



COMUNE DI BUTTAPIETRA

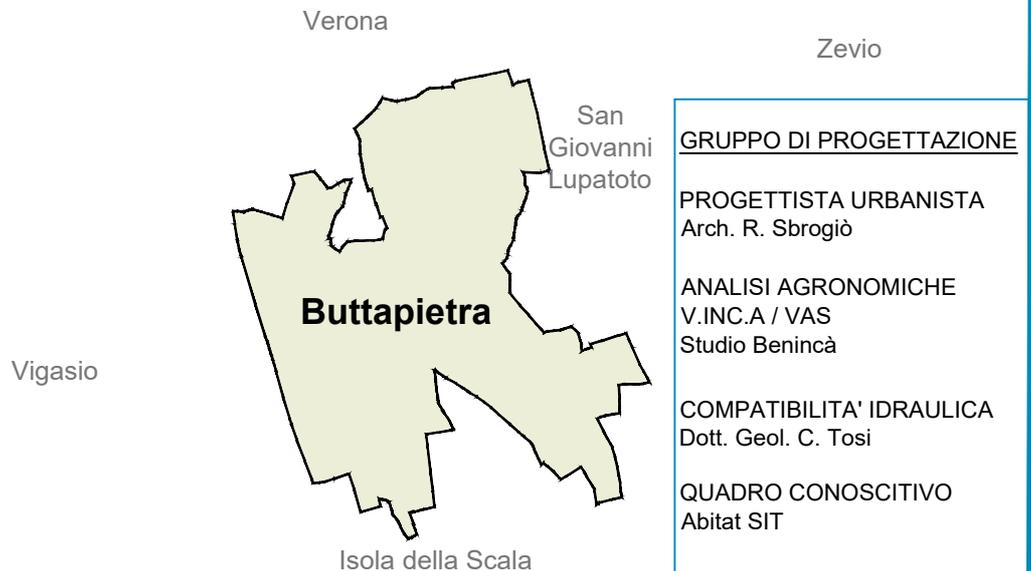
Provincia di Verona

Piano degli Interventi - Variante 3

artt. 17 e 18 LR 11/2004

RIMODULAZIONE MANIFESTAZIONE DI INTERESSE N. 68 "Ditta Antico Molino Rosso Srl"

Elaborato G2 - VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



SINDACO
Avv. Sara Moretto

RESPONSABILE U.T.C.
Arch. Alessandra Pravato

Cristiano Tosi
geologo

ASSESSORE URBANISTICA
Geom. Luca Zonin



P.A.T. approvato in Conferenza dei Servizi del 06.10.2016 e del 07.11.2016

Settembre 2021

Primo P.I. approvato con D.C.C. n. 22 del 07.06.2021

Cristiano Tosi - Geologo - via B. Zampieri, n. 1d - 37127 Verona
tel. 3355236788 / fax 045-8301096 - cristiano.tosi@yahoo.it

INDICE

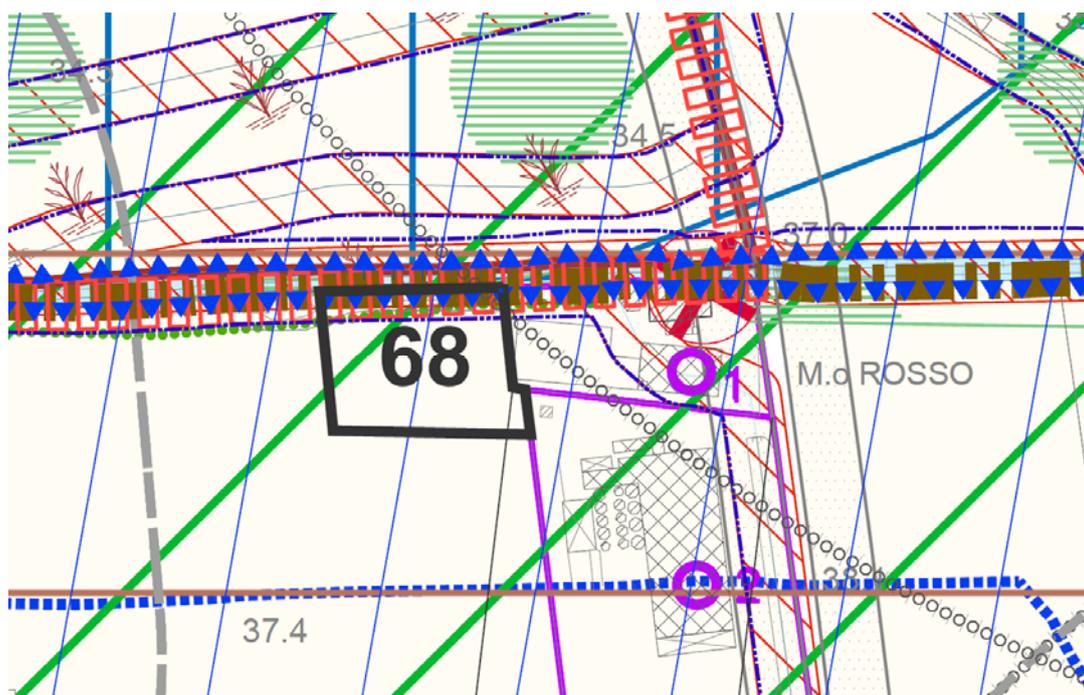
1	PREMESSA	2
2	CONDIZIONI DI FRAGILITA' IDRAULICA DEL TERRITORIO COMUNALE	4
3	INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO	7
4	ENTI COMPETENTI	8
5	ANALISI IDROLOGICA	9
5.1	CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE	9
6	INDICAZIONI PROGETTUALI PER LE MISURE COMPENSATIVE	14
6.1	BACINI DI LAMINAZIONE INSERITI IN AREE VERDI	15
6.2	REALIZZAZIONE DI CONDOTTE SOVRADIMENSIONATE	16
6.3	SUBIRRIGAZIONE.....	17
7	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA TRASFORMAZIONE	18
7.1	STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA.....	18
7.2	STIMA DEI VOLUMI SPECIFICI DI INVASO	20
7.3	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO	21
7.4	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO.....	24
8	DIMENSIONAMENTO MISURE COMPENSATIVE	26
8.1	CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA.....	26
8.2	CALCOLO VOLUMI DI LAMINAZIONE CON IL METODO RAZIONALE.....	29
8.3	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO	30
8.4	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO.....	31
9	RISULTATI E INDICAZIONI FINALI	32

APPENDICE: **AUTOCERTIFICAZIONE**

1 PREMESSA

Per incarico del Comune di Buttapietra (VR) sono state eseguite indagini idrogeologiche e idrauliche per la predisposizione della Valutazione di Compatibilità Idraulica della Variante n. 3 al Piano degli Interventi comunale riguardante la rimodulazione della Manifestazione di Interesse n. 68 della ditta Antico Molino Rosso Srl.

Con la rimodulazione della manifestazione viene chiesta la trasformazione di un'area di mq. 2.849, catastalmente censita al Fg. 12 mapp. 473 – 475, localizzata in via Bovolino n.1, nell'ambito pertinenziale dell'attività produttiva dell'Azienda, da Zona agricola a Zona F, mirata alla sinergia di più aspetti migliorativi tra cui la valorizzazione del Mulino storico, lo sviluppo e la ricerca delle colture storiche, la collaborazione con le attività didattiche del settore (Istituto Agrario e Alberghiero) e l'approfondimento della Biodiversità (valorizzazione percorsi limitrofi al fiume Menago), per la realizzazione di una struttura moderna ad uso didattico- culturale di sup. mq. 95 – h mt. 3,50 – Vol. mc. 332,5.



Stralcio Cartografico da Scheda Norma

La D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009 prevede che *“la valutazione di compatibilità idraulica sia necessaria per gli strumenti urbanistici comunali (P.A.T./P.A.T.I., P.I.)”,* e che sia comunque *“di primaria importanza che i contenuti dell’elaborato di valutazione pervengano a dimostrare che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non viene aggravato l’esistente livello di rischio idraulico né viene pregiudicata la possibilità di riduzione di tale livello”.*

Nel corso del complessivo processo approvativo degli interventi urbanistico-edilizi è richiesta con progressiva definizione l'individuazione puntuale delle misure compensative, eventualmente articolata tra pianificazione strutturale (Piano di Assetto del Territorio - PAT), operativa (Piano degli Interventi – PI), ovvero Piani Urbanistici Attuativi – PUA. Nel caso di varianti successive, per le analisi idrauliche di carattere generale si può anche fare riferimento alla valutazione di compatibilità già esaminata in occasione di precedenti strumenti urbanistici.

