COMUNE DI VERONA
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Comune di Verona

Consorzio ZAI
Interporto Quadrante Europa

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO DEL CENTRO AGROALIMENTARE - COMPARTO Q1 E AREE ANNESSE

Comune di Verona
Sindaco
Federico Sboarina
Assessore all'urbanistica
Ing. Ilaria Segala

Urbanistica ESS - PEEP
Dott.ssa Donatella Fragiacomo

Pianificazione e progettazione Urbanistica
Ing. Adriano Martinelli
Arch. Chiara Tassello

Presidente ZAI
Dott. Matteo Gasparato

Direttore ZAI
Dott. Nicola Boaretti

Vicedirettore ZAI
Geom. Raffaele Frigo

Ufficio Tecnico ZAI
Ing. Gianni Oltramari
Geom. Marta Pippa
Geom. Moreno Bosco

Il progettista

Ufficio Tecnico Consorzio ZAI

Il presidente

Elaborati scritti

Relazione di compatibilità idraulica

ORDINE INGEGNERI VERONA E PROVINCIA
A2817
Dott. Ing. FRANCESCO FIORINI

Marzo 2020

INDICE

1 PREMESSA 2
2 INDIVIDUAZIONE TERRITORIALE 3
3 DESCRIZIONE DEI LUOGHI ED USO DEL SUOLO ATTUALE 4
4 FRAGILITA' IDRAULICHE E IDROGEOLOGICHE 5
5 RETI FOGNARIE E REGIME IDRAULICO ATTUALE DELLA ZONA 6
6 PROGRAMMAZIONE URBANISTICA DELL'AREA 7
7 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE 9
8 ANALISI PLUVIOMETRICA 10
9 DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO 11
10 CALCOLO DEL SISTEMA DI COMPENSAZIONE 12
11 TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI COMPENSAZINE DA ADOTTARE 20
12 CONCLUSIONI 22

1 PREMESSA

L'esigenza della stesura del presente documento deriva dalle diposizioni impartite della D.G.R. del Veneto n. 2948 del 6 ottobre 2009, succeduta alle precedenti DGR n. 3637 del 13/12/2002, n. 1322 del 10/05/2006, n. 1841 del 19/06/2007, con le quali la Regione Veneto ha voluto introdurre nell'iter approvativo di ogni piano urbanistico e attuativo, e loro varianti, uno strumento atto a verificare le conseguenze della modificazione del territorio, al fine di impedire o quantomeno ridurre fenomeni di allagamento e di rischio idraulico.

Per questo motivo ha sviluppato all'interno della normativa i parametri e le condizioni di contorno, ritenute fondamentali e sufficienti per assicurare il mantenimento dello stato idraulico esistente, introducendo il principio della INVARIANZA IDRAULICA, che garantisce, pur modificando il territorio e aumentandone l'impermeabilizzazione, il mantenimento dei precedenti picchi massimi di deflusso nella rete idraulica presente.

Questo obiettivo è realizzabile mediante l'adozione di dispositivi compensativi e sistemi di invaso per equilibrare:

- la riduzione della capacità di infiltrazione del terreno dovuta alle nuove impermeabilizzazioni;
- la minore propensione a trattenere le acque piovane in superficie, con conseguente minor invaso superficiale intrinseco;
- l'aumento delle manifestazioni meteoriche a scroscio con l'amplificazione dei colmi di piena.

La presente valutazione è finalizzata alla verifica delle conseguenze sul regime idraulico della zona, all'attuazione delle opere previste dalla variante del comparto Q1 del piano particolareggiato delle aree di completamento del Quadrante Europa, con il calcolo e l'adozione dei sistemi compensativi ottimali ed idonei per la gestione delle acque piovane al fine di annullare il rischio idraulico derivante dalla massiccia impermeabilizzazione di un territorio attualmente agricolo.

Verrà quindi sviluppato il calcolo per il dimensionamento del relativo sistema di compensazione in base ai dati pluviometrici della zona, applicati con tempi di ritorno, nel rispetto della normativa vigente, di 50 anni e, di 200 anni data la modalità di smaltimento di tutte le acque piovane al suolo, specifica dell'intervento in oggetto.

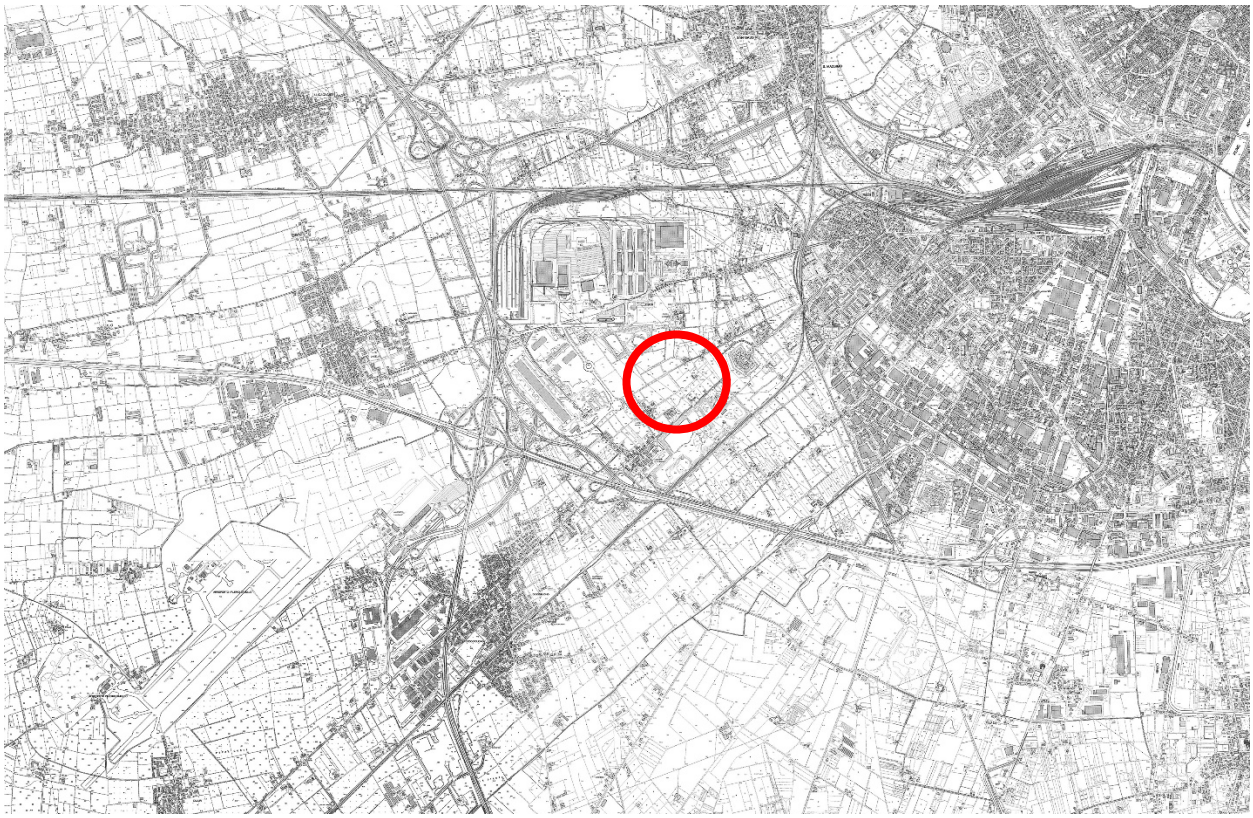
Verrà inoltre determinato il sistema di smaltimento di tali acque in base alle caratteristiche di accettazione del terreno ed assicurando l'equilibrio del bilancio fra le acque in entrata (in base alla piovosità) e le acque in uscita (acque smaltite) con l'ausilio di un sistema di invasi per permetta l'allontanamento delle acque dalle superfici urbanizzate, senza aggravare la rete idraulica della zona e garantendo così l'invarianza idraulica ed un alto grado di sicurezza dell'intervento.

