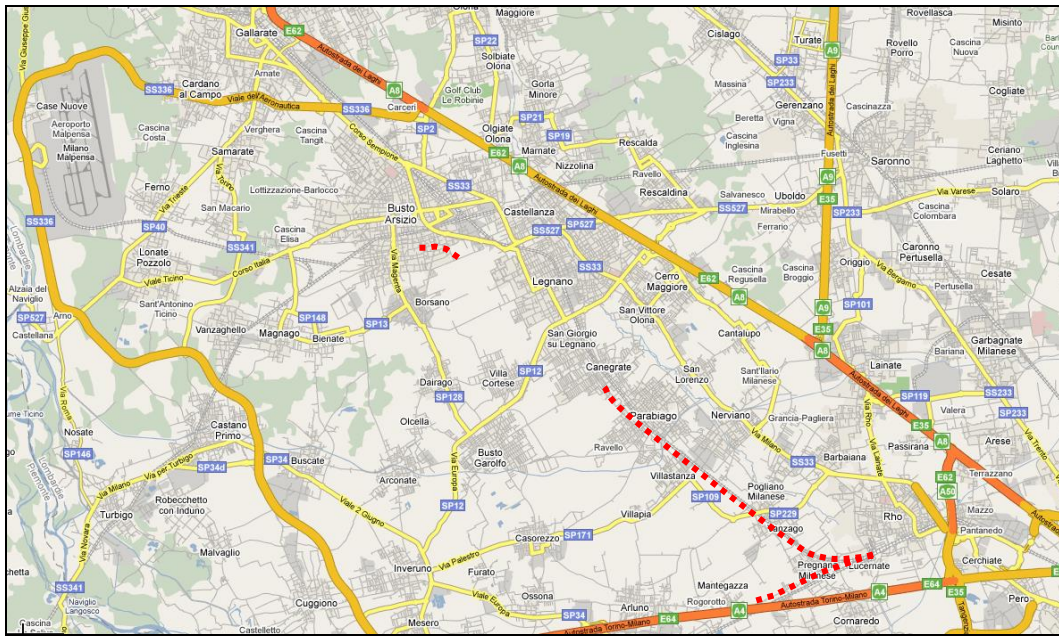


Figura 1.2 – Corografia dell'intervento (Lotto 2)

La caratterizzazione ha posto una particolare attenzione alla propensione del territorio da produrre fenomeni meteorici di forte intensità, da utilizzare come riferimento nella progettazione dei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque.

Le interferenze idrauliche principali sono quelle dovute all'attraversamento e/o all'affiancamento dei seguenti corsi d'acqua:

- ✓ Fiume Olona (costruzione di un viadotto);
- ✓ Canale Villoresi (adeguamento in larghezza di un ponte esistente);
- ✓ Derivatore di Parabiago, detto anche Canale secondario Villoresi (risezionamento del canale).

2 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

Il territorio interessato dal progetto rientra interamente all'interno del bacino idrografico del fiume Olona che si estende nel territorio delle province di Varese, Milano e di Como, interessando marginalmente anche il territorio svizzero.

Il bacino Lambro-Olona (in rosso nella Figura 2.1) è compreso interamente all'interno del Distretto Idrografico Padano, le competenze in materia di pianificazione idraulica sono invece demandate all'Autorità di Bacino del fiume Po.

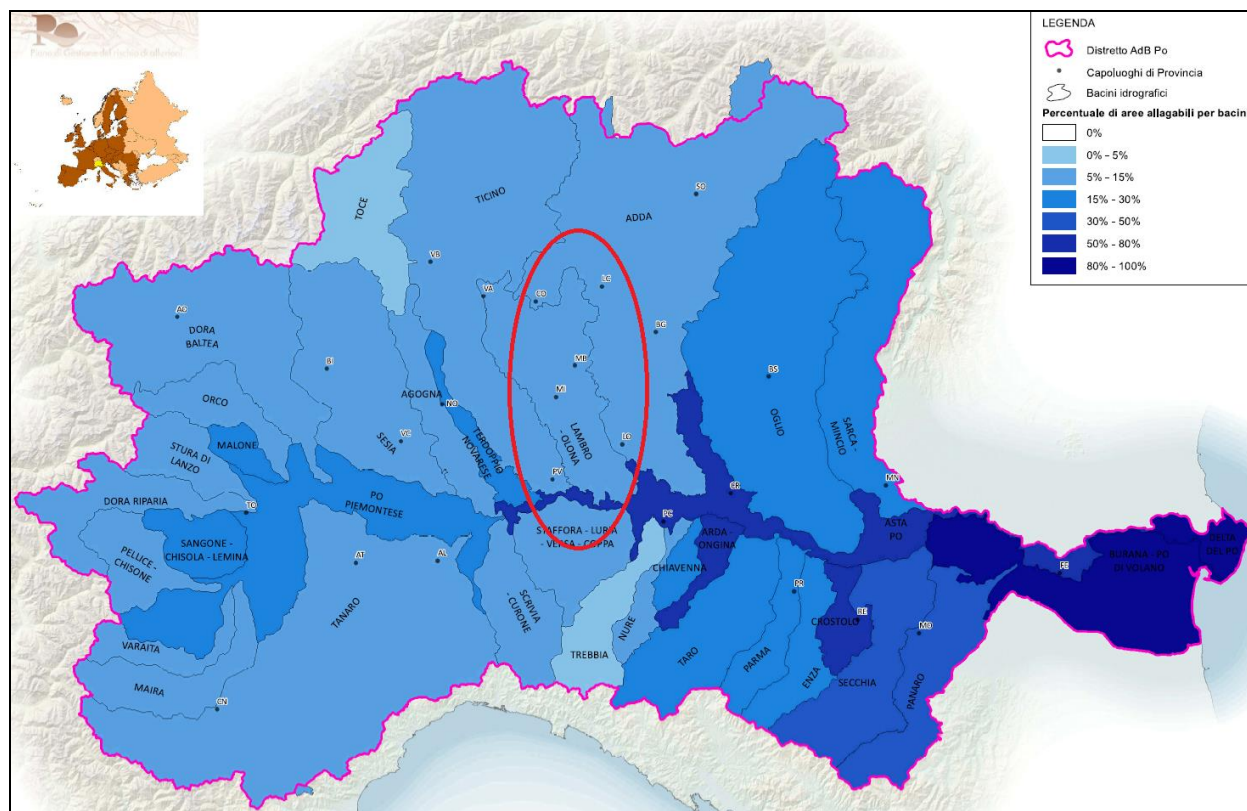



Figura 2.1 – Percentuale di aree allagabili per bacini

L'origine del corso d'acqua trova ubicazione presso le pendici dei monti a Nord di Varese ad una quota di circa 1000 m s.m.m. e, dopo un tragitto di circa 60 km, entra nell'abitato di Milano da cui esce con il nome di Lambro Meridionale. Lungo il suo percorso, lambisce la città di Varese, riceve, in sinistra, il contributo del Torrente Bevera e, in destra, le acque del Rio Velone; poco più a sud, in località Valle Folla, raccoglie le acque del Rio Ranza, il cui corso ha origine dalle pendici del Monte San Giorgio, in territorio svizzero.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 6 di 40

Il bacino dell'Olona, chiuso in corrispondenza dell'immissione nel tombino appena a monte di Milano ha un'estensione complessiva di circa 475 km², che include sia il bacino del torrente Bozzente avente un'estensione di 79 km², sia il bacino del torrente Lura con superficie di 150 km².


I caratteri morfologici del bacino idrografico si differenziano in maniera netta distinguendo una parte montana ed una pianeggiante. La prima si chiude in corrispondenza di Ponte Gurone, in comune di Malnate, e presenta una superficie di 95 km². La seconda si estende dalla sezione di Ponte Gurone fino alla chiusura. La parte montana del bacino ha una forma a Y, dove il ramo occidentale è rappresentato dal bacino dell'Olona vero e proprio mentre la parte orientale è costituita dal territorio tributario del Torrente Bevera, del Torrente Clivio e del Rio Ranza. Al ramo occidentale, il più urbanizzato dei due, appartengono gli abitati di Varese e di Induno Olona, mentre il ramo orientale, salvo alcuni centri abitati di modeste dimensioni, è per la maggior parte costituito da terreno boschivo e agricolo.

A valle di Ponte Gurone, il bacino assume una forma molto stretta e allungata in direzione Nord-Sud, alternando zone densamente urbanizzate a zone agricole e/o boschive.

Fino all'attraversamento con l'autostrada Milano-Varese l'alveo percorre una valle nella quale i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume. Oltrepassata l'autostrada il fiume Olona entra nella zona maggiormente urbanizzata attraversando i comuni di Castellanza e Legnano all'interno dei quali l'alveo risulta addirittura tombinato.

Il Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO) riveste notevole importanza strategica in termini di sviluppo e di portate di piena per lo studio completo del fiume Olona.

Per alleggerire i carichi idraulici sul reticolo idrografico che entra in Milano, all'inizio degli anni '80 fu realizzato il Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO), che scolma i contributi di piena a Nord di Milano, intercettando i corsi d'acqua a partire dal Fiume Seveso, per sversarli nel Ticino all'altezza di Abbiategrasso. Lungo il percorso intercetta le portate eccedenti dell'Olona, derivate alle prese denominate "Presa Olona

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

1” e “Presa Olona 2”; le portate provenienti da quest'ultima sversano nel canale scolmatore al nodo di Cornaredo, da dove parte il Deviatore Olona, realizzato recentemente per convogliare le portate in eccesso dell'Olona, che non possono essere scaricate nel CSNO. Il Deviatore aggira a ovest la città e si collega, presso Gratosoglio, al Lambro meridionale.