La presente analisi, sulla base di una attenta valutazione degli aspetti morfologici, litologici e territoriali, che caratterizzano l'area di variante, esamina le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica conseguenti alle previste mutate caratteristiche territoriali e indica una soluzione della gestione dello smaltimento delle acque meteoriche.

Essa compendia gli allegati grafici progettuali redatti dallo studio d'architettura dell'arch. Roberto Sbrogiò.

Il presente studio è stato eseguito tenendo peraltro conto della Valutazione di Compatibilità Idraulica già redatta per il P.A.T., conformandosi ai principi e metodi adottati anche in considerazione dei pareri favorevoli sulla stessa espressi dal Genio Civile di Verona e dal Consorzio di Bonifica Veronese.

2 CONDIZIONI DI FRAGILITA' IDRAULICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio del comune di Buttapietra, che si estende su una superficie di circa 17,19 km², è situato nella parte centrale della provincia di Verona e confina a Nord con il capoluogo, ad Est con il comune di San Giovanni Lupatoto, a Sud con quelli di Oppeano ed Isola della Scala, ad Ovest con quelli di Vigasio e Castel d'Azzano.

Si colloca a cavallo tra l'Alta e la Bassa Pianura veronese, il cui limite è convenzionalmente riferito alla linea o fascia delle risorgive.

Altimetricamente il territorio comunale è compreso tra quote di circa 45 m s.l.m. al suo limite settentrionale, fino a quote di circa 30 m s.l.m. al limite Sud-orientale.

Data la genesi del territorio, la maggior parte dei lineamenti morfologici rilevabili sono riferibili a forme fluviali - dossi fluviali, paleoalvei, orli di scarpata fluviale e fluvioglaciale - e di forme antropiche - orli di scarpata di cava, rilevato ferroviario, argini principali-.

L'intero territorio comunale è geologicamente formato da potenti sequenze di materiali alluvionali del conoide atesino depositi nel corso delle diverse glaciazioni quaternarie e successivamente in parte ricoperte dai sedimenti dei corsi d'acqua locali.

Il suolo è in genere di spessore esiguo, dai 50 agli 80 cm, a granulometria limosa e sabbiosa.

Il sottosuolo è costituito da uno spessore notevole di materiali fluvioglaciali e fluviali per una potenza che raggiunge qualche centinaio di metri; esso è costituito da un'alternanza di livelli metrici o decametrici a granulometria media e grossa (sabbia, ciottoli, ghiaia) e fine (argilla e limo).

Nella Carta Geolitologica del PAT, sono identificati tre tipologie di litologie alle quali è associata una classe di permeabilità, secondo le indicazioni fornite dalla Regione del Veneto, in riferimento alla presente tabella:

LITOLOGIA	CLASSE	PERMEABILITA'
Materiali sciolti fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati	2A - Depositi mediamente permeabili per porosità	$K = 1 - 10^{-4}$ cm/s
Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa	3A - Depositi poco permeabili per porosità	$K = 10^{-4} - 10^{-6}$ cm/s
Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa	2A - Depositi mediamente permeabili per porosità	$K = 1 - 10^{-4}$ cm/s

Il sottosuolo è caratterizzato da una prima falda, di tipo freatico, contenuta nei depositi prevalentemente sabbiosi o sabbio-ghiaiosi superficiali il cui livello statico si trova a profondità di pochi metri dal piano campagna e viene a giorno in numerose risorgive da cui si dipartono corsi d'acqua permanenti.

La direzione di deflusso prevalente è da N.O. verso S.E., localmente influenzata dall'assetto morfologico e stratigrafico che determina assi di drenaggio preferenziali. A profondità maggiori, in corrispondenza di livelli ghiaiosi e sabbiosi, intercalati ad orizzonti di bassa permeabilità, si trovano acquiferi confinati a carattere risaliente.

Questo sistema idrogeologico viene alimentato dalle infiltrazioni efficaci al suolo e dalle acque irrigue, e, per quanto concerne le falde confinate, dalla falda di subalveo della valle dell'Adige, dei torrenti lessinei e dei corsi d'acqua provenienti dalla cerchia morenica del Garda, laddove l'acquifero è indifferenziato.

Il regime della falda è caratterizzato da una fase di piena nel periodo tardo estivo e da una fase di magra in primavera.

Alcune cavità estrattive dismesse, principalmente situate nel settore Nord-orientale del territorio comunale, hanno intercettato la falda freatica che affiora quindi all'interno delle stesse.

Il territorio comunale di Buttapietra è attraversato in direzione all'incirca Nord-Sud da una serie di Fiumi di risorgiva i principali dei quali, da Ovest verso Est sono: Il Fiume Piganzo, la Fossa Vannina, la Fiumanella, il Fosso Bovo e il Menago.

Nella porzione settentrionale del territorio comunale scorre in direzione Est-Ovest il Canale Artificiale Alto Agro Veronese da cui si diramano altri canali irrigui secondari.

La Carta del rischio idraulico dell'Unione Regionale Veneta Bonifiche non perimetra, all'interno del comune studiato, zone soggette a inondazioni periodiche.

Anche il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Fissero Tartaro Canalbianco, non perimetra aree a pericolosità idraulica in comune di Buttapietra.

I dati di soggiacenza della falda desunti dalle elaborazioni fretimeetriche intrecciate con i dati del microrilievo dedotto dalla CTR hanno consentito di suddividere il territorio in due classi: la prima corrispondente alle zone con falda prossima la p.c e comunque in genere a profondità non superiori a 2 m; la seconda con falda più profonda, indicativamente compresa tra i 2 e i 5 metri dal p.c.

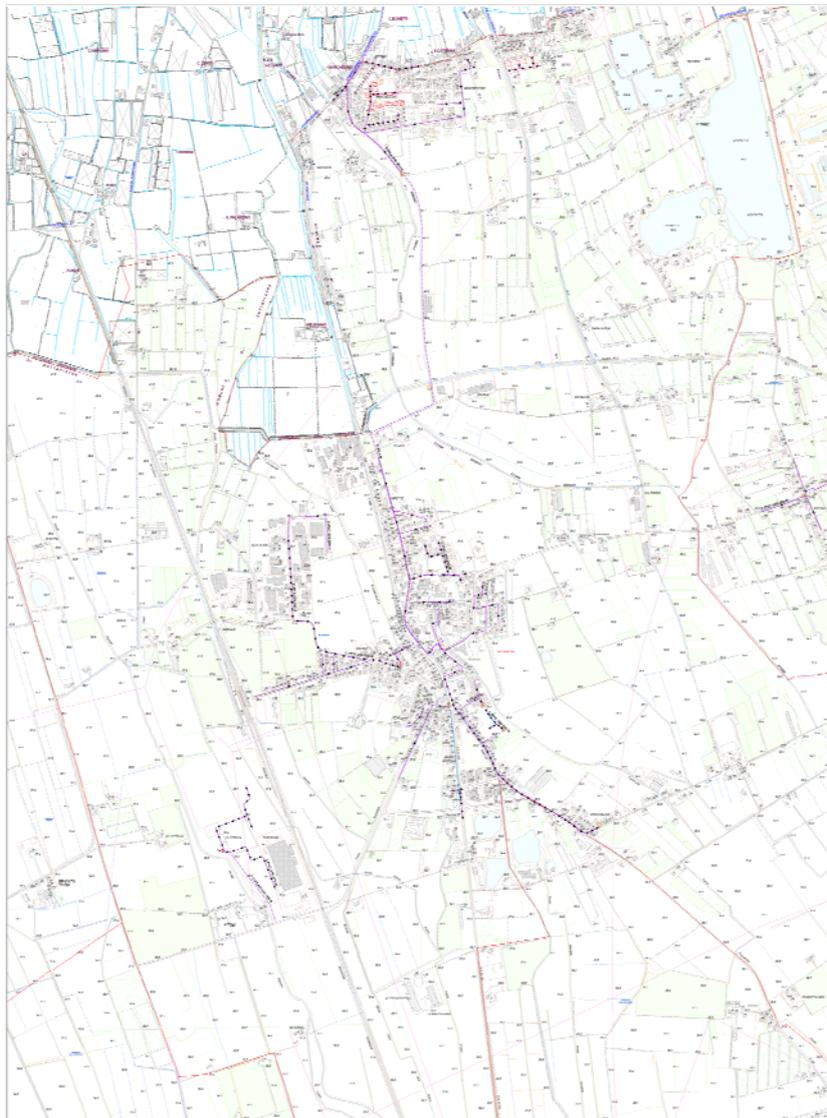
Sono state individuate due aree a deflusso difficoltoso caratterizzate da falda a ridottissima soggiacenza in presenza di terreni superficiali a scarsa permeabilità e drenaggio costituiti da limi e argille.

