

DITTA:
SI.VE.C.I.S.S S.r.l.

Consorzio di Bonifica Acque Risorgive
VENEZIA

Allegato a nota prot. 11075 del - 4 LUG. 2014

PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA IN Z.T.O. "ATTREZZATURE ECONOMICHE VARIE - D4b10" COMPARTO "C" LOCALITA' DESE NORD

REVISIONE DI VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

All.01 - Relazione idraulica

CONSORZIO DI BONIFICA
ACQUE RISORGIVE
- 3 GIU. 2014
Prot. N. _____

PROGETTISTA ARCHITETTONICO : Arch. Massimo Bertagna Arch. Sara Scaggiante Arch. Carlotta Bevilacqua	PROGETTISTA OPERE IDRAULICHE: Ing. Giuseppe Baldo	GRUPPO DI LAVORO : Dott. Ing. Marco Lisso
REDAZIONE: Dott. Ing. Marco Lisso	CONTROLLO INTERNO: Giuseppe Baldo 27 05 14	APPROVAZIONE INTERNA : Giuseppe Baldo 27 05 14
PERCORSO DIGITALE : \...P808-consegna\all.01.pdf		DATA: Maggio 2014

Sommario

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	3
3	ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: INTRODUZIONE	4
3.1	Premessa.....	4
3.2	Scelta della rete di misura.....	4
3.3	Campo di analisi e scelta delle stazioni.....	5
4	ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: PROCEDIMENTO NUMERICO..	8
4.1	Il metodo della grandezza indice e la distribuzione GEV	9
4.1.1	Identificazione delle zone omogenee ai fini della curva di crescita	10
4.1.2	Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione.....	10
4.1.3	Regolarizzazione dei campioni normalizzati e stima delle curve di crescita ..	11
4.1.4	Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H.....	13
4.1.5	Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali.....	13
5	CALCOLO DELLE CURVE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO.....	14
5.1	Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee.....	14
5.1.1	Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali	15
5.1.2	Curve segnalatrici per la zona costiera e lagunare (ipotesi B)	18
5.2	Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo	19
5.3	Determinazione di pluviogrammi di progetto	20
6	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	21
7	DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO, DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	25
8	CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE.....	28
8.1	CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO PARTE UMI 1+2	31
8.2	CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO PARTE UMI 3	35
9	INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E DELLO SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE	38
9.1	VOLUMI DI INVASO ALL'INTERNO DELL'AREA UMI 1+2 (OVEST)	38
9.2	VOLUMI DI INVASO ALL'INTERNO DELL'AREA UMI 3 (EST)	40
10	CALCOLO DEI VOLUMI DI COMPENSAZIONE	42
11	DESCRIZIONE DEI MANUFATTI DI REGOLAZIONE.....	46
11.1	MANUFATTI DI REGOLAZIONE S1 S2 A SERVIZIO DELL'AREA UMI 1+2.	46
11.2	MANUFATTI DI REGOLAZIONE S3 A SERVIZIO DELL'AREA UMI 3.....	48
12	SINTESI DELLA VALUTAZIONE.....	50

Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O. "attrezzature economiche varie D4b-10"
Comparto "C" località Dese nord - VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio idrologico per la Valutazione della Compatibilità Idraulica afferente al "Piano di lottizzazione di iniziativa privata in ZTO "attrezzature economiche varie D4b-10- Comparto C- località Dese Nord", Comune di Venezia".

Il sito sul quale sarà realizzato l'intervento è posto nella zona nord dell'abitato di Dese tra via Piaioli e via Bosco Berizzi.



Figura 1. Inquadramento geografico (www.maps.google.it.com).

L'area è individuata catastalmente al foglio 3, sezione di Favaro Veneto, mappali 1,7,10,14,213,214,329,447,448,449,450,451,452,571,572,573,576.



Figura 2. Estratto catastale (in rosso l'ambito di intervento).

La zona inoltre è individuata nella variante al piano regolatore generale per la terraferma come Zona D4 destinata ad Attrezzature economiche varie.

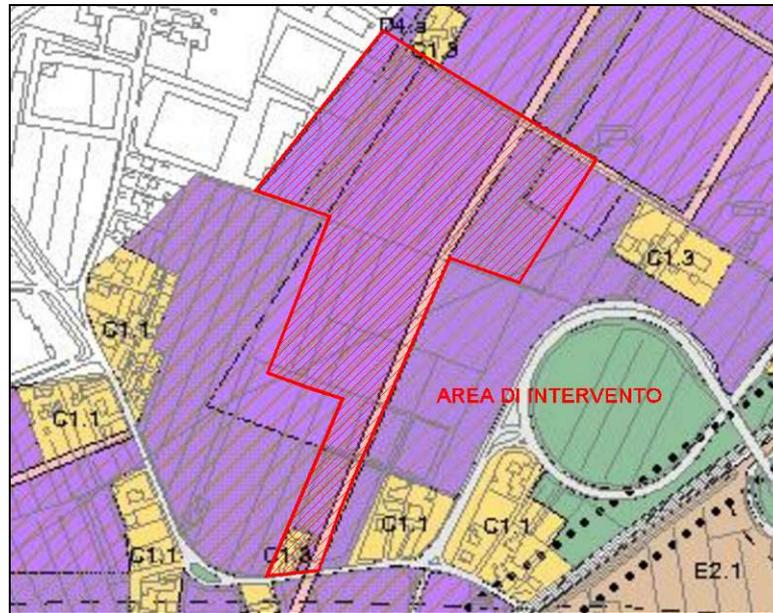


Figura 3. Estratto dalla Variante al PRG per la Terraferma (in rosso l'ambito di intervento).

Tale studio è volto al calcolo delle portate attualmente generate dalla configurazione esistente e all'individuazione delle misure compensative da realizzare al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area in cui l'opera va ad inserirsi, per eventi con un tempo di ritorno non inferiore a 50 anni, così come previsto dalla Ordinanza n.3 del 22.01.08 del "Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto" (O.P.C.M. n.3621 del 18.10.2007) pubblicata sul B.U.R. n.10 del 01.02.2008, successivamente recepita dal regolamento edilizio comunale.

Il contenuto delle Ordinanze, decadute con l'avvenuta scadenza della struttura commissariale, è stato recepito dai regolamenti comunali all'interno delle NTGA della VPRG per la Terraferma (approvata con DGRV n. 3905 del 03/12/2004 e DGRV n. 2141 del 29/07/2008), art. 11 (comma 2 e correlati) e art. 13 (comma 9 e correlati). Nei successivi paragrafi sarà calcolato l'aumento di area impermeabile al fine di valutare l'iter approvativo della presente valutazione.

Si ricorda che per lo stesso intervento è già stata realizzata una valutazione di compatibilità idraulica nel 2010 contestualmente al precedente livello progettuale. La pratica è stata approvata dal Consorzio di Bonifica Acque Risorgive con un parere idraulico favorevole in data 20.04.2010, Prot n. 312/DS/W/DD. Il presente studio approfondirà il dettaglio delle opere in progetto, tenendo in debito conto le prescrizioni contenute nel parere idraulico rilasciato. Nella sostanza, tuttavia, sarà mantenuto l'impianto progettuale e la distribuzione delle opere di invaso e di scarico.

2 INQUADRAMENTO METODOLOGICO

Nella redazione delle presente relazione, sono stati approfonditi i seguenti punti:

- a) definizione dei dati pluviometrici raccolti;
- b) descrizione della metodologia di regionalizzazione dei dati pluviometrici;
- c) descrizione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento;
- d) determinazione del coefficiente di deflusso medio, quindi determinazione della pioggia efficace;
- e) definizione di misure compensative da attuare al fine di ottenere un assetto idrologico della zona oggetto di studio compatibile con la rete ricettrice.

All'esposizione dei risultati numerici si fa una premessa essenziale: tutti i dati pluviometrici, i parametri per la regionalizzazione delle precipitazioni, nonché i dati delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (ovvero, quanto ai punti (a), (b) e (c) del precedente elenco) sono quelli ricavati dallo studio *"Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento"* condotto da *NORDEST INGEGNERIA S.R.L.* per conto del "Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto"; tali analisi sono gratuitamente disponibili nel sito internet della Struttura Commissariale:

<http://www.commissarioallagamenti.veneto.it/>

3 ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: INTRODUZIONE

3.1 Premessa

I contenuti di quanto riportato nelle successive tre sezioni non costituiscono elaborazioni autonome dell'ing. Giuseppe Baldo ma legittime citazioni di un documento terzo.

Le analisi a seguire risultano in linea con quanto prescritto dall'Ing. Mariano Carraro, "Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007"; tali indicazioni tecniche nascono dall'esigenza di individuare delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento per l'area nelle province di Venezia, Padova e Treviso colpite dalle recenti avversità atmosferiche.

Come premesso al Paragrafo 2 del presente scritto, tutti i dati impiegati nella presente applicazione sono quelli ricavati dallo studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" condotto da NORDEST INGEGNERIA S.R.L. (alcuni brani delle relazioni tecniche vengono riportati in toto per rendere maggiormente comprensibile la procedura computazionale che è stata seguita) per conto del Commissario, e da quest'ultimo resi disponibili gratuitamente ai fini dell'impiego di parametri univoci all'interno di qualsivoglia studio idrologico/idraulico che riguardi le Province coinvolte.

Il calcolo di leggi che restituiscano un valore atteso di precipitazione in funzione del tempo di ritorno e della durata di pioggia costituisce un passo fondamentale per il corretto dimensionamento delle opere idrauliche; i risultati dovranno essere utilizzati sia nell'ambito degli interventi straordinari per la riduzione del rischio idraulico, sia come dati di riferimento per le opere di laminazione imposte ai privati dalla normativa regionale e dalle recenti ordinanze del Commissario. È stato stabilito di svolgere un'analisi regionalizzata, che miri cioè ad analizzare in forma congiunta le registrazioni operate in diversi siti di interesse, valutando contestualmente il grado di omogeneità dei valori massimi annuali misurati nelle varie stazioni e la presenza di eventuali trend spaziali. Tale procedimento limita l'influenza di singole registrazioni eccezionali, individua le caratteristiche comuni del regime pluviometrico sull'intero territorio considerato e fornisce gli strumenti per un'eventuale suddivisione dell'area in sottoinsiemi omogenei, ai quali attribuire una singola curva segnalatrice di possibilità pluviometrica.

3.2 Scelta della rete di misura

I dati disponibili per un'analisi pluviometrica nel territorio veneto derivano da due reti di misura: alla rete storica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), avviata nei primi decenni del '900, si è infatti affiancata alla fine degli anni '80 la rete regionale del Centro Sperimentale per l'Idrologia e la Meteorologia di Teolo (ora Centro Meteorologico di Teolo — CMT) dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV). A seguito del trasferimento di competenze alle Regioni, anche la rete SIMN è stata affidata ad ARPAV, ma le modalità di esercizio delle stazioni sono ancora in fase di definizione.

Le due reti sono differenti per collocazione delle stazioni, per strumentazione e per periodi di misura. Dovendo sceglierne una, si è optato di utilizzare i dati del CMT, alla luce delle seguenti considerazioni:

- la rete CMT misura dati dalla fine degli anni '90 ad oggi, mentre i dati del SIMN sono stati pubblicati in forma cartacea solo fino al 1996;
- le durate di maggior interesse sono quelle fino a 24 ore, vista la tipologia di opere da dimensionare e le caratteristiche dei bacini idraulici: in tale intervallo i dati SIMN sono affidabili solo nei massimi annuali per 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive, mentre le informazioni del CMT sono aggregati su una scansione minima di 5 minuti e consentono pertanto una ricognizione affidabile dei valori di precipitazione anche per eventi brevi ed intensi;
- tra una serie di dati più lunga, quella SIMN, ma priva degli ultimi anni, e una serie di dati breve ma aggiornata, quella CMT, la seconda appare preferibile, anche alla luce dei ripetuti eventi calamitosi odierni e delle evidenze di un cambiamento climatico in atto;
- i dati raccolti dal CMT costituiscono oggi il principale riferimento pluviometrico regionale, mentre non è ancora stato definito con certezza il futuro delle cosiddette stazioni tradizionali ex-SIMN ora affidate all'ARPAV, soprattutto per quanto riguarda le piogge brevi.

3.3 Campo di analisi e scelta delle stazioni

L'ambito entro il quale svolgere l'analisi pluviometrica è stato individuato nell'unione delle seguenti aree:

- l'area all'interno della linea di conterminazione lagunare;
- i comprensori degli ex Consorzi di bonifica Dese Sile, Sinistra Medio Brenta e Bacchiglione Brenta;
- la porzione sud-orientale dell'ex comprensorio del Consorzio di bonifica Destra Piave, a valle della linea delle risorgive;
- il litorale del Cavallino e il bacino Caposile nel comprensorio dell'ex Consorzio di bonifica Basso Piave;
- il bacino Fossa Paltana nel comprensorio dell'ex Consorzio di bonifica Adige Bacchiglione.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale N. 2415 del 04 agosto 2009 pubblicata sul Bur n. 74 del 08/09/2009, si sono infatti istituiti il:

- Consorzio di bonifica Veronese (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Adige Garda, Agro Veronese Tartaro Tione e Valli Grandi e Medio Veronese);
- Consorzio di bonifica Polesano (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Padana Polesana e Polesine Adige Canal Bianco);
- Consorzio di bonifica Delta del Po (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Delta Po Adige);

- Consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Riviera Berica, Zerpano Adige Guà e Medio Astico Bacchiglione);
- Consorzio di bonifica Brenta (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta);
- Consorzio di bonifica Euganeo-Berico (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Adige Bacchiglione ed Euganeo);
- Consorzio di bonifica Bacchiglione (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione Brenta);
- Consorzio di bonifica Acque Risorgive (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Dese Sile e Sinistra Medio Brenta);
- Consorzio di bonifica Piave (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Destra Piave, Pedemontano Brentella di Pederobba e Pedemontano Sinistra Piave);
- Consorzio di bonifica Veneto Orientale (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Basso Piave e Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento);

L'area indicata comprende i territori di tutti i comuni ad oggi interessati alle attività e alle prescrizioni del Commissario, ad eccezione di Tribano. Le stazioni pluviometriche utilizzate per l'analisi sono state scelte in modo da circoscrivere completamente l'area di interesse, selezionando 27 siti caratterizzati da almeno 10 anni di registrazioni.