Visto il livello di dettaglio del progetto, verranno indicate le possibili tipologie di compensazione e di dispersione al suolo adottabili, che meglio si integrano all'ambiente circostante e alle modalità e funzionalità dell'intervento globale.

2 INDIVIDUAZIONE TERRITORIALE

Il piano particolareggiato delle aree di completamento del Quadrante Europa interessa un ambito territoriale in cui gli interventi attuativi sono, in forza delle legge costitutiva (istituito il 24 aprile 1948 con Decreto Legislativo n. 579, modificato ed integrato il 26 luglio 1975 n. 378, tra Comune, Provincia e Camera di Commercio di Verona), di pertinenza del Consorzio ZAI, in via diretta od anche mediante concessioni amministrative ovvero convenzioni che il Consorzio ZAI può rilasciare ovvero stipulare con i privati. L' ambito territoriale approvato si estende su una superficie di circa 1.700.000 m² ed è organizzato per isolati funzionali in modo tale che il sistema di piano sia in stretta connessione con i diversi insediamenti logistici, direzionali e a servizi dell'Interporto Quadrante Europa e con il sistema della grande viabilità. L'area ove insiste il piano particolareggiato in esame è compresa nel piano d'area di livello regionale denominato PAQE e in particolare rientra nel comparto "C1" (indicato nell'allegato H della variante n. 2 al PAQE approvata nel 2006).

La zona oggetto della presente variante, relativa al comparto "Q1 e aree annesse" della superficie complessiva di 226.730 m, di cui il Comparto Q1 ricopre nello stato approvato una superficie di circa 104.155 m² a cui vanno sommati gli ambiti a verde dei comparti C e C1.1 della superficie di 96.596 mq, gli insediamenti preesistenti da preservare Comparti "A" della superficie di 21.078 mq e la scheda norma 489 – ATO 9 della superficie di 4.901 mq.



Corografia generale

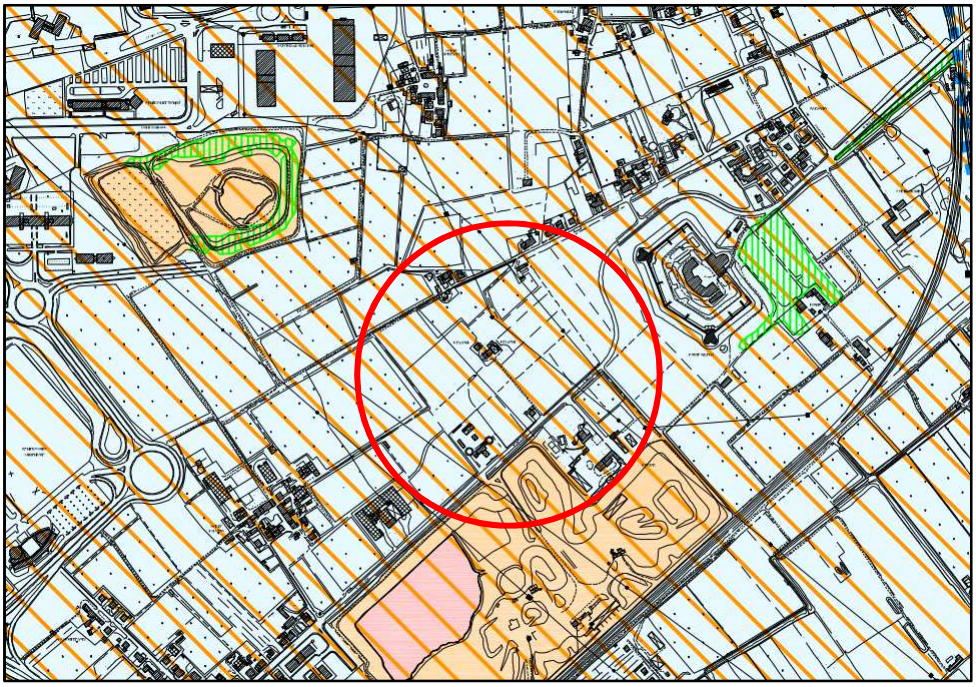
3 DESCRIZIONE DEI LUOGHI ED USO DEL SUOLO ATTUALE

Attualmente l'area ha un utilizzo quasi prettamente agricolo con presenza di seminativi e prati stabili.

Ortofoto

4 FRAGILITA' IDRAULICHE E IDROGEOLOGICHE

Per la verifica delle fragilità idrauliche e idrogeologiche dell'area in questione si fa riferimento alla carta delle fragilità del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona, di cui se ne riporta un estratto a seguire:



Estratto Carta delle fragilità del PAT del Comune di Verona

Dalla carta si evince che la zona oggetto della relazione è classificata come Unità A relativamente alla vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. In tale classificazione sono inserite:

- Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria;
- Strati di alterazione superficiale di scarsa potenza;
- Morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei;
- Dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvioglaciale;
- Presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 metri dal piano campagna.

Tutte queste caratteristiche, verificabili anche sul posto dai sopralluoghi e saggi eseguiti, ne conferiscono una vulnerabilità intrinseca alta.

Tali caratteristiche non rappresentano situazioni di criticità o pericolo evidente, ma necessitano di una maggior attenzione ai sistemi di smaltimento delle acque.

Per questo motivo, nella progettazione esecutiva dovranno essere previste oltre agli opportuni dispositivi per il trattamento delle acque di prima pioggia, la realizzazione dei sistemi di dispersione al suolo superficiali, che permettano la filtrazione naturale delle acque piovane, al fine di impedire l'eventuale contaminazione delle falde con fluidi inquinanti. Lo smaltimento al suolo delle acque viene consigliato con il mantenimento di un materasso drenante originario di almeno 5 m sopra la quota massima di falda.

Dalla Carta delle fragilità inoltre si può rilevare l'assenza di fenomeni e situazioni di pericolo e/o rischi per dissesto idrogeologico. L'area inoltre non è interessata da zone di pericolosità idraulica.

La conformazione pianeggiante di tutta l'area ne garantisce la sicurezza idrogeologica.