La valutazione di compatibilità idraulica, richiede una conoscenza della rete fognaria

esistente. Risulta infatti di fondamentale interesse definire le condizioni idrauliche, e le potenziali deficienze, del sistema di raccolta e smaltimento delle acque, nonché l'eventuale capacità che ha quest'ultimo di sostenere delle ulteriori portate, provenienti dalle nuove aree di trasformazione.

L'attuale assetto della rete è il risultato di successivi ampliamenti e adeguamenti succedutisi nell'arco di molti anni. La Società Acque Veronesi Scral ha fornito le planimetrie della rete fognaria, quasi totalmente di tipo misto.

Per il territorio di Buttapietra la popolazione allacciata alla rete fognaria è pari al 37% ed è perciò ancora carente. In particolare, si segnala l'assenza di una rete di smaltimento delle acque di smaltimento dei reflui civili ed industriali a Sud ed ad Est del comune.



Rete fognaria nel Comune di Buttapietra –fuori scala

3 INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO

L'area in esame è situata a Nord Est del capoluogo comunale, ad una quota di circa 37 metri s.l.m. nel settore meridionale della pianura veronese: da un punto di vista morfologico la zona si presenta pianeggiante e gli elementi morfologici locali più evidenti sono conseguenti ad attività antropiche e costituiti da rilevati viari.

La pianura veronese si estende ad Est dell'anfiteatro collinare morenico del Garda e a Sud dell'altopiano dei Monti Lessini fino a perdersi nella più ampia pianura Padana.

Essa è caratterizzata dall'ampio conoide depositato dal fiume Adige, allo sbocco della sua vallata montana, con sedimenti progressivamente più fini passando dalle porzioni apicali a quelle più distali.

Geolitologicamente è formata da potenti sequenze di materiali alluvionali del conoide atesino depositi nel corso delle diverse glaciazioni quaternarie e successivamente in parte ricoperte dai sedimenti dei corsi d'acqua locali.

Il sottosuolo è costituito da uno spessore notevole di materiali fluvioglaciali e fluviali per una potenza che raggiunge qualche centinaio di metri; esso è costituito da un'alternanza di livelli metrici o decametrici a granulometria media e grossa (sabbia, ciottoli, ghiaia) e fine (argilla e limo).

Il corso d'acqua più vicino è la Fossa Menago, che scorre al confine Nord dell'area ed ha origine a monte dell'area di intervento da risorgive. L'area di intervento appartiene infatti alla nota «Fascia delle risorgive».

Le condizioni idrogeologiche dell'area in esame sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

Poiché il sottosuolo è costituito, almeno per i primi dieci di metri, da depositi sciolti a granulometria prevalentemente sabbio limosa ghiaiosa, ci si trova in presenza di un acquifero freatico, caratterizzato da un elevato coefficiente di permeabilità.

La falda freatica si trova ad una quota di circa 35 m s.l.m. cioè a una profondità di circa 2 metri dal piano campagna.

Il regime della falda nell'alta pianura veronese è caratterizzato da un'unica fase di piena nel periodo tardo estivo e da una sola fase di magra all'inizio della primavera.

La direzione di deflusso locale é da Nord verso Sud, con gradiente dell'ordine del 1.5 - 2‰ ed escursioni medie stagionali molto contenute e di norma non superiori a 1 metro.

4 ENTI COMPETENTI

Gli organi istituzionali che regolano e governano la rete fluviale e il reticolo dei canali di scolo del Comune di Buttapietra sono rispettivamente l'Autorità di Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, l'Autorità di Bacino Interregionale del Fissero Tartaro Canalbianco ed il Consorzio di Bonifica Veronese.

L'Autorità di Distretto svolge attività di pianificazione necessarie per la difesa idrogeologica, per la realizzazione delle mappe della pericolosità e del rischio, per la tutela delle risorse idriche e degli ambienti acquatici.

L'Autorità di bacino è un organismo misto, costituito da Stato e Regioni, operante in conformità agli obiettivi della legge, sui bacini idrografici, considerati come sistemi unitari.

Il Bacino interregionale Fissero-Tartaro-Canalbianco-Po di Levante si estende nel territorio delle Regioni Lombardia e Veneto, sommariamente circoscritto dal corso del fiume Adige a Nord e dal Fiume Po a Sud e ricompreso tra l'area di Mantova ad Ovest ed il Mare Adriatico ad Est.

il Consorzio di Bonifica Veronese deriva dall'accorpamento degli originari comprensori del Consorzio di Bonifica Adige Garda - Consorzio di Bonifica Agro Veronese Tartaro Tione - Consorzio di Bonifica Valli Grandi e Medio Veronese.

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE

Per caratterizzare il comportamento idrologico di un'area d'intervento, con la determinazione della portata, che la rete di drenaggio deve essere in grado di convogliare e smaltire, si utilizzano opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di associare ad una determinata grandezza idrologica un'assegnata probabilità di accadimento a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

Lo scopo dell'elaborazione statistica dei dati è la determinazione dei coefficienti **a** (mm/ore) e **n** che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica:

$$h = a t^n$$

dove: **h** = altezza di pioggia in mm

t = tempo in ore

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno **Tr**, definito come l'inverso della frequenza media probabile del verificarsi di un evento maggiore, ossia il periodo di tempo nel quale un certo evento è mediamente uguagliato o superato.

$$Tr = 1 / [1 - P(h \leq H)]$$

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia **t**, il massimo valore di **h** nel periodo pari al tempo di ritorno **Tr** e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

La stazione pluviometrica utilizzata ai fini dell'analisi idrologica è quella proprio di Buttapietra, gestita da ARPAV:

Sono stati raccolti i dati pluviometrici delle serie storiche del valore di altezza di precipitazione di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, fornite dal Centro Meteorologico ARPAV di Teolo.

La regolarizzazione statistico-probabilistica, impiegata per il calcolo dei tempi di ritorno, fa riferimento alla distribuzione di Gumbel. Tale legge si basa sull'introduzione di un'ipotesi relativa al tipo di distribuzione dei più grandi valori estraibili da più serie costituite da osservazioni tra loro indipendenti.

La distribuzione cumulata di probabilità è descritta dalla seguente funzione:

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-u}{\alpha}))$$

dove x e u rappresentano rispettivamente i parametri di concentrazione e della tendenza centrale stimati con il metodo dei momenti:

$$\mu_x = mx = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N xi$$

$$\sigma_x = sx = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (xi - mx)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \cdot sx}{\lambda}$$

$$u = mx - \lambda \cdot \alpha$$

misura della dispersione attorno al valore medio

moda

con $\lambda = 0,5772$ costante di Eulero.

