

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA.....	3
2.1	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA.....	4
2.2	CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE	6
2.2.1	Precipitazioni	6
3	CALCOLO DELLE PORTATE	9
3.1	FATTORE RIDUTTIVO.....	9
3.2	PORTATA ORARIA DELLE ACQUE METEORICHE.....	10
3.3	MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE.....	10
3.4	CALCOLO STATO ATTUALE	11
3.5	CALCOLO STATO DI PROGETTO	12
4	CONCLUSIONI.....	13

1 PREMESSA

Su incarico della ditta Legnaghese Real Estate S.p.A., la quale sta proponendo il Progetto per una istanza di approvazione di Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata per la realizzazione di un fabbricato a destinazione commerciale sito nel Comune di Verona, loc. S. Michele, tra le vie Mattarana, M.ti Lessini e R. Olivieri denominato "PUA MATTARANA", si è redatta la presente relazione di Compatibilità Idraulica con lo scopo di verificare il principio di Invarianza Idraulica ed individuare adeguati sistemi per garantire tale principio.

L'intera area di progetto ha estensione fondiaria di circa 11.036,97 m², attualmente tutti ad uso agricolo/verde, dei quali circa **5.554,10 m²** saranno occupati dal nuovo edificio a destinazione commerciale, **4.818,45 m²** ad uso strade e marciapiedi, **664,42 m²** saranno destinati a zone verdi.

L'allegato A del Dgr n° 2948 del 6 Ottobre 2009 prevede che per i nuovi strumenti urbanistici, o per le varianti che comportano una trasformazione territoriale che possa modificare il regime idraulico, dovranno essere analizzate le problematiche di carattere idraulico, atte 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.

Lo studio si propone quindi di:

- riconoscere le principali caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litostratigrafiche dell'area;
- verificare l'idoneità dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- individuare idonei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche.

2 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

L'area indagata è situata nel comune di Verona tra via Monti Lessini, Via Mattarana e Via Olivieri.