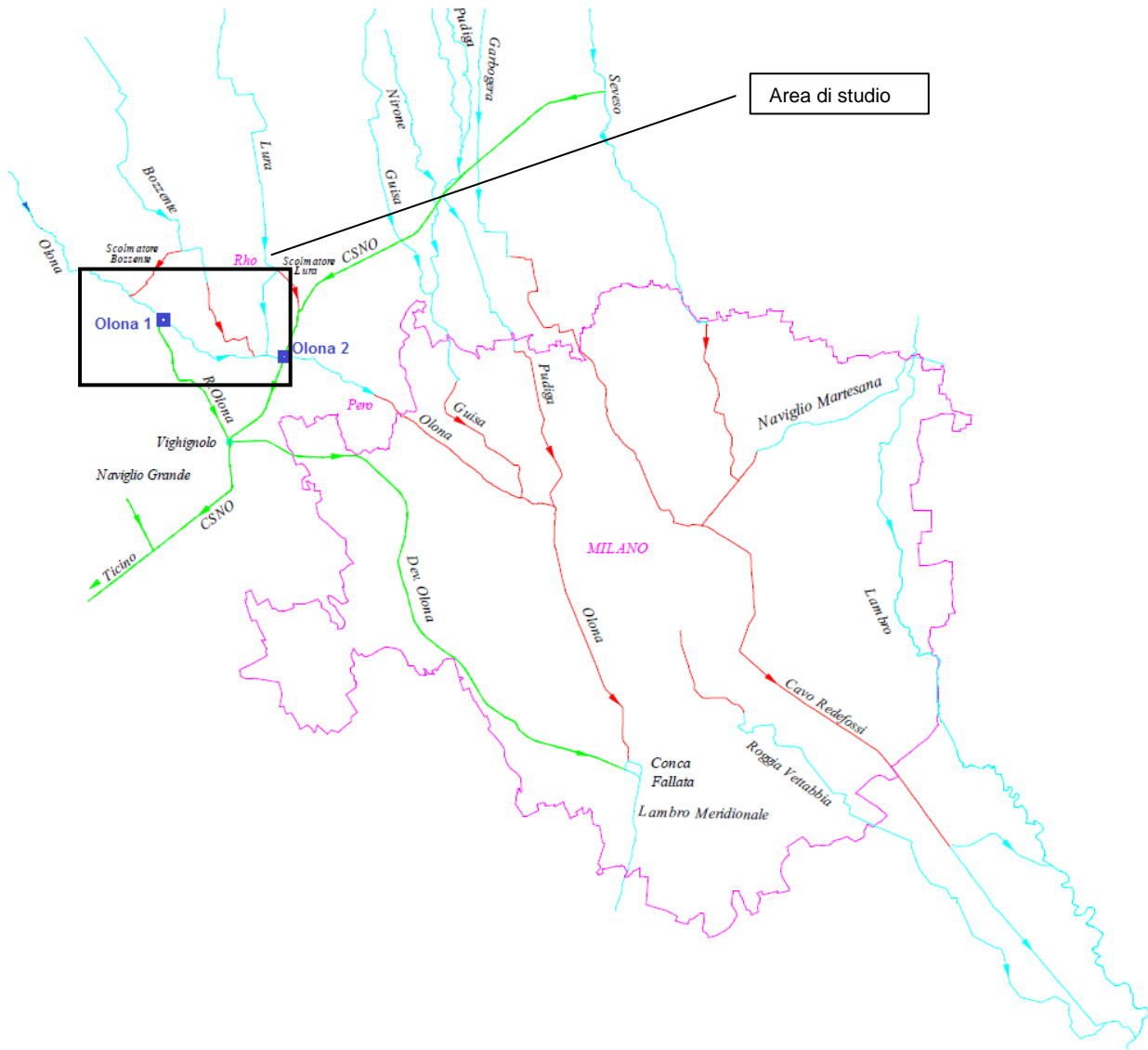



Figura 2.2 – Carta di dettaglio del reticolo idrografico focalizzata sul centro di Milano. Sono indicati in verde il Canale Scolmatore di Nord– Ovest e il Deviatore Olona, in rosso i tratti tombinati (fonte: Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 IV A. Area a rischio significativo di alluvione ARS Distrettuali 2. Schede monografiche Città di Milano)


In dettaglio dopo l'abitato di Legnano, il fiume attraversa nuovamente aree agricole

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 8 di 40

alternate ad aree urbane fino al confine del territorio del Comune di Rho, in corrispondenza del quale è posta l'opera di scolmo delle piene denominata "Presa Olona 1", progettata per deviare verso il canale scolmatore di Nord-Ovest una portata pari a 25 m³/s mediante il Ramo Olona. A monte della "Presa Olona 1" viene immessa la portata di scolmo delle piene del Bozzente (circa 13 m³/s) mediante uno scolmatore tombinato che devia le portate del Bozzente stesso a nord dell'abitato di Rho, in località Biringhello. La seconda presa dell'Olona, denominata "Presa Olona 2", a sud dell'abitato di Rho, è stata dimensionata per poter scaricare direttamente nel CSNO (Canale Scolmatore di Nord Ovest) sino a 15 m³/s.

Tra le due prese vi sono le confluenze di Bozzente e Lura, i cui bacini idrografici delimitano ad est il bacino dell'Olona: il primo immette la portata di magra (3 m³/s) e il secondo circa 18 m³/s. A valle della "Presa Olona 2" il fiume Olona sovrappassa il CSNO con un ponte canale e percorrendo un breve tratto (circa 3 km) sino a raggiungere l'abitato di Pero, da cui prosegue completamente tombinato, fino all'attraversamento del Naviglio Grande oltre il quale continua a cielo aperto con il nome di Lambro Meridionale. Appena prima di sottopassare il Naviglio Pavese (nodo di Conca Fallata) si ricongiunge con il Deviatore Olona (che prende parte delle acque del C.S.N.O.). La massima portata compatibile con le canalizzazioni sotterranee risulta essere di 50÷54 m³/s.

A valle dell'imbocco della tombinatura di Pero, si immette lo scarico del sistema fognante del bacino del fontanile Cagnola (comprendente il polo industriale di Arese, Mazzo di Rho, nuovo polo fieristico di Pero). Più a valle, l'Olona riceve gli apporti della Roggia Merlata (Guisa + Nirone, dopo gli scolmi in CSNO) e del Torrente Pudiga oltre a drenaggi minori della rete fognaria urbana.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 40

3 VALUTAZIONE DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA AI FINI DEL CALCOLO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

3.1 REGIONALIZZAZIONE STATISTICA

Al fine di effettuare un'analisi idrologica mirata alla stime delle portate di piena è necessario definire preliminarmente il regime pluviometrico intenso che caratterizza il territorio, sulla base delle serie storiche disponibili relative ai dati di pioggia sul bacino in esame e nelle zone limitrofe.

Per il territorio interessato dal progetto in esame, sono stati realizzati diversi studi orientati alla definizione dell'intensità con cui si manifestano i fenomeni idrologici, sia in termine di portate di massima piena che di precipitazioni intense.


I paragrafi seguenti riportano i fondamenti teorici alla base della tecnica di regionalizzazione statistica con particolare riferimento alla pratica utilizzazione dei risultati ai fini progettuali.

3.1.1 Principi del metodo della regionalizzazione

I metodi di regionalizzazione basati sulla tecnica del valore indice consentono di esprimere il valore di una grandezza in funzione della sua probabilità cumulata come prodotto di due fattori: il *valore indice*, ovvero l'entità, definita in modo puntuale, con cui si manifesta mediamente il fenomeno idrologico in esame, e il *fattore probabilistico di crescita*, ovvero un coefficiente di amplificazione di tale entità in funzione del tempo di ritorno dell'evento.

Tale approccio metodologico consente, nel caso fosse dimostrato che il fenomeno in esame si presenta all'interno di una regione relativamente ampia secondo una stessa legge di distribuzione statistica, di determinare la legge di correlazione tra tempo di ritorno ed entità del fenomeno anche nei punti del territorio dove la serie storica non risulta sufficientemente ampia, ma dalla quale è possibile ricavare solo un valore medio del fenomeno.

Nel caso di analisi mirate alla caratterizzazione del regime delle piogge intense, il valore indice $m(d)$ viene definito come l'altezza di pioggia massima media annuale caduta al suolo in d ore consecutive. Le analisi statistiche basate su tecniche di regionalizzazione

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 10 di 40

hanno quindi l'obiettivo di esprimere i valori delle altezze di pioggia cumulate $h_T(d)$, associate ad un certo periodo di ritorno T e alla durata del fenomeno d , mediante una espressione del tipo:

$$h_T(d) = m(d) \cdot K_T \quad (\text{Eq. 3.1})$$

dove K_T è il coefficiente probabilistico di crescita che viene legato al tempo di ritorno T da una relazione del tipo:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(K_T)} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

nella quale F_K rappresenta la funzione di distribuzione statistica considerata rappresentativa per quella Sottozona Omogenea (SZO).


La determinazione di $m(d)$ e di K_T viene condotta attraverso una regressione delle serie storiche di dati pluviometrici utilizzando una delle numerose distribuzioni statistiche suggerite in letteratura.

Se l'analisi è rivolta alla valutazione diretta delle portate di massima piena la grandezza $h_T(d)$ viene sostituita con il valore della massima portata Q_T attesa con tempo di ritorno T ed il valore indice con il valore della portata massima media annuale normalmente indicato con il simbolo μ . Si ha quindi:

$$Q_T = \mu \cdot K_T \quad (\text{Eq. 3.3})$$

Gli studi realizzati seguendo queste tecniche, ipotizzano diverse distribuzioni probabilistiche delle grandezze idrologiche: le più utilizzate sono il modello probabilistico noto come TCEV, a quattro parametri, ed il modello probabilistico generalizzato del valore estremo GEV, a tre parametri. L'obiettivo è quello di giungere ad una suddivisione del territorio in zone omogenee all'interno delle quali uno o più parametri statistici, che determinano univocamente la forma delle distribuzioni probabilistiche, possono essere considerati costanti ed in sottozone omogenee dove tutti i parametri possono essere considerati costanti.

La valutazione dei parametri viene condotta applicando i criteri statistici ai differenti livelli della procedura gerarchica e per le differenti grandezze idrologiche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

3.1.2 Distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV)

All'interno del territorio di interesse per questo progetto, le elaborazioni statistiche e le operazioni di mappatura sono state condotte dal CNR – GNDICI e riassunte nel *“Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale”* ed in particolare alla *“Sintesi del rapporto regionale per i compartimenti di Parma e Genova”* (De Michele e Rosso, 2001).

Con l'obiettivo di individuare le sottozone omogenee (SZO) per le quali i parametri della legge di distribuzione statistica delle precipitazioni possono essere considerati costanti, gli autori hanno fatto ricorso al modello probabilistico generalizzato del valore estremo GEV (Generalised Extreme Value), proposto da Jenkinson (1955) che riassume in un'unica espressione le tre leggi asintotiche dei valori estremi (EV1, EV2, EV3).

La sua funzione di probabilità cumulata ha la seguente espressione:

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 - k(k - \varepsilon)/\alpha\right]^{1/k}\right\} \quad (\text{Eq. 3.4})$$


dove ε è un parametro di posizione, α è un parametro di scala e k un parametro di forma.

Il modello GEV riassume le tre leggi asintotiche del massimo valore del 1° tipo (EV1, legge di Gumbel), del 2° (EV2) e 3° (EV3) tipo. In particolare per $k = 0$ si ricade nell'espressione di Gumbel che quindi rappresenta un caso particolare del modello GEV.

La stima dei tre parametri ε , α e k per ciascuna stazione in esame può essere effettuata tramite la tecnica basata sui momenti lineari raccomandata da Hosking (1990). Applicando quindi l'Eq. (3.2), fissato un valore T del periodo di ritorno in anni, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_k(K_T)} = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha}(K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}} \quad (\text{Eq. 3.5})$$

dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, pari a:

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 12 di 40

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - \exp(-k y_T)) \quad (\text{Eq. 3.6})$$

Per i siti non coincidenti con la posizione delle stazioni pluviometriche, è possibile ottenere i parametri k , α e ε per interpolazione spaziale, ottenendo la mappatura dell'intero territorio di interesse. Una tecnica di interpolazione utilizzata per la mappatura del territorio appartenente al bacino del fiume Po, è quella proposta da Rosso et al. (1997), facente suo del metodo di kriging.