5 RETI FOGNARIE E REGIME IDRAULICO ATTUALE DELLA ZONA

La zona essendo caratterizzata da terreni altamente permeabili, completamente piana ed essendo ancora quasi completamente agricola, non presenta alcun reticolo idraulico di scolo né di origine naturale (corsi d'acqua), né artificiale (fognatura di acque bianche), infatti il drenaggio delle acque piovane avviene naturalmente per infiltrazione nel terreno. Dall'analisi geologica si evince la presenza generalizzata di un sottile strato di terreno organico superficiale che permette l'utilizzo agricolo dello stesso, con profondi strati di ghiaie medio-grossolane e sabbie di buona qualità geotecnica.

La falda idraulica inoltre si presenta a profondità notevole, 20-30 m come riportato nella Relazione geologica della Dott. Geol. Annapaola Gradizzi parte integrante del progetto, tale da non influenzare minimamente il comportamento idraulico degli strati superficiali.

Ne conviene che l'unica possibilità di smaltimento delle acque piovane rimanga la dispersione al suolo con la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata oltre che a vasi di laminazione che garantiscano la sicurezza idraulica dell'intero intervento, come previsto dal progetto in questione.

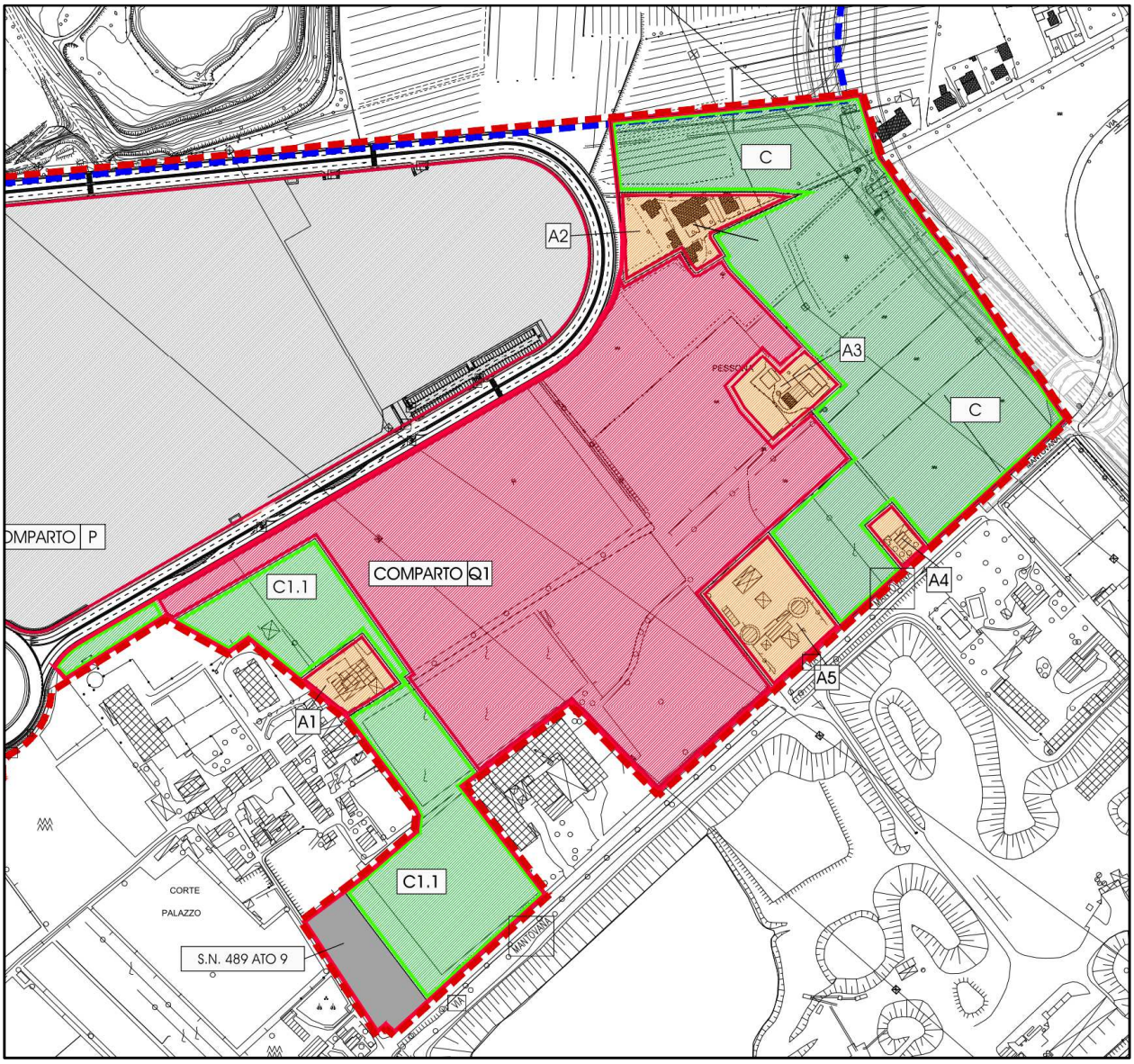
6 PROGRAMMAZIONE URBANISTICA DELL'AREA

L'attuale fase di progettazione prevede la definizione della viabilità a servizio del comparto e dei relativi parcheggi, l'individuazione di tre distinti lotti all'interno dei quali sono state individuate le superfici di progetto e di ingombro massimo dei fabbricati; ne è conseguito inoltre il posizionamento delle superfici a parcheggio D1 e D2 e delle aree verdi connesse con strade (C1) e delle aree destinate a verde attrezzato (C1.1) e l'individuazione degli insediamenti preesistenti da preservare (A).

Si ritiene opportuno mantenere distinti i tre comparti:

- comparto Q1 soggetto all'effettiva urbanizzazione.
- comparto C e C1.1. con destinazione a verde;
- comparto A soggetto a sola salvaguardia dell'esistente;
- scheda norma 489 – ATO 9

che nella planimetria a seguire vengono evidenziate in colori diversi:



Legenda: *Pianta schema suddivisione ambiti*

- Comparto Q1 - Sup. 104.155 mq
- Comparto A – Insediamenti esistenti - Sup. 21.078
- Comparto C1.1 verde attrezzato e per lo sport - Sup 31.277 mq
- Comparto C – verde di mitigazione - Sup. 65.319 mq
- Scheda norma s.n. 489 ATO 9 - Sup. 4.901 mq

Pianta schema suddivisione ambiti

7 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Come riportato nei paragrafi precedenti, attualmente l'acqua piovana non necessita di una gestione particolare, in quanto si infiltra in modo naturale nel terreno, che in questa zona si presenta molto permeabile.

Anche per le strade esistenti, l'acqua si disperde sulle banchine e nei terreni laterali infiltrandosi naturalmente nel terreno.

Anche in caso di scrosci di notevole intensità, grazie alla permeabilità elevata del terreno, l'area non presenta rischi idraulici di allagamenti e/o ruscellamenti pericolosi. Tali ruscellamenti sono inibiti anche dalla conformazione pianeggiante dell'area.

Nel nuovo progetto, data la notevole impermeabilizzazione del suolo, le acque piovane dovranno essere opportunamente trattate, sia per l'aspetto ambientale della loro qualità ove la normativa vigente lo prevede, sia per lo smaltimento delle stesse.