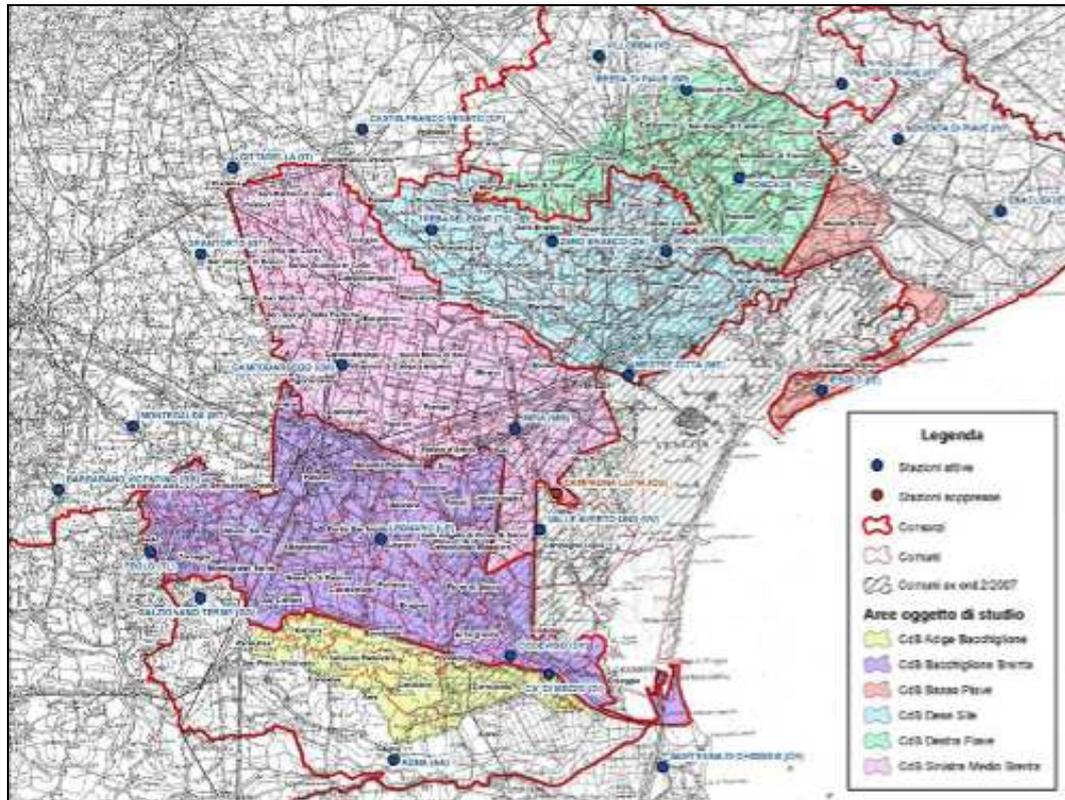


Figura 4. Planimetria dell'area oggetto di studio e delle stazioni CMT considerate.

Tabella 1. Stazioni CMT considerate.

NOME	Z [m s.m.]	Coordinata Est Gauss Boaga W [m]	Coordinata Nord Gauss Boaga W [m]	Attiva dal	Numero di massimi annui
BARBARANO VICENTINO (BB)	16	1701211	5030367	01-02-1991	16
MONTEGALDA (MT)	23	1708173	5036371	01-12-1991	16
TEOLO (TL)	158	1709765	5024498	02-02-1992	16
GALZIGNANO TERME (GG)	20	1714486	5020146	02-02-1992	16
GRANTORTO (GT)	31	1714510	5052620	01-12-1991	16
CITTADELLA (IT)	56	1717457	5060787	01-09-1991	15
CAMPODARSEGO (CM)	15	1727668	5042147	03-02-1992	16
CASTELFRANCO VENETO (CF)	50	1729544	5064403	01-08-1989	17
LEGNARO (LE)	8	1731313	5025746	01-07-1991	16
AGNA (AA)	2	1732493	5004900	02-02-1992	16
TREBASELEGHE (TS)	23	1736009	5054940	11-07-1995	12
CODEVIGO (DV)	0	1743376	5014703	01-02-1992	16
MIRA (MM)	5	1743834	5036139	01-02-1992	16
VALLE AVERTO UNO (VV)	0	1746144	5026586	17-10-1997	15
CA' DI MEZZO (DI)	6	1746929	5012991	20-06-1996	11
ZERO BRANCO (ZB)	12	1747270	5053799	01-02-1992	16
CAMPAGNA LUPIA (CU)	1	1747642	5030045	13-06-1991	- ¹
VILLORBA (VB)	41	1751640	5071317	01-02-1992	16
MESTRE CITTÀ (ME)	30	1754337	5041162	28-08-1987	17
SANT'ANNA DI CHIOGGIA (CH)	-1	1757558	5004230	02-02-1992	16
MOGLIANO VENETO (OG)	5	1757898	5052900	01-09-1997	10
BREDA DI PIAVE (BP)	21	1759803	5068127	01-01-1992	16
RONCADE (RC)	6	1764703	5059832	01-02-1992	16
IESOLO (IE)	1	1772386	5039725	01-02-1992	15
PONTE DI PIAVE (PT)	6	1774311	5068689	14-03-1995	12
NOVENTA DI PIAVE (NP)	2	1779548	5083479	01-02-1992	16
ERACLEA (ER)	-1	1789122	5056679	01-02-1992	16

Per ogni stazione sono stati considerati i valori massimi annui misurati su intervalli temporali di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti consecutivi e di 3, 6, 12 e 24 ore consecutive. I valori sono stati forniti dal CMT a partire da serie validate, eliminando i valori relativi ad eventuali anni in cui il funzionamento della strumentazione fosse stato inferiore al 95% del totale teorico di oltre 105.000 letture annue ogni 5 minuti.

4 ANALISI REGIONALIZZATA DELLE PRECIPITAZIONI: PROCEDIMENTO NUMERICO

Lo scopo di un'analisi pluviometrica consiste nel determinare una stima dell'altezza di pioggia puntuale $h(T)$ di durata d ed assegnato tempo di ritorno T . Il tempo di ritorno è definito come l'intervallo temporale entro cui una certa altezza di precipitazione viene eguagliata o superata mediamente una volta e misura quindi il grado di rarità di un evento.

La stima $h(d,T)$ viene generalmente espressa da curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, che per vari parametri T di riferimento (per esempio 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni) esprimono la precipitazione attesa $h_r(d)$ in funzione della durata d .

Secondo quanto prescritto dalle Ordinanze del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007, il tempo di ritorno di riferimento per la verifica di invarianza idraulica è $T_r = 50$ anni.

Di norma, la stima delle altezze di precipitazione avviene mediante regolarizzazione statistica, individuando cioè una distribuzione teorica di probabilità che bene si accorda con i valori osservati. A tal proposito, la letteratura statistica ha sviluppato una varietà di metodi per la scelta della distribuzione più idonea alle differenti tipologie di dato e per l'inferenza dei parametri di una distribuzione a partire da un campione di misure.

L'attendibilità di una stima dipende dalla numerosità del campione disponibile, che nel caso di analisi pluviometriche è per lo più composto ai valori massimi annui registrati in uno specifico sito e per la medesima durata di precipitazione. La previsione ottenuta ha carattere esclusivamente locale, cioè deve considerarsi valida solo entro una ragionevole distanza dal punto di misura.

Nel caso in cui non si disponga di osservazioni pluviometriche in prossimità del sito di interesse, o la loro quantità sia modesta in relazione al tempo di ritorno di interesse, è possibile ricorrere a tecniche di analisi regionale della frequenza degli eventi pluviometrici. Tale classe di metodi si fonda sull'ipotesi che la distribuzione dei valori estremi di precipitazione entro una certa area presenti delle caratteristiche di omogeneità: in tal caso è accettabile studiare in maniera congiunta i valori di precipitazione misurati presso differenti stazioni ed estendere poi i risultati all'intera area di analisi.

Con riferimento alle stazioni considerate nel presente studio, si osserva ad esempio che ogni campione di dati, misurati per la medesima durata in ciascuna stazione, è formato per lo più da 16 valori. La regolarizzazione di un singolo campione porgerà risultati di scarsa affidabilità per tempi di ritorno superiori a 20 anni: è probabile poi che i dati raccolti presso stazioni vicine presentino variazioni anche assai marcate e conducano a stime significativamente diverse, senza motivi di carattere fisico o climatico che diano ragione di tali risultati. Se invece, mediante opportune tecniche di analisi regionale, si produce una stima basata su tutto l'insieme di circa 400 valori misurati, si ottiene un risultato affetto da minore incertezza e caratteristico dell'intera regione considerata.

Le metodologie più diffuse e documentate in Italia sono due: la procedura *VALutazione delle Plene* (VAPI), promossa dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R. e basata sull'uso della distribuzione *Two components*

Extreme Value (TCEV), e i vari metodi fondati sul modello probabilistico *Generalized Extreme Value* (GEV), per lo più nella forma del cosiddetto metodo della *grandezza indice*.

Il metodo che si è deciso di adottare, in quanto le applicazioni ne confermano la migliore efficienza, consiste nel metodo cosiddetto *GEV*.

4.1 Il metodo della grandezza indice e la distribuzione GEV

La tecnica di analisi regionale scelta per la presente analisi è quella della grandezza indice mediante l'utilizzo della distribuzione GEV.

Nell'ambito di una *regione omogenea*, si ipotizza che i valori massimi annui delle altezze di precipitazione di durata d presentino caratteristiche simili a meno di un fattore di scala dipendente dal sito di interesse, rappresentato dalla grandezza indice. In altri termini, dividendo le altezze massime annue di precipitazione per la grandezza indice si ottengono dei valori statisticamente indistinguibili, che possono essere studiati tutti insieme.

La stima dell'altezza di pioggia presso la j -esima stazione $h_j(d, T)$ si esprime allora come prodotto di due termini:

$$h_j(d, T) = m_{j,d} \cdot h_d(T)$$

in cui $m_{j,d}$ è la grandezza indice specifica per la stazione di interesse e per la durata considerata e $h_d(T)$ è un fattore adimensionale, chiamato *curva di crescita*, che esprime la variazione dell'altezza di precipitazione di durata d in funzione del tempo di ritorno T , indipendentemente dal sito. La curva di crescita assume validità regionale ed è comune a tutte le stazioni pluviometriche appartenenti ad una data zona omogenea.

Come grandezza indice $m_{j,d}$ viene generalmente adottata la media dei valori massimi annuali dell'altezza di precipitazione nella durata d . Tale dato è stimato dalla media campionaria delle misure effettuate presso ciascuna stazione.

In sintesi, il metodo della grandezza indice scinde il problema in due sottoproblemi disgiunti: la stima della curva di crescita valida per l'intera regione omogenea e la comprensione della reale distribuzione della grandezza indice nel territorio, di cui le medie campionarie sono delle realizzazioni affette da un certo errore.

Da un punto di vista operativo, per ogni durata di precipitazione il metodo si sviluppa nei seguenti passi:

1. identificazione di un'ipotesi di zone omogenee;
2. calcolo della grandezza indice come media campionaria dei dati misurati presso ciascuna stazione;
3. normalizzazione del campione di ogni sito, i cui valori sono divisi per la corrispondente media;
4. individuazione della curva di crescita tramite analisi probabilistica del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea;

5. verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate mediante test statistico ed eventuale riformulazione dell'ipotesi;
6. analisi spaziale della grandezza indice ed eventuale calcolo di valori di riferimento di tale grandezza per ambiti di varia estensione.

Le elaborazioni svolte sono elencate in *Tabella 2*.

Tabella 2. Elaborazioni svolte nell'ambito del metodo della grandezza limite.

Fase	Elaborazione svolta
1. identificazione di un'ipotesi di zone omogenee	L'intera area in esame è stata considerata come un'unica zona omogenea ai fini della curva di crescita
2. calcolo della grandezza indice	Stima della media dei massimi annui per ogni stazione e per ogni durata
3. normalizzazione del campione di ogni sito	Divisione dei valori campionari per la corrispondente media
4. regolarizzazione del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea	Calcolo dei parametri della distribuzione Generalized Extreme Value (GEV) tramite applicazione del metodo degli L-moments al campione di tutti i valori adimensionali relativi ad una medesima durata, e stima dei fattori di crescita per alcuni tempi di ritorno di interesse
5. verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate	Applicazione del test statistico di omogeneità di Hosking e Wallis basato sugli L-moments
6. analisi spaziale della grandezza indice	Interpolazione spaziale mediante kriging delle medie dei massimi annui per ciascuna durata ed identificazione mediante cluster analysis di gruppi di stazioni con grandezza indice omogenea, per la generazione di un numero discreto di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

4.1.1 Identificazione delle zone omogenee ai fini della curva di crescita

Come zona omogenea ai fini della regionalizzazione è stato considerato l'intero ambito di analisi. Si ritiene infatti che per dimensioni e per caratteristiche morfologiche l'intera pianura veneta possa costituire un'area di caratteristiche pluviometriche simili.

4.1.2 Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione

Come specificato in

Tabella 3, la grandezza indice di riferimento è il valor medio dei massimi annui registrati in ciascuna stazione e per ogni durata. A tale scopo, è possibile utilizzare la media campionaria, oppure in alternativa si potrebbe operare una regolarizzazione di Gumbel su ogni serie di dati — preferibilmente con il metodo della massima verosimiglianza — e poi adottare come grandezza indice il valor medio della popolazione:

$$\mu = \varepsilon + 0.57721 \cdot \alpha$$

I due metodi porgono risultati non molto dissimili. Per tale motivo, si è scelto di adottare nello studio il dato campionario, che eventualmente può essere facilmente monitorato e aggiornato nel futuro con ulteriori dati pluviometrici. I valori sono riportati in

Tabella 3.

Tabella 3. Valori medi dei massimi annui per le durate oggetto di studio.

Stazione	N° dati	5	10	15	30	45	1	3	6	12	24
		min [mm]	min [mm]	min [mm]	min [mm]	min [mm]	ora [mm]	ore [mm]	ore [mm]	ore [mm]	ore [mm]
AGNA (AA)	16	8.4	14.3	19.2	26.8	30.1	32.0	38.9	44.4	50.1	55.7
BARBARANO VICENTINO (BB)	16	10.5	16.7	20.6	27.4	30.5	32.1	40.3	46.8	55.8	68.3
BREDA DI PIAVE (BP)	16	11.7	19.7	25.0	32.7	35.2	36.6	46.3	55.1	62.2	75.9
CA' DI MEZZO (DI)	11	9.8	16.5	20.0	27.0	30.7	35.9	47.2	51.0	57.6	64.9
CAMPAGNA L. - V.AVERTO (CU-VV)	15	10.6	18.7	23.9	34.6	39.1	41.9	60.6	70.6	80.9	93.1
CAMPODARSEGO (CM)	16	10.5	18.2	22.6	29.7	34.4	37.4	44.8	50.8	59.3	74.1
CASTELFRANCO VENETO (CF)	17	9.5	15.8	20.0	27.3	31.1	33.4	45.6	51.6	61.0	76.8
CITTADELLA (IT)	15	10.6	18.2	23.0	30.9	34.7	39.3	51.5	58.4	70.7	82.5
CODEVIGO (DV)	16	8.4	14.5	18.8	26.9	30.1	31.9	46.4	55.1	66.4	75.6
ERACLEA (ER)	16	9.4	15.2	19.2	26.2	30.9	32.8	42.9	49.0	57.8	72.7
GALZIGNANO TERME (GG)	16	9.9	16.8	21.0	29.0	33.4	35.9	46.8	54.0	64.8	75.6
GRANTORTO (GT)	16	9.6	16.1	20.6	28.7	32.9	35.5	47.4	57.2	65.7	79.0
IESOLO (IE)	15	9.4	15.8	20.3	28.6	33.5	37.6	51.4	61.0	70.8	80.2
LEGNARO (LE)	16	10.5	17.5	22.8	32.5	36.6	38.3	44.3	53.4	61.2	68.8
MESTRE CITTÀ (ME)	17	9.4	15.7	20.8	29.2	33.9	37.3	49.0	57.9	65.0	72.3
MIRA (MM)	16	10.3	17.1	21.7	29.7	34.6	36.8	45.3	56.0	67.0	81.1
MOGLIANO VENETO (OG)	10	11.8	19.4	24.6	31.9	35.2	37.8	50.9	62.2	68.8	78.6
MONTEGALDA (MT)	16	11.0	18.2	23.8	33.0	37.7	40.3	48.5	53.7	60.8	70.5
NOVENTA DI PIAVE (NP)	16	9.5	16.0	20.5	27.9	32.3	34.9	44.1	51.3	58.2	75.4
PONTE DI PIAVE (PT)	12	10.6	16.9	21.1	28.4	32.4	35.4	50.6	58.8	67.4	84.6
RONCADE (RC)	16	9.6	16.6	21.6	29.0	32.5	34.5	43.2	52.4	62.5	73.9
SANT'ANNA DI CHIOGGIA (CH)	16	9.3	15.7	19.3	28.2	34.2	38.1	51.7	62.1	71.9	83.1
TEOLO (TL)	16	10.9	17.4	21.6	28.6	32.8	35.7	44.7	53.7	64.2	74.7
TREBASELEGHE (TS)	12	9.8	16.6	21.3	31.2	36.7	40.5	48.1	54.6	62.7	82.0
VILLORBA (VB)	16	10.1	15.8	19.9	26.6	31.5	34.0	42.5	50.6	61.8	77.1
ZERO BRANCO (ZB)	16	10.9	18.6	23.7	31.8	35.0	36.3	40.1	47.0	55.9	72.0
Totale complessivo		10.1	16.9	21.4	29.4	33.5	36.2	46.6	54.6	63.5	75.7

4.1.3 Regolarizzazione dei campioni normalizzati e stima delle curve di crescita

I campioni normalizzati hanno permesso l'individuazione dei valori dei parametri della distribuzione GEV che meglio descrivono le caratteristiche pluviometriche regionali:

Tabella 4. Parametri GEV della distribuzione regionale di precipitazione.