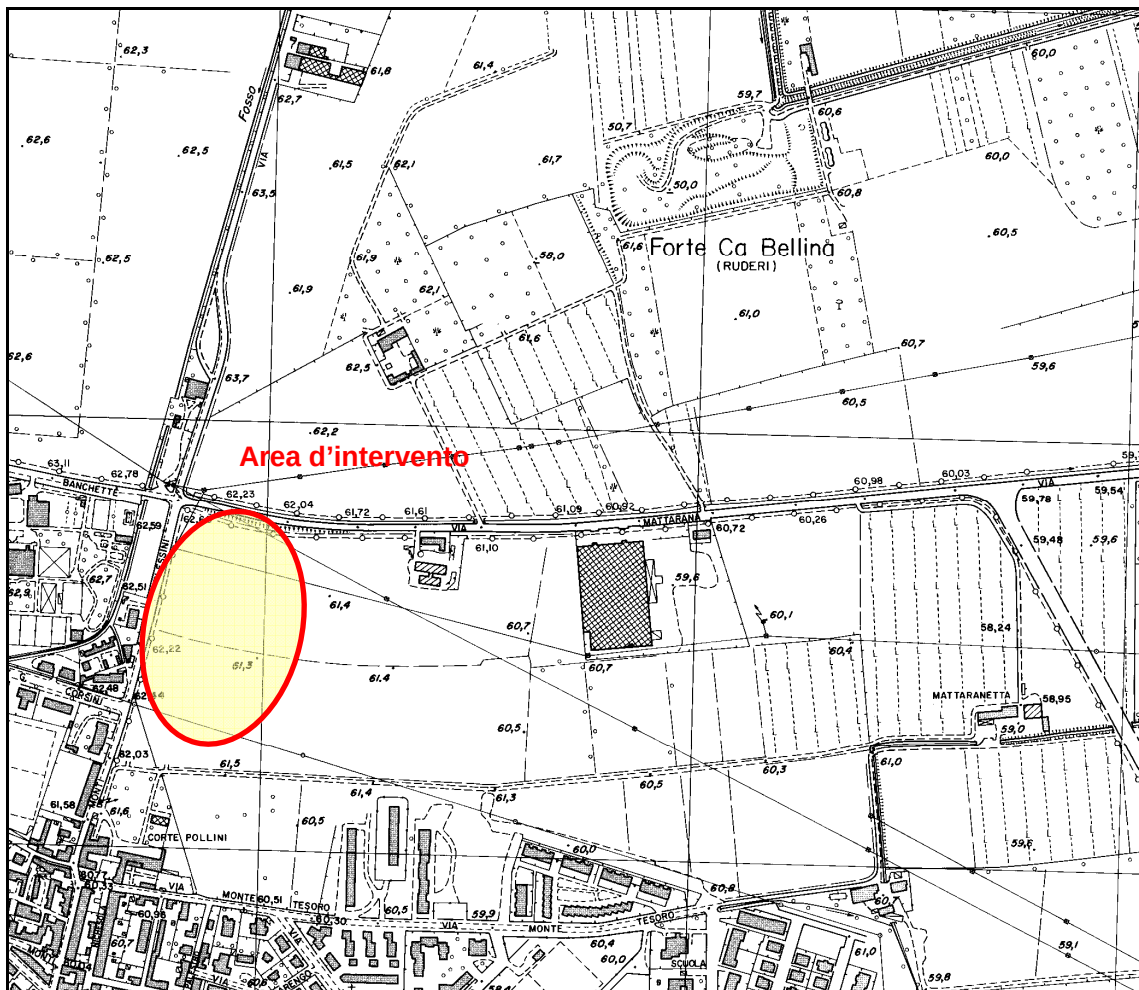


Figura 1: Estratto da Carta Tecnica Regionale (elemento n°12 4131 Verona San Michele).



Figura 2: Foto area di inquadramento dell'area d'intervento.

2.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Dal punto di vista geologico sulla base delle informazioni contenute nello Studio Geologico redatto dal Dott. Geol. Luca Zanoni , è possibile ricostruire l'assetto geologico come di seguito descritto.

Da un punto di vista geomorfologico la zona in esame appartiene all'unità geomorfologica della "Piana fluvioglaciale atesina" anche se prossima a quella dei "Conoidi fluvioglaciali dei torrenti" provenienti dai Lessini. Il sottosuolo è formato da alluvioni fluvioglaciali e fluviali prevalentemente grossolane e ghiaiose ma con frequenti intercalazioni argillose e sabbio-limose dovute alla frequente sovrapposizione tra i depositi alluvionali della piana fluvioglaciale atesina con i depositi alluvionali provenienti dalla Valpantena.

La natura, l'intensità e lo stadio evolutivo raggiunto in passato dai processi suddetti, consentono, attraverso il riconoscimento sul territorio delle forme, dei lineamenti e dei caratteri idrogeologici, la classificazione geologica delle diverse aree.

Enorme importanza assunsero le variazioni climatiche Pleistoceniche che provocarono il susseguirsi di fasi glaciali ed interglaciali. In particolare durante l'Età del Ferro, si instaurò un clima fresco e umido che portò alla circolazione di enormi masse d'acqua che contribuirono a modellare sia le zone di pianura che le aree prealpine.

Dal punto di vista geomorfologico, il sito in esame si colloca sui depositi grossolani dell'antico conoide dell'Adige, che ha sbarrato il conoide del progno di Valpantena creando il sovralluvionamento della omonima valle. I depositi presenti in zona sono quindi caratterizzati da alluvioni prevalentemente ghiaiose, sabbiose e ciottolose, localmente interdigitate con le alluvioni prevalentemente limose della Valpantena.

A livello superficiale, la zona appare totalmente pianeggiante con pendenze valutabili sull'ordine del 1-2% e quote variabili attorno ai 60 m s.l.m.