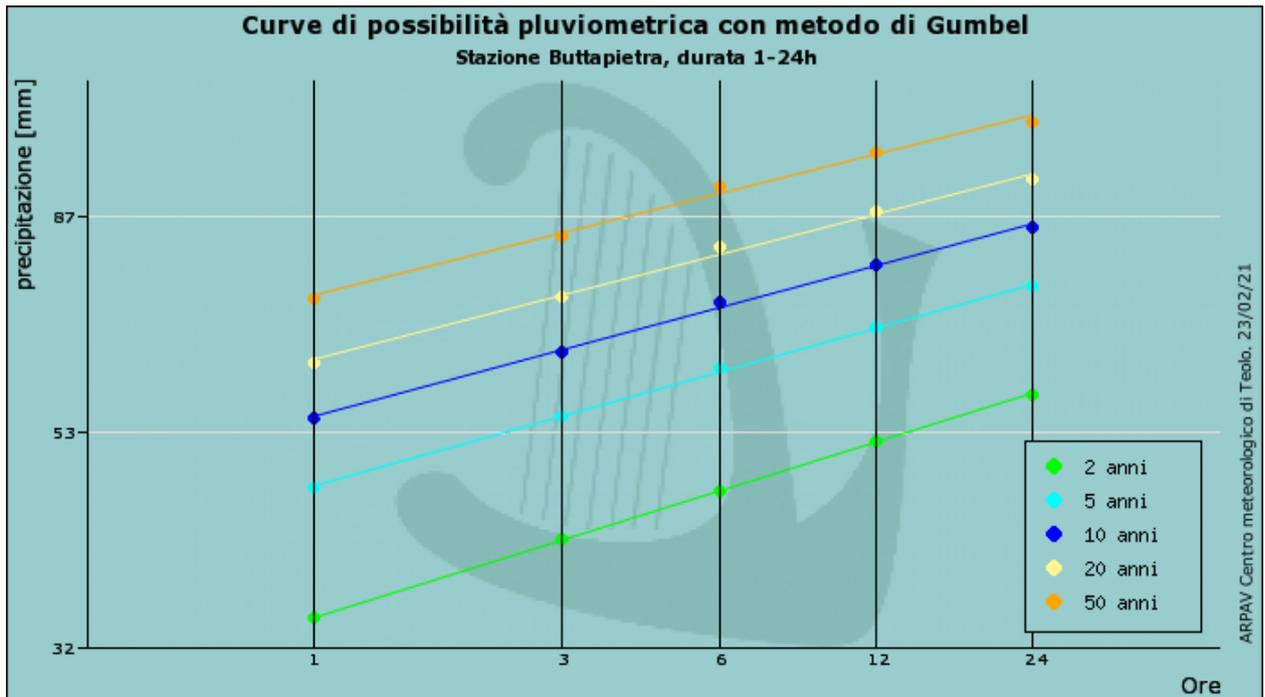
Indicando con $F(x)$ la probabilità di non superamento del valore x , il tempo medio di ritorno è calcolato dalla relazione:

$$Tr = \frac{1}{(1 - F(x))}$$

dove Tr rappresenta quindi il numero medio di anni entro cui il valore x viene superato una sola volta.

Di seguito si riportano i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione statistica secondo Gumbel relative alle precipitazioni massime annue effettive della durata da 1 a 24 ore per la stazione di misura di Buttapietra.

Stazione	Buttapietra	
Quota	39	m s.l.m.
Coordinata X	1657525	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5023913	
Comune	BUTTAPIETRA (VR)	
Inizio attività sensore di pioggia 10/12/1991		
Fine attività sensore di pioggia ancora attivo		



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	34.264	0.162
5 anni	46.402	0.147
10 anni	54.446	0.141
20 anni	62.165	0.136
50 anni	72.160	0.131

Nel campo bilogarithmico la curva ha forma lineare con coefficiente angolare pari ad “n” ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad “a”.

Considerata la modesta estensione dei bacini di scolo e prevedendo pertanto modesti tempi di corrivazione, la curva è stata discretizzata con una monomia che caratterizza eventi di durata superiore all'ora, periodo solitamente considerato nella pratica professionale per determinare i volumi di invaso necessari alla laminazione delle portate generate dagli eventi piovosi più gravosi.

Il dimensionamento invece delle condotte della rete fognaria viene di norma effettuato adottando invece le curve di possibilità pluviometriche relative a tempi di pioggia inferiori all'ora. In questa sede non viene affrontata quest'ultima tipologia di dimensionamento, che dovrà essere sviluppata nei progetti dei singoli interventi.

Come prescritto nella D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009 *“in relazione all'applicazione*

del principio dell'invarianza idraulica lo studio dovrà essere corredato di analisi pluviometrica con ricerca delle curve di possibilità climatica per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrvazione critico per le nuove aree da trasformare. Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni" e la curva di possibilità pluviometrica è:

$$h \text{ (mm)} = 72.160 t^{0.131}$$

tabella riguardante le massime precipitazioni di durata compresa tra 1 e 24 ore

Anno	Pioggia in mm									
	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	m	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora
1992	30.2	23/09/1992 22:15	47.0	23/09/19 92 22:25	48.6	24/09/1992 01:20	51.6	24/09/1992 06:50	72.2	24/09/1992 01:20
1993	36.6	01/07/1993 19:25	36.8	01/07/19 93 19:25	36.8	01/07/1993 19:25	36.8	01/07/1993 19:25	45.2	25/09/1993 16:55
1994	42.8	02/07/1994 03:50	42.8	02/07/19 94 03:50	42.8	02/07/1994 03:50	59.8	06/11/1994 20:25	67.8	07/11/1994 07:40
1995	51.2	14/09/1995 12:35	67.2	14/09/19 95 13:25	67.2	14/09/1995 13:25	69.0	14/09/1995 13:25	72.0	14/09/1995 13:25
1996	42.8	30/07/1996 08:30	49.4	30/07/19 96 10:25	49.8	30/07/1996 11:55	49.8	30/07/1996 11:55	49.8	30/07/1996 11:55
1997	52.8	14/07/1997 19:20	53.8	14/07/19 97 19:35	53.8	14/07/1997 19:35	54.0	15/07/1997 02:45	54.0	15/07/1997 02:45
1998	29.4	03/07/1998 16:45	30.0	03/07/19 98 17:10	37.6	28/04/1998 03:15	41.4	28/04/1998 05:10	41.4	28/04/1998 05:10
1999	35.2	20/09/1999 17:00	51.0	28/07/19 99 17:25	57.2	20/09/1999 19:15	78.2	20/09/1999 20:00	80.8	20/09/1999 23:45
2000	39.6	11/06/2000 09:25	47.0	11/06/20 00 09:05	53.2	11/06/2000 10:35	60.2	11/06/2000 17:20	66.2	12/06/2000 06:00
2001	34.8	01/09/2001 16:10	39.0	01/09/20 01 18:10	41.8	01/09/2001 19:05	43.2	01/09/2001 19:05	50.6	30/03/2001 20:05
2002	38.0	25/07/2002 16:55	57.2	15/07/20 02 15:40	62.4	15/07/2002 16:25	62.6	15/07/2002 16:25	63.8	16/07/2002 08:30
2003	22.8	18/06/2003 18:10	22.8	18/06/20 03 18:10	22.8	18/06/2003 18:10	26.4	08/11/2003 16:05	28.4	08/11/2003 21:40
2004	35.6	19/04/2004 16:55	42.0	14/09/20 04 18:40	50.8	14/09/2004 20:00	61.4	14/09/2004 23:35	65.8	15/09/2004 02:25
2005	70.8	01/07/2005 06:00	72.4	01/07/20 05 06:05	94.2	01/07/2005 10:20	94.2	01/07/2005 10:20	94.6	01/07/2005 10:20
2006	20.8	06/07/2006 22:35	29.8	30/05/20 06 10:50	40.0	15/09/2006 05:50	47.6	15/09/2006 09:45	52.2	15/09/2006 10:00
2007	22.4	20/08/2007 06:05	22.6	20/08/20 07 07:30	23.4	24/11/2007 15:35	37.4	24/11/2007 15:35	45.4	24/11/2007 15:30

2008	43.6	28/06/2008 00:30	53.6	28/06/20 08 01:30	54.2	05/06/2008 12:35	60.8	05/06/2008 12:25	62.0	05/06/2008 12:35
2009	33.4	07/07/2009 09:45	42.0	07/07/20 09 12:15	45.6	07/07/2009 14:25	45.6	07/07/2009 14:25	45.6	07/07/2009 14:25
2010	35.0	05/08/2010 20:15	47.4	14/08/20 10 18:25	59.8	14/08/2010 18:30	60.4	05/08/2010 20:35	83.8	06/08/2010 05:50
2011	48.4	05/06/2011 18:00	56.6	05/06/20 11 20:00	60.0	05/06/2011 21:20	60.0	05/06/2011 21:20	62.0	26/10/2011 03:35
2012	16.8	19/09/2012 20:15	25.4	11/11/20 12 10:25	40.4	11/11/2012 11:00	62.6	11/11/2012 11:05	65.2	11/11/2012 19:05
2013	34.8	05/05/2013 20:05	49.0	05/05/20 13 21:50	61.2	06/05/2013 00:50	80.4	16/05/2013 19:00	94.4	17/05/2013 04:55
2014	29.8	11/09/2014 16:20	34.8	01/09/20 14 00:25	35.0	01/09/2014 02:20	36.8	12/09/2014 03:30	48.8	12/09/2014 00:10
2016	23.4	23/05/2016 12:30	27.2	20/08/20 16 22:35	32.0	14/10/2016 21:00	41.8	14/10/2016 23:00	54.8	14/10/2016 23:20
2017	21.2	19/08/2017 21:30	23.8	28/06/20 17 18:55	26.0	28/06/2017 18:55	26.2	05/02/2017 23:20	34.0	06/02/2017 09:30
2018	53.0	02/08/2018 05:10	58.4	11/05/20 18 18:30	59.8	11/05/2018 20:25	59.8	11/05/2018 20:25	59.8	11/05/2018 20:25
2019	29.2	07/08/2019 18:55	39.8	05/05/20 19 03:20	44.4	05/05/2019 06:25	51.2	05/05/2019 08:45	59.6	05/05/2019 23:30
2020	33.4	11/10/2020 02:55	37.0	11/10/20 20 05:05	43.4	11/10/2020 08:05	44.6	11/10/2020 11:00	53.2	11/10/2020 21:25