3.2 ANALISI PLUVIOMETRICA NEL BACINO DEL FIUME OLONA


Il territorio nel quale si snoda la linea ferroviaria in progetto rientra interamente nel bacino idrografico del sistema dei fiumi Lambro – Olona, a sua volta appartenente al bacino idrografico del fiume Po, per il quale risulta competente, in materia di pianificazione di interventi, mappatura del rischio idrogeologico e predisposizione di linea guida per la progettazione delle opere, l'Autorità di Bacino del fiume Po.

Gli studi più recenti, mirati alla valutazione del regime pluviometrico intenso che caratterizza il territorio incluso nel bacino del Po, sono normalmente orientati ad utilizzare le tecniche di regionalizzazione statistica dei dati che consentono di omogeneizzare l'informazione di dati idrologica nei casi in cui questa dovesse risultare distribuita in modo disuniforme nel territorio.

Come descritto successivamente, a partire dallo studio realizzato nell'ambito del progetto VAPI (VALutazione delle Piene in Italia) dal CNR – GNDCI ed esposto nel *Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale* (De Michele e Rosso, 2001) e dalla pubblicazione "*Il regime delle piogge intense a Milano*" (Moisello, 1976), l'Autorità di Bacino del fiume Po ha elaborato la mappatura dei parametri idrologici per l'area del bacino drenato dal sistema idrografico Lambro – Olona.

3.2.1 Progetto VAPI del CNR – GNDCI

Nell'ambito del progetto VAPI il CNR – GNDCI ha condotto uno studio di regionalizzazione delle precipitazioni intense in tutto il territorio ricadente nel bacino idrografico del fiume Po chiuso a Pontelagoscuro oltre a quello ricadente nei bacini

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 13 di 40

idrografici liguri.

Per quanto riguarda le precipitazioni intense l'analisi si è basata sulla raccolta delle informazioni pluviometriche restituite dalle stazioni di misura pluviometriche e pluviografiche del SIMN fino al 1986. Dopo un'analisi di qualità dell'informazione contenuta nelle serie storiche registrate, è stato ottenuto un data base comprendente 366 stazioni di misura (270 nel bacino padano e 96 in Liguria) con almeno 20 anni di osservazione e numerosità media di 34 anni.

Stimati i parametri di forma, k , di scala, α , e di posizione, ε , della DPC/GEV per ciascuna delle stazioni considerate è possibile stimare univocamente il fattore probabilistico di crescita in funzione del periodo di ritorno T . I risultati sono stati espressi sotto forma di mappatura dell'intero territorio analizzato, una per ciascuno dei tre parametri da cui dipenda la distribuzione GEV.

Per quanto riguarda il territorio interessato dal presente progetto, i parametri della distribuzione GEV da assumere possono far riferimento a quelli valutati per la stazione pluviometrica più vicina, che risulta essere quella di Busto Arsizio, in posizione baricentrica alla tratta ferroviaria in esame. Per tale stazione il set di parametri che consentono di valutare il coefficiente probabilistico di crescita (ε , α , k) è riportato in Tabella 3.1. Una volta stimati tali parametri risulta univocamente definita la relazione tra il tempo di ritorno T e il valore del coefficiente di crescita K_T definita dalla (3.6).


Tabella 3.1 – Parametri della distribuzione GEV e della precipitazione indice per la stazione di Busto Arsizio

	ε	α	k	a_1	n
Stazione di Busto Arsizio	0.864	0.259	0.054	36.3	0.263
Stazione di Gallarate	0.833	0.200	-0.206	36.0	0.297

Per stimare il valore indice $m(d)$ da introdurre nella (3.1), al variare della durata della precipitazione, è stata utilizzata una espressione del tipo:

$$m[h_T(d)] = a_1 d^n \quad (\text{Eq. 3.7})$$

dove i parametri a_1 e n sono stati valutati con regressione lineare ai minimi quadrati nelle 366 stazioni di misura considerate.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 14 di 40

Anche i parametri per la valutazione della precipitazione indice (a_1 ed n) sono riportati in Tabella 3.I.

Noti tutti parametri è quindi possibile stimare il parametro a_T per ogni tempo di ritorno dalla seguente relazione:

$$a_T = a_1 K_T$$

I valori così ottenuti sono riassunti nella tabella seguente.


Tabella 3.II - Coefficiente probabilistico di crescita e parametro a_T per la stazione di Busto Arsizio

T (anni) =	5	10	20	25	50	100	200	500
K_T =	1.237	1.413	1.575	1.625	1.775	1.919	2.057	2.231
a_T (mm) =	44.91	51.29	57.16	58.98	64.44	69.66	74.67	80.99

3.2.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

A partire dai risultati ottenuti dallo studio del CNR-GNDCl e dalla pubblicazione “*Il regime delle piogge intense a Milano*” (Moisello, 1976), l'Autorità di Bacino del fiume Po ha redatto lo studio del regime pluviometrico intenso come lavoro propedeutico alla stesura del “*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po*” (AdB Po, 2001). In particolare, per la zona inclusa nel bacino idrografico del sistema Lambro – Olona, la stessa Autorità d Bacino ha redatto lo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” (AdB Po, 2003).

Determinata per ciascuna stazione pluviografica la LSPP, lo studio ha ricostruito la variazione spaziale della stessa attraverso la costruzione delle curve iso- a , per diversi tempi di ritorno, ed iso- n . Successivamente, al fine di una ulteriore validazione del lavoro svolto, sono state confrontate le variazioni spaziali dell'informazione pluviografica così determinata con quella effettuata da Maione et al. (2000) denominato “*Modello regionale per la stima delle piogge di breve durata ed elevato tempo di ritorno*”, il quale a fronte di una minore disponibilità locale di dati presenta però il vantaggio di essere molto più solida ed affidabile.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

I risultati hanno portato alla pubblicazione di una mappatura dei parametri matematici con i quali è possibile determinare le intensità di pioggia in un punto qualsiasi del territorio.


Si riporta una breve descrizione della metodologia seguita per la redazione dello studio con particolare riferimento all'area del bacino Lambro – Olona all'interno del quale sono localizzate le opere della tratta Gallarate – Rho.

3.2.2.1 Stazioni pluviografiche utilizzate

Per l'analisi statistica delle piogge storiche sono state indagate tutte le stazioni di misura di precipitazioni, dotate di pluviografo registratore, poste sia all'interno del bacino del F. Olona, sia posti nelle immediate vicinanze. Tra questi sono stati considerati solo quei pluviografi per i quali siano disponibili più di 20 anni di osservazioni, condizione non superata solamente in un caso (pluviografo di Bereguardo). Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle stazioni considerate con il rispettivo numero di anni di osservazione.

Tabella 3.III - Elenco stazioni pluviografiche S.I.M.I. (bacino Lambro – Olona)

Stazioni S.I.M.I.		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Asso	1031	33
Bereguardo	1174	17
Bergamo	1021	46
Busto Arsizio	1057	39
Carate Brianza	1037	22
Codogno	1029	34
Como	956	41
Costa Masnaga	1035	23
Crema	1023	41
Gallarate	1056	25
Ispra	1157	23
Lavena	1095	34
Lecco	967	31
Lodi	1006	23


	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

Stazioni S.I.M.I.		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Marcallo	1059	23
Melegnano	1043	22
Miorina	1164	24
Mortara	1181	23
Saronno	1053	20
Treviglio	1005	43
Varese	1045	28
Venegono	1051	29

Sono state, inoltre, elaborate le serie storiche di pluviografi in parte appartenenti al comune di Milano, e in parte al SIMI. I primi, sono 16 pluviografi situati a Milano o nei comuni dell'hinterland, i secondi come detto, sono tutti i pluviografi con serie storiche superiori a 20 anni (a parte Bereguardo), posti nel bacino o nelle immediate vicinanze, ma tutti al di fuori del comune di Milano.

Tabella 3.IV - Elenco stazioni pluviografiche del comune di Milano

Stazioni Comune di Milano		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Marino	1	33
Vignola	2	33
Sacco	3	33
Gattamelata	4	33
Sondrio	5	33
Pareto	6	33
Nosedo	7	33
Ronchettino	8	33
Monluè	9	33
Crescenzago	10	33
Milanino	11	33
Garbagnate	12	33
Ronchetto s. N.	13	33

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 17 di 40

Stazioni Comune di Milano		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Baggio	14	33
Bruzzano	15	33
Monviso	16	33

3.2.2.2 Determinazione dei parametri della curva di possibilità climatica

I parametri che definiscono le curve di possibilità pluviometrica, nella classica forma $h = a_T t^n$, sono stati determinati per le stazioni sopraelencate, con riferimento ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il valore dei parametri a_T e n è stato ricavato in maniera differente per i pluviografi del SIMI e per quelli del comune di Milano. Come già anticipato, per i primi sono stati utilizzati i valori di a_T e n forniti dallo studio di De Michele e Rosso (2001) mentre per i secondi si sono utilizzati i valori ricavati dallo studio di U. Moisello (1976).


Pluviografi del SIMI

Nel *Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale* (C. De Michele, R. Rosso, 2001), estratto dal *rapporto Nazionale VAPI*, sono state considerate le serie storiche di piogge intense di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore, di 366 stazioni di misura con almeno 20 anni di osservazione e numerosità media 34 anni, tutte localizzate tra bacino padano e Liguria.

L'obiettivo di tale studio è stato quello di definire delle aree che avessero valori omogenei dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica. Per fare questo sono stati innanzitutto stimati, per ogni pluviografo, i parametri di forma k , di scala α e di posizione ε , della distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV), in base all'ipotesi di invarianza di scala. I pa

rametri k , α , ε sono stati stimati per i siti dove sono localizzate le stazioni pluviometriche a partire dai dati di precipitazione di breve durata e forte intensità.

I risultati sono già stati illustrati nel capitolo precedente con particolare riferimento alla stazione di Busto Arsizio.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 18 di 40

Pluviografi del comune di Milano

Il comune di Milano gestisce nell'area metropolitana 16 pluviografi che hanno cominciato a funzionare in anni diversi a partire dal 1895. A partire dal 1938 però i pluviografi hanno assunto l'attuale distribuzione sul territorio.