Infatti l'urbanizzazione dell'area impedirà la naturale infiltrazione delle acque nel terreno, favorendo la concentrazione delle stesse con la creazioni di portate di piena significative. Per questo motivo si dovrà prevedere un apposito e complesso sistema di drenaggio e di compensazione che permetta di eliminare ogni rischio idraulico possibile.

Ovviamente la presenza di terreni molto sciolti e permeabili favorirà la creazione di sistemi drenanti. Infatti dalla Relazione geologica della Dott. Geol. Annapaola Gradizzi, già citata, risulta una capacità disperdente molto elevata, con coefficiente di permeabilità nell'ordine di

$$K= 10^{-4} \text{ m/s}$$

Tale valore permette di gestire lo smaltimento delle acque piovane creando una rete di raccolta confluente in dispositivi di drenaggio per lo smaltimento al suolo e contemporanea funzione di compensazione delle portate maggiori che si possono verificare in caso di scrosci di particolare imponenza.

Resta inteso che in fase di progettazione esecutiva il valore di permeabilità dovrà essere riscontrato con un congruo numero di prove sul campo.

8 ANALISI PLUVIOMETRICA

Vista la posizione dell'intervento, la stazione pluviometrica più vicina e più idonea per consistenza delle serie a disposizione, tali da rendere attendibile la statistica della previsione risulta quella di Verona. Per i calcoli necessari per ottemperare le disposizione della normativa vigente si è fatto riferimento al Tempo di Ritorno (Tr) di 50 e 200 anni

Si è fatto quindi riferimento ai dati forniti dall'ARPAV come previsto anche nello Studio di Compatibilità Idraulica del Piano degli Interventi redatto dallo Studio di Geologia del Dott. Mastella.

A seguire lo schema dei parametri dei dati di precipitazioni forniti dall'ARPAV.

Stazione di VERONA Parametri regolarizzazione dati di precipitazione — legge di GUMBEL $P(x) = e^{-e^{-alfa * (x - beta)}}$				
1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
N: 31 Media: 27.110 alfa: .100 beta: 21.713	N: 31 Media: 33.742 alfa: .084 beta: 27.374	N: 31 Media: 38.987 alfa: .080 beta: 32.261	N: 31 Media: 44.781 alfa: .075 beta: 37.611	N: 31 Media: 52.858 alfa: .072 beta: .419
Tr = 2 Xt = 25.40	Tr = 2 Xt = 31.72	Tr = 2 Xt = 36.85	Tr = 2 Xt = 42.50	Tr = 2 Xt = 50.50
Parametri curva H = a*T**n : a = 9.086 n = .238 (T = minuti)				
Tr = 5 Xt = 36.78	Tr = 5 Xt = 45.16	Tr = 5 Xt = 51.04	Tr = 5 Xt = 57.63	Tr = 5 Xt = 66.19
Parametri curva H = a*T**n : a = 14.696 n = .208 (T = minuti)				
Tr = 10 Xt = 44.32	Tr = 10 Xt = 54.05	Tr = 10 Xt = 60.44	Tr = 10 Xt = 67.65	Tr = 10 Xt = 76.58
Parametri curva H = a*T**n : a = 18.560 n = .196 (T = minuti)				
Tr = 25 Xt = 53.85	Tr = 25 Xt = 65.29	Tr = 25 Xt = 72.31	Tr = 25 Xt = 80.30	Tr = 25 Xt = 89.72
Parametri curva H = a*T**n : a = 23.545 n = .184 (T = minuti)				
Tr = 50 Xt = 60.92	Tr = 50 Xt = 73.63	Tr = 50 Xt = 81.12	Tr = 50 Xt = 89.69	Tr = 50 Xt = 99.46
Parametri curva H = a*T**n : a = 27.296 n = .177 (T = minuti)				
Tr = 100 Xt = 67.93	Tr = 100 Xt = 81.91	Tr = 100 Xt = 89.86	Tr = 100 Xt = 99.01	Tr = 100 Xt = 109.13
Parametri curva H = a*T**n : a = 31.051 n = .172 (T = minuti)				
Tr = 200 Xt = 74.92	Tr = 200 Xt = 90.16	Tr = 200 Xt = 98.57	Tr = 200 Xt = 108.30	Tr = 200 Xt = 118.76
Parametri curva H = a*T**n : a = 34.817 n = .168 (T = minuti)				

Per i calcoli necessari per ottemperare le disposizione della normativa vigente si è fatto riferimento al Tempo di Ritorno (Tr) di 50 anni con verifica del sistema ai 200 anni.

Tempo di ritorno	Curva di probabilità Con t in minuti	Curva di probabilità Con t in ore
Tr=50	$27,296 \times t^{0,177}$	$56,342 \times t^{0,177}$
Tr=200	$34,817 \times t^{0,168}$	$69,266 \times t^{0,168}t$

Curva di piovosità della zona

9 DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO

Sulla base della classificazione regionale riportata nella D.G.R. n.2948 del 06/10/2009 l'intervento è inquadrabile nella "Marcata impermeabilizzazione potenziale"

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha Interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp<0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp>0,3

Classificazione dell'intervento in base alle superficie di intervento e al grado di impermeabilizzazione

Tale classificazione prevede che già in fase di preliminare, ove il livello indicativo dei progettazione va già a localizzare, seppur di massima, le trasformazioni urbanistiche, lo studio avrà lo sviluppo necessario ad indicare le potenziali misure compensative ritenute idonee a garantire l'invarianza idraulica e la sicurezza idraulica dell'intervento, quanto meno a livello di fattibilità.

Per garantire un maggior grado di sicurezza dell'area, già in questa fase viene considerato il sistema di smaltimento che dovrà essere adottato, che in questa zona è normalmente

individuata nella dispersione al suolo. Così, nel bilancio dei volumi di acqua piovana da trattare, verrà necessariamente considerato il sistema di drenaggio, per avere un risultato non solo idoneo a garantire l'invarianza idraulica dell'ambito, ma andrà a verificare lo specifico funzionamento dell'intero sistema di smaltimento e compensazione delle acque piovane, verificandone l'efficacia a garanzia della massima sicurezza idraulica del sito.

10 CALCOLO DEL SISTEMA DI COMPENSAZIONE

Da quanto riportato nella relazione, per il calcolo del sistema di compensazione, idoneo a garantire il principio di invarianza idraulica rispetto lo stato originario, verrà utilizzata la curva probabilistica climatica della stazione di Verona, ed in particolare i parametri relativi al tempo di ritorno pari a 50 anni e a 200 anni, desunta mediante il metodo statistico-probabilistico di Gumbel e già utilizzata per la redazione del Piano degli interventi del Comune di Verona.

STUDIO DEL COEFFICIENTE MEDIO DELL'AREA

In merito al calcolo dei volumi di afflusso relativi alla nuova urbanizzazione prevista dal progetto si farà riferimento direttamente ai coefficienti di deflusso fissati dalla DGR di riferimento:

Tipologia area	**Coefficiente di deflusso**
Aree agricole	0,10
Superfici permeabili (aree verdi)	0,20
Superficie semi-permeabili (grigliati drenanti con materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, …)	0,60
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade e piazzali asfaltati, …)	0,90

Classificazione superfici per coefficiente di deflusso indicati dalla DGR 2948/2009

In base alla suddetta classificazione possiamo calcolare i coefficienti di deflusso medi degli ambiti coinvolti.