Parametri della distribuzione probabilistica di Gumbel

Parametro	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Numerosità (anni)	28	28	28	28	28
Media (mm)	35.99	43.06	48.01	53.71	59.76
Deviazione standard (mm)	11.943	13.278	15.046	15.647	16.103
Alfa	10.616	11.806	13.369	13.908	14.306
Mu	30.321	36.758	40.862	46.277	52.117

6 INDICAZIONI PROGETTUALI PER LE MISURE COMPENSATIVE

Secondo la D.G.R.V. n°2948/2009, si possono suddividere gli interventi di trasformazione urbanistica in diverse categorie a seconda dell'estensione dell'area:

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.10 ha (1000 mq)
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 0.10 ha e 1 ha (1000 e 10000 mq)
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 1 ha e 10 ha (10000 e 100000 mq) – intervento su superfici di estensione oltre i 10 ha con impermeabilizzazione < 0.30
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con impermeabilizzazione > 0.30

Definizioni classi di intervento secondo la D.G.R.V. n°2948/2009

L'area di variante interessa una superficie complessiva di 2.849 m², per cui ricade nella classe di intervento "Modesta impermeabilizzazione potenziale"

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

1. Nel caso di **trascurabile impermeabilizzazione** potenziale è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
2. Nel caso di **modesta impermeabilizzazione**, 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 tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
3. Nel caso di **significativa impermeabilizzazione** 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
4. Nel caso di **marcata impermeabilizzazione** è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Inoltre, secondo la D.G.R.V. n°2948/2009, il grado di approfondimento e dettaglio della Valutazione di Compatibilità Idraulica deve essere rapportato all'entità e alla tipologia delle nuove previsioni urbanistiche con una progressiva definizione articolata tra PAT, PI, PUA.

Si dovrà comunque tener conto che il Piano degli Interventi definisce solo il perimetro ed i rapporti di copertura per cui i calcoli di dettaglio dovranno comunque essere rimandati alla futura fase esecutiva.

Per la redazione di successive valutazioni di compatibilità, dovranno essere eseguiti una serie di rilievi mirati alla determinazione delle caratteristiche morfologiche e idrauliche locali. Infatti il calcolo delle portate, inizia dalle precipitazioni, ma è fortemente condizionato dalle estensioni delle aree, dalla natura dei terreni attraversati e dalla composizione delle superfici scolanti.

Gli invasi necessari a laminare le portate di piena potranno essere realizzati, a causa della bassa soggiacenza di falda con le tipologie di seguito elencate,:

1. bacini di laminazione, realizzati mediante la depressione delle aree verdi o sistemi di stoccaggio sotterranei, collegati alla rete di scolo per mezzo di un manufatto che limiti le portate scaricate;
2. rete di fognatura dotata di condotte sovradimensionate per consentire un invaso distribuito in rete;
3. sistemi di infiltrazione con trincee di subirrigazione.

6.1 BACINI DI LAMINAZIONE INSERITI IN AREE VERDI

I bacini di laminazione inseriti in aree a verde destinati a raccogliere le acque meteoriche sono uno dei dispositivi più semplici ed economici.

Il bacino di accumulo assume usualmente una configurazione planimetrica irregolare, simile ai laghetti che si trovano talvolta all'interno dei giardini pubblici.

Poiché risulta acquisito che la prima frazione dei volumi di pioggia può presentare carichi inquinanti, tale tipo di bacino di laminazione viene spesso abbinata ad un bacino di prima pioggia interrata, collegata all'impianto di depurazione.

Il bacino di laminazione può essere suddiviso in comparti caratterizzati da diversa frequenza di allagamento, realizzando il fondo della bacino dei vari comparti a quote diverse, o, in alternativa, mediante argini interni di separazione trascinabili.

Il vantaggio di tale disposizione è dato dalla maggiore fruibilità a scopo ricreativo della parte di invaso che viene allagato più raramente, e dalla possibilità di razionalizzare le

operazioni di manutenzione.



Esempi di bacino di laminazione in Provincia di Verona

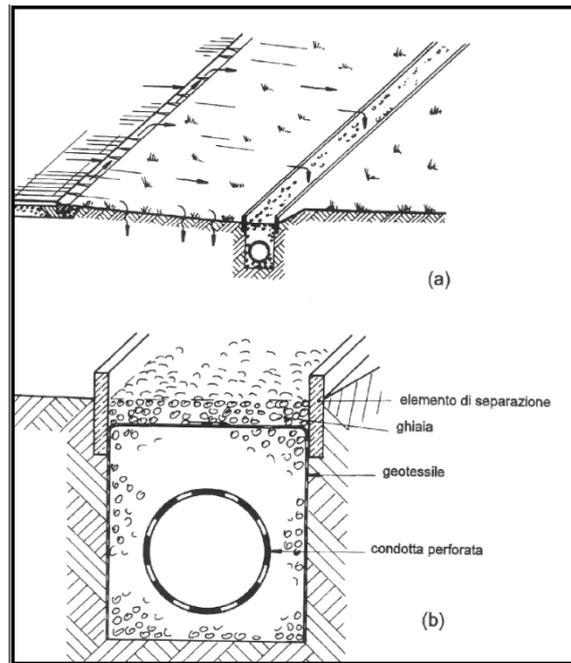
6.2 REALIZZAZIONE DI CONDOTTE SOVRADIMENSIONATE

La realizzazione di una rete di fognatura dotata di condotte sovradimensionate può consentire di evitare il ricorso ad una vasca di laminazione finale, e ben si presta ad utilizzare come sede di invaso quella sottostante alla rete stradale ed ai piazzali.

L'adozione di tale tecnica privilegia principalmente le situazioni nelle quali gli spazi per altre opere compensative risultano limitati.

6.3 SUBIRRIGAZIONE

Sono delle trincee in grado di raccogliere e contenere temporaneamente le acque di pioggia, per poi rilasciarle al suolo. Di norma si tratta di trincee profonde 50-60 cm in dipendenza della potenza locale del suolo, larghe 40-50 cm, riempite con ghiaia o sabbia drenante, protette da tessuto non tessuto ed eventualmente integrate da tubazione fessurata.

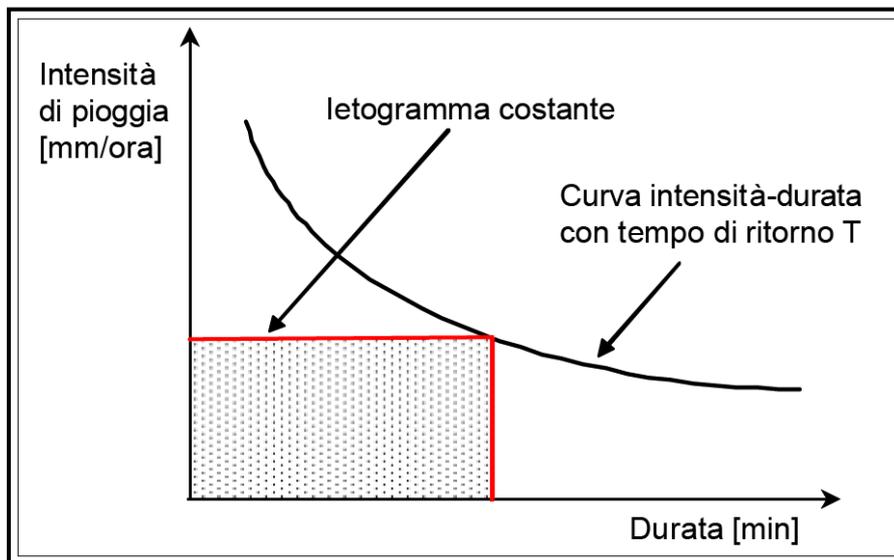


schema di una trincea di subirrigazione

7 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA TRASFORMAZIONE

7.1 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

La prima fase di quest'analisi ha comportato la definizione di uno **ietogramma costante**. Questo ietogramma, sicuramente il più diffuso nell'ambito progettuale, è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante in tutta la durata. Per la sua definizione è necessario quindi specificare la durata dell'evento. Quest'ultima risulterà funzione delle portate in ingresso al sistema di laminazione, prodotte dall'evento piovoso, e di quelle in uscita, proporzionali alla superficie dell'area da servire. Il metodo adottato per la stima della durata dell'evento piovoso è di tipo iterativo e conduce, caso per caso, a risultati diversi, massimizzando comunque ogni volta i volumi prodotti.