Il citato studio di U. Moisello (1976) riguardante il regime delle piogge intense a Milano ha pertanto considerato come attendibili solo le serie storiche a partire dal 1938 fino ad arrivare al 1970, per tutti i 16 pluviografi, per durate di pioggia di 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 240, 360 minuti. Poiché le registrazioni presentano diverse lacune, dovute a diverse interruzioni, casuali o deliberate, nel funzionamento degli apparecchi, e poiché attualmente funzionano nella stagione invernale (Dicembre, Gennaio, Febbraio) solo 7 stazioni su 16, il primo passo dello studio è stato quello di verificare l'ipotesi che i massimi si verifichino solo nelle stagioni non invernali. A questo scopo sono state prese in considerazione le annate di cui è completa la collezione dei pluviogrammi ed è stata studiata la distribuzione dei massimi nei diversi mesi relativamente alle durate di 15', 60', 180', 360'. E' stato così osservato che i massimi non si sono mai verificati nei mesi da Dicembre a Febbraio. Questo autorizza a ritenere che i valori rilevati rappresentino effettivamente il massimo annuale anche nei casi in cui non sono disponibili i dati relativi alle precipitazioni invernali.

Partendo quindi dalle serie storiche delle 16 stazioni sono stati calcolati i parametri statistici (media e scarto quadratico medio), per ogni stazione e per ogni durata di pioggia, necessari per calcolare i parametri α e β caratteristici della legge di Gumbel, nell'ipotesi quindi che i massimi annuali dell'altezza di pioggia di una determinata durata siano distribuiti secondo questa legge. Una volta noti tali parametri è stato possibile calcolare l'altezza di pioggia $h_d(T)$ di durata d e tempo di ritorno T secondo la seguente espressione:

$$h_d(T) = \beta_d - (1/\alpha_d) \ln[-\ln(1-1/T)]. \quad (\text{Eq. 3.8})$$

Considerando i parametri α_d e β_d si ottiene nuovamente:

$$h_d(T) = \mu_d f(T) \quad (\text{Eq. 3.9})$$

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 19 di 40

con:

$$f(T) = 1 - K [0.450 + 0.799 \ln(-\ln(1-1/T))] \quad (\text{Eq. 3.10})$$

dove K è pari al rapporto tra σ_d e μ_d .

La curva di possibilità climatica, come precedentemente visto, ha la seguente forma:

$$h_d(T) = a_T t^n \quad (\text{Eq. 3.11})$$

o equivalentemente:

$$\text{Log } h_d(T) = \text{Log } a_T + n \text{ Log } d. \quad (\text{Eq. 3.12})$$

con $h_d(T)$ altezza massima di pioggia espressa in [mm], corrispondente alla durata t e al tempo di ritorno T .

Ammissa l'invarianza del parametro n , l'eq. (3.5) vale anche per le medie μ_d delle altezze h di pioggia di durata d , ossia:

$$\mu_d = a d^n \quad (\text{Eq. 3.13})$$

L'andamento dei punti nel piano bilogarithmico di μ_d e d ha suggerito di interpolarli con una spezzata a due lati ai quali corrispondono, rispettivamente, i valori a_1, n_1 per le durate minori di un'ora e a_2, n_2 per le durate maggiori di un'ora. Solo per il pluviografo di Monluè è apparso preferibile usare una sola retta. Nella seguente tabella sono riportati i valori di a_1, n_1, a_2, n_2 e di k , dato dal rapporto tra scarto quadratico medio e media del massimo totale annuo delle altezze di pioggia per le diverse durate.

Tabella 3.V - Valori dei parametri a_1, n_1, a_2, n_2 e k per i pluviografi di Milano

Nome pluviografo	Numero pluviografo	a_1	n_1	a_2	n_2	k
Marino	1	33	0.385	31.5	0.219	0.348
Vignola	2	37.7	0.447	34.6	0.236	0.353
Sacco	3	37.5	0.449	34.2	0.233	0.364
Gattamelata	4	34.8	0.449	31.9	0.205	0.330
Sondrio	5	39.4	0.400	37.7	0.200	0.346
Pareto	6	37.7	0.380	37.4	0.239	0.347
Nosedo	7	36.7	0.412	33.7	0.235	0.364
Ronchettino	8	29.6	0.379	28.7	0.286	0.357

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A


Nome pluviografo	Numero pluviografo	a_1	n_1	a_2	n_2	k
Monluè	9	31.1	0.245	-	-	0.340
Crescenzago	10	33.4	0.266	33.4	0.208	0.422
Milanino	11	41.7	0.362	40.1	0.232	0.374
Garbagnate	12	36.2	0.438	33.9	0.279	0.381
Ronchetto s. N.	13	39.6	0.431	37.1	0.225	0.372
Baggio	14	41.4	0.394	38.4	0.226	0.405
Bruzzano	15	39.5	0.414	37.1	0.262	0.485
Monviso	16	39.2	0.552	34.2	0.213	0.318

La distribuzione delle altezze di pioggia nel territorio milanese desunta dalla tabella dimostra una tendenza a valori maggiori proprio nell'area Nord-Ovest, prossima alla zona di Gallarate. Si noti come le stazioni pluviometriche di Milanino e di Baggio forniscano valori mediamente maggiori rispetto agli altri.

I risultati di dell'analisi condotta sulle stazioni pluviometriche milanesi risulta di particolare interesse in quanto l'unica a considerare serie storiche di precipitazioni massime annue relative a durate inferiori a 60 minuti. Concentrando l'attenzione sulle curve valide per durate di pioggia inferiori a 1 ora, le equazioni 3.4 e 3.7 consentono di ricavare il parametro a per ogni tempo di ritorno T , come riportato in Tabella 3.VI. Si ricordi che, per ciascuna delle due stazioni, il coefficiente n coincide con il coefficiente n_1 riportato nella tabella precedente.

Tabella 3.VI - Valori dei parametri $f(T)$ e a_T per i pluviografi di Milanino e Baggio, validi per durate della precipitazione inferiori a 60 minuti.

T (anni) =	5	10	20	25	50	100	200	500
<i>Milanino</i>								
$f(T)$ =	1.280	1.504	1.719	1.788	1.998	2.206	2.414	2.688
a_T (mm) =	53.4	62.7	71.7	74.5	83.3	92.0	100.7	112.1
<i>Baggio</i>								
$f(T)$ =	1.303	1.546	1.779	1.853	2.080	2.306	2.531	2.828
a_T (mm) =	53.9	64.0	73.6	76.7	86.1	95.5	104.8	117.1

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 21 di 40

Mappatura dei parametri statistici

Una volta definiti i valori puntuali dei parametri a_T e n per le stazioni pluviografiche di interesse, è stato necessario definire il valore di tali parametri anche per tutti i restanti punti interni al bacino dei corsi d'acqua considerati, ovvero individuare la variabilità spaziale dei parametri. Sono state dunque costruite delle mappe di isovalore: una differente per ogni tempo di ritorno per quanto riguarda il parametro a_T , e una sola valida per ogni tempo di ritorno per il parametro n .


Tra i diversi metodi per la costruzione della griglia e delle corrispondenti linee di livello, si è scelto il Kriging, poiché in grado di elaborare una mappa anche per campioni irregolarmente distribuiti nello spazio.

La distribuzione spaziale delle precipitazioni intense è contenuta nelle Norme di Attuazione del PAI (AdB Po, 2001) e precisamente nella “*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*”.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata condotta un'interpolazione spaziale con il metodo di kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato. I risultati, esposti in apposito allegato 3 alla direttiva, consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del territorio, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia e, in dettaglio, sulla cartografia in scala 1:250.000. I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

Dall'analisi della mappatura riportata nel PAI, si ricava un andamento generale delle piogge crescente procedendo da sud verso nord. In particolare si nota che:

- l'area intorno a Milano risulta molto piovosa in particolare nelle zone di Bruzzano, Milanino e Baggio;
- la zona a nord-est di Busto Arsizio è caratterizzata da valori di a_T elevati per tempi di ritorno bassi; tali valori tendono a crescere con il tempo di ritorno meno rapidamente di quelli delle stazioni circostanti;
- l'andamento delle piogge nell'area in esame risulta quindi in generale crescente

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

da sud verso nord con una locale crescita concentrica intorno a un triangolo costituito da Milano, Costa Masnaga e Gallarate;

- per quanto riguarda il parametro n si nota un trend crescente procedendo da sud-est verso nord-ovest, con valori massimi intorno alla stazione di Lavena Ponte Tresa.

Con particolare riferimento al territorio in esame, ovvero a quello attraversato dalla tratta Gallarate – Rho, l'andamento generale delle precipitazioni presenta un'intensità crescente verso Nord e pertanto ci si aspetta una maggiore piovosità nella zona di Gallarate e minore nella zona di Rho. Per la valutazione delle esatte LSPP da assumere per le due aree, si è fatto riferimento alla cella di lato 2 km più prossima alla zona delle rispettive stazioni ferroviarie.

Per questi due punti estremi sono stati estrapolati i valori dei parametri a ed n che definiscono le LSPP da utilizzare per i dimensionamenti idraulici. Nella seguente tabella si riportano le coordinate UTM delle due località, approssimate alle coordinate delle celle per le quali sono noti i suddetti parametri, disposte secondo un reticolo a maglia di 2 km (Tabella 3.VII).

Tabella 3.VII - Coordinate UTM delle località Gallarate e Rho


Località	Cella	UTM Est (m)	UTM Nord (m)
Gallarate	CO72	485000	5057000
Rho	CX80	503000	5041000

La lettura della mappa consente di ricavare i parametri riportati in Tabella 3.VIII che consentono una facile determinazione delle altezza di pioggia mediante l'espressione:

$$h = at^n$$

Tabella 3.VIII - Parametri delle LSPP per le località di Gallarate (cella CO72) e Rho (cella CX80)

Cella	Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n
CO72 (Gallarate)	65.28	0.235	85.34	0.221	93.87	0.216	105.19	0.211
CX80 (Rho)	56.39	0.245	73.09	0.234	80.11	0.230	89.47	0.226

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 23 di 40

3.2.3 Modello regionale delle precipitazioni intense per l'area di Milano

3.2.3.1 Principi teorici

Al fine di una opportuna validazione dei risultati ottenuti al capitolo precedente si riporta in questo capitolo il confronto con i risultati di uno studio facente uso di un diverso modello probabilistico di distribuzione di probabilità. Si tratta del modello di regionalizzazione delle precipitazioni definito nello studio “*Modello regionale per la stima delle piogge di breve durata ed elevato tempo di ritorno*” (Maione et al, 2000), avente come oggetto la definizione di un modello regionale delle precipitazioni intense nel Bacino Padano.

In questo caso il modello probabilistico utilizzato, simile a quello proposto in precedenti articoli per l'analisi delle portate di piena dei corsi d'acqua italiani (Maione et al., 1999), può essere formulato, considerando come variabile la portata al colmo di piena per tempi di ritorno $T > 30$ anni, con un'espressione del tipo:

$$Q/\mu = 1 + \alpha K(T)^\beta CV^\chi \quad (\text{Eq. 3.14})$$

in cui:

Q = portata al colmo di piena di tempo di ritorno T ;

μ = media dei massimi annuali delle portate al colmo di piena;

$K(T) = -[0.45 + 0.779 \ln(-\ln(1-1/T))]$ = fattore moltiplicatore di Gumbel, dipendente dal tempo di ritorno;


CV = coefficiente di variazione;

α, β, χ = parametri che definiscono la legge di distribuzione statistica.