Nella tabella a seguire viene riportata la suddivisione delle tipologie di superficie con l'assegnazione del relativo coefficiente di deflusso:

		Superfici [m^2]	Coefficiente di deflusso
Comparto Q1	***Superficie Fondiaria***		
	Edifici	30.270	0,90
	Parcheggi, Viabilità e Baie di carico	55.275	0,90
	Verde	4.450	0,20
	Superfici Standard		
	Strade e marciapiedi	3.528	0,90
	Parcheggi 1, 2 e 3 (drenanti)	6.055	0,60
	Verde	4.577	0,20
	Totale Comparto Q1	**104.155**	**0,79**
Comparto C1.1	Aree di possibile edificazione 50%	15.639	0,90
	Verde	15.638	0,20
	Totale Comparto C1.1	**31.277**	**0,55**

Classificazione superfici degli ambiti per coefficiente di deflusso come da DGR 2948/2009

Il comparto A – insediamenti esistenti - non subendo alcuna variazione urbanistica, in conformità alla normativa, non è soggetto alla verifica idraulica per il mantenimento dell'invarianza idraulica.

Il comparto C – verde di mitigazione – rimane a destinazione agricola per cui non viene modificato l'attuale regime idraulico e sistema di smaltimento delle acque.

Le superfici della Scheda Norma 489 –ATO 9, non rientrano nelle aree a disposizione della committenza, non se ne conosce la destinazione d'uso e le eventuali modifiche dall'attuale situazione, per cui non possono rientrare nella trattazione della presente relazione.

STUDIO DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO DELL'AREA

L'intervento si trova in zona pianeggiante con terreni molto permeabili e privo di un reticolo idraulico superficiale. Tutte le acque piovane vengono assorbite dal terreno.

In rispetto alla normativa vigente e al principio di Invarianza idraulica risulta necessaria la realizzazione di un sistema di smaltimento delle acque al suolo, che permetta l'allontanamento delle acque dalle zone urbanizzate ed impermeabilizzate con efficienza e velocità.

Le metodologie più efficaci ed economicamente convenienti prevedono la realizzazione di aree depresse, vasche di raccolta, pozzi a perdere e trincee drenanti che permettano un assorbimento veloce ed imponente delle acque.

Tali sistemi e/o manufatti oltre a costituire un dispersore delle acque, di fatto costituiscono anche dei bacini di invaso e di compensazione.

Come già riportato la permeabilità del terreno è stata individuata con un coefficiente di permeabilità di

$$K = 10^{-4}\, m/s$$

La falda idraulica inoltre, si presenta a profondità notevoli e tali da non influenzare minimamente il comportamento idraulico degli strati superficiali.

Ai fini del calcolo idraulico quindi, per poter effettuare il bilancio tra le acque in entrata e le acque in uscita, il coefficiente udometrico delle acque in uscita deve essere ricavato dalla capacità di assorbimento del terreno.

Nel caso specifico il sottoscritto ha fissato un coefficiente udometrico, in base alla propria esperienza, che possa essere equilibrato per la creazione di vasi di laminazione/smaltimento necessari per garantire l'invarianza idraulica dell'intervento e rappresentare un giusto connubio economico/funzionale anche per la committenza.

Il coefficiente udometrico di smaltimento delle acque è stato fissato in **50 l/s ha**.

Nelle formule a seguire viene calcolata la superficie drenante necessaria per assicurare la portata di smaltimento sopra definita.

Applicando le formule di Darcy sulla capacità di infiltrazione dei terreni, possiamo ottenere la superficie richiesta

Formula di Darcy

$$Q = \frac{K}{2} J A$$

Q è la portata di infiltrazione [mc/s]

2 coefficiente di sicurezza in riferimento alla possibile diminuzione di efficienza del sistema

K è il coefficiente di permeabilità [m/s]

J è la cadente piezometrica che nel nostro caso viene posta a 1

A è la superficie scolante [mq]

Applicata diventa

$$A = 2\,Q\,/\,K\,J$$

Con la portata di infiltrazione Q (pari al coefficiente udometrico φ che abbiamo assunta nella nostra progettazione) = 0,050 mc/s, il coefficiente di permeabilità K = 10^{-4} m/s risulta una superficie filtrate di S_f = 1.000 mq/ha

Questo diventa quindi un vincolo di progettazione dell'intervento: deve essere previsto un sistema di dispersione facilitata delle acque al suolo della superficie drenante minima di 1.000 mq/ha.

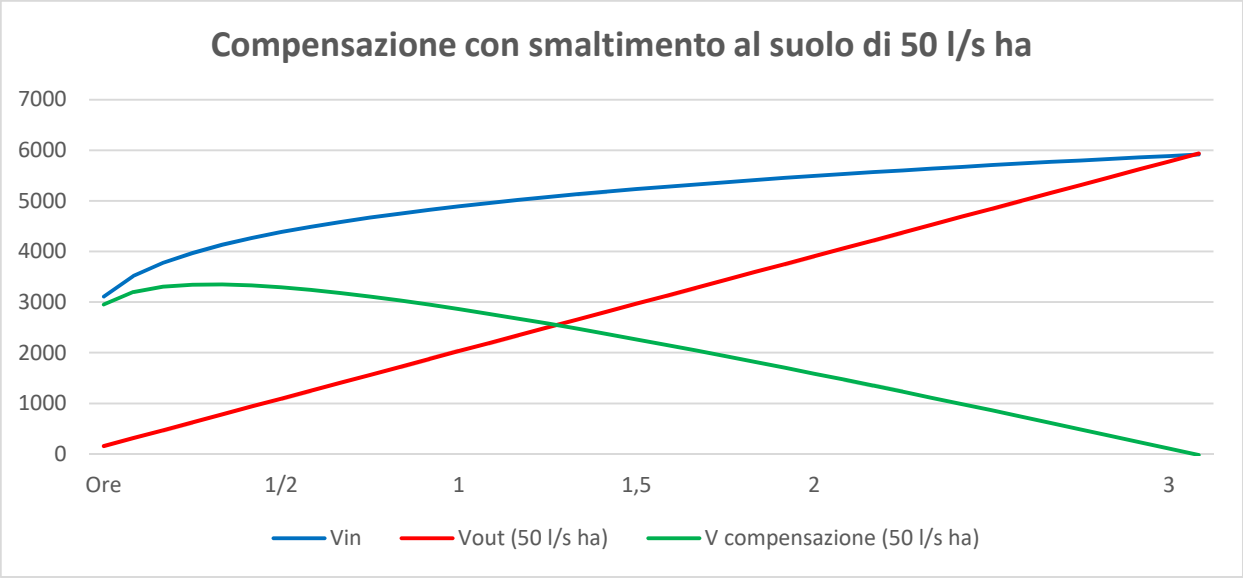
STUDIO DEL SISTEMA DI COMPENSAZIONE/SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Con tali valori di dispersione l'individuazione del sistema di compensazione porta a massimizzare il bilancio fra:

- **portate e volumi in entrata** calcolati in base alla curva statistica pluviometrica e i coefficienti di deflusso stabiliti dalla normativa;
- **portate e volumi in uscita** fissati dal coefficiente udometrico di 50 l/s ha, derivanti dalla dispersione al suolo;

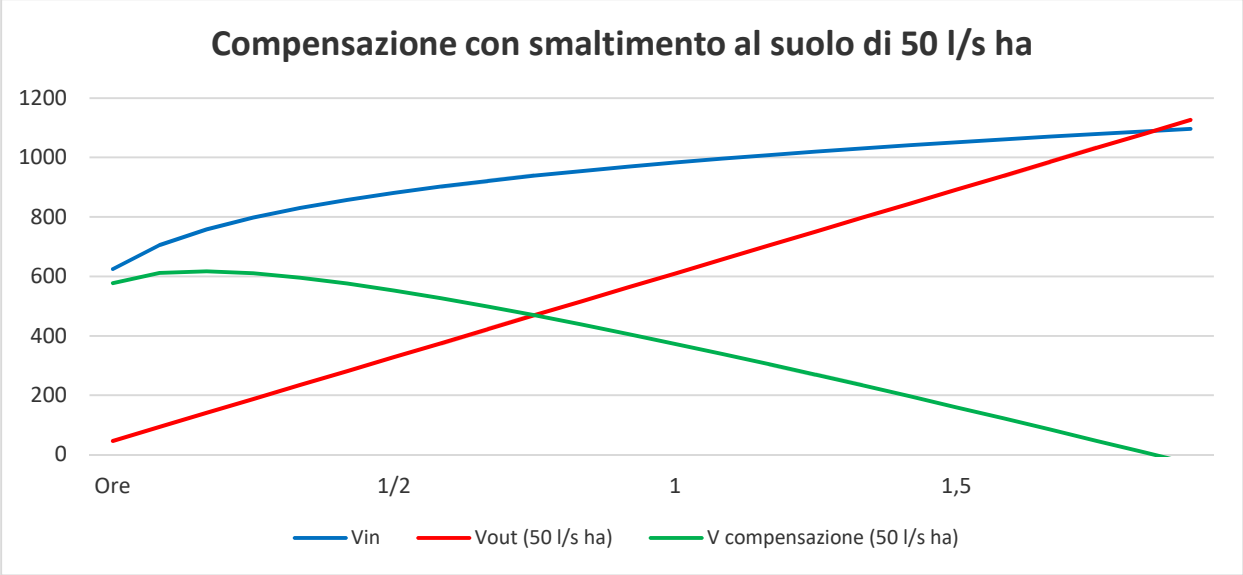
Con l'applicazione dei parametri suddetti nel modello di calcolo, la massimizzazione del volume di compensazione si ottengono i seguenti risultati:

Tr =50 anni	Superfici [m^2]	Coeff. medio di deflusso	Q dispersione [mc/s]	V compens. [mc]	Tempo svuot. [min]
Comparto Q1	104.155	0,79	0,520	3.350	3^{h}10'



Tempo [minuti]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
H [mm]	41,03	46,39	49,84	52,44	54,55	56,34	57,90	59,29	60,53	61,67	62,72	63,70	64,61	65,46	66,26	67,02	67,75	68,44	69,09
Volume in entrata [mc]	3512	3971	4266	4489	4670	4823	4957	5075	5182	5280	5369	5453	5530	5603	5672	5738	5799	5858	5915
Volume disperso [mc]	312	625	937	1250	1562	1875	2187	2500	2812	3125	3437	3750	4062	4375	4687	4999	5312	5624	5937
Volume da comp. [mc]	3200	3346	3329	3239	3108	2948	2769	2575	2370	2155	1932	1703	1468	1229	985	738	488	234	0

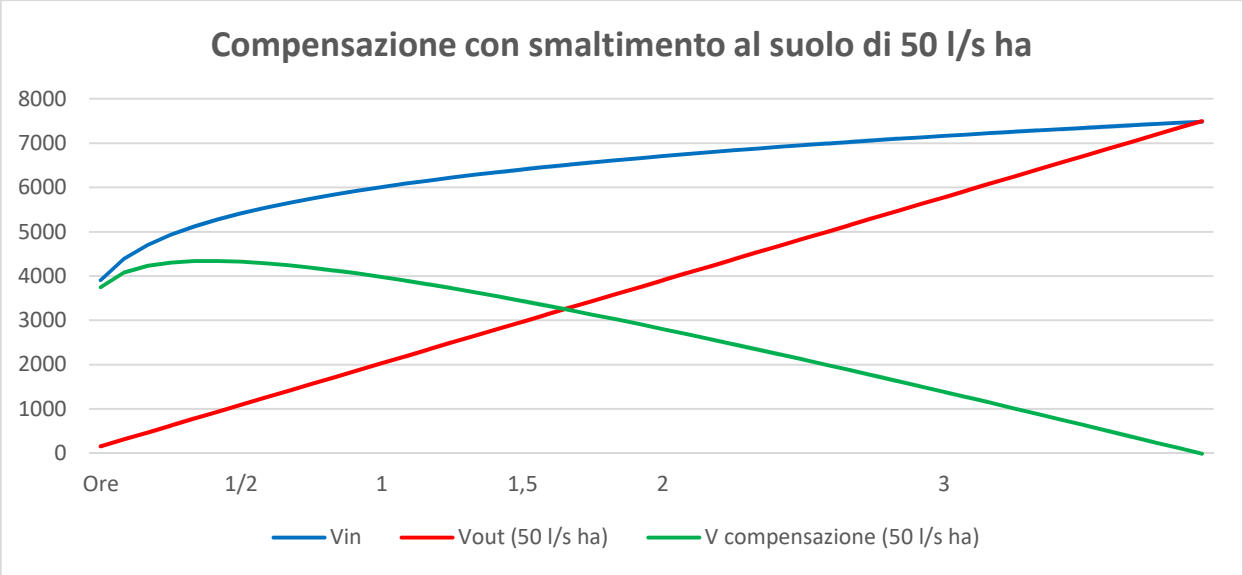
Tr =50 anni	Superfici [m^2]	Coeff. medio di deflusso	Q dispersione [mc/s]	V compens. [mc]	Tempo svuot. [min]
Comparto C1.1	31.277	0,55	0,156	618	2^{h}00'



Tempo [minuti]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
H [mm]	36,29	41,03	44,08	46,39	48,25	49,84	51,22	52,44	53,54	54,55	55,48	56,34	57,15	57,90	58,61	59,29	59,92	60,53	61,12	61,67	62,21	62,72	63,22	63,70
Volume in entrata [mc]	624	706	758	798	830	857	881	902	921	938	954	969	983	996	1008	1020	1031	1041	1051	1061	1070	1079	1088	1096
Volume dispers o [mc]	47	94	141	188	235	281	328	375	422	469	516	563	610	657	704	751	798	844	891	938	985	1032	1079	1126
Volume da comp. [mc]	577	612	618	610	596	576	553	527	499	469	438	406	373	339	305	269	233	197	160	123	85	47	8	0