Durata	ε	α	ξ
5 minuti	0.881	0.230	-0.052
10 minuti	0.877	0.244	-0.065
15 minuti	0.870	0.248	-0.044
30 minuti	0.853	0.260	-0.008
45 minuti	0.846	0.262	0.011
1 ora	0.843	0.261	0.026
3 ore	0.827	0.264	0.075
6 ore	0.822	0.260	0.098
12 ore	0.826	0.253	0.100
24 ore	0.820	0.254	0.121

Per produrre una singola stima di altezza di precipitazione per un dato tempo di ritorno si possono usare le seguenti relazioni:

$$\hat{x}(T) = \varepsilon + \alpha \left[\left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)^{-\xi} - 1 \right] / \xi$$

$$x(T) = \hat{x}(T) \cdot \mu_x$$

La prima formula calcola l'altezza adimensionale di precipitazione, mentre la seconda espressione "denormalizza" il risultato, rimoltiplicandolo per il valor medio dei massimi di precipitazione. I parametri da utilizzare nella prima espressione devono essere scelti dalla Tabella 4, mentre in Tabella 5 si riportano i risultati per alcuni tempi di ritorno significativi.

Tabella 5. Curve di crescita della distribuzione GEV per la valutazione di altezze adimensionalizzate di precipitazione per alcuni tempi di ritorno.

T (anni)	durata (min)									
	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	0.965	0.965	0.960	0.949	0.943	0.939	0.925	0.919	0.921	0.915
5	1.213	1.226	1.229	1.241	1.243	1.243	1.246	1.242	1.236	1.237
10	1.370	1.388	1.400	1.433	1.444	1.449	1.475	1.476	1.466	1.476
20	1.514	1.536	1.559	1.617	1.638	1.650	1.707	1.718	1.702	1.727
30	1.595	1.618	1.648	1.722	1.751	1.768	1.846	1.865	1.847	1.881
50	1.693	1.718	1.757	1.852	1.892	1.917	2.026	2.057	2.035	2.085
100	1.822	1.847	1.901	2.028	2.084	2.121	2.280	2.333	2.306	2.382
200	1.945	1.970	2.039	2.201	2.276	2.329	2.547	2.627	2.595	2.704

4.1.4 Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H

La valutazione a posteriori dell'omogeneità dell'area è stata effettuata mediante il test statistico H di Hosking e Wallis. Il parametro H, opportunamente calcolato, riassume il livello di omogeneità dell'area, che risulta accettabilmente omogenea per $H < 1$. I risultati del test sono riportati in Tabella 6.

Tabella 6. Risultati del test H di Hosking e Wallis

Durata	V	valore atteso di V	deviazione standard di V	H
5 minuti	$1.212 \cdot 10^{-2}$	$1.096 \cdot 10^{-3}$	$0.339 \cdot 10^{-3}$	0.339
10 minuti	$1.128 \cdot 10^{-2}$	$0.951 \cdot 10^{-3}$	$0.264 \cdot 10^{-3}$	0.668
15 minuti	$1.345 \cdot 10^{-2}$	$1.205 \cdot 10^{-3}$	$0.349 \cdot 10^{-3}$	0.400
30 minuti	$1.562 \cdot 10^{-2}$	$1.832 \cdot 10^{-3}$	$0.582 \cdot 10^{-3}$	-0.484
45 minuti	$1.417 \cdot 10^{-2}$	$1.736 \cdot 10^{-3}$	$0.497 \cdot 10^{-3}$	-0.642
1 ora	$1.430 \cdot 10^{-2}$	$1.794 \cdot 10^{-3}$	$0.500 \cdot 10^{-3}$	-0.728
3 ore	$2.926 \cdot 10^{-2}$	$3.828 \cdot 10^{-3}$	$1.875 \cdot 10^{-3}$	-0.374
6 ore	$2.756 \cdot 10^{-2}$	$3.931 \cdot 10^{-3}$	$2.165 \cdot 10^{-3}$	-0.543
12 ore	$2.758 \cdot 10^{-2}$	$2.841 \cdot 10^{-3}$	$0.972 \cdot 10^{-3}$	0.085
24 ore	$2.197 \cdot 10^{-2}$	$3.036 \cdot 10^{-3}$	$1.176 \cdot 10^{-3}$	-0.713

4.1.5 Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali

Le interpolazioni spaziali della grandezza indice, individuata nella media dei massimi annui, consentono di comprendere come essa vari nella regione considerata.

Dall'analisi svolta è risultato in particolare che la media dei valori massimi annui presenta variazioni modeste e probabilmente casuali per precipitazioni di durata fino a un'ora, mentre per durate superiori (con la sola eccezione forse delle 24 ore) si manifesta sul territorio una variabilità legata alla distanza dalla costa. Dalla fascia di alta pianura (Cittadella, Trebaseleghe) i valori diminuiscono procedendo sia verso sud (comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione Brenta), sia verso est (comprensorio del Consorzio di bonifica Destra Piave), per poi aumentare di nuovo presso le stazioni costiere, interessate dai recenti episodi eccezionali (Mestre, Valle Averte, Mogliano, Iesolo, Sant'Anna di Chioggia).

5 CALCOLO DELLE CURVE SEGNALTRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO

Gli elementi proposti ai punti precedenti permettono una valutazione delle altezze di pioggia attese per ciascuna delle dieci durate considerate. Da tali stime è necessario elaborare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, cioè le formule che esprimono la precipitazione h in funzione della durata t .

Le formule più diffuse in letteratura sono le seguenti:

$$(1) h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

$$(2) h = a \cdot t^n$$

caratterizzate rispettivamente da 3 o 2 parametri che devono essere ottenuti per taratura.

La formula (2) non consente una buona interpolazione dei dati per tutte le durate considerate: è bene pertanto riferirsi di norma all'espressione (1) con tre parametri.

5.1 Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee

Le curve segnalatrici possono essere calcolate con riferimento ad una singola stazione, oppure, come in questa sede, per sottoaree omogenee. A tale scopo, *NORDEST INGEGNERIA S.R.L.* ha effettuato un'indagine delle medie dei massimi annuali mediante metodologie matematiche che producono dei raggruppamenti ottimi di una serie di osservazioni (dette tecniche di *cluster analysis*), in modo tale che ciascun gruppo risulti omogeneo al proprio interno e distinto dagli altri.

I risultati hanno evidenziato che si delineano 3 macrogruppi, uno relativo all'area nord-orientale, uno relativo alla zona sud-occidentale e uno costituito da due sottozone: l'area costiera e lagunare da lesolo a Chioggia e l'entroterra cittadellese.

NORDEST INGEGNERIA S.R.L., che ha sviluppato l'intera analisi, rende noto che il metodo impiegato ha avuto difficoltà ad assegnare ai rispettivi gruppi le stazioni di Mestre e Mira: si ritiene quindi che Mira, possa essere lasciata con la zona sud-occidentale (ipotesi A), oppure assegnata al raggruppamento costiero (ipotesi B), anche in base a criteri di carattere amministrativo.

Una volta individuati i macrogruppi, le curve segnalatrici sono state calcolate valutando per ciascuna durata la media dei massimi di precipitazione delle stazioni del gruppo, calcolando poi le altezze di precipitazione per i vari tempi di ritorno e per le varie durate e producendo infine la stima dei parametri a , b e c per ottimizzazione numerica. Si ricorda che nell'applicazione della curva segnalatrice

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

i tempi t devono essere espressi in minuti e il risultato è restituito in millimetri.

5.1.1 Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali

Per un'applicazione univoca dei risultati del presente studio, si ritiene utile assegnare ciascun comune a una specifica zona omogenea tra quelle precedentemente individuate. Tale attribuzione deve essere effettuata tenendo conto delle caratteristiche geografiche, idrografiche e amministrative di ciascun territorio comunale.

Il criterio oggettivo qui proposto prevede l'utilizzo dei cosiddetti *topoieti*, o *poligoni di Thiessen*. Considerato l'insieme delle stazioni di misura, si congiunge ciascun sito con quelli ad esso prossimi, ottenendo un reticolo di maglie triangolari. Di ciascun segmento tracciato si individua l'asse, cioè la perpendicolare nel punto medio; gli assi permettono di definire dei poligoni irregolari, uno per stazione: per costruzione, ogni punto interno al topoieto è così associato alla stazione più vicina. Il topoieto individua così l'area di influenza della stazione in esso contenuta.

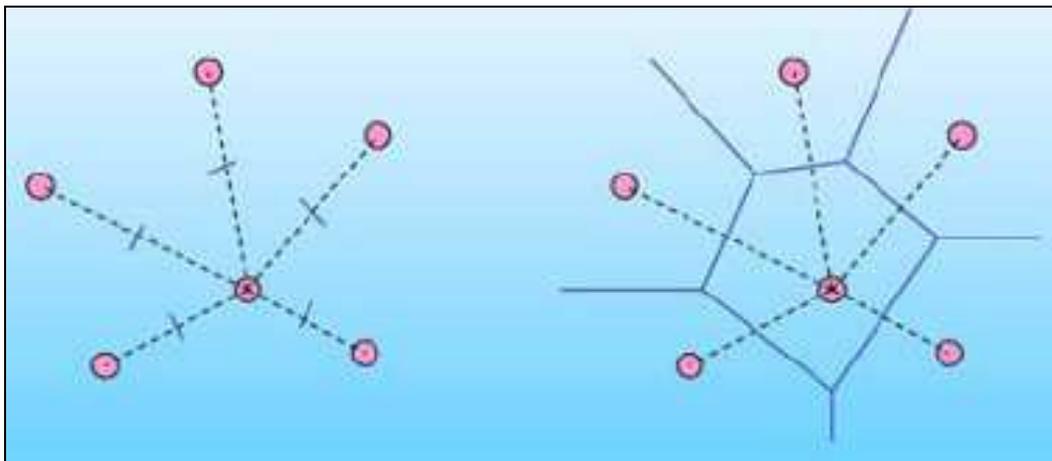


Figura 5. Metodo di costruzione dei poligoni di Thiessen a partire da un insieme di punti.

L'applicazione del metodo dei topoieti al caso in esame prevede di intersecare i topoieti con i perimetri dei comuni e associare poi ogni comune alla zona omogenea "prevalente", i cui topoieti contengono la maggioranza relativa del territorio comunale. In Figura 6 è rappresentato il risultato della ripartizione con riferimento all'ipotesi B (stazione di Mira assegnata al cluster costiero) di definizione delle zone omogenee.

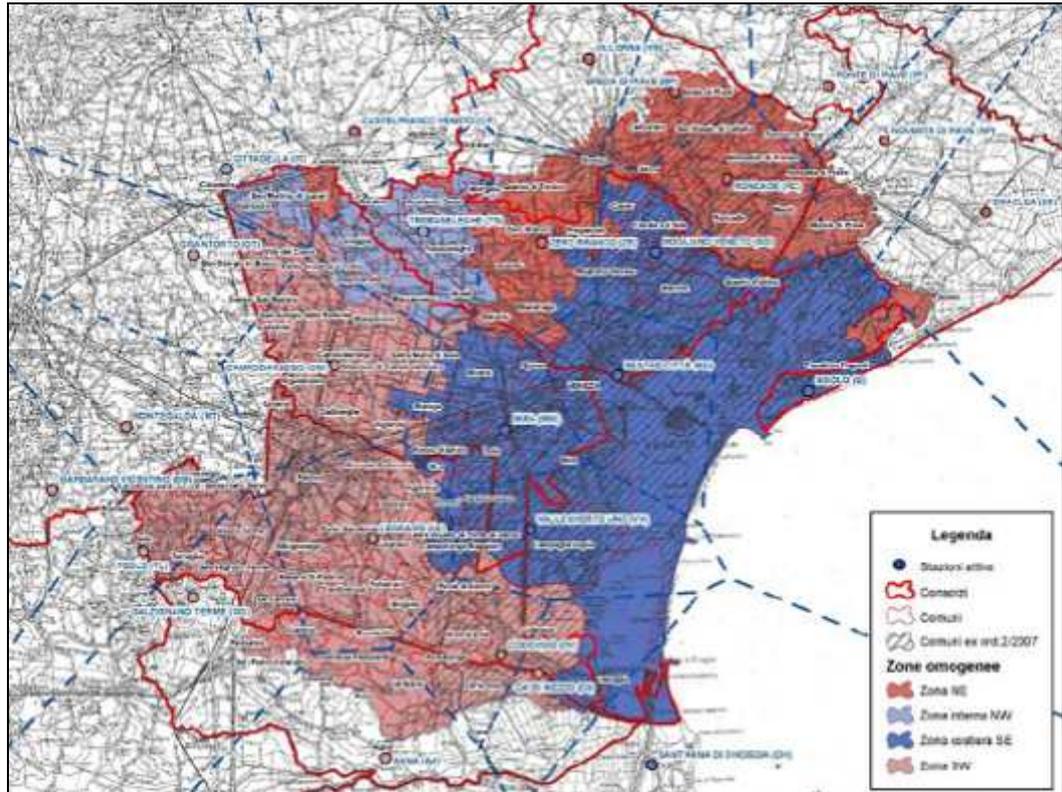


Figura 6. Possibile ripartizione dei comuni tra le quattro zone omogenee individuate dall'ipotesi B.