Seguendo gli stessi sviluppi che hanno condotto all'eq. (3.9), per le piogge di breve durata e forte intensità registrate nel bacino Padano, si è trovata la seguente espressione che di poco differisce dalla precedente:

$$\frac{h_d}{\mu_d} = 1 + 2.13 K(T)^{0.74} CV^{1.40} \quad (\text{Eq. 3.15})$$

dove h_d rappresenta l'altezza di precipitazione di durata d , e μ_d la media dei massimi

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 24 di 40

annuali delle precipitazioni di durata d.

Rispetto ai modelli di regionalizzazione che assumono costanti, nella regione di riferimento, i momenti normalizzati di ordine superiore a 1, i modelli (3.9) e (3.10) tengono conto delle caratteristiche di variabilità delle variabili Q e h_d tramite il coefficiente di variazione CV variabile localmente.


3.2.3.2 Regionalizzazione delle LSPP e confronto dei risultati

La costruzione del modello generale delle piogge intense per il bacino Padano è stata effettuata utilizzando dati registrati in 235 stazioni pluviografiche con più di 20 anni di osservazioni.

Analogamente a quanto fatto per i precedenti lavori, il modello qui analizzato ha portato alla produzione di mappe che consentono di stimare, per ogni punto del territorio, i valori dei parametri che descrivono il modello di distribuzione statistica utilizzato.

Utilizzando tali valori, stimati a partire dalle serie storiche registrate nelle 235 stazioni considerate, sono state tracciate le relative isolinee.

Senza voler entrare in merito all'esplicitazione delle formulazioni che consentono di riscrivere il modello di distribuzione statistica nelle usuali LSPP ci si limita ad analizzare la distribuzione spaziale del parametro σ_1 il cui significato coincide con il parametro a_T precedentemente definito, a meno di un fattore di proporzionalità funzione del tempo di ritorno. Di seguito è riportata la mappa di isovalore del parametro σ_1 per la zona di nostro interesse.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 25 di 40

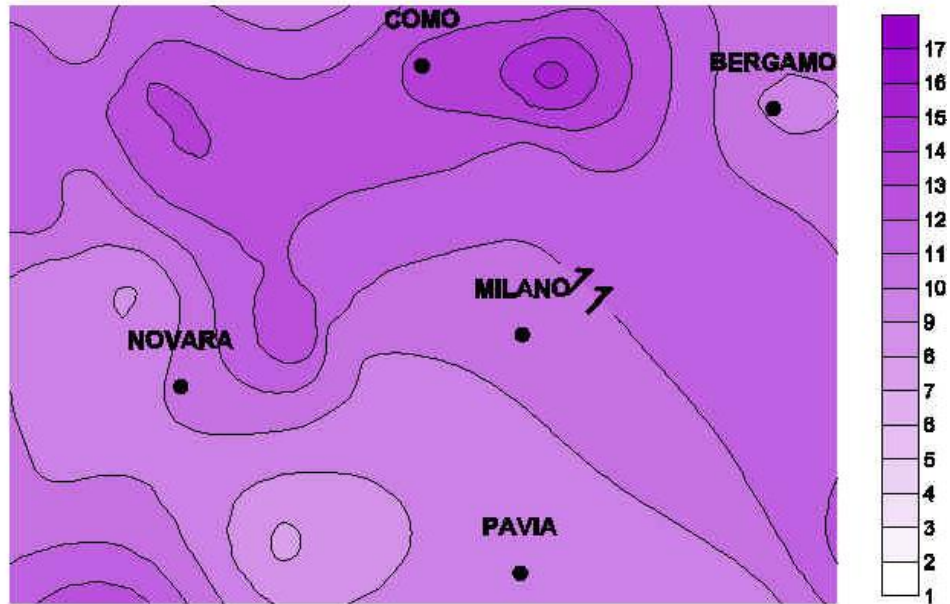



Figura 3.1 - Mappa di isovalore del parametro σ_1

L'andamento delle precipitazioni che si evince dalla mappa di isovalore di σ_1 risulta in linea con l'andamento che si ricava dalle mappe di isovalore del parametro a_T . Si può notare infatti come vi sia una tendenza crescente delle precipitazioni da sud a nord con lo stesso minimo intorno a Mortara (zona più chiara a est di Pavia), e con zone di massimo a est di Como, nella zona di Costa Masnaga e a ovest nella zona di Venegono e Gallarate.

Inoltre si ricorda che nell'ambito dello studio di regionalizzazione delle piogge intense sono stati considerati solo i pluviografi del Servizio Idrografico Nazionale; mentre nello studio dell'AdB Po, sono stati presi in considerazione anche quelli del Comune di Milano in modo da utilizzare tutti i dati a disposizione per ottenere il maggior dettaglio possibile.

3.2.4 Confronto tra i risultati

Dal punto di vista applicativo, la differenza fondamentale tra i risultati ricavati dallo studio del CNR rispetto a quelli riportati nel PAI, consiste nella diversa tecnica di interpolazione dei dati che hanno portato alla mappatura dei parametri delle LSPP.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 26 di 40


Entrambi gli studi fanno uso delle stesse leggi di distribuzione statistica e della stessa metodologia di elaborazione e producono la mappatura dei parametri della distribuzione GEV e della precipitazione indice per ciascun punto del territorio. Per ogni stazione pluviometrica considerata i valori dei parametri delle LSPP sono i medesimi mentre per i restanti punti del territorio gli scostamenti possono risultare contenuti. In particolare, nel PAI si perviene ad una mappatura del territorio facendo uso del modello di Kriging, fornendo i valori per ogni singola cella di territorio avente dimensioni di 2 km di lato. Pur essendo ricostruita a partire dagli stessi valori, l'approssimazione del modello può comportare diversi valori delle altezze di pioggia.

Un utile confronto può essere fatto tra le altezze di pioggia ottenute mediante la lettura della mappatura riportata nel PAI con i valori puntuali deducibili dalle singole stazioni pluviometriche. Nell'area in esame rientrano le stazioni di Gallarate, che può essere giudicata coincidente con la cella estratta dalla mappatura PAI, e di Busto Arsizio, posta in zona intermedia tra Rho e Gallarate. Con riferimento a precipitazioni di durata 60 minuti, e per tempi di ritorno variabili da 20 a 200 anni, gli scostamenti si mantengono compresi in un campo del $\pm 9\%$.

Un altro confronto può essere fatto con riferimento ai risultati della regolarizzazione statistica condotta per le stazioni presenti nell'area del territorio comunale milanese che hanno il vantaggio di avere serie storiche di osservazione di pioggia di durate inferiori ai 60 minuti. Il confronto ha voluto evidenziare gli scostamenti tra le altezze di pioggia di durata 15 minuti ottenibili con i parametri delle stazioni di Milanino e Baggio, che si trovano ubicate nell'area Nord – Ovest e quindi prossime alla stazione di Rho, con quelli ottenibili dalla mappatura riportata nel PAI estendendo il campo di validità anche alle precipitazioni di durata inferiori a 1 ora. Le due sopracitate stazioni milanesi forniscono, tra loro, valori dell'altezza di pioggia molto simili, pertanto è stato deciso di considerare il loro valore medio.

Facendo variare il tempo di ritorno da 20 e 200 anni, le altezze di pioggia risultano superiori a quelle desunte dal PAI per la zona di Rho, in un campo di variazione modesto ($4\div 7\%$).

La variazione di maggiore interesse risulta essere quella relativa alla distribuzione

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 28 di 40

4 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Il sistema idrografico naturale interferente con le opere di adeguamento della tratta ferroviaria Rho - Gallarate, è quello afferente il fiume Olona, a sua volta appartenente al più vasto bacino idrografico del fiume Po, al quale contribuisce con una superficie drenata di 911 km², dei quali 902 km² in territorio italiano ed i rimanenti 9 km² in territorio svizzero.

Le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all’Autorità di Bacino del fiume Po.


Il bacino del fiume Po è stato oggetto di numerosi studi per la caratterizzazione del regime idrometrico delle numerose aste fluviali di cui è composto. Le principali analisi, alle quali si fa normalmente riferimento, sono basate su elaborazioni statistiche condotte a partire dalle registrazioni idrometriche provenienti dai sensori ubicati lungo l’asta delle principali fiumi che compongono il reticolo idrografico del fiume Po.

Per i corsi d’acqua di maggiore importanza sono state utilizzate analisi dettagliate, basate su metodologie specifiche, che hanno portato alla delimitazione delle fasce fluviali nell’ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), attraverso la determinazione delle portate di massima piena attese per i tempo di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni nelle sezioni idrologicamente significative. Tra i corsi d’acqua oggetto di questo tipo di studi di dettaglio rientra il fiume Olona nel tratto compreso tra il Ponte SS 342 (Varese) e lo scolmatore di Rho.

I dati di partenza sono quelli che compongono le serie storiche delle portate al colmo riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano.

4.1 ANALISI IDROLOGICA - REGIONALIZZAZIONE STATISTICA DELLE PORTATE DI PIENA

Per quanto riguarda le portate, elaborazioni statistiche condotte con la tecnica della regionalizzazione dei dati (De Michele e Rosso, 2001) basate sulle serie storiche delle stazioni idrometriche presenti nei reticoli idrografici e sul modello di distribuzione statistica GEV, hanno consentito di individuare una mappatura di zone omogenee dal punto di vista della curva probabilistica di crescita, come riportato in Figura 4.1.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 29 di 40

Per la zona A “Alpi e Prealpi Centrali” i parametri del modello di distribuzione GEV possono essere assunti costanti e pari a:

$$\varepsilon = 0.745$$

$$\alpha = 0.365$$

$$k = -0.110$$

Da questi è possibile risalire ai valori, riportati in Tabella 4.1, da assegnare al coefficiente K_T per ciascun tempo di ritorno considerato.