Limitatamente all'area in oggetto, l'elemento idrografico di maggiore rilievo, a parte ovviamente l'Adige, è individuato nel corso del Progno di Valpantena che funge da asse principale di drenaggio di tutta l'omonima valle e che scorre circa 900 m ad Ovest dal sito in oggetto. Esso esprime un regime di tipo essenzialmente torrentizio e quindi risulta privo di deflusso idrico per la maggior parte dell'anno. Soltanto in occasione di eventi meteorologici importanti il torrente è interessato da una presenza idrica che occasionalmente può raggiungere portate di un certo rilievo.

Si riporta a seguire la carta geologica dell'area interessata dalla presente relazione tecnica.

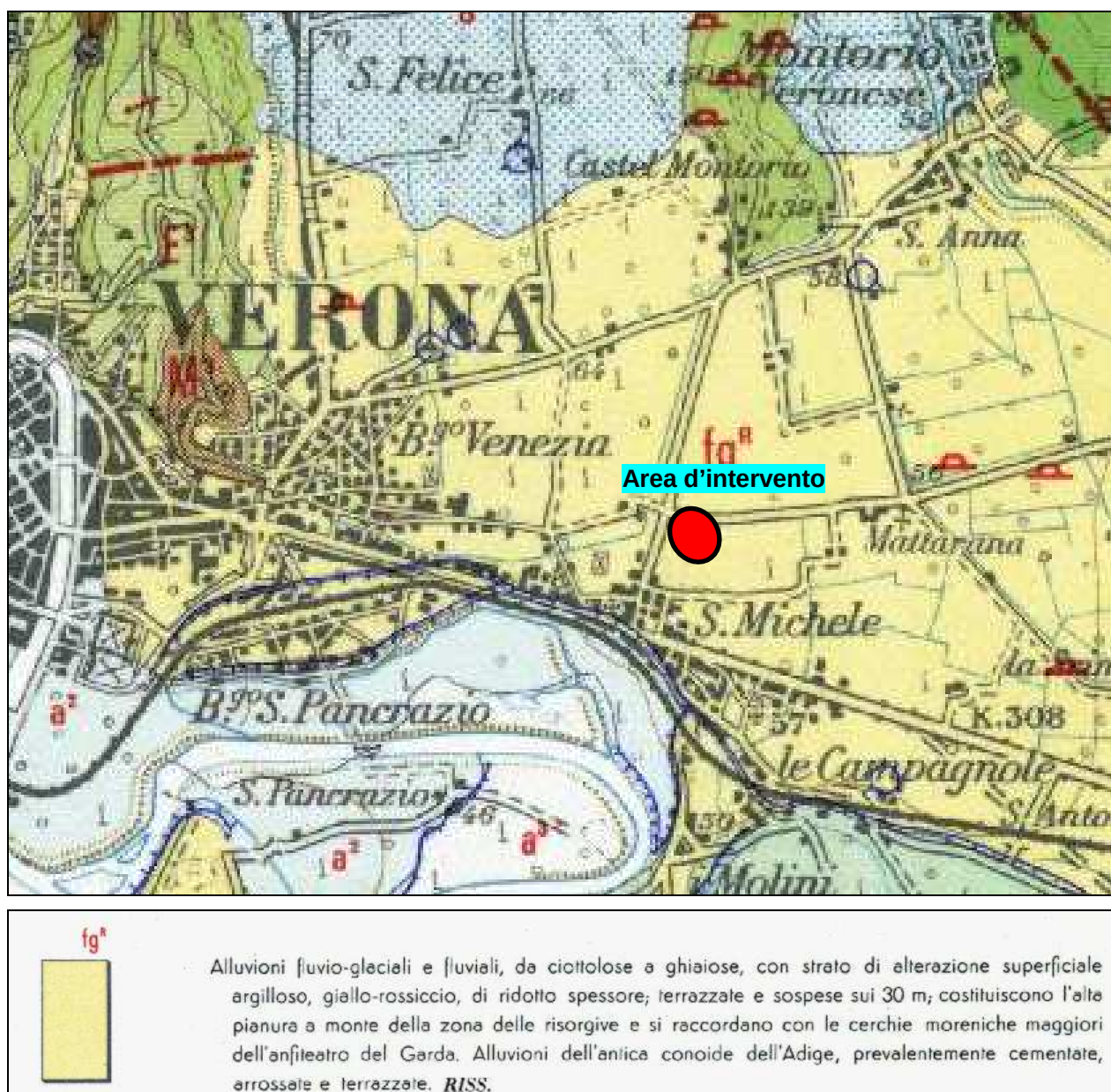


Figura 3: Estratto da Carta Geologica d'Italia – Foglio 49 – Verona.