Ietogramma rettangolare

Non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alle canalizzazioni per essere convogliato verso il recapito finale. I fenomeni idrologici che avvengono sulla superficie del bacino scolante modificano sostanzialmente sia la distribuzione temporale che il volume della pioggia utile ai fini del deflusso nella rete di drenaggio. Se si prescinde dall'evapotraspirazione e dall'intercettazione (del tutto trascurabili in un bacino durante un evento di pioggia particolarmente intenso) i fenomeni idrologici che intervengono sono sostanzialmente legati all'infiltrazione e immagazzinamento di acqua nelle depressioni superficiali esistenti.

Questi processi, in realtà molto complessi, sono normalmente trattati con un approccio di tipo concettuale, basato cioè su equazioni empiriche e non derivanti dalla modellazione rigorosa del fenomeno fisico.

Il valori dei coefficienti di deflusso utilizzati sono quelli indicati nell'Allegato A della D.G.R.V. n.2948 del 6 ottobre 2009 – indicazioni operative per la redazione dei nuovi strumenti urbanistici – proposti nella letteratura di settore e adottati nella normale pratica progettuale, in mancanza di una descrizione dettagliata della copertura del suolo.

Tipologia area	Coefficiente di deflusso
Agricola	0,1
Permeabili (aree verdi)	0,2
Semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0,6
Impermeabili (strade, tetti, marciapiedi)	0,9

Coefficienti di deflusso secondo la D.G.R.V. n°2948/2009

L'ultima fase dell'analisi porta alla creazione dell'idrogramma di piena.

Tra i diversi metodi a disposizione, si è scelto il “**metodo lineare della corrivazione – metodo razionale** –”. Tale metodo schematizza il bacino come un insieme di canali lineari, tale cioè che il tempo di percorrenza del bacino sia un'invariante. È possibile quindi, almeno in via concettuale, tracciare le così dette linee isocorrive che uniscono i punti del bacino ad ugual tempo di corrivazione. Da esse, infine, è possibile costruire la curva aree-tempi che rappresenta in ordinate le aree del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo di corrivazione, rappresentato in ascissa. Quest'ultimo, per una data superficie totale **S**, si definisce semplicemente tempo di corrivazione del bacino in esame **t_c**. Dalla curva aree-tempi è possibile dedurre l'IUH – Idrogramma Unitario Istantaneo – che assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dt}$$

dove **dS/dt** è la derivata dalla curva aree tempi medesima.

Il **tempo di corrivazione** del bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso.

Esso è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua.

Per bacini artificiali il tempo di corrivazione t_c può, in prima approssimazione, essere valutato come somma di due termini

$$t_c = t_i + t_r$$

dove:

t_i = tempo di ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie,

t_r = è il tempo di trasferimento lungo i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura.

Per la determinazione dei valori di t_i si può far uso della tabella di Fair del 1966:

Descrizione del Bacino	t_i [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	<5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10 – 15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 – 30

Valori dei tempi di ingresso secondo Fair

Per la determinazione del tempo t_r si accetta normalmente che esso si possa calcolare sulla base della velocità di moto uniforme dell'acqua nelle canalizzazioni – pari a 1 m/s –, ipotizzate piene ma non in pressione.

A questo punto è possibile a partire dai parametri pluviometrici (a,n) di progetto, dal coefficiente di deflusso e dal tempo di corrivazione, ottenere per il tempo di ritorno di 50 anni i volumi necessari alla laminazione delle portate di pioggia, potendo scaricare nella rete idrografica esistente la sola portata specifica caratteristica di un apporto proveniente da un suolo agrario. Quest'ultima viene fissata dal Consorzio di Bonifica, in funzione della superficie, essere pari a 5 l/s per ettaro.

7.2 STIMA DEI VOLUMI SPECIFICI DI INVASO

Il dimensionamento del bacino di laminazione può essere effettuato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica; anche in questo caso si considera un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Il volume specifico affluente, V_i , al bacino è:

$$V_i = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot t'^n \left[m^3 \right]$$

Il volume V_u , che s'infiltra nel terreno è:

$$V_u = Q_u \cdot t \left[m^3 \right]$$

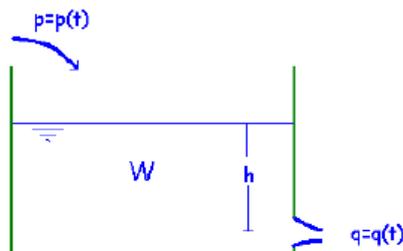
Risulta dunque che il volume specifico invasato, $V_{invasato}$, nel bacino di laminazione è dato dalla differenza:

$$V_{invasato} = V_i(t) - V_u(t) \left[m^3 \right]$$

Come consigliato dalla delibera n°2948/2009, per l'area in esame, di cui sono note le distribuzioni delle superfici d'uso del suolo, si è proceduto alla verifica del volume di laminazione utilizzando anche i metodi dell'invaso e cinematico.

7.3 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

Il metodo dell'invaso lineare assimila il comportamento del bacino a quello di un serbatoio nel quale entra la portata p , che rappresenta la precipitazione meteorica che insiste sul bacino, e dal quale esce attraverso una luce la portata q , che rappresenta la portata uscente data dalla differenza tra la p e il volume W proprio del bacino.



Schematizzando un'area di trasformazione urbana come un invaso lineare, si può scrivere l'equazione di continuità della massa nei termini seguenti:

$$\frac{dW(t)}{dt} = P(t) - Q(t) = P(t) + kW(t)$$

essendo $p(t)$ la pioggia netta all'istante t e $q(t)$ la portata uscente, dipendente dal volume invasato $W(t)$.

La portata di picco è calcolata attraverso la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} [l/s]$$

con: S superficie scolante in ha;
 φ coefficiente di afflusso;
 a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
 k costante d'invaso in ore.

La costante d'invaso k si determina con la formula URBISPRO dedotta con criteri empirici a seguito di numerosi riscontri in bacini urbani sperimentali:

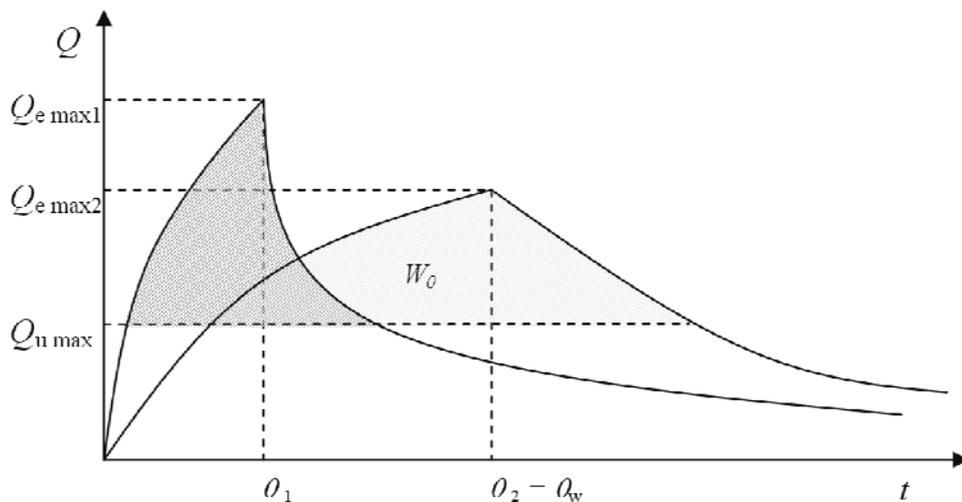
$$k = 0.7 \cdot t_c$$

dove k [ore] è il parametro del modello; t_c [ore] è il tempo di corrivazione del bacino.

Il volume da invasare all'interno dei bacini di laminazione si calcola in modo implicito in funzione delle grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \frac{\theta_w}{k} \qquad G(n, m) = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

dove k è la costante d'invaso in ore del bacino, θ_w è la durata critica per i bacini (quella cioè che conduce al massimo volume d'invaso W_0), Q_c è la portata critica del bacino a monte.