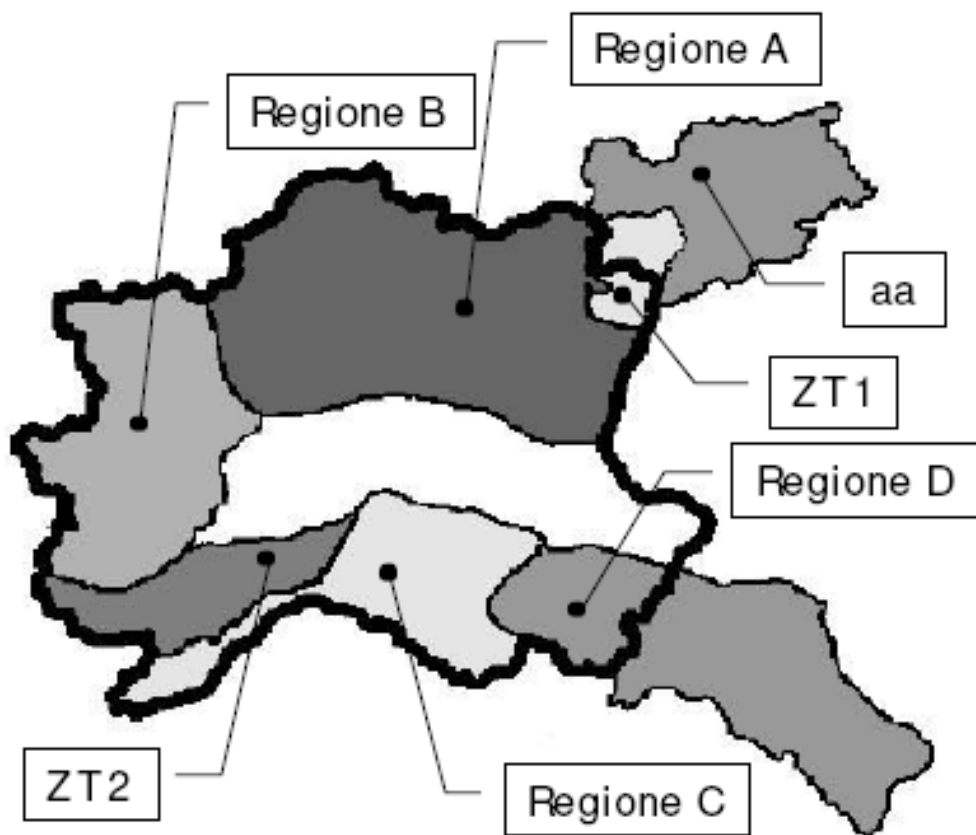



Figura 4.1 - Zone omogenee dal punto di vista della curva probabilistica di crescita.

TR [anni] =	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500
K_T =	0.882	1.34	1.677	2.027	2.144	2.399	2.524	2.931	3.368	3.999

Tabella 4.1 – Coefficiente probabilistico di crescita K_T .

I valori del coefficiente probabilistico di crescita forniscono un quadro del

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

comportamento idrologico dei corsi d'acqua naturali e consentono la valutazione delle portate al colmo per un assegnato tempo di ritorno grazie alla sola conoscenza del valore medio della portata massima annuale, ricavabile attraverso l'analisi della serie storica dei dati forniti da quella sezioni di interesse, anche se di durata relativamente breve.

I valori ottenuti vanno sempre considerati "idrologici" non potendo considerare gli effetti morfologici come le esondazioni e le tombinature presenti nel corso d'acqua che possono modificare drasticamente i valori della portata.


4.1.1 Parametri morfometrici

Si riportano le caratteristiche morfometriche del bacino del fiume Olona con riferimento a 29 sezioni idrografiche, indicate con la codifica OL_n (con n = 1÷29), ciascuna delle quali sottende un bacino idrografico di superficie (S_T), altezza sul livello del mare della sezione di chiusura (h_0), altezza media del bacino sul livello del mare (h_m) e presenta una reticolo idrografico con lunghezza dell'asta principale pari a L_T . In conseguenza alle caratteristiche morfometriche, il tempo di corrivazione ($t_{c,G}$) per ciascun bacino è stato calcolato tramite la formulazione di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (h_{med} - h_{min})}$$

In Tabella 4.II vengono riportati i dati morfometrici con riferimento alle sezioni idrografiche ubicate nella zona di interesse ai fini dello studio (da Castellanza a Pero).

Sez.	Comune	Località	S_T [km ²]	L_T [km]	h_m [m.s.m.]	h_0 [m.s.m.]	$t_{c,G}$ [h]
OL_20	Castellanza	Ferrovia Saronno - Castellanza	177	40	390	210	11
OL_21	Castellanza	-	182	42	383	202	11
OL_22	Legnano	P.te Via Matteotti	186	43	383	199	11
OL_23	Legnano	P.te Via P. Toselli	195	44	383	195	11
OL_24	Parabiago	Molino del Miglio	204	48	372	184	12
OL_25	Nerviano	Canale Villorosi	220	50	372	180	12
OL_26	Pogliano M.	Molino Aresi	229	53	359	166	13
OL_27	Rho	Preso Olona 1	235	56	345	155	13

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A

Sez.	Comune	Località	S _T [km ²]	L _T [km]	h _m [m.s.m.]	h ₀ [m.s.m.]	t _{c,G} [h]
OL_28 (*)	Rho / Pero	Preso Olona 2	237	60	345	150	14
OL_29(*)	Pero	Ingresso tratto tombinato	244	62	345	142	14

(*)la superficie totale non comprende quella dei due affluenti Bozzente e Lura, in quanto la portata dei due torrenti che si immette in Olona è indipendente dalla superficie dei loro bacini, ma dipende esclusivamente dai manufatti di regolazione degli scolmatori e dalla dimensione del tombino che attraversa in Comune di Rho

Tabella 4.II - Grandezze morfometriche dei bacini chiusi nelle sezioni idrografiche da Castellanza a Pero.

4.1.2 Portate idrologiche


In coerenza con le indicazioni della direttiva del PAI si riportano di seguito le portate al colmo idrologiche calcolate sia con il metodo razionale, sia con il metodo del Curve Number (SCS, 1972) per eventi meteorici caratterizzati da diversi tempi di ritorno.

Per la definizione del valore di CN sono state utilizzate le tabelle fornite dal SCS, in funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'evento.

Le precipitazioni sono state ottenute ragguagliando i valori puntuali determinate con l'analisi statistica dei dati per ciascun sottobacino, tenendo conto del ragguaglio areale delle piogge mediante le formule di Marchetti per bacini con estensione inferiore a 50 km² e di Puppini per aree superiori.

L'Autorità di Bacino ha ritenuto ragionevole assumere come portate idrologiche di riferimento la media tra le due valutazioni. I valori sono riportati in Tabella 4.III.

Sez.	Portate idrologiche di riferimento		
	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
OL_20	105	184	244
OL_21	107	186	247
OL_22	108	187	249
OL_23	112	193	257
OL_24	114	195	260
OL_25	118	200	268
OL_26	119	202	268
OL_27	119	201	266

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 32 di 40

OL_28	118	200	265
OL_29	120	203	268

Tabella 4.III - Portate idrologiche di riferimento nelle sezioni di interesse.


I valori delle portate al colmo ottenute mediante la formula razionale e mediante il metodo SCS-CN mostrano scostamenti sensibili, compresi in un campo di $\pm 30\%$. Con riferimento alle portate di piena centennali, il metodo razionale ha riportato valori inferiori di circa il 15÷20% rispetto a quelli ottenuti con il metodo SCS-CN.

4.2 DINAMICHE EVOLUTIVE DEL FIUME OLONA

Le acque del fiume Olona sono da sempre state utilizzate in maniera intensiva per la produzione di energia elettrica, per l'alimentazione di mulini o di derivazioni irrigue, per le necessità derivanti dalle lavorazioni effettuate nelle numerose attività industriali ubicate lungo il suo corso.

Il massiccio sfruttamento delle acque del fiume ha comportato notevoli interventi dell'uomo, che, nel corso degli anni, ha costruito in alveo numerosi manufatti destinati a realizzare le derivazioni e ha costretto il corso d'acqua a scorrere, canalizzato, tra murature d'argine, scogliere o pareti di edifici. Sono infatti presenti innumerevoli restringimenti di sezione, ponti e attraversamenti, traverse e soglie di fondo ed alcuni tratti tombinati, spesso con significativa influenza sul comportamento idraulico delle correnti fluviali, in particolare sulla formazione verso monte di condizioni di rigurgito e di eventuali esondazioni che modificano la forma e la cronologia delle onde di piena oltre che i valori delle portate.

In definitiva si può dunque affermare che l'Olona, dal punto di vista dell'assetto d'alveo, si presenta oggi come un corso d'acqua artificiale, in genere canalizzato e comunque ricco di manufatti che costituiscono notevoli singolarità e grossi ostacoli al deflusso della corrente, specie in condizioni di piena. Sono oramai ridottissimi i tronchi in cui il fiume è libero di divagare, anche perché gli unici tratti privi di qualunque forma di urbanizzazione limitrofa sono quelli in cui la valle si restringe a tal punto da rendere estremamente difficoltoso lo stesso accesso al corso d'acqua. Per quanto riguarda il


	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 33 di 40

regime idraulico, in particolare nella parte montana del bacino, il fiume non presenta le caratteristiche tipiche dei canali artificiali: le portate defluenti nell'Olona hanno origine naturale, dalle sorgenti montane o dai contributi che si generano per effetto degli afflussi meteorici sul bacino. Nella parte valliva, nelle aree antropizzate, i reticoli fognari di drenaggio delle acque meteoriche urbane sono spesso gli unici ad assicurare, nei limiti della loro potenzialità, lo smaltimento delle acque di piena verso i ricettori, e le aree agricole e boschive, adibite storicamente alla laminazione delle piene.

4.2.1 Portate morfologiche

Da quanto emerso dall'analisi delle dinamiche morfo-evolutive del corso d'acqua, si deduce che le portate di massima piena attese in una sezione idrografica ubicata lungo il corso del fiume Olona, non possono essere considerate indipendenti, nemmeno in prima approssimazione, dalla capacità dell'alveo a contenere effettivamente le piene entro le difese arginali. Le esondazioni che si innescano al superamento di una certa portata critica comporta l'impossibilità dell'onda di piena a continuare il processo di formazione ed accrescimento. Dato l'elevato grado di antropizzazione del territorio limitrofo alle sponde del fiume, la propagazione delle piene viene fortemente a dipendere dall'entità delle esondazioni che si manifestano a monte ed alle immissioni concentrate o distribuite presenti lungo il corso d'acqua, per lo più dovute alla presenza dei manufatti di scarico delle acque provenienti da importanti sistemi fognari.

Da tutte le considerazioni sopra riportate si deduce che le onde di piena che si formano, per vari tempi di ritorno, non possono calcolarsi con modelli puramente idrologici, ma devono derivare da una simulazione integrata idrologica-idraulica che coniughi i modelli idrologici adottati per calcolare le onde di piena confluenti dai sottobacini contribuenti con il modello dell'asta principale, che dovrà di conseguenza descrivere adeguatamente il comportamento idraulico sia dei manufatti che producono singolarità sia degli invasi concentrati o diffusi, liberi o regolari che si formano durante le piene nelle aree golenali e di espansione adiacenti agli alvei.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	Relazione idrologica	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A


Un primo studio di questo tipo è stato condotto nell'ambito della redazione del PAI, nel quale sono state individuate le portate attese in un numero consistente di sezioni distribuite lungo l'intero tronco fluviale. Esse rappresentano, per ogni tronco, la massima portata che può transitare in alveo senza esondazioni, in quei tratti di fiume lungo i quali risultano improponibili interventi di ricalibratura della sezione trasversale o di rialzo delle arginature esistenti: sono questi i casi in cui l'Olona scorre all'interno dei nuclei abitati, in particolar modo nei tratti tombinati. Uno stralcio di questi valori, che nel caso del fiume Olona si riferiscono esclusivamente all'evento con tempo di ritorno centenario, sono stati riportati in Tabella 4.IV, dalla quale si può notare come l'andamento della portata al colmo morfologica tenda a diminuire anziché aumentare, procedendo verso valle.