Tabella 7. Ripartizione dei comuni per provincia e per zone omogenee, individuate in base all'ipotesi B. L'eventuale ripartizione in base all'ipotesi A si ottiene trasferendo sette comuni della provincia di Venezia, indicati nella tabella in corsivo, dalla zona costiera SE alla zona SW.

Zona omogenea	Provincia		
	PD	TV	VE
SW	Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgoricco, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese Santa Croce, Codevigo, Conselve, Correzzola, Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Noventa Padovana, Padova, Pernumia, Piove di Sacco, Polverara, Ponte San Nicolo', Pontelongo, Rovolon, Saccolongo, San Giorgio delle Pertiche, San Giorgio in Bosco, San Pietro Viminario, Santa Giustina in Colle, Sant'Angelo di Piove di Sacco, Saonara, Selvazzano Dentro, Teolo, Terrassa Padovana, Torreglia, Vigodarzere, Vigonza, Villa del Conte, Villanova di Camposampiero		Cona, Santa Maria di Sala, Vigonovo
Costiera SE		Casale sul Sile, Casier, Mogliano Veneto	Campagna Lupia, Campolongo Maggiore, Camponogara, Cavallino-Treporti, Chioggia, <i>Dolo</i> , Fiesso d'Artico, <i>Fosso'</i> , Marcon, <i>Mira</i> , <i>Mirano</i> , <i>Pianiga</i> , Quarto d'Altino, <i>Spinea</i> , <i>Stra</i> , Venezia
Interna NW	Camposampiero, Cittadella, Loreggia, Massanzago, Piombino Dese, San Martino di Lupari, Tombolo, Trebaseleghe	Istrana, Morgano, Resana	Noale
NE		Breda di Piave, Carbonera, Castelfranco Veneto, Monastier di Treviso, Preganziol, Quinto di Treviso, Roncade, San Biagio di Callalta, Silea, Treviso, Veduggio, Zenson di Piave, Zero Branco	Fossalta di Piave, Jesolo, Martellago, Meolo, Musile di Piave, Salzano, Scorze'

5.1.2 Curve segnalatrici per la zona costiera e lagunare (ipotesi B)

Stazioni: Sant'Anna di Chioggia (CH), Iesolo (IE), Mestre (ME), Mogliano Veneto (OG), Valle Averte (VV), Mira (MM)

Grandezze indice:

Durata (min)	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
h	10.022	16.906	21.553	30.249	35.020	38.236	51.389	61.443	70.888	81.369

Valori attesi di precipitazione:

T (anni)	durata (min)									
	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	9.7	16.3	20.7	28.7	33.0	35.9	47.5	56.5	65.1	74.4
5	12.2	20.7	26.5	37.5	43.5	47.5	64.1	76.3	87.4	100.7
10	13.7	23.5	30.2	43.4	50.6	55.4	75.8	90.7	103.6	120.1
20	15.2	28.0	33.6	48.9	57.4	63.1	87.7	105.5	120.3	140.5
30	16.0	27.4	35.5	52.1	61.3	67.6	94.9	114.6	130.5	153.1
50	17.0	29.0	37.9	56.0	66.3	73.3	104.1	126.4	143.9	169.7
100	18.3	31.2	41.0	61.3	73.0	81.1	117.2	143.3	163.0	193.8
200	19.5	33.3	44.0	66.6	79.7	89.0	130.9	161.4	183.4	220.0

Parametri della curva segnalatrice:

T	a	b	c
2	20.3	12.0	0.821
5	27.2	13.5	0.820
10	31.4	14.4	0.816
20	35.2	15.3	0.809
30	37.2	15.8	0.805
50	39.7	16.4	0.800
100	42.8	17.3	0.791
200	45.6	18.2	0.783

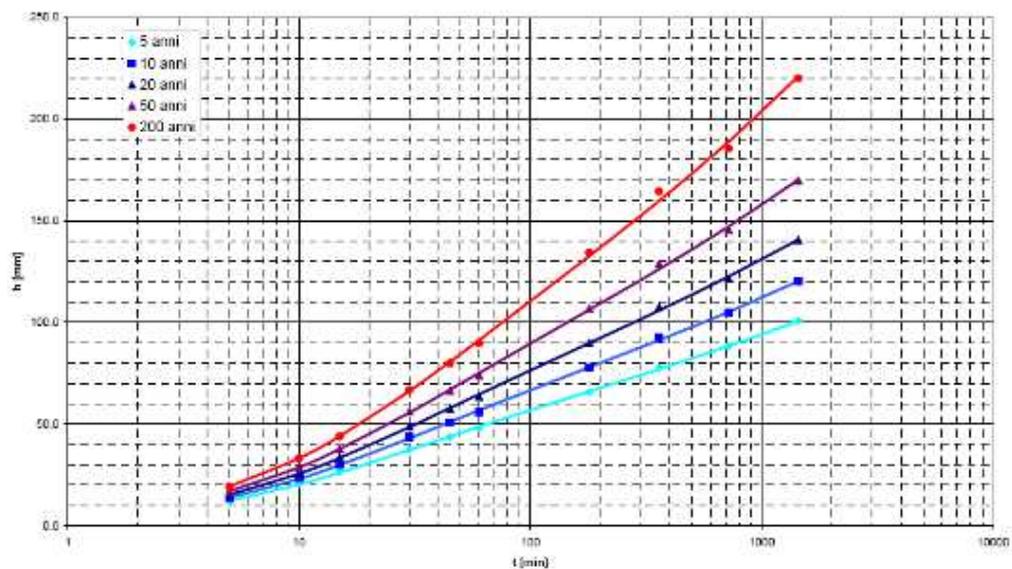


Figura 7. Curve segnalatrici a tre parametri.

5.2 Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo

Si riportano di seguito le curve segnalatrici a due parametri afferenti all'analisi già utilizzata dalla passata Struttura Commissariale per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007. L'equazione di riferimento, che sarà utilizzata anche nel presente studio, è del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

per le quattro zone omogenee. Tale trattazione è svolta unicamente per l'utilizzo delle formule della letteratura che richiedono i coefficienti a ed n dell'espressione tradizionale a due parametri.

Si ribadisce che i dati ottenuti dall'analisi probabilistica non possono essere interpolati adeguatamente da una curva a due parametri per l'intero range di durate da 5 minuti a 24 ore. E' opportuno invece individuare intervalli più ristretti di durate, entro i quali la formula bene approssimi i valori ottenuti con la regolarizzazione regionale.

Si forniscono pertanto i parametri delle curve segnalatrici tarate su intervalli di cinque dati, per i vari tempi di ritorno. Il parametro Δ indica l'errore medio relativo dell'approssimazione. I tempi t devono essere espressi in minuti. Il risultato è in millimetri.

L'ipotesi considerata è l'ipotesi B: Mira appartenente al raggruppamento costiero - lagunare.

<i>Zona costiera-lagunare con Mira</i>																		
T	tp~15 minuti			tp~30 minuti			tp~45 minuti			tp~1 ora			tp~3 ore			tp~6 ore		
	da 5 min a 45 min			da 10 min a 1 ora			da 15 min a 3 ore			da 30 min a 6 ore			da 45 min a 12 ore			da 1 ora a 24 ore		
anni	a	n	Δ	a	n	Δ	a	n	Δ									
2	4.3	0.554	5.9%	6.1	0.441	2.9%	9.1	0.328	4.5%	11.8	0.267	1.2%	13.1	0.247	1.1%	14.2	0.230	1.5%
5	5.2	0.576	5.8%	7.4	0.465	3.0%	11.1	0.348	4.8%	14.8	0.261	1.4%	16.8	0.254	1.5%	18.5	0.236	1.8%
10	5.7	0.590	5.6%	8.0	0.482	3.1%	12.1	0.363	4.9%	16.4	0.293	1.5%	18.9	0.263	1.8%	21.1	0.242	2.1%
20	6.2	0.603	5.4%	8.5	0.499	3.1%	13.0	0.378	5.0%	17.7	0.308	1.6%	20.7	0.272	2.1%	23.4	0.250	2.4%
30	6.4	0.610	5.2%	8.8	0.508	3.1%	13.4	0.387	5.0%	18.4	0.313	1.7%	21.7	0.278	2.3%	24.6	0.255	2.6%
50	6.7	0.618	5.0%	9.1	0.520	3.1%	13.8	0.399	5.0%	19.1	0.324	1.7%	22.8	0.286	2.5%	26.0	0.261	2.8%
100	7.0	0.630	4.8%	9.4	0.536	3.1%	14.3	0.415	5.1%	19.9	0.338	1.8%	24.1	0.297	2.9%	27.8	0.271	3.1%
200	7.3	0.642	4.5%	9.7	0.552	3.1%	14.7	0.431	5.1%	20.6	0.353	1.8%	25.3	0.309	3.2%	29.5	0.280	3.4%

5.3 Determinazione di pluviogrammi di progetto

Lo ietogramma utilizzato per la presente relazione è lo ietogramma rettangolare, generalmente il più usato nei calcoli di dimensionamento e verifica di reti di fognatura bianca.

La tabella seguente riporta per varie durate di pioggia l'altezza di precipitazione totale in millimetri e l'intensità di pioggia espressa in millimetri all'ora calcolate secondo gli ietogrammi rettangolari dei quali, a titolo esemplificativo, ne vengono riportati tre nella figura 8.

Tabella 8. Altezza di precipitazione totale e intensità di pioggia espresse rispettivamente in millimetri e millimetri all'ora per varie durate di pioggia, per la zona omogenea SE.

TEMPO DI PIOGGIA [minuti]	ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE [millimetri]	INTENSITA' [millimetri/ora]
5	17,12	205
15	37,79	151
30	55,30	111
45	66,29	88
60	74,21	74
90	85,40	57
120	93,35	47
150	99,53	40
180	104,60	35

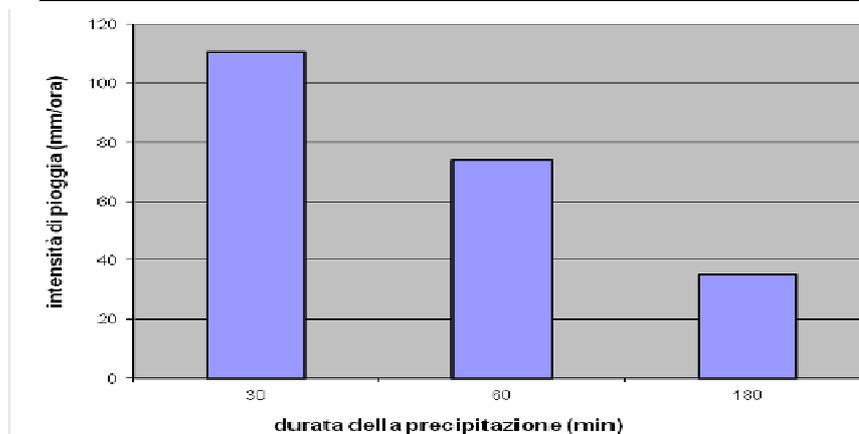


Figura 8. Ietogrammi rettangolari relativi a piogge di durata rispettivamente di 180, 60 e 30 minuti caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni, per la zona omogenea SE.

6 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'area oggetto di intervento ha una superficie complessiva pari a 65.080 mq.

Essa si presenta distribuita in due aree separate da una strada esistente la quale non sarà considerata tra le aree in trasformazione.



Figura 9. Stato di fatto. In rosso l'area oggetto di intervento.

La zona di intervento risulta limitata a nord da via Bosco Berizzi, strada in ghiaia battuta, e a sud da via Pialoi. Nella parte sud est essa confina inoltre con alcune aree residenziali, mentre il confine nord ovest è con l'area industriale di Marcon. Nel resto dei limiti perimetrali confina con aree ad uso agricolo.

All'interno del perimetro di intervento si trova una prima area posizionata ad ovest della strada, che conterrà le UMI 1 ed UMI 2. Essa si estende per 53.894 mq, ed è interamente a verde. L'immagine satellitare seguente, tratta dal sito bing.com, permette di apprezzare la presenza di due bacini di laminazione previsti nella precedente versione progettuale e già realizzati.

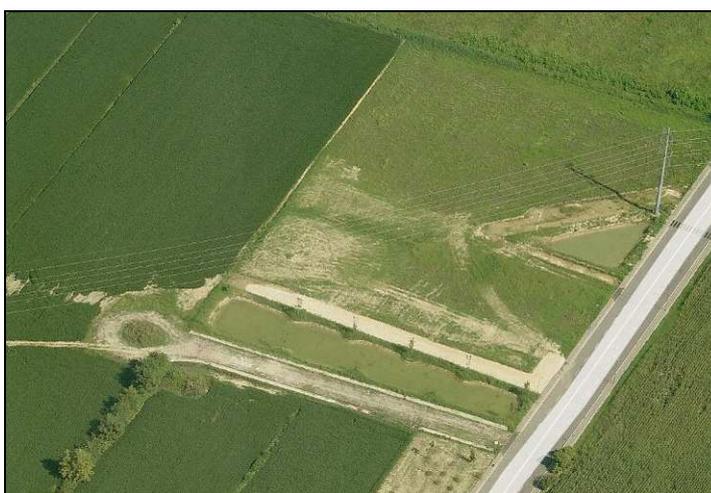


Figura 10 Area ad ovest della strada: ingrandimento dei due bacini realizzati.

La parte est misura invece 11.186 mq ed ugualmente si presenta coperta a verde. Sono presenti alcune scoline perimetrali che non saranno oggetto d'intervento e che dunque saranno mantenute.



Figura 11. Area ad est della strada esistente.

Come si osserva dalle immagini seguenti, tutte le aree oggetto d'intervento sono a verde.



Figura 12. Stato di fatto. Veduta dell'area ovest.



Figura 13. Stato di fatto. Veduta dell'area ovest e di via Bosco Berizzi.

La Tabella 9 e Tabella 10 riportano la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispondenti coefficienti di deflusso medi.

Nella suddivisione delle aree e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso, alle aree a verde costituenti l'intera superficie di intervento è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,2.

Tabella 9. tabella riassuntiva dello stato di fatto dell'area, UMI 1+2, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI FATTO UMI 1+2 (LATO OVEST)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile	0.00	0.9
semipermeabile	0.00	0.6
verde	53894.00	0.2
Totale area	53894.00	0.20

Tabella 10. tabella riassuntiva dello stato di fatto dell'area, UMI 3, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI FATTO UMI 3 (LATO EST)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile	0.00	0.9
semipermeabile	0.00	0.6
verde	11186.00	0.2
Totale area	11186.00	0.20

Noto il coefficiente di deflusso medio, si è calcolata l'area efficace che contribuisce alla formazione della portata durante una precipitazione, come prodotto del coefficiente stesso e dell'area totale. I due valori di area efficace per UMI1+2 e per UMI3 sono di 10.778,8 mq e di 2.237,20 mq rispettivamente.

7 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO, DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La configurazione prevista per lo stato di progetto non si discosta da quanto contenuto nella precedente versione progettuale. Si conferma infatti la realizzazione di insediamenti sia di attività produttive, direzionale e di servizi alla persona.

Sia per la parte est che ovest, gli edifici sono previsti in posizione nord, mentre a sud saranno realizzate le aree a parcheggio drenante e le aree a verde in progetto, che come si è visto sono già in parte state realizzate.

Considerato l'attuale stadio di progettazione, nella stima dell'ingombro delle UMI è stato cautelativamente considerato il massimo involuppo dei fabbricati.