Nei rilievi stratigrafici n. 133a, 133b e 133c, riportati nella “Relazione Geologica” allegata alla Variante n. 237 del Comune di Verona ed eseguiti a qualche centinaia di metri dal sito, la falda è stata rilevata ad una profondità di circa 13 metri dal piano campagna. A. Dal Prà e P. De Rossi nel 1986 hanno concluso un'indagine idrogeologica rappresentata nella seguente “Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige”. In particolare nel pozzo sito in località Colombare e posizionato qualche centinaio di metri a nord-est dell'area in esame, è stata rilevata una quota di falda media annua pari a 48,69 m s.l.m.m. (a circa 11,50 m dal piano campagna). Il valore è influenzato dalle variazioni di falda dovute principalmente agli eventi climatici che interessano i monti Lessini. Infatti, vista anche la direzione delle isofreatiche, si può affermare che il flusso delle acque sotterranee è alimentato principalmente da Nord.

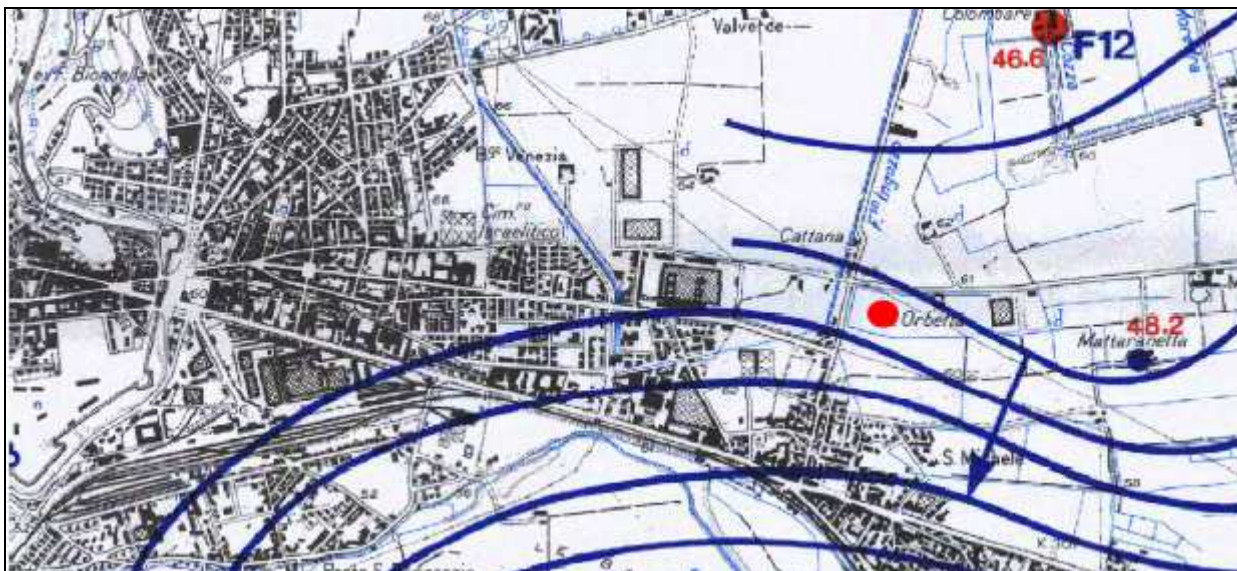


Figura 4: estratto da Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige".