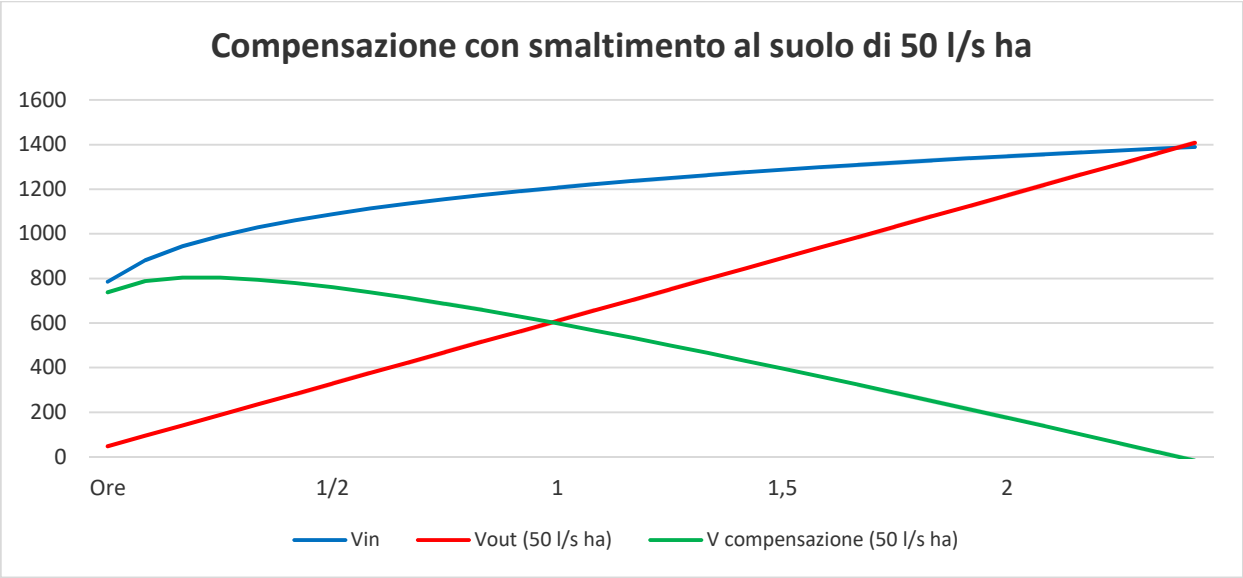
In riferimento alla D.G.R. 2948/09 in caso di un utilizzo notevole dello smaltimento al suolo viene richiesta anche la verifica per un tempo di ritorno di 200 anni, al fine di garantire la funzionalità del sistema.

Tr =200 anni	Superfici [m^2]	Coeff. medio di deflusso	Q dispersione [mc/s]	V compens. [mc]	Tempo svuot. [min]
Comparto Q1	104.155	0,79	0,520	4.340	$4^h00'$



Tempo [minuti]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
H [mm]	51,26	57,59	61,65	64,70	67,18	69,27	71,08	72,70	74,15	75,47	76,69	77,82	78,87	79,86	80,79	81,67	82,51	83,31	84,07	84,79	85,49	86,16	86,81	87,43
Volume in entrata [mc]	4388	4930	5278	5539	5751	5929	6085	6223	6347	6461	6565	6662	6752	6837	6916	6992	7063	7131	7196	7259	7318	7376	7431	7484
Volume dispersio [mc]	312	625	937	1250	1562	1875	2187	2500	2812	3125	3437	3750	4062	4375	4687	4999	5312	5624	5937	6249	6562	6874	7187	7499
Volume da comp. [mc]	4076	4305	4340	4289	4188	4055	3898	3723	3535	3336	3233	3128	3021	2912	2802	2690	2577	2462	2346	2229	2111	1992	1872	1751

Tr =200 anni	Superfici [m^2]	Coeff. medio di deflusso	Q dispersione [mc/s]	V compens. [mc]	Tempo svuot. [min]
Comparto C1.1	31.277	0,55	0,156	618	2^{h}00'



Tempo [minuti]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
H [mm]	51,26	57,59	61,65	64,70	67,18	69,27	71,08	72,70	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50
Volume in entrata [mc]	882	991	1061	1113	1156	1192	1223	1251	74	75	77	78	79	80	81
Volume disperso [mc]	94	188	281	375	469	563	657	751	0	0	0	0	0	0	0
Volume da comp. [mc]	788	803	779	738	686	629	566	500	431	360	287	213	137	60	0

Riepilogando alla luce delle verifiche effettuate per Tempi di Ritorno di 50 e 200 anni, il Comparto Q1 necessita di un volume minimo di invaso di 4.340 mc mentre il comparto C1.1 necessita di un volume di invaso di 803 mc.

11 TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI COMPENSAZINE DA ADOTTARE

Come soprariportato per il comparto Q1 dovrà essere realizzato un volume di compensazione di **4.340 mc** con capacità drenante di **0,520 mc/s,** mentre per il Comparto C1.1. sono necessari **803 mc** di volume d'invaso con un'efficienza d'infiltrazione di **0,156 mc/s**.

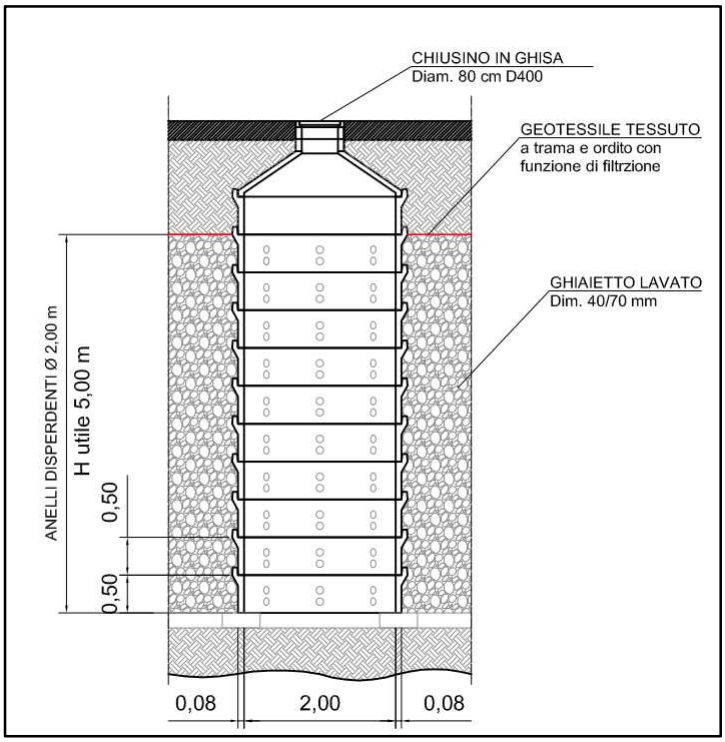
Tali volumetrie e tali portate di smaltimento potranno essere modificate in fase di progettazione esecutiva in base all'effettivo utilizzo del suolo, dell'effettiva permeabilità dei terreni, della scelta del sistema di smaltimento delle acque e di conseguenza del relativo coefficiente udometrico di uscita delle acque piovane.