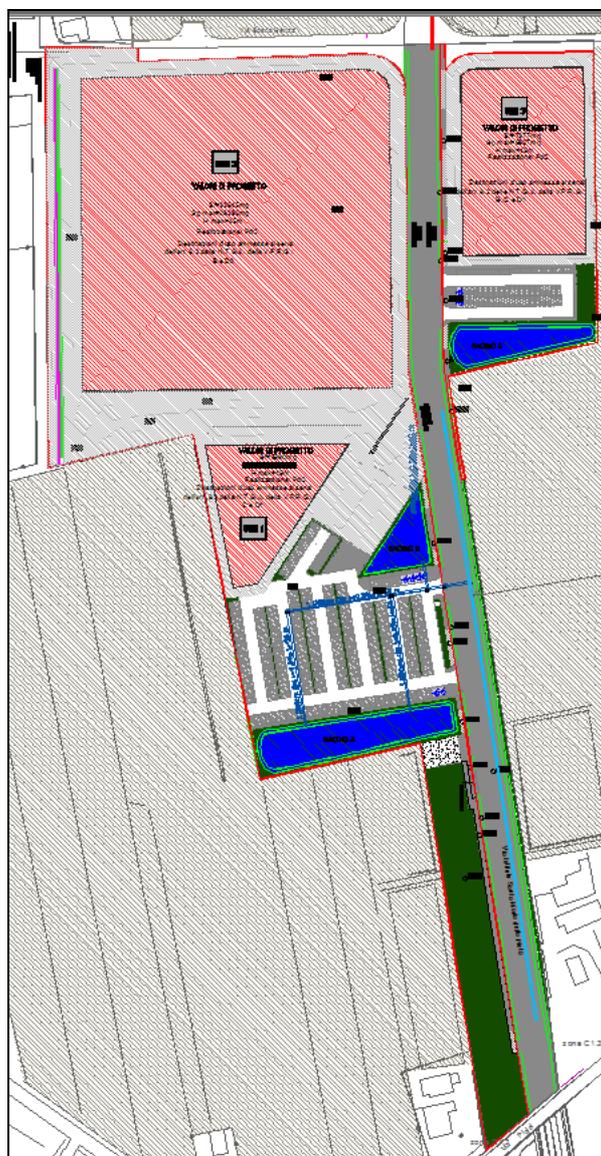


Figura 14. Planimetria generale stato di progetto.

All'interno delle aree in trasformazione è stata inoltre considerata una superficie, pari a 1.100 mq complessivi e distribuita tra i due lati strada est ed ovest, che sarà destinata ad ospitare un tratto di nuova pista ciclabile di nuova realizzazione. Per il calcolo dei massimi volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dall'incremento di impermeabilizzazione del suolo, si è fatto riferimento alle metodologie di calcolo riportate nel paragrafo successivo mediante il coefficiente di afflusso medio ϕ .

In questo caso è stato cautelativamente considerato all'interno dell'area di intervento anche il nuovo bacino di laminazione, anche se in realtà non si avrà alcuna impermeabilizzazione progettuale all'interno del perimetro destinato all'invaso.

La Tabella 11 e Tabella 12 riportano la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispondenti coefficienti di deflusso medi.

Nelle suddivisione delle aree e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- All'area occupata dalla viabilità interna in conglomerato bituminoso, al massimo inviluppo delle UMI 1, 2 e 3, alle superfici in blocchetti di calcestruzzo adibite a marciapiedi, stalli per portatori di handicap, stalli biciclette e ad altre superfici comunque assimilabili a superfici impermeabili è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,9;
- All'area occupata dai parcheggi drenanti in pavimentazione drenante e alla pavimentazione semipermeabile perimetrale attorno alle UMI (da definire all'interno delle specifiche progettazioni esecutive) è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,6;
- Alle aiuole all'interno dei parcheggi, alle aree verdi destinate ad accogliere i bacini di laminazione, al sedime del fossato lato ovest che dovrà essere mantenuto e rifezionato, e alle altre aree a verde è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,2.

Tabella 11. tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area ovest, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI PROGETTO UMI 1+2 (LATO OVEST)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
verde attrezzato V1+V2	7586.00	0.2
aiuole park 1+2	555.00	0.2
viabilità 2 ghiaia	238.00	0.6
inviluppo UMI 1	2747.00	0.9
inviluppo UMI 2	22818.00	0.9
Park viabilità 1+2	3883.00	0.9
park drenante 1+2	3096.00	0.6
fascia esterna UMI	12277.00	0.6
verde 1+2 ceduto	694.00	0.9
Totale area	53894.00	0.71

Tabella 12. tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area est, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI PROGETTO UMI 3 (LATO EST)		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
verde attrezzato V3	1592.00	0.2
viabilità 3 imperm	21.00	0.9
inviluppo UMI 3	5365.00	0.9
Park viabilità 3	1296.00	0.9
fascia esterna UMI 3	1980.00	0.6
verrde ceduto UMI 3	406.00	0.9
paek drenante umi 3	526.00	0.6
Totale area	11186.00	0.76

Il prodotto della superficie di intervento totale per il coefficiente di deflusso medio di ciascuna delle aree est ed ovest fornisce una misura dell'area efficace allo stato di progetto ed è pari a rispettivamente a 38.122,60 mq e 8.542,70 mq. La differenza tra l'area efficace allo stato di progetto ed allo stato di fatto corrisponde all'impermeabilizzazione progettuale ed è pari a rispettivamente 27.344 mq e 6.305 mq.

Sarà in questo caso necessario lo sviluppo di uno studio di compatibilità idraulica, essendo superati i limiti di superficie impermeabile imposti. All'interno di tale studio è richiesto inoltre il parere del Consorzio di Bonifica competente.

8 CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE

Noto il coefficiente di deflusso medio dell'area oggetto di studio e le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica si sono calcolate per varie durate della precipitazione le altezze di pioggia efficaci e quindi i volumi di afflusso complessivi relativi alla superficie afferente.

La Figura 15 rappresenta i volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche. La linea blu rappresenta i volumi ottenuti utilizzando curve di possibilità pluviometrica caratterizzate da un tempo di ritorno di 20 anni, la linea rossa invece rappresenta i volumi affluiti per un tempo di ritorno di 50 anni.

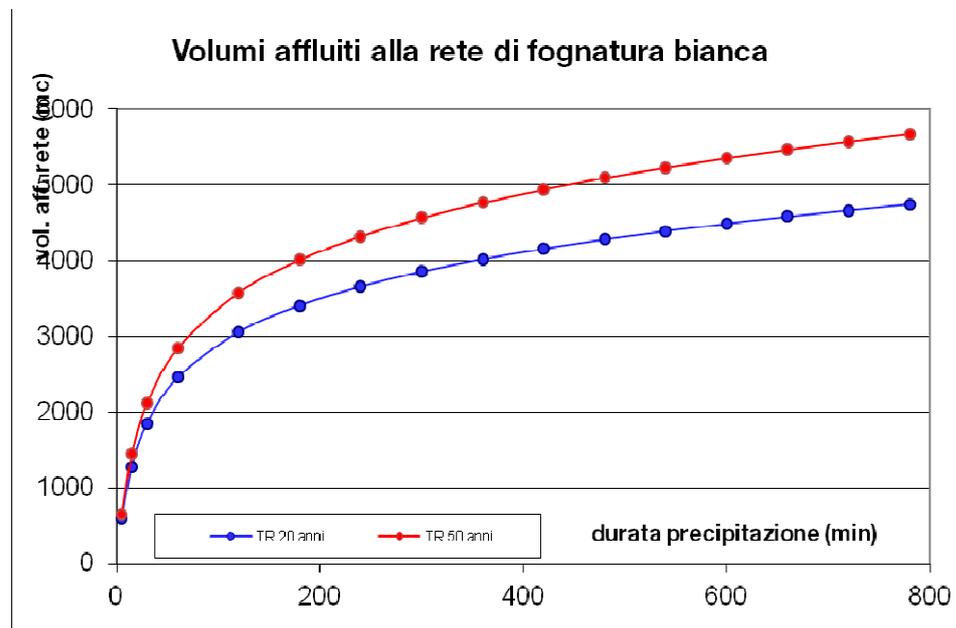


Figura 15. Volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche per tempi di ritorno di 20 e 50 anni e per durate di pioggia crescenti da 5 minuti a 13 ore (UMI 1+2).

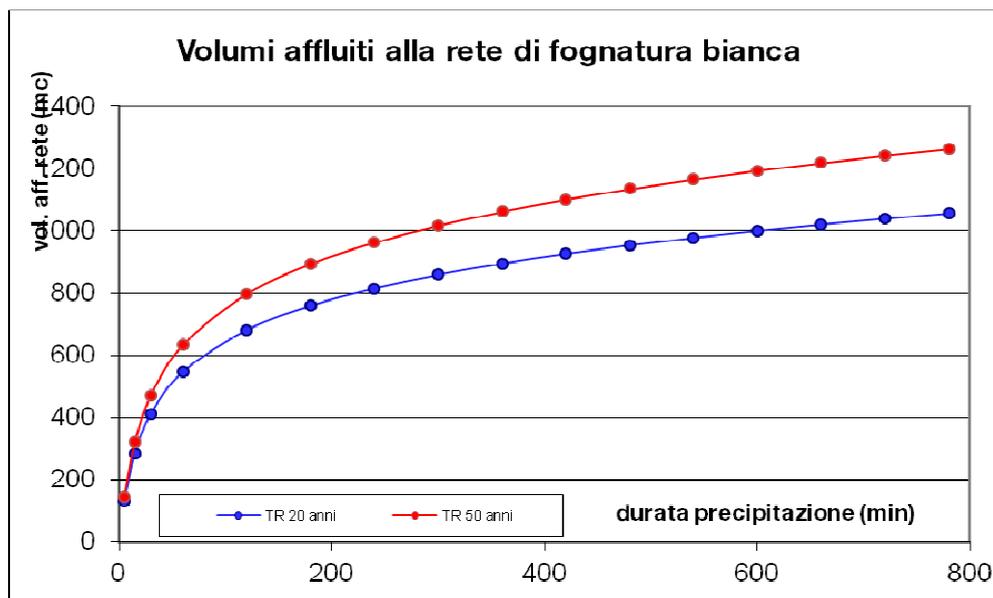


Figura 16. Volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche per tempi di ritorno di 20 e 50 anni e per durate di pioggia crescenti da 5 minuti a 13 ore (UMI 3).

Il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dalla nuova configurazione di progetto può essere con buona approssimazione condotto come differenza tra i volumi affluiti alla rete ed i volumi massimi ammessi alla rete di idrografica ricettiva.

A seguito delle ordinanze commissariali, per i comuni interessati, risulta necessario rivedere come segue la classificazione degli interventi indicata nella DGRV 1322/08 e s.m.i.. Per ogni classe d'intervento viene suggerito un criterio di dimensionamento da adottare per l'individuazione del volume d'invaso da realizzare al fine di limitare la portata scaricata ai ricettori finali (fognature bianche o miste, corpi idrici superficiali).

Riferimento	Classificazione intervento	Soglie dimensionali	Criteri da adottare
Ordinanze	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	$S^* < 200 \text{ mq}$	0
	Modesta impermeabilizzazione	$200 \text{ mq} < S^* < 1.000 \text{ mq}$	1
D.G.R. 1322/06	Modesta impermeabilizzazione potenziale	$1.000 \text{ mq} < S < 10.000 \text{ mq}$	1
	Significativa impermeabilizzazione potenziale	$10.000 \text{ mq} < S < 100.000 \text{ mq}$	2
		$S > 100.000 \text{ mq e } \Phi < 0,3$	2
	Marcata impermeabilizzazione potenziale	$S > 100.000 \text{ mq e } \Phi > 0,3$	3

Classe 1 - Trascurabile impermeabilizzazione potenziale

È sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi, tetti verdi ecc.

Classe 2 - Modesta impermeabilizzazione

È opportuno sovradimensionare la rete rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco realizzando volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, in questi casi è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un diametro di 200 mm.

Classe 3 - Modesta impermeabilizzazione potenziale

Oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un diametro di 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Classe 4 - Significativa impermeabilizzazione potenziale

Andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Classe 5 - Marcata impermeabilizzazione potenziale

È richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Nel caso specifico ricadiamo nella classe di significativa impermeabilizzazione potenziale dove sarà adottato il criterio numero 2 per la determinazione del volume da invasare ovvero il metodo delle piogge critiche.

Al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area, si considera accettabile immettere alla rete idrografica una portata inferiore a quella che l'area scarica attualmente: si ammette di scaricare una portata specifica di 10 l/s, ha.

Ipotizzando cautelativamente di scaricare una tale portata si possono calcolare, tramite l'equazione seguente, i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata τ della precipitazione.

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t+b)^c} \cdot t \right] - Q_u \cdot t$$

dove:

W_i è il volume di invaso;

W_e è il volume in ingresso;

W_u è il volume in uscita;

S la superficie scolante;

φ il coefficiente di deflusso medio dell'area;

t è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.

Si ottiene dunque:

$$t = \sqrt[c]{\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t}{t+b} + 1 \right]}} - b$$

che, a convergenza, porta a determinare:

$$t_{critico} = \sqrt[c]{\frac{Qu}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t_{critico}}{t_{critico} + b} + 1 \right]}} - b$$

e conseguentemente:

$$Wi = We - Wu = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t_{critico} + b)^c} \cdot t_{critico} \right] - Qu \cdot t_{critico}$$

8.1 CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO PARTE UMI 1+2

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione delle equazioni sopra riportate al caso UMI 1+2 ha portato ad individuare:

<i>portata consentita allo scarico</i>	$Q=53,90$ l/s
<i>durata critica</i>	$t=5,71$ ore
<i>massimo volume di invaso</i>	$V=3.577$ mc
<i>volume di invaso specifico</i>	$v=664$ mc/ha

La tabella seguente riporta il calcolo dei volumi di invaso per diverse durate di precipitazione ed evidenzia che il volume massimo si ha proprio in corrispondenza di durate pari a 5,71 ore.

Tabella 13. tabella riassuntiva dei volumi di invaso in funzione della durata della precipitazione.

tp		h	Vol in	Vol out	Vol inv	Vol spc
min	ore	mm	mc	mc	mc	mc/ha
15	0.25	37.79	1441	49	1392	258
30	0.50	55.30	2108	97	2011	373
36	0.60	60.20	2295	116	2179	404
54	0.90	71.31	2718	175	2544	472
60	1.00	74.21	2829	194	2635	489
120	2.00	93.35	3559	388	3171	588
180	3.00	104.60	3988	582	3406	632
240	4.00	112.69	4296	776	3520	653
300	5.00	119.05	4538	970	3568	662
343	5.71	122.89	4685	1108	3577	664
500	6.00	134.08	5112	1617	3495	648
600	7.00	139.65	5324	1940	3384	628

Volendo avere un dimensionamento più veritiero del volume di invaso da rendere disponibile si è calcolato l'idrogramma di piena generato in conseguenza a piogge aventi tempo di ritorno 50 anni e durata pari al tempo critico, e se ne è fatta la differenza con un idrogramma di uscita caratterizzato da portata costante pari a 53,90 l/s.