Queste portate rappresentano il comportamento idrometrico del fiume Olona, in modo molto più realistico di quanto si evince dal quadro fornito delle portate idrologiche, calcolato mediante modelli teorici, in quanto considera l'importante parametro dato dalla reale capacità dell'alveo a far defluire verso valle le portate in arrivo.

Progr. [km]	Cod. sezione	Denominazione	Superficie [km ²]	Q₁₀₀ [m ³ /s]
10.184	50	Ponte Gurone	97	118
16.467	43	Gornate Olona	135	72
24.921	32	Fagnano Olona	156	61
31.710	25	Olgiate Olona	180	53
42.799	10	Nerviano	227	59
49.112	1	Rho	242	59

Tabella 4.IV - Portate di assegnato tempo di ritorno lungo l'Olona proposte nell'ambito del PAI.

In un successivo lavoro di approfondimento conoscitivo, finalizzato a rappresentare il reale comportamento idrometrico del fiume mediante un modello matematico, l'Agenzia Interregionale per il fiume PO (AIPO) ha utilizzato il modello MIKE 11 del *Danish Hydraulic Institute*, applicandolo all'intera asta fluviale. Il modello è dotato di moduli di calcolo idonei alla sua applicazione al fiume Olona ed ha potuto sfruttare una buona conoscenza dell'andamento plano-altimetrico dell'alveo, conseguita a seguito delle operazioni topografiche di campo, inclusa la reale geometria dei manufatti presenti. I risultati sono esposti nel già citato Studio di Fattibilità e precisamente nella "Relazione descrittiva e di analisi dell'attività analisi idraulica".

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 35 di 40

I risultati dello Studio, adeguatamente analizzati, hanno portato alla perimetrazione delle aree di allagamento per i tempi di ritorno di 10, 100 e 500 anni.

In merito al tratto di nostro interesse, lo studio ha evidenziato l'incapacità dell'alveo fluviale nei pressi del ponte ferroviario di contenere le portate anche con riferimento all'evento con tempo di ritorno di 10 anni. Per il medesimo tempo di ritorno presso il ponte stradale sulla SP130, ubicato 262 metri più a valle, viene confermata ulteriormente l'incapacità delle sezioni dell'alveo fluviale.

4.2.2 Interventi idraulici previsti


Un'attenta analisi delle simulazioni derivanti dallo studio di fattibilità evidenzia come l'alveo del corso d'acqua sia quasi ovunque insufficiente a convogliare la portata di riferimento (tempo di ritorno di 100 anni). Tale insufficienza, come precedentemente evidenziato, è in parte da attribuirsi alle modifiche apportate al corso d'acqua a seguito di interventi antropici e in parte causata dall'incremento delle portate in ingresso all'Olonà a seguito del notevole incremento dell'urbanizzazione all'interno del bacino.

Nello studio è stato definito un **assetto di progetto** ($T_r = 100$ anni) che individua tutti gli interventi necessari al fine di restituire il più possibile al fiume gli spazi che naturalmente gli competono, garantendo al contempo il massimo grado di sicurezza possibile agli insediamenti urbani attualmente esistenti in fregio al corso d'acqua.

La fascia B di progetto si riferisce esattamente a questa configurazione finale, non rappresenta più un limite entro il quale controllare il corso d'acqua ma un limite al di fuori del quale le infrastrutture, gli abitanti e gli edifici esistenti devono risultare protetti.

Gli obiettivi prefissati possono essere raggiunti attraverso un insieme di interventi opportunamente studiati, in particolare possono essere classificati come:

- Interventi di laminazione delle piene che permettono di ridurre le portate ed i volumi proseguiti verso valle;
- Interventi di riduzione degli apporti urbani in ingresso al corso d'acqua, attraverso una limitazione agli scarichi fognari;
- Interventi per garantire una officiosità idraulica il più possibile omogenea soprattutto all'interno dei centri abitati.

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 36 di 40

La realizzazione di tutti gli interventi previsti insieme all'adeguamento di alcuni manufatti insufficienti permetterà, secondo i risultati definiti dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona", l'eliminazione delle aree di esondazione all'interno dei centri abitati. Nei tratti non urbanizzati si avranno ancora localmente aree a domanda di sicurezza moderata in cui il fiume viene lasciato esondare in modo da garantire un maggior grado di sicurezza alle aree con domanda di sicurezza più elevata.

Si riporta nella Figura 4.3 l'idrogramma di piena definito dallo Studio e relativo al solo assetto di progetto per T_r pari a 100 anni:

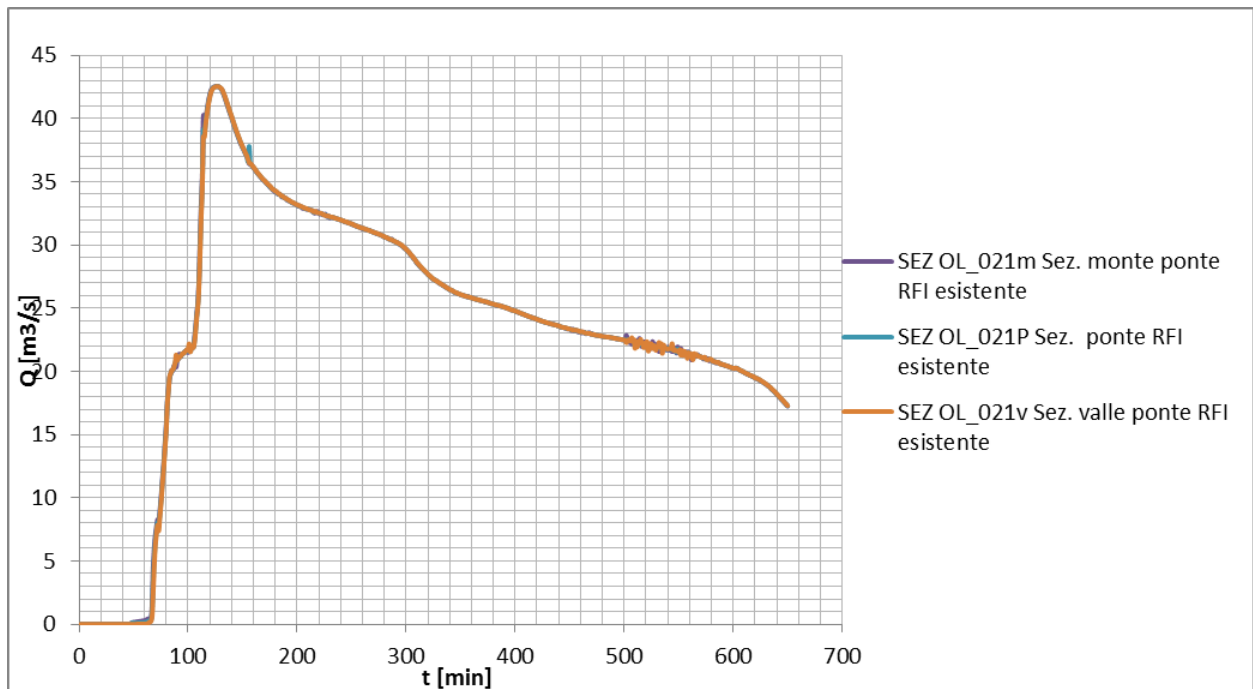


Figura 4.2 – Idrogrammi di piena assetto di progetto ($T_r=100$ anni)

Considerando che i diversi interventi strutturali non possono essere realizzati contemporaneamente, soprattutto per individuare i fondi necessari per la costruzione, nello Studio citato sono stati individuate una scala di priorità, sulla base del beneficio in termini di riduzione degli allagamenti che questi sono in grado di fornire soprattutto nelle aree a domanda di sicurezza elevata.

Definiti dallo Studio gli interventi assolutamente prioritari si riportano, di seguito, gli

idrogrammi nell'assetto transitorio per il T_r pari a 100 anni e per un T_r di 10 anni (scelto a valle di analisi di rischio).

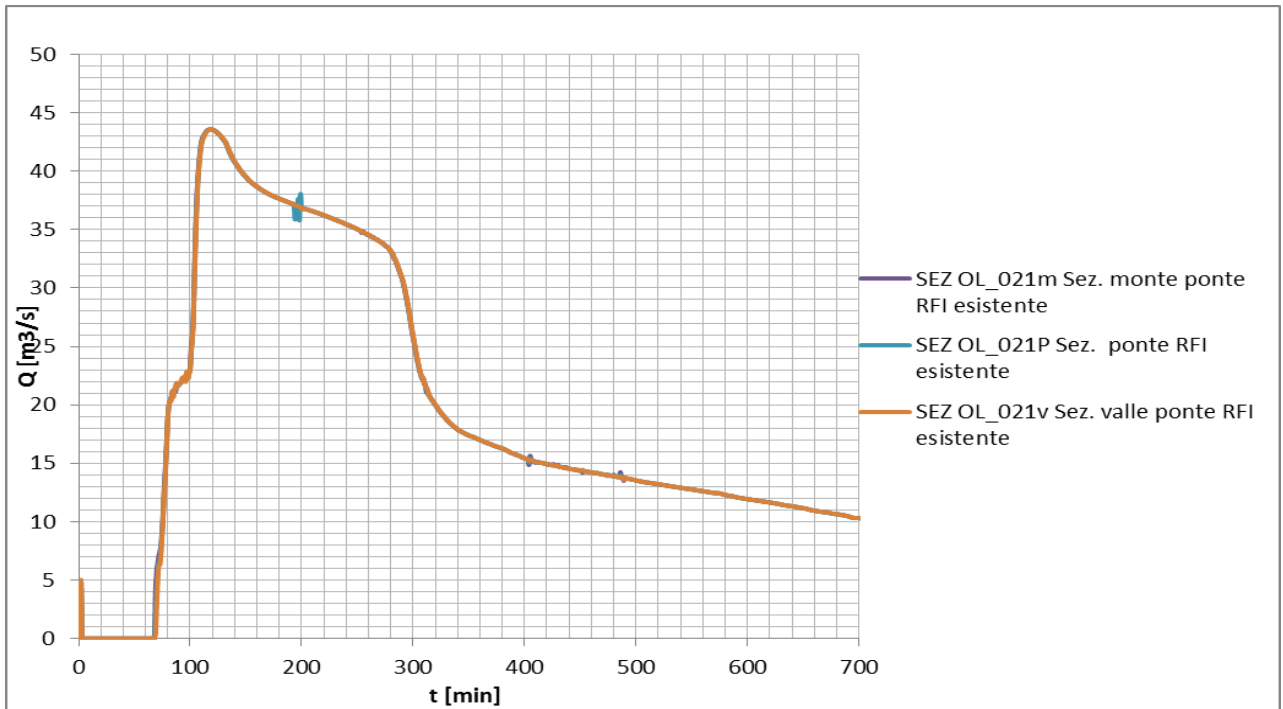


Figura 4.3 – Idrogrammi di piena assetto transitorio ($T_r = 10$ anni)