Assegnato poi il rapporto $m = 1/\eta = Q_c/Q_{u\max}$, le grandezze F e G sono calcolabili con le equazioni:

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n,m) = \frac{F^n}{D} - \frac{F^{n-1}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{F}{m} - \frac{1}{m} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right] = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

In particolare, trovato con la prima il valore di F, è immediato calcolare la durata critica $\theta_w = k \cdot F(n, m)$ e il volume da invasare $W_0 = k \cdot Q_c \cdot G(n, m)$. E' da notare che tali risultati sono validi solo nel caso in cui la durata critica θ_w della vasca e la durata critica $\theta_c = C \cdot k$ del bacino rientrino nel medesimo campo di validità del parametro n della curva di possibilità pluviometrica.

7.4 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO

Questo approccio schematizza un processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte di tipo cinematico. Le ipotesi semplificate adottate sono le seguenti:

- ❖ ietogramma netto di pioggia a intensità costante (ietogramma rettangolare);
- ❖ curva aree tempi lineare;
- ❖ svuotamento della vasca a portata costante pari a Q_u , (laminazione ottimale).

La portata di picco è calcolata con la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot t_c^{n-1} [l/s]$$

con:	S	superficie scolante in ha;
	φ	coefficiente di afflusso;
	a, n	parametri curva di possibilità pluviometrica;
	t_c	tempo di corrivazione in ore.

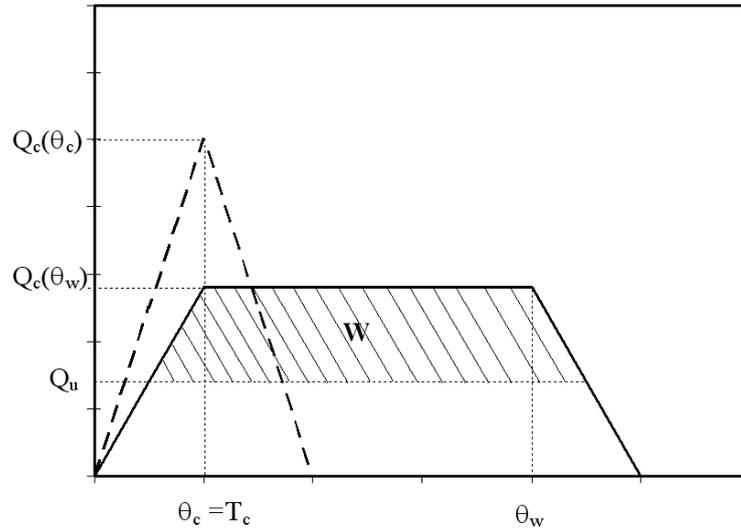
con queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W invasato nei bacini in funzione della durata della pioggia \mathcal{G} , del tempo di corrivazione del bacino t_c , della portata uscente drenata massima dalla vasca Q_u , del coefficiente di afflusso φ , dell'area del bacino S e dei parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica:

$$W = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n + t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\mathcal{G}^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - Q_u \cdot \mathcal{G} - Q_u \cdot t_c$$

Imponendo la condizione di massimo per il volume W , cioè derivando l'espressione precedente rispetto alla durata θ ed eguagliando a zero si trova:

$$n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \mathcal{G}_w^{n-1} + (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\mathcal{G}_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

dalla quale si ricava la durata critica \mathcal{G}_w per i bacini di laminazione, che, inserita nella precedente consente di stimare il volume W_0 da invasare.



Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, ossia: W in m^3 , S in ha, a in mm/ora^{-n} , \mathcal{G} in ore, t_c in ore, Q_u in l/s, le equazioni diventano:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_c$$

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

8 DIMENSIONAMENTO MISURE COMPENSATIVE

L'area di intervento occupa un'area di 2.849 m².

Come riportato nella D.G.R.V. n°2948/2009, trattandosi di un intervento su superficie inferiore ad 1 ha, il grado di impermeabilizzazione è modesto.

Dalla documentazione inerente la manifestazione di interesse si evidenzia che con la rimodulazione della stessa si intende realizzare una struttura adibita alla didattica e formazione, inerente il prodotto biologico di superficie coperta pari a 95 m².

La restante superficie rimarrà a verde fatta esclusione delle aree adibite a percorsi/isole pedonali e

viabilità aziendale di servizio, che saranno realizzate con pavimentazioni drenanti.

Si ipotizza per queste ultime una superficie massima complessiva pari a circa il 15% dell'intero ambito (430 m²)

Le superfici di progetto possono pertanto essere così distinte:

superficie impermeabile	95 m ²
superfici semimpermeabili	430 m ²
superfici permeabili a verde profondo	2.324 m ²

8.1 CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA

Nel corso del processo di approvazione degli interventi urbanistico – edilizi è richiesta, con progressiva definizione, l'individuazione puntuale delle misure compensative.

Per l'area in esame, sono note le superfici a diversa destinazione d'uso del suolo ed è quindi possibile calcolare la portata in uscita allo stato attuale e di progetto noto il coefficiente di deflusso medio dell'area secondo i valori riportati nella D.G.R.V. n°2948/2009.

Per lo stato attuale, riferito alla destinazione d'uso viegnete; il coefficiente di deflusso è:

STATO ATTUALE		
TIPOLOGIA	Superficie (m ²)	Coefficiente di deflusso
PERMEABILE	2.849	0,1
TOTALE	2.849	0,1

Allo stato ante variante, i parametri idraulici assunti per il calcolo dell'idrogramma di piena sono:

STATO ATTUALE	
Curva di possibilità pluviometrica	$h = 72.160 t^{0.131}$
Tempo di corrivazione	20 min
Coefficiente di deflusso	0,1

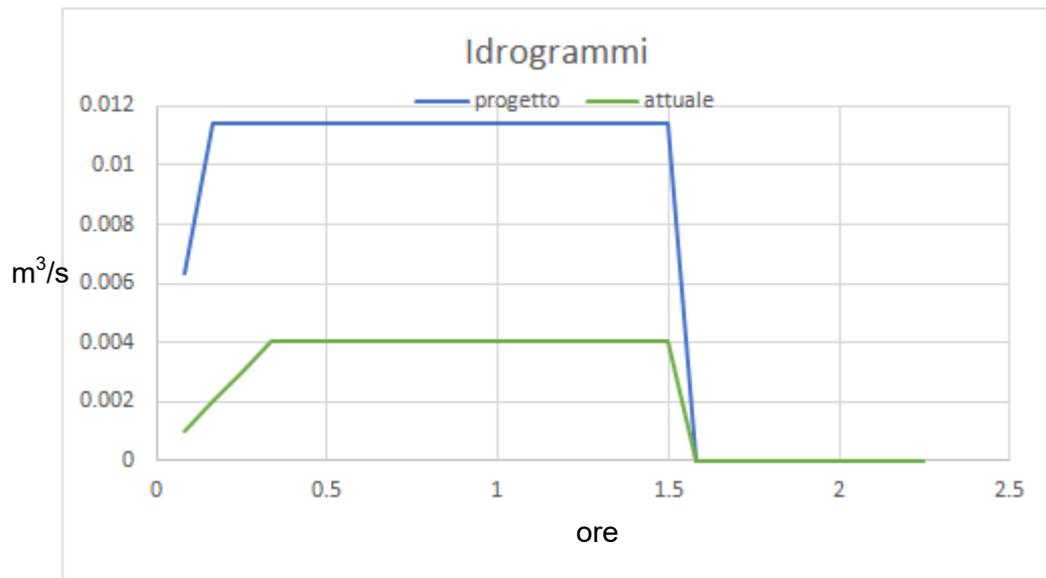
Per lo stato post variante i coefficienti di deflusso saranno così variati

STATO PROGETTO		
TIPOLOGIA	Superficie (m²)	Coefficiente di deflusso
PERMEABILE (verde profondo)	2.324	0,2
SEMIPERMEABILI (pavimentazione drenante)	430	0,6
IMPERMEABILE (copertura struttura)	95	0,9
TOTALE	2.849	0.28

I parametri idraulici assunti per il calcolo dell'idrogramma di piena sono:

STATO di PROGETTO	
Curva di possibilità pluviometrica	$h = 72.160 t^{0.131}$
Tempo di corrivazione	10 min
Coefficiente di deflusso medio	0.28

Gli idrogrammi di piena per lo stato attuale e di progetto, considerando una stessa durata di pioggia pari a 180 minuti, ma diversi coefficienti di deflusso sono:



Come si può notare allo stato di progetto il coefficiente di deflusso superiore fa alzare il picco della portata che massimizza i volumi.