Per il calcolo degli idrogrammi in ingresso si è utilizzato il metodo del serbatoio lineare che schematizza il bacino come un serbatoio caratterizzato da legge lineare tra il volume di invaso e la portata uscente. In tale modello l'idrogramma unitario istantaneo IHU assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{k} e^{-\frac{t}{k}}$$

dove k , denominata costante d'invaso lineare, ha le dimensioni di un tempo e rappresenta il suddetto legame di proporzionalità tra il volume W invasato nel bacino e la portata uscente Q . La costante di invaso lineare k non ha alcun significato fisico, ma è solo un valore concettuale, risulta pertanto un parametro di taratura del modello).

Nella pratica progettuale tale legame viene assunto essere lineare ed espresso dalla relazione:

$$k = \frac{W(t)}{Q(t)} \quad (3)$$

Noto l'afflusso netto $I(t)$ ed il valore della costante k , è possibile ricostruire l'idrogramma di piena integrando, rispetto al tempo, le equazioni del serbatoio lineare (3) e di continuità:

$$I(t)dt = dW(t) + Q(t)dt$$

con:

- I afflusso netto sul bacino [m^3/s];
- W volume immagazzinato a monte [m^3];
- Q portata in uscita dalla sezione di chiusura [m^3/s]

Dati necessari per il calcolo dell'idrogramma sono:

- i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse;
- le caratteristiche del bacino (superficie e coefficiente di afflusso medio);
- il tempo di corrivazione;
- il tempo di pioggia;
- costante di invaso k .

Volendo far riferimento a eventi critici i coefficienti di deflusso, come già detto, sono stati considerati costanti nel tempo e relativi ad un contesto di elevata umidità iniziale del suolo.

Il tempo di corrivazione ($t_c=10$ min) è stato calcolato come somma del tempo di accesso alla rete t_a e del tempo di rete t_r ($t_c = t_a + t_r$) calcolati rispettivamente con le equazioni:

$$t_a = \frac{0,51}{s^{0,375} (i\phi S)^{0,25}} \quad [\text{Mambretti e Paoletti, 1997}]$$

$$t_r = \frac{L}{1,5V} \quad [\text{Beucci, Mambretti e Paoletti, 1997}]$$

dove:

t_a = tempo di accesso in secondi;

t_r = tempo di rete in secondi;

L = massima lunghezza del deflusso superficiale in metri;

s = pendenza media del bacino in metri su metri;

S = superficie del bacino in ettari;

i = intensità di pioggia;

ϕ = coefficiente di afflusso medio del bacino;

L = lunghezza della rete in metri;

V = velocità media nella rete

La costante di invaso k (parametro di taratura del modello), essendo in fase di progettazione, è stata stimata sulla base del tempo di corrivazione del sistema.

La figura seguente riporta l'idrogramma di piena per piogge aventi tempo di ritorno di 50 anni incidenti nelle aree di intervento e l'idrogramma ritenuto accettabile allo scarico.

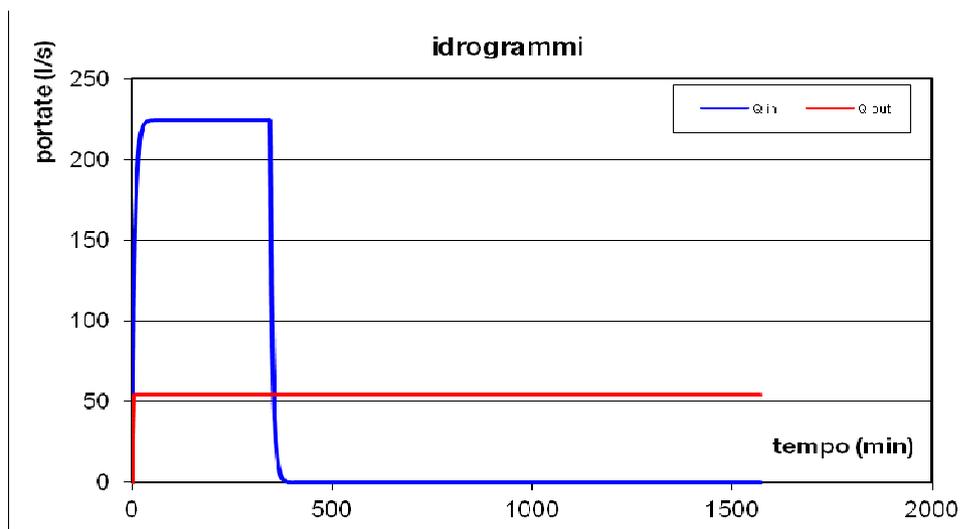


Figura 17. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto UMI 1+2. La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

L'area sottesa fra l'idrogramma in ingresso e l'idrogramma ottenuto fissando una portata in uscita costante a quelle desunte da un coefficiente udometrico di 10 l/s, ha rappresenta il volume di invaso da rendere disponibile. Tale volume viene rappresentato nella seguente Figura 18 dalla linea verde. Nello stesso grafico vengono riportati gli andamenti, in funzione del tempo, dei volumi in ingresso (crescente per tutta la durata di pioggia) e di uscita (costantemente crescente nel tempo). Dalla linea rappresentante il volume di laminazione si può inoltre notare che il massimo volume di invaso ammonta a 3.475 mc.

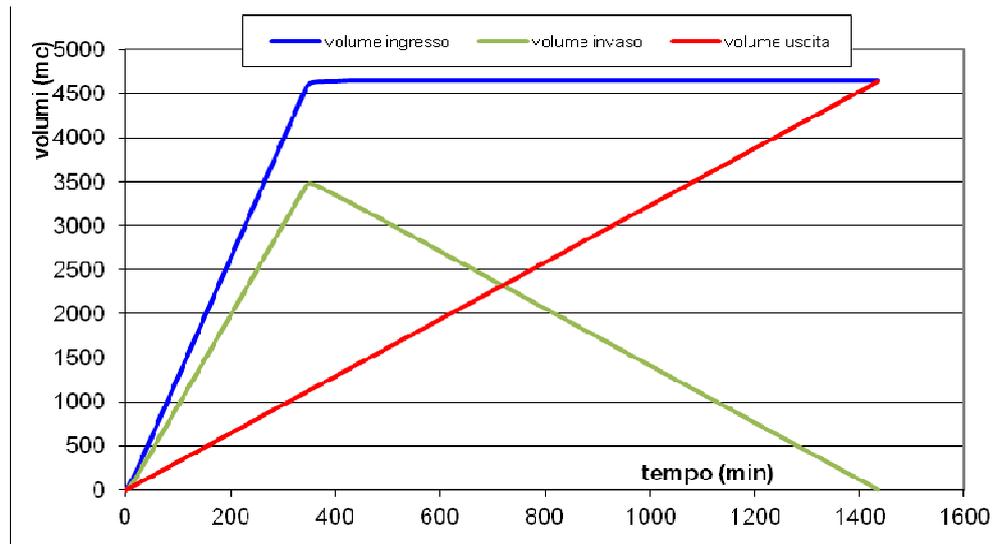


Figura 18. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invaso (linea verde).

Per la costruzione dei precedenti grafici si sono usati i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse per l'intervallo temporale compreso tra i 45 minuti e 12 ore.

Volendo porsi quindi a favore di sicurezza, risulta conveniente adottare come base progettuale i valori forniti dal metodo della durata critica; questo infatti fissava a 3.577 mc il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

8.2 CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO PARTE UMI 3

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione delle equazioni sopra riportate al caso UMI 3 ha portato ad individuare:

<i>portata consentita allo scarico</i>	$Q=11,19$ l/s
<i>durata critica</i>	$t=6,21$ ore
<i>massimo volume di invaso</i>	$V=820,6$ mc
<i>volume di invaso specifico</i>	$v=734$ mc/ha

La tabella seguente riporta il calcolo dei volumi di invaso per diverse durate di precipitazione ed evidenzia che il volume massimo si ha proprio in corrispondenza di durate pari a 6,21 ore.

Tabella 14. tabella riassuntiva dei volumi di invaso in funzione della durata della precipitazione.

tp		h	Vol in	Vol out	Vol inv	Vol spc
min	ore	mm	mc	mc	mc	mc/ha
15	0.25	37.79	323	10	313	280
30	0.50	55.30	472	20	452	404
36	0.60	60.20	514	24	490	438
54	0.90	71.31	609	36	573	512
60	1.00	74.21	634	40	594	531
120	2.00	93.35	797	81	717	641
240	4.00	112.69	963	161	802	717
300	5.00	119.05	1017	201	816	729
360	6.00	124.33	1062	242	820	733
373	6.21	125.37	1071	250	821	734
300	5.00	119.05	1017	201	816	729
360	6.00	124.33	1062	242	820	733

Volendo avere un dimensionamento più veritiero del volume di invaso da rendere disponibile si è calcolato l'idrogramma di piena generato in conseguenza a piogge aventi tempo di ritorno 50 anni e durata pari al tempo critico, e se ne è fatta la differenza con un idrogramma di uscita caratterizzato da portata costante pari a 11,19 l/s.

Analogamente a quanto già visto per le UMI 1+2, e ipotizzando un tempo di icorivazione pari a 8 minuti, si riporta anche per il caso dell'area UMI 3 l'idrogramma di piena per

piogge aventi tempo di ritorno di 50 anni incidenti nelle aree di intervento e l'idrogramma ritenuto accettabile allo scarico.

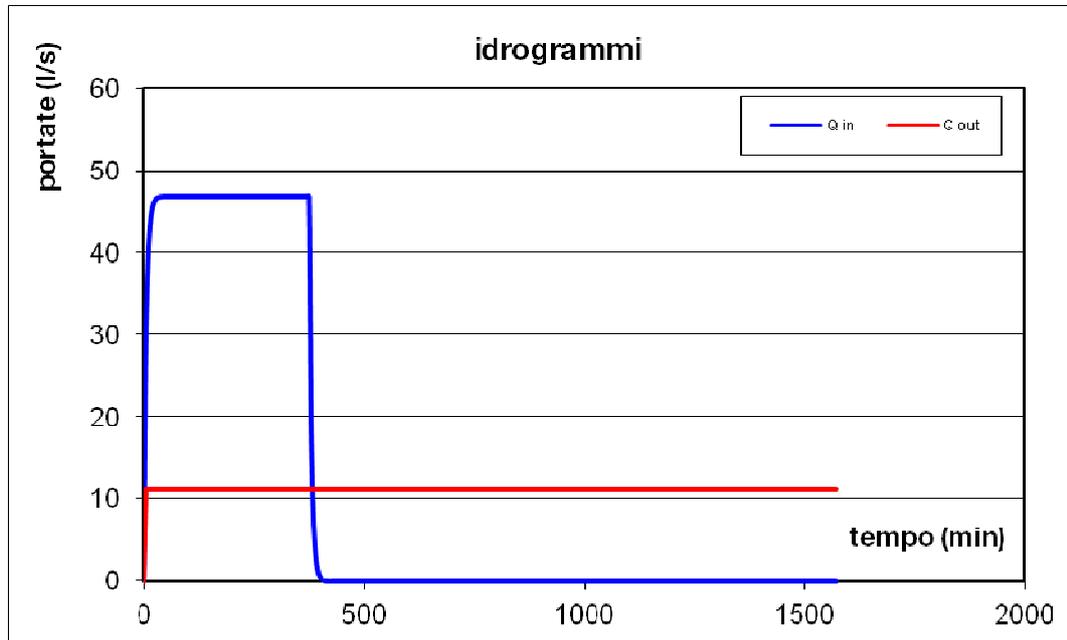


Figura 19. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto UMI 1+2. La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

L'area sottesa fra l'idrogramma in ingresso e l'idrogramma ottenuto fissando una portata in uscita costante a quelle desunte da un coefficiente udometrico di 10 l/s, ha rappresenta il volume di invaso da rendere disponibile. Tale volume viene rappresentato nella seguente Figura 18 dalla linea verde. Nello stesso grafico vengono riportati gli andamenti, in funzione del tempo, dei volumi in ingresso (crescente per tutta la durata di pioggia) e di uscita (costantemente crescente nel tempo). Dalla linea rappresentante il volume di laminazione si può inoltre notare che il massimo volume di invaso ammonta a 796 mc.

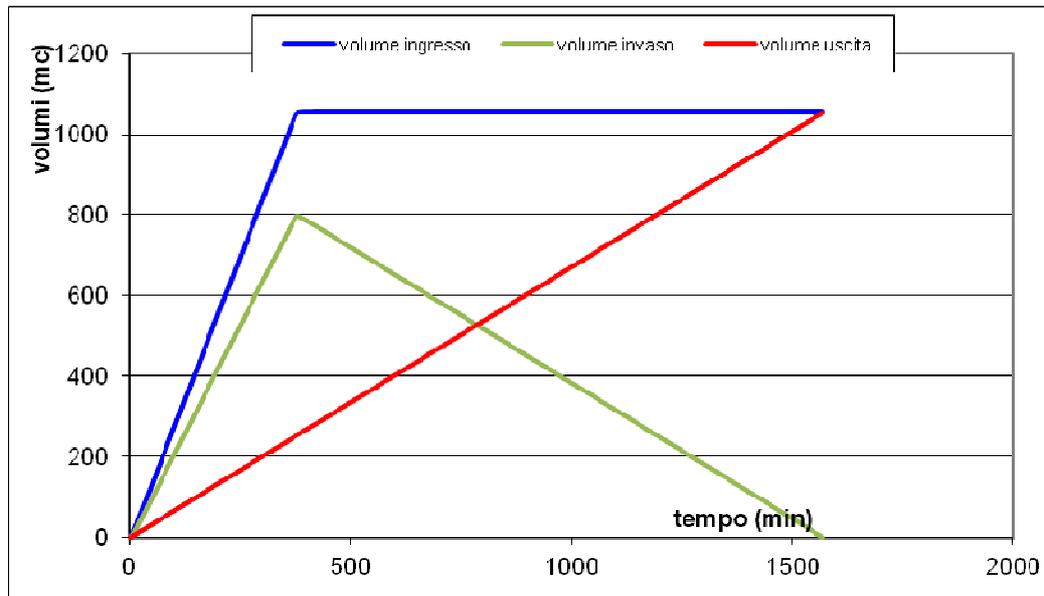


Figura 20. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invasato (linea verde).

Per la costruzione dei precedenti grafici si sono usati i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse per l'intervallo temporale compreso tra i 45 minuti e 12 ore.

Volendo porsi quindi a favore di sicurezza, risulta conveniente adottare come base progettuale i valori forniti dal metodo della durata critica; questo infatti fissava a 820,6 mc il massimo volume di invasato necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

9 INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E DELLO SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE

I volumi necessari alla laminazione, pari complessivamente a $3.577,6+820,6=4.397,6$ mc, saranno realizzati con le seguenti modalità:

- una parte verrà invasata all'interno dell'area golenale di laminazione adiacente il Canale Consortile Fossa Storta; come per la valutazione di compatibilità idraulica già approvata saranno ricavati all'interno dell'area golenale della Fossa Storta 1.558 mc, da scomputare tra i volumi previsti per laminare le portate provenienti dalle UMI 1+2.
- la parte rimanente verrà invasata all'interno dei singoli lotti del Comparto C. Precisamente dovranno essere ora recuperati 2.019 mc per le UMI 1+2 e nuovamente 820,6 mc per la UMI 3.