La scelta della tipologia di sistema di smaltimento/compensazione è di fondamentale importanza ed è molto influenzata dalla morfologia dell'ambito e dalle modalità di sfruttamento urbanistico.

La presenza di molte aree impermeabilizzate e/o pavimentate porta a preferire sistemi interrati, come pozzi a perdere e trincee drenanti, mentre per ambiti ove è predominante il verde è preferibile eseguire zone verdi depresse, ove poter invasare per alcune ore, durante gli eventi di pioggia maggior intensa, un limitato strato d'acqua che non comprometta l'utilità dell'area stessa.

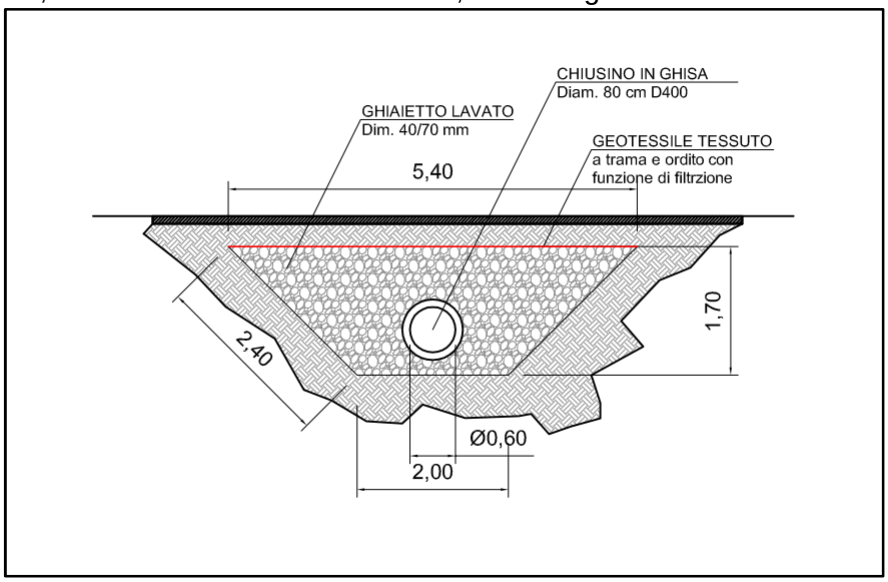
Nella presente relazione, essendo la fase progettuale non ancora esecutiva, si riporta un esempio/consiglio di alcuni sistemi funzionali alle necessità dell'opera:

Per il comparto Q1, si consiglia la realizzazione di una serie di pozzi a perdere del diametro di 2,00 m con corona di un metro di materiale drenante ed altezza di 5,00 m, come rappresentato nello schema a lato.



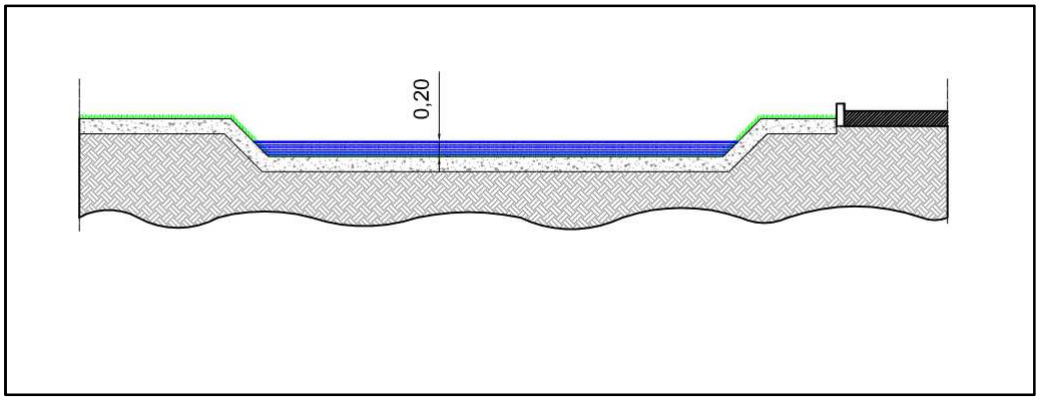
Manufatti di queste dimensioni, possono assicurare una superficie drenante di circa 75 mq, che secondo le formule di Darcy, offrono una potenzialità di dispersione di 3,8 l/s, oltre che ad un volume di invaso di circa 30 mc.

La rete di raccolta e collegamento tra i pozzi perdenti può essere realizzata con trincee drenanti come quella descritta di seguito, con tubazione del diametro di 0,60 m affogata in un materasso di materiale drenante con base di 2,00 m che si allarga a 5,40 m e altezza 1,70 m, che per ogni 100 m di lunghezza rappresentano una superficie drenante di 680 mq per una potenzialità di dispersione di 34 l/s e un volume di invaso di circa 189 mc.



Per gli ambiti con presenza di ampie zone a verde è preferibile ed economicamente vantaggioso sfruttare leggere depressioni ed invasi.

Per ipotesi una superficie di 1.000 mq con una capacità di invasare 20 cm di lama d'acqua, offre un portata di dispersione di 50 l/s e un volume di invaso di 200 mc.



12 CONCLUSIONI

L'intervento in progetto, alla luce di quanto esposto, apporta una forte alterazione della situazione attuale dal punto di vista dell'impatto idraulico.

Preso atto delle caratteristiche di permeabilità dei terreni interessati dai lavori, si è osservata l'opportunità di convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione direttamente al suolo con sistemi di dispersione facilitata.

Si è dunque condotta l'analisi di dati pluviometrici con riferimento ad eventi meteorologici con tempo di ritorno Tr = 50 anni e 200 anni, al fine di determinare le maggiori portate e i volumi di invaso necessari.

Preso atto che in questa fase progettuale non sono ancora state individuate le opere specifiche per la compensazione e lo smaltimento delle acque piovane, con la presente relazione sono stati calcolati e definiti i volumi di invaso, le superfici di drenaggio con le relative portate di infiltrazione necessarie a garantire l'invarianza idraulica richiesta dalla normativa. Sono state indicate, inoltre, le metodologie e i manufatti tipo, utili alla realizzazione dei volumi di compensazione e ai sistemi di drenaggio facilitato per ottemperare alle esigenze suddette.

L'osservanza delle indicazioni calcolate nella presente relazione, garantiscono il rispetto della normativa vigente, assicurano l'invarianza idraulica ed un alto grado di sicurezza idraulica dell'intervento.

Si fa presente che in fase di progettazione esecutiva dovranno essere:

- eseguite le verifiche puntuali sul posto, della permeabilità reale dei terreni ove realizzare i sistemi di dispersione facilitata;
- aggiornati i calcoli dei volumi di compensazione e smaltimento delle acque, in base alla reale sistemazione superficiale delle aree
- definite le metodologie, i manufatti e le posizioni degli impianti e sistemi di compensazione e smaltimento delle acque;
- progettati gli eventuali sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia, ove previsto dalla normativa ambientale.