La portata massima in uscita dallo stato attuale 4 l/s mentre quella di progetto raggiungerà i 11.4 l/s.

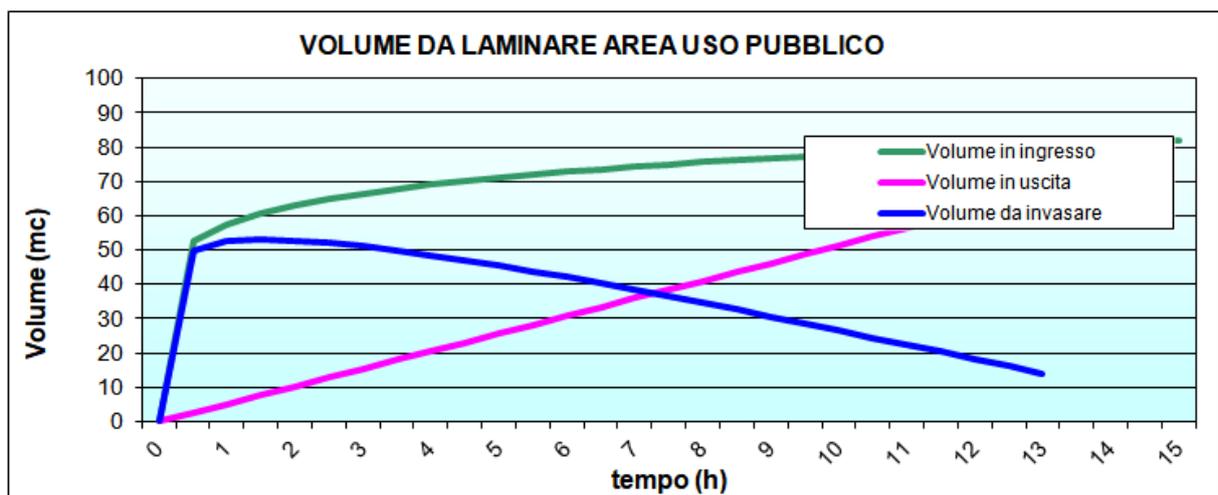
Nei calcoli che seguono sarà utilizzato un coefficiente pari a 5 l/s per ettaro di superficie.

8.2 CALCOLO VOLUMI DI LAMINAZIONE CON IL METODO RAZIONALE

Considerando di consentire un deflusso diretto non superiore a 5 l/s per ettaro, il volume da laminare sarà pari a circa 53 mc, pari a un volume specifico di 186 mc/ha

Risulta infatti che il volume specifico immagazzinato, $V_{\text{immagazzinato}}$, nel sistema di laminazione è dato dalla differenza:

$$V_{\text{immagazzinato}} = V_i(t) - V_u(t) [m^3]$$



8.3 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

La portata di picco è calcolata attraverso la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} [l/s]$$

con: S superficie scolante in ha;
 φ coefficiente di afflusso;
 a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
 k costante d'invaso in ore.

La costante d'invaso k si determina con la formula URBISPRO dedotta con criteri empirici a seguito di numerosi riscontri in bacini urbani sperimentali è pari a $k = 0.7 \cdot t_c$ dove k [ore] è il parametro del modello; t_c [ore] è il tempo di corrivazione del bacino.

La portata massima è dunque pari a $Q_c = 67$ l/s

Il volume da invasare all'interno del sistema di laminazione si calcola in modo implicito in funzione delle grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \frac{\theta_w}{k} \quad G(n, m) = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

dove k è la costante d'invaso del bacino, θ_w è la durata critica per i bacini (quella cioè che conduce al massimo volume d'invaso W_0), Q_c è la portata critica del bacino a monte.

Assegnato poi il rapporto $m = 1/\eta = Q_c/Q_{umax}$, le grandezze F e G sono calcolabili con le equazioni:

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n, m) = \frac{F^n}{D} - \frac{F^{n-1}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{F}{m} - \frac{1}{m} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right] = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

In particolare, trovato con la prima il valore di F, è immediato calcolare la durata critica $\theta_w = k \cdot F(n, m)$ e il volume da invasare $W_0 = k \cdot Q_c \cdot G(n, m)$. E' da notare che tali risultati sono validi solo nel caso in cui la durata critica θ_w della vasca e la durata critica $\theta_c = C \cdot k$ del bacino rientrino nel medesimo campo di validità del parametro n della curva di possibilità pluviometrica.

Nel caso in esame, ricordando che la portata in uscita è pari a 5 l/s ettaro, si calcola il volume d'invaso pari a 51 m³

8.4 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO

La portata di picco è calcolata con la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot t_c^{n-1} [l / s]$$

con: S superficie scolante in ha;
 φ coefficiente di afflusso;
 a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
 t_c tempo di corrivazione in ore.

La portata massima è dunque pari a $Q_c = 76$ l/s

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, ossia: W in m³, S in ha, a in mm/ora⁻ⁿ, θ in ore, t_c in ore, Q_u in l/s, le equazioni diventano:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_c$$

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

Il volume da invasare è pari a $W_{0, cinematico} = 52$ m³

9 RISULTATI E INDICAZIONI FINALI

Dalle verifiche eseguite il metodo razionale fornisce il valore più elevato di volume da invasare, pari a 53 m³..

Metodo razionale	Metodo dell'invaso	Metodo cinematico
53 m ³	51 m ³	52 m ³

Tale volume potrà essere facilmente realizzato prevedendo un leggero abbassamento di parte dell'area verde. Si rimanda tuttavia alla progettazione definitiva dell'intervento edilizio il la scelta e il dimensionamento del sistema di invaso, come anche la restituzione dopo laminazione delle acque raccolte che dovrà avvenire o alla rete di scolo (Menago) per mezzo di un manufatto che limiti le portate scaricate o mediante subirrigazione (scarico su suolo).

Si ribadisce l'impossibilità di trasferire lo scarico agli strati superficiali del sottosuolo a causa della limitata soggiacenza della falda.

REGIONE VENETO – AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO – DIREZIONE OPERATIVA
Unità Organizzativa Genio Civile Verona
**AUTOCERTIFICAZIONE DA ALLEGARE ALLA VALUTAZIONE DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA**

Oggetto: Istanza di compatibilità idraulica relativa a: Variante n. 3 al Piano degli Interventi
BUTTAPIETRA - VR

Comune di: BUTTAPIETRA. Autocertificazione ai sensi dell'art. 46 del D.P.R. n. 445 del 28/12/2000.

(N. pratica: _____ PD8/3P cod. univoco)

AUTOCERTIFICAZIONE SUI DATI STUDIATI ED ELABORATI

Il sottoscritto ing. dott. CRISTIANO TOSI, iscritto all'Ordine dei
Geologi della Provincia/Regione di/del Veneto al n. 289, n. tel.:
3355236788, e-mail: cristiano.tosi@yahoo.it redattore dello studio di Compatibilità Idraulica della
pratica di cui all'oggetto, consapevole della responsabilità penale, in caso di falsità in atti e di dichiarazione
mendace, ai sensi e per gli effetti dell'art. 76 D.P.R. n. 445/2000, per le finalità contenute nella D.G.R. n.
2948/2009

DICHIARA

- di aver preso conoscenza dello stato dei luoghi, delle condizioni locali e di tutte le circostanze generali e particolari che possono in qualsiasi modo influire sui contenuti e sulle verifiche dello studio richiamato in premessa;
- sono stati esaminati tutti i dati utili alla corretta elaborazione e stesura dei documenti imposti per la compatibilità idraulica nel rispetto di quanto indicato nell'allegato A della D.G.R. n. 2948 del 06/10/2009;
- sono state consultate e recepite appieno le perimetrazioni cartografiche relative alla pericolosità e al rischio idraulico riportate nel P.A.I. dell'Autorità di Bacino competente e nel P.T.C.P. vigente redatto dalla Provincia di Verona e si sono riscontrati ed evidenziati i casi in cui siano previste trasformazioni urbanistiche di Piano che le riguardano;
- sono state eseguite le elaborazioni previste dalla normativa regionale vigente su tutte le aree soggette a trasformazione attinenti la pratica di cui all'oggetto, non tralasciando nulla in termini di superfici, morfologia, dati tecnici, rilievi utili e/o necessari e nella verifica della loro correttezza.

Luogo: Verona, data: 18/10/2021



FIRMATO

Rev. n. 09/2019