9.1 VOLUMI DI INVASO ALL'INTERNO DELL'AREA UMI 1+2 (OVEST)

I volumi necessari alla laminazione, pari complessivamente a 2.019 mc, saranno resi disponibili all'interno della lottizzazione mediante un sistema composto da due parti:

- Una linea di condotte cls prefabbricate tra i 60 e gli 80 cm di diametro. Le condotte saranno posate con una pendenza al fondo dello 0,5 ‰ circa, saranno disposte lungo il perimetro UMI 2 e serviranno anche il parcheggio drenante in progetto, per allacciarsi ai manufatti di laminazione S1 ed S2. Di seguito sono riportate sinteticamente le caratteristiche dimensionali delle due condotte:

Tabella 15. Descrizione delle caratteristiche geometriche delle condotte all'interno dell'area UMI 1+2.

Verifica disponibilità di invaso UMI 1+2		Volumi in condotta						L tot
		Tronco 1	Tronco 2	Tronco 3	Tronco 4	Tronco 5	Tronco 6	
lunghezza rete di pertinenza	ml	337	331	150	150	160	158	volume totale
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
D rete	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	
quota scorrimento fondo	m	0	0	0.082	0.082	0	0	
altezza iniziale	m	0.768	0.768	0.686	0.686	0.570	0.570	
grado di riempimento medio	%	85%	86%	81%	81%	88%	88%	
area liquida media	mq	0.46	0.46	0.44	0.44	0.26	0.26	
volume in condotta	mc	153.46	150.73	65.42	65.42	42.16	41.64	

Verifica disponibilità di invaso UMI 1+2		Volumi in condotta				
		Tronco1	Tronco2	Tronco3	Tronco4	L tot
lunghezza rete di pertinenza	ml	135	55	12	32	234
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	volume totale
D rete	m	0.8	0.8	0.8	0.6	
quota scorrimento fondo	m	0	0.0115	0.0035	0	
altezza iniziale	m	0.768	0.757	0.765	0.570	
grado di riempimento medio	%	92%	93%	95%	94%	
area liquida media	mq	0.48	0.48	0.49	0.27	
volume in condotta	mc	64.83	26.61	5.92	8.77	

- Due bacini di laminazione ed invaso a cielo aperto leggermente modificati rispetto a quelli già approvati dalla precedente valutazione di compatibilità idraulica e successivamente realizzati. I bacini, uno di forma allungata (BACINO A) e l'altro di forma triangolare (BACINO B), sono collegati alla rete delle condotte di invaso, avranno un massimo tirante di 0,70-0,74 m ed un franco di sicurezza di 90 cm minimo. La seguente tabella illustra le principali caratteristiche dei bacini e riepiloga il conteggio dei volumi previsti per l'area UMI 1+2:

Tabella 16. Riepilogo conteggio volumi di invaso per area UMI 1+2

UMI 1+2	tirante max invaso	superficie media	max vol invaso
bacino A	0.70	1491	1043.7
bacino B (triang)	0.74	476	352.24
condotte attorno ad UMI 1			106.13
condotte attorno ad UMI 2			518.84
volume di invaso totale			2020.9
volume di invaso necessario			2018.9

Il calcolo dei volumi all'interno dei bacini è stato effettuato considerando una superficie liquida intermedia a metà altezza tra il fondo dei bacini e la quota corrispondente al tirante massimo.

Il totale dei volumi così disponibili è superiore al volume necessario e superiore anche alla precedente valutazione di compatibilità idraulica approvata.

Come previsto dalla valutazione di compatibilità già approvata, I bacini scaricheranno sulla linea cls da 80 cm diretta a due manufatti di laminazione S1 e S2, come dagli elaborati grafici allegati. recependo la prescrizione del parere favorevole, sarà creato un collegamento tramite botte a sifone, da realizzarsi con una condotta cls Ø60 cm in modo da mettere in collegamento i due sistemi di invaso altrimenti non comunicanti.

I manufatti S1 ed S2 sono a loro volta diretti sulla linea di scarico esistente lungo la strada principale. Si tratta di uno scatolare in cls che nei punti di scarico è di dimensione 100x80

cm che dovrà essere raggiunto tramite due condotte di scarico di minimo 60 cm di diametro.

9.2 VOLUMI DI INVASO ALL'INTERNO DELL'AREA UMI 3 (EST)

I volumi necessari alla laminazione, pari complessivamente a 820,6 mc, saranno resi disponibili all'interno della lottizzazione mediante un sistema composto da due parti:

- Una doppia linea di condotte cls prefabbricate di 80 cm di diametro. Le condotte saranno posate con una pendenza al fondo dello 0,5 ‰ circa, saranno disposte lungo il lato est della UMI 3 e passando anche qui per il parcheggio in progetto. La doppia linea curverà poi verso ovest fino al pozzetto di laminazione S3. Di seguito sono riportate sinteticamente le caratteristiche dimensionali delle due linee di condotte, oltre ad un ulteriore breve tratto di collegamento:

Tabella 17. Descrizione delle caratteristiche geometriche delle condotte all'interno dell'area UMI 3.

Verifica disponibilità di invaso UMI 3		Tronco1	Tronco2	Tronco3	L tot
lunghezza rete di pertinenza	ml	190	193	7	390
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005	volume totale
D rete	m	0.8	0.8	0.8	
quota scorrimento fondo	m	-1.69	-1.69	-1.675	
altezza iniziale	m	0.792	0.792	0.777	
grado di riempimento medio	%	93%	93%	97%	
area liquida media	mq	0.49	0.48	0.50	
volume in condotta	mc	92.57	93.38	3.47	

- un terzo bacino di laminazione ed invaso a cielo aperto leggermente modificato, rispetto a quello già approvato dalla precedente valutazione di compatibilità idraulica e successivamente realizzato. Il bacino, di forma allungata (identificato come BACINO C) è previsto sull'area a verde disposta parallelamente al parcheggio in progetto e sarà collegato alla rete delle condotte di invaso, tramite il tubo di 7 metri sopra riportato. Avrà un massimo tirante di 0,76 m ed un franco di sicurezza di 90 cm minimo. La seguente tabella illustra le principali caratteristiche dei bacini e riepiloga il conteggio dei volumi previsti per l'area UMI 3:

Tabella 18. Riepilogo conteggio volumi di invaso per area UMI 3

UMI 3	tirante max invaso	superficie media	max vol invaso
bacino C	0.76	832	632.32
condotte attorno ad UMI 3			189.41
volume di invaso totale			821.7
volume di invaso necessario			820.6

Anche in questo caso Il calcolo dei volumi all'interno del bacino è stato effettuato considerando una superficie liquida intermedia a metà altezza tra il fondo e la quota corrispondente al tirante massimo.

Il totale dei volumi così disponibili è anche qui superiore al volume necessario e superiore anche alla precedente valutazione di compatibilità idraulica approvata.

Come previsto dalla valutazione di compatibilità già approvata, la rete di invaso scaricherà sulla medesima condotta scatolare da 100x80 cm tramite un terzo manufatto di laminazione delle portate nominato S3.

Sia per le UMI 1+2 che per la UMI 3 la linea di cls è dotata di numerosi pozzetti di ispezione in cls di 120x120 cm in grado di assicurare il corretto esercizio e manutenzione delle opere previste.

10 CALCOLO DEI VOLUMI DI COMPENSAZIONE

All'interno della precedente Valutazione di compatibilità idraulica già approvata, relativamente agli interventi previsti sulla rete di bonifica esterna ai volumi di invaso, era stato previsto in particolare:

- il tombinamento del fossato esistente all'interno dell'area UMI 1+2, tramite una condotta scatolare di 80x120 cm, posata ad una pendenza dell'1‰ e presidiata da una soglia di sfioro per troppo pieno a monte e da una valvola a clapet a valle. Si tratta di un collegamento in grado di mitigare lo stato di sofferenza idraulica di una parte della zona industriale confinante, dirottando alcune portate sulla condotta stradale 100x80 cm già individuata per lo scarico delle portate laminate dall'area di intervento. Come accertato in occasione di alcuni rilievi effettuati sul posto, la sezione del fossato esistente è di circa 1 mq. Sottraendo la quota di sezione comunque resa disponibile dallo scatolare, pari a 0,96 mq, si calcola un volume aggiuntivo da recuperare pari a circa 7 mc.
- Lo scavo ed il risezionamento del fossato esistente nel confine tra UMI 2 e area industriale posta ad ovest, e diretto a nord sulla Fossa Storta. Il fossato, oggi in parte interrato ed in stato di abbandono, sarà recuperato, ripulito e scavato per tutta la lunghezza a confine, stimata in circa 180 m.

Questi due interventi, già approvati ed autorizzati nella precedente Valutazione di compatibilità idraulica, sono qui confermati in toto.

Rispetto a quanto già approvato, si calcola ora anche il volume da recuperare per l'interramento di alcune scoline. Si tratta di 4 scoline esistenti sul sedime in cui sarà realizzato l'edificio della UMI 2, caratterizzate da una modesta sezione utile (circa 0,15 mq) e da una lunghezza complessiva di 674 m circa. Per un dettaglio sulle lunghezze di ciascuna scolina si rimanda agli elaborati grafici allegati.

La seguente tabella riassume i volumi da recuperare per compensazione.

Tabella 19. Tabella riassuntiva calcole dei volumi da recuperare per compensazione sulla rete di bonifica esterna all'area di intervento.

VOLUMI DA RECUPERARE		
GRANDEZZA	UM	VALORE
lunghezza totale scoline interrare	m	674
sezione media scolina	mq	0.15
volume da recuperare per compensazione scoline	mc	101.1
sezione fossato da tombinare tra UMI 1 e UMI 2	mq	1
sezione condotta scatolare 120x80	mq	0.96
sezione fossato da recuperare escluso scatolare	mq	0.04
lunghezza fossato da tombinare	m	174
volume da recuperare fossato oggetto di tombinamento	mc	6.96
tot volumi da recuperare	mc	108

Tornando al fossato da mantenere e risezionare ai sensi delle prescrizioni contenute nel Parere rilasciato nel 2010, è previsto lo scavo per tutta la sua lunghezza estendendo l'intervento verso monte fino al punto di scarico dell'attuale condotta in cls in arrivo dalla zona industriale confinante, visibile nell'immagine seguente.



Figura 21. Condotta cls esistente in arrivo dalla zona industriale a confine ovest.

Il fondo del fossato scavato, a pendenza praticamente orizzontale, dovrà essere alla medesima quota della condotta rilevata, in modo da poter scaricare verso nord e verso lo scolo Fossa Storta le acque provenienti dalla zona industriale qualora successivi interventi alla rete di valle ripristino il collegamento verso valle e verso il fossato esistente, a nord di via bosco Berizzi, diretto verso il canale ricettore. Stimando la lunghezza totale del fossato finito a 192 m circa, scelte due sezioni tipo come da elaborati tecnici allegati si dimostra che nella prima sezione lo scavo è di 1,74 mq rappresentativa di un tratto di 92 m, per un volume recuperato di 160 mc; la seconda sezione prevede un recupero di 1,77 mq per 100 metri e consente il recupero di 177. In totale il risezionamento del fossato comporterà di ricavare circa $177+160 = 337$ mc ben oltre i 108 mc da recuperare per tombinamenti e chiusura scoline.



Figura 22. Scolina da interrare e compensare.



Figura 23. Fossato perimetrale oggetto di risezionamento.



Figura 24 Immagine satellitare con indicazione delle 4 scoline da tombare.

La condotta scatolare 120x80 in progetto scaricherà sul tombotto esistente lungo la viabilità interna, come già previsto all'interno della pratica approvata. Il consorzio di Bonifica competente ha inoltre prescritto il potenziamento dell'esistente linea di by pass, costituita da una condotta in PVC Ø315 mm, che consente lo sfioro delle portate in arrivo dal fossato da tombinare al di sopra del tombotto, verso la linea fossati diretta ad est.

Un sopralluogo ha evidenziato la presenza della linea di by pass. Ad essa dovrà allacciarsi anche lo scatolare di tombinamento in progetto, tramite un pozzettone di scarico, avente il posizionamento e le caratteristiche descritte all'interno dei particolari costruttivi allegati. Recependo le indicazioni del consorzio, inoltre, si prevede la posa di

altre due condotte in PVC dello stesso diametro che dovranno essere posate alla stessa quota affianco alla linea esistente



Figura 25. Linea di by pass PVC esistente.

11 DESCRIZIONE DEI MANUFATTI DI REGOLAZIONE

I 3 manufatti di laminazione saranno ricavati all'interno di altrettanti pozzetti in cls da 120x120 cm e realizzati con un setto in calcestruzzo sul quale trova alloggio un pancone in acciaio forato sul fondo. La dimensione del foro delle luce a battente è stata calcolata mediante le equazioni della foronomia $Q = c_c \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$ attribuendo al coefficiente di contrazione C_c un valore pari a 0,55 ed in modo da avere allo scarico una portata media nel tempo di pioggia prossima a 10 l/s,ha per tutta l'area afferente. Anche in questo caso si esamineranno separatamente le aree UMI 1+2 e UMI 3.

11.1 MANUFATTI DI REGOLAZIONE S1 S2 A SERVIZIO DELL'AREA UMI 1+2.

La Tabella 20 e la Figura 26 descrivono la scala delle portate di ciascuno dei due manufatti di regolazione. In questo caso la portata pari a 10 l/s,ha è stata suddivisa in due ed in questo modo ciascuno dei due manufatti dovrà laminare una portata di 26,95 l/s. Ciò è possibile in quanto sia il fondo che il livello di massimo invaso sono allineati tra i due sistemi, e che essi saranno collegati dalla citata condotta cls Ø60 cm.

come si può osservare, per tiranti (calcolati con riferimento all'interasse del foro) inferiori a 0,70 m (a partire dal fondo del fosso perimetrale di vuotamento) è attiva solo la luce a battente e permette di scaricare una portata massima di 26,95 l/s per ciascun manufatto (con un coefficiente udometrico circa pari a 10 l/s,ha) mentre per tiranti superiori a 0,70 m si attiva lo sfioratore di troppo pieno e la portata sfiorante è in grado di smaltire almeno il valore della media del picco della portata massima generata dalla configurazione di progetto quando si verifichi un evento di precipitazione con un tempo di ritorno di 50 anni.