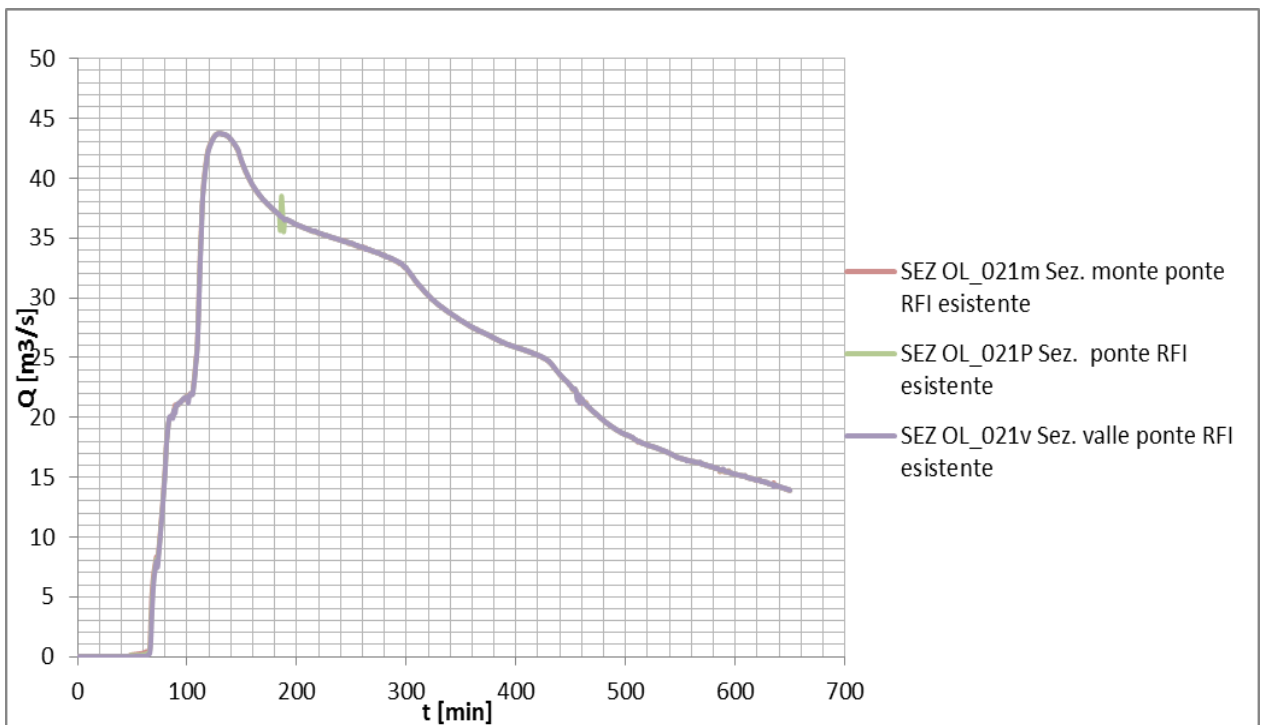


Figura 4.4 – Idrogrammi di piena assetto transitorio ($T_r = 100$ anni)

5 CONCLUSIONI

Nell'ambito del presente studio idrologico ed idraulico sono stati utilizzati i dati aggiornati delle onde di piena nel tratto di interesse estrapolati dalle più aggiornate simulazioni dello stato attuale del 2015 (Figura 5.1). Fornite dall'Autorità di Bacino del fiume Po, per tempi di ritorno pari a 10, 100 e 500 anni.



Figura 5.1 – Sezione degli idrogrammi di piena di riferimento

Si riporta in Figura 5.2 l'idrogramma di piena definito dallo Studio (stato attuale, 2015):

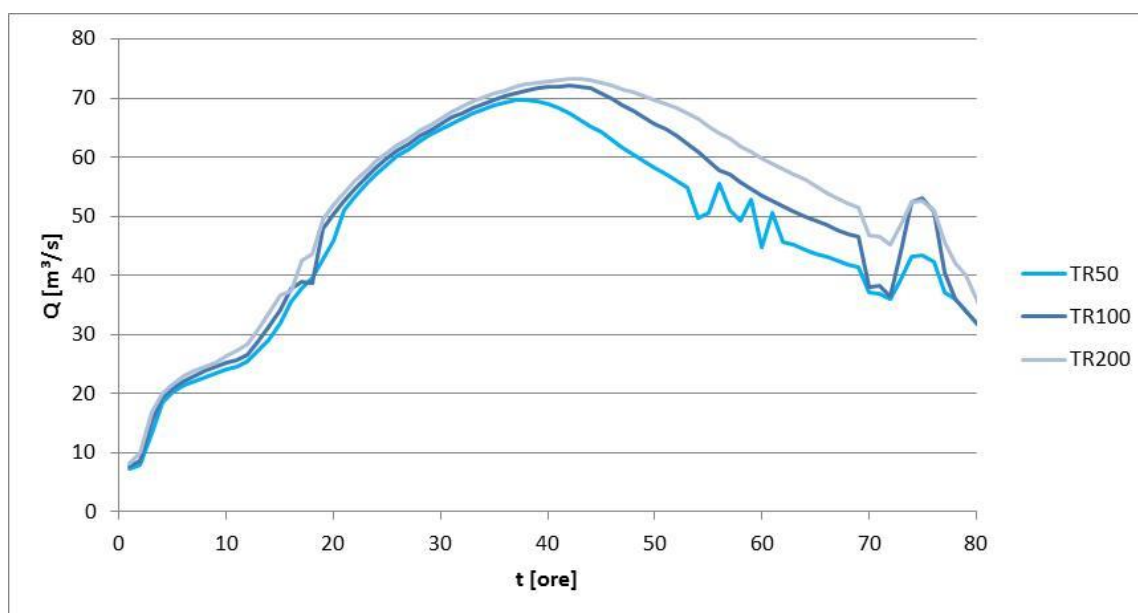



Figura 5.2 – Idrogrammi di piena utilizzati come condizione al contorno del modello idraulico monodimensionale (sezione a valle CSNO).

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE					
	PROGETTO MDL1	LOTTO 30	CODIFICA D 26	DOCUMENTO RH ID0001 001	REV. A	FOGLIO 39 di 40

La condizione al contorno di monte del modello idraulico sviluppato nello studio idraulico (vedi documento MDL130D26RIID0002001A) è la sezione immediatamente a valle del CSNO-Ramo Olona. In tale sezione (OL_25) le portate al colmo sono:

•per lo stato attuale (dati aggiornati al 2015):

- $Q_{10} = 66.6 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 72.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{500} = 75.0 \text{ m}^3/\text{s}$

Al fine di ricavare gli idrogrammi di piena associati a TR50 e TR200 anni da utilizzare nello studio idraulico (modello mono-bidimensionale), i valori di portata sono stati interpolati a partire dai dati disponibili.

•per lo scenario di progetto transitorio (simulazioni eseguite nello studio di fattibilità di sistemazione idraulica dell'Olona svolto dalla stessa Autorità di bacino nel 2002-2004)

- $Q_{100} = 46.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il cui idrogramma è riportato in Figura 5.3.

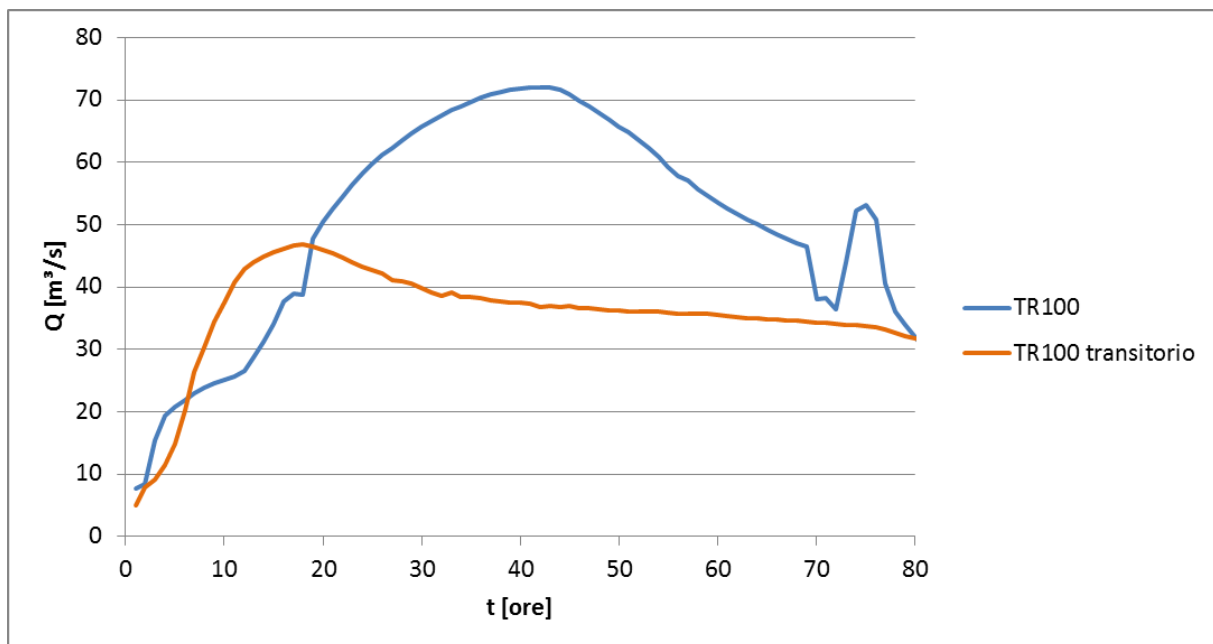



Figura 5.3 – Idrogrammi di piena associati a TR100 riferiti allo scenario attuale ed allo scenario di progetto transitorio, entrambi utilizzati come condizione al contorno del modello idraulico mono-bidimensionale (sezione a valle CSNO).

	POTENZIAMENTO LINEA RHO - ARONA TRATTA RHO – GALLARATE												
Relazione idrologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26</td> <td>RH ID0001 001</td> <td>A</td> <td>40 di 40</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26	RH ID0001 001	A	40 di 40
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26	RH ID0001 001	A	40 di 40								

Questi valori rappresentano, allo stato conoscitivo attuale, le portate più attendibili da utilizzare come riferimento nella progettazione delle opere.