Tabella 20. Tabella riassuntiva della scala delle portate del manufatto di regolazione (UMI 1+2)

tirante y (m)	luce di fondo		stramazzo		portata totale
	Q (mc/s)	Q (l/s)	Q (mc/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
0.05	0.01	7.19	0.00	0.00	7.19
0.1	0.01	10.17	0.00	0.00	10.17
0.3	0.02	17.61	0.00	0.00	17.61
0.4	0.02	20.33	0.00	0.00	20.33
0.5	0.02	22.73	0.00	0.00	22.73
0.6	0.02	24.90	0.00	0.00	24.90
0.703	0.03	26.95	0.00	0.00	26.95
0.8	0.03	28.75	0.07	65.84	94.59
0.9	0.03	30.50	0.19	190.55	221.05
1.01	0.03	32.31	0.37	370.70	403.01
1.2	0.04	35.21	0.76	763.57	798.78

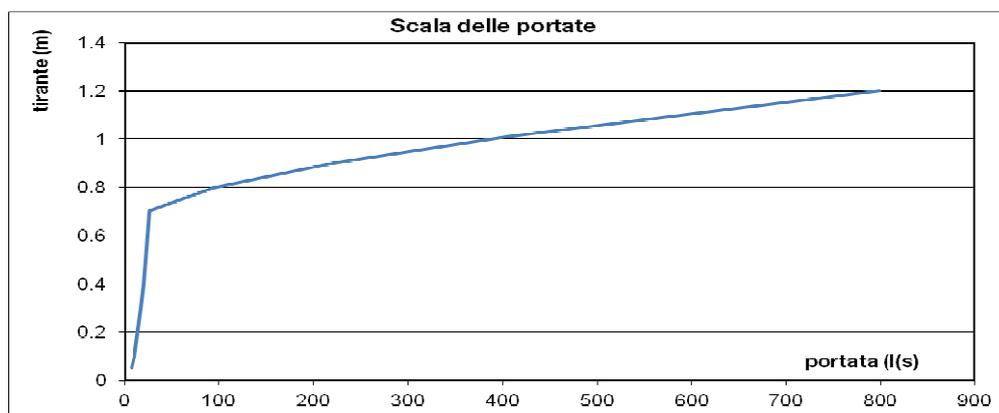


Figura 26. Scala delle portate scaricate dal manufatto di regolazione (UMI 1+2).

Nel caso in cui si verificassero successivi eventi di precipitazione particolarmente intensi e i volumi della rete fossero già completamente invasati, lo sfioratore è in grado di smaltire efficientemente un valore pari alla media del picco di portata generata con una precipitazione avente un tempo di ritorno di 50 anni e una durata pari al tempo di corrivazione. Si riporta nuovamente l'idrogramma di piena. Il calcolo della portata che sfiora dallo stramazzo è stato eseguito considerando un coefficiente di portata C_q pari a 0,41, caratteristico degli sfiori in parete sottile.

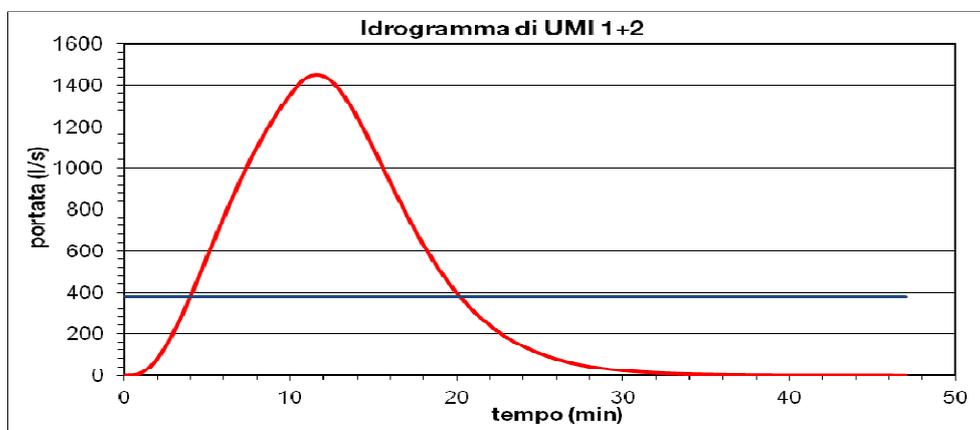


Figura 27. Ondata di piena della configurazione di progetto per un TR50 e una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, riferita al totale centro commerciale + parcheggio in progetto.

Per la costruzione del precedente grafico si sono usati i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse per l'intervallo temporale compreso tra i 5 e i 45 minuti.

A valle di ciascun manufatto di laminazione è previsto un tubo di scarico cls Ø60 cm posato con una pendenza di 2-2,5 ‰ ed in grado di assicurare lo scarico di una portata massima pari a circa 350 l/s con un grado di riempimento del 95%. In questo modo è

possibile scaricare una portata complessiva pari a circa 700 l/s, superiore al citato valore di media del picco di portata scaricato dal manufatto per sfioro.

11.2 MANUFATTI DI REGOLAZIONE S3 A SERVIZIO DELL'AREA UMI 3.

La Tabella 20 e la Figura 26 descrivono la scala delle portate del manufatto di regolazione evidenziando che per tiranti (calcolati con riferimento all'interasse del foro) inferiori a 0,75 m (a partire dal fondo del fosso perimetrale di vuotamento) è attiva solo la luce a battente e permette di scaricare una portata massima di 11,19 l/s (con un coefficiente udometrico circa pari a 10 l/s,ha) mentre per tiranti superiori a 0,75 m si attiva lo sfioratore di troppo pieno e la portata sfiorante è in grado di smaltire il valore di picco della portata massima generata dalla configurazione di progetto quando si verifichi un evento di precipitazione con un tempo di ritorno di 50 anni.

Tabella 21. Tabella riassuntiva della scala delle portate del manufatto di regolazione.

tirante y (m)	luce di fondo		stramazzo		portata totale Q (l/s)
	Q (mc/s)	Q (l/s)	Q (mc/s)	Q (l/s)	
0.05	0.00	2.88	0.00	0.00	2.88
0.1	0.00	4.08	0.00	0.00	4.08
0.3	0.01	7.07	0.00	0.00	7.07
0.5	0.01	9.12	0.00	0.00	9.12
0.6	0.01	9.99	0.00	0.00	9.99
0.7	0.01	10.79	0.00	0.00	10.79
0.752	0.01	11.19	0.00	0.00	11.19
0.8	0.01	11.54	0.02	22.92	34.46
0.9	0.01	12.24	0.12	124.08	136.32
1.04	0.01	13.16	0.34	336.82	349.98
1.1	0.01	13.53	0.45	447.39	460.92

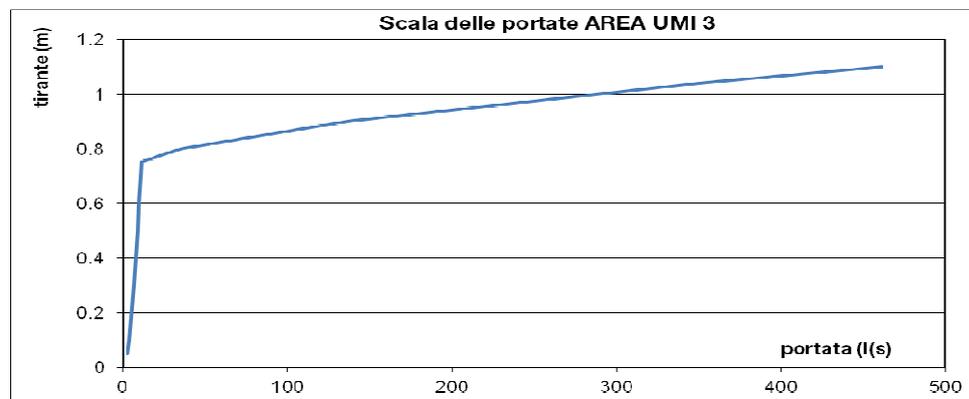


Figura 28. Scala delle portate scaricate dal manufatto di regolazione (UMI 3)

Nel caso in cui si verificassero successivi eventi di precipitazione particolarmente intensi e i volumi della rete fossero già completamente invasati, lo sfioratore è in grado di smaltire efficientemente un valore al picco di portata generata con una precipitazione avente un tempo di ritorno di 50 anni e una durata pari al tempo di corrivazione. Si riporta nuovamente l'idrogramma di piena .Il calcolo della portata che sfiora dallo stramazzo è stato eseguito considerando un coefficiente di portata C_q pari a 0,41, caratteristico degli sfiori in parete sottile.

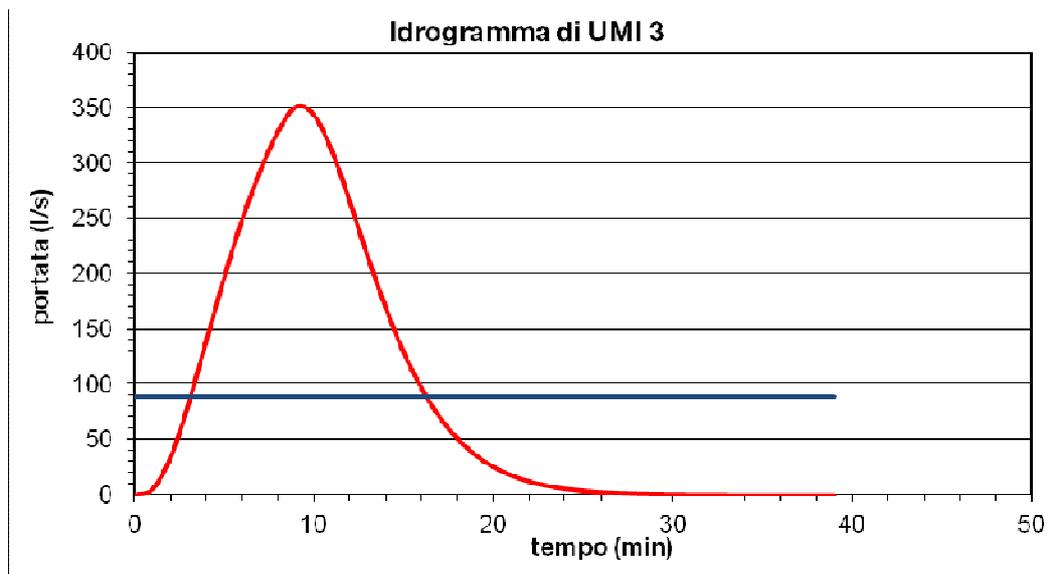


Figura 29. Onda di piena della configurazione di progetto per un TR50 e una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, (UMI 3)

Per la costruzione del precedente grafico si sono usati i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse per l'intervallo temporale compreso tra i 5 e i 45 minuti.

A valle del manufatto di laminazione è previsto un tubo di scarico cls Ø60 cm posato con una pendenza di 2-2,5 ‰ ed in grado di assicurare lo scarico di una portata massima pari a circa 350 l/s con un grado di riempimento del 95%

12 SINTESI DELLA VALUTAZIONE

STATO DI PROGETTO UMI 1+2 (LATO OVEST)

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
verde attrezzato V1+V2	7586.00	0.2
aiuole park 1+2	555.00	0.2
viabilità 2 ghiaia	238.00	0.6
inviluppo UMI 1	2747.00	0.9
inviluppo UMI 2	22818.00	0.9
Park viabilità 1+2	3883.00	0.9
park drenante 1+2	3096.00	0.6
fascia esterna UMI	12277.00	0.6
verde 1+2 ceduto	694.00	0.9

Totale area

53894.00

0.71

STATO DI PROGETTO UMI 3 (LATO EST)

Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
verde attrezzato V3	1592.00	0.2
viabilità 3 imperm	21.00	0.9
inviluppo UMI 3	5365.00	0.9
Park viabilità 3	1296.00	0.9
fascia esterna UMI 3	1980.00	0.6
verde ceduto UMI 3	406.00	0.9
park drenante umi 3	526.00	0.6

Totale area

11186.00

0.76

INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO PER LAMINAZIONE PORTATE METEORICHE

3 bacini di laminazione a cielo aperto e tre reti di condotte prefabbricate in cls. La rete a servizio di UMI 2 e UMI 1 saranno collegate da botte a sifone in cls Ø60 cm. Infine 1.558 mc già previsti all'interno dell'area di laminazione in fregio al collettore Fossa Storta.

Verifica disponibilità di invaso UMI 3		Tronco1	Tronco2	Tronco3	L tot	volume totale
lunghezza rete di pertinenza	ml	190	193	7	390	
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005		
D rete	m	0.8	0.8	0.8		
quota scorrimento fondo	m	-1.69	-1.69	-1.675		
altezza iniziale	m	0.792	0.792	0.777		
grado di riempimento medio	%	93%	93%	97%		
area liquida media	mq	0.49	0.48	0.50		
volume in condotta	mc	92.57	93.38	3.47	189.41	

Verifica disponibilità di invaso UMI 1+2		Volumi in condotta					L tot
		Tronco1	Tronco2	Tronco3	Tronco4		
lunghezza rete di pertinenza	ml	135	55	12	32	234	
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	volume totale	
D rete	m	0.8	0.8	0.8	0.6		
quota scorrimento fondo	m	0	0.0115	0.0035	0		
altezza iniziale	m	0.768	0.757	0.765	0.570		
grado di riempimento medio	%	92%	93%	95%	94%		
area liquida media	mq	0.48	0.48	0.49	0.27		
volume in condotta	mc	64.83	26.61	5.92	8.77		106.13

Verifica disponibilità di invaso UMI 3		Tronco1	Tronco2	Tronco3	L tot	volume totale
lunghezza rete di pertinenza	ml	190	193	7	390	
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005		
D rete	m	0.8	0.8	0.8		
quota scorrimento fondo	m	-1.69	-1.69	-1.675		
altezza iniziale	m	0.792	0.792	0.777		
grado di riempimento medio	%	93%	93%	97%		
area liquida media	mq	0.49	0.48	0.50		
volume in condotta	mc	92.57	93.38	3.47	189.41	

Verifica disponibilità di invaso UMI 1+2		Volumi in condotta						L tot
		Tronco 1	Tronco 2	Tronco 3	Tronco 4	Tronco 5	Tronco 6	
lunghezza rete di pertinenza	ml	337	331	150	150	160	158	1286
pendenza fondo	m/m	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	volume totale
D rete	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	
quota scorrimento fondo	m	0	0	0.082	0.082	0	0	
altezza iniziale	m	0.768	0.768	0.686	0.686	0.570	0.570	
grado di riempimento medio	%	85%	86%	81%	81%	88%	88%	
area liquida media	mq	0.46	0.46	0.44	0.44	0.26	0.26	
volume in condotta	mc	153.46	150.73	65.42	65.42	42.16	41.64	

UMI 1+2	tirante max invaso	superficie media	max vol invaso
bacino A	0.70	1491	1043.7
bacino B (triang)	0.74	476	352.24
condotte attorno ad UMI 1			106.13
condotte attorno ad UMI 2			518.84
volume di invaso totale			2020.9
volume di invaso necessario			2018.9

UMI 3	tirante max invaso	superficie media	max vol invaso
bacino C	0.76	832	632.32
condotte attorno ad UMI 3			189.41
volume di invaso totale			821.7
volume di invaso necessario			820.6

INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO PER LAMINAZIONE PORTATE METEORICHE. Risezionamento fossato perimetrale esterno ai volumi di invaso come da Valutazione di compatibilità idraulica già approvata

VOLUMI DA RECUPERARE

GRANDEZZA	UM	VALORE
lunghezza totale scoline interrare	m	674
sezione media scolina	m ²	0.15
volume da recuperare per compensazione scoline	mc	101.1

sezione fossato da tombinare tra UMI 1 e UMI 2	m ²	1
sezione condotta scatolare 120x80	m ²	0.96
sezione fossato da recuperare escluso scatolare	m ²	0.04
lunghezza fossato da tombinare	m	174
volume da recuperare fossato oggetto di tombinamento	mc	6.96
tot volumi da recuperare	mc	108

Recapito finale: scatolare 100x80 lungo strada di accesso alla lottizzazione, diretta alla Fossa Storta