Si può pertanto concludere che rispetto alla quota del p.c. attuale, posto a circa 60,0 m.s.l.m., la massima soggiacenza della falda è di circa 13,0 m e che di conseguenza non vi è interferenza con le opere in scavo per la realizzazione delle fondazioni e dell'interrato del futuro intervento.

2.2 CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE

Per definire le dimensioni delle opere che costituiscono il sistema di deflusso delle acque meteoriche provenienti dall'area interessata, viene richiesta la conoscenza delle portate che vi affluiscono.

Per definire tali portate bisogna conoscere i dati relativi alle precipitazioni, tenendo anche conto dell'estensione, della natura e della composizione della superficie scolante per capire quale frazione della precipitazione concorra alla formazione delle portate stesse.

2.2.1 Precipitazioni

La distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 1 ora è legata a fenomeni di tipo temporalesco molto spesso localizzati e distribuiti sul territorio in modo disomogeneo. Pertanto, deve essere messo in evidenza come l'interpolazione di dati sia fortemente collegata alla disponibilità di registrazione di tali fenomeni attraverso idonei strumenti di misura (pluviografi) opportunamente dislocati sul territorio.

La varietà degli eventi possibili, in quanto marcati da diversa frequenza, pone la questione di scegliere tra essi quello cui fare riferimento.

L'evento di riferimento da selezionare tra i possibili si deve caratterizzare per un ragionevole valore della sua frequenza probabile.

Questo periodo è chiamato **Tempo di ritorno.**

Il tempo di ritorno T_r è 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.

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

Volendo determinare le portate si deve fare prima una premessa sulla durata dei diversi eventi.

Gli eventi meteorici sono convenzionalmente suddivisi in:

eventi di breve durata, i cosiddetti scrosci; essi hanno una durata mediamente inferiore all'ora e sono caratterizzate da forte intensità e perciò sviluppano elevate portate alla sezione di chiusura del bacino idrografico;

eventi di lunga durata; essi hanno una durata superiore all'ora hanno minore intensità ma sviluppano elevati volumi alla sezione di chiusura del bacino idrografico.

Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

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

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

dove:

h = altezza di pioggia in mm

t = tempo in ore

Nelle applicazioni dell'ingegneria idraulica la stima delle portate di piena viene effettuata con metodologie diverse in relazione alla quantità e qualità dell'informazione idrologica disponibile.

Essa può essere condotta:

- con metodi diretti: elaborando dati di portata disponibili per il corso d'acqua che si esamina;
- con metodi indiretti: ricorrendo, per supplire alla insufficienza di dati di portata, a dati della stessa grandezza osservati su altri corsi d'acqua della medesima regione idrologica.

Nel caso che si conoscano le precipitazioni sul bacino, si possono utilizzare modelli matematici di trasformazione afflussi-deflussi il più semplice dei quali è la cosiddetta formula razionale; con l'applicazione di formule empiriche ricavate da vari autori in base all'informazione idrologica nota nei bacini.

Per l'area oggetto del presente studio (attualmente ad uso agricolo), si possono considerare i dati forniti dall'ufficio di telerilevamento e climatologia ARPAV – Centro meteorologico di Teolo per la Stazione di Grezzana (VR).

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con aggregazione 1-24h		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	32,64117	0,182105
5 anni	44,81605	0,161331
10 anni	52,8683	0,152578
20 anni	60,58854	0,146272
50 anni	70,57806	0,140079

I dati che sono stati inviati dall'ARPAV sono già stati elaborati attraverso la regolarizzazione statistico-probabilistica, e fanno 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:

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

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

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

misura della dispersione attorno al valore medio

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

moda

con $\lambda = 0,5772$ è la 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 T_r rappresenta quindi il numero medio di anni entro cui il valore x viene superato una sola volta.

Si riporta nella seguente **Figura 5** il grafico rappresentante le curve di possibilità pluviometrica relative alla stazione pluviometrica di Grezzana (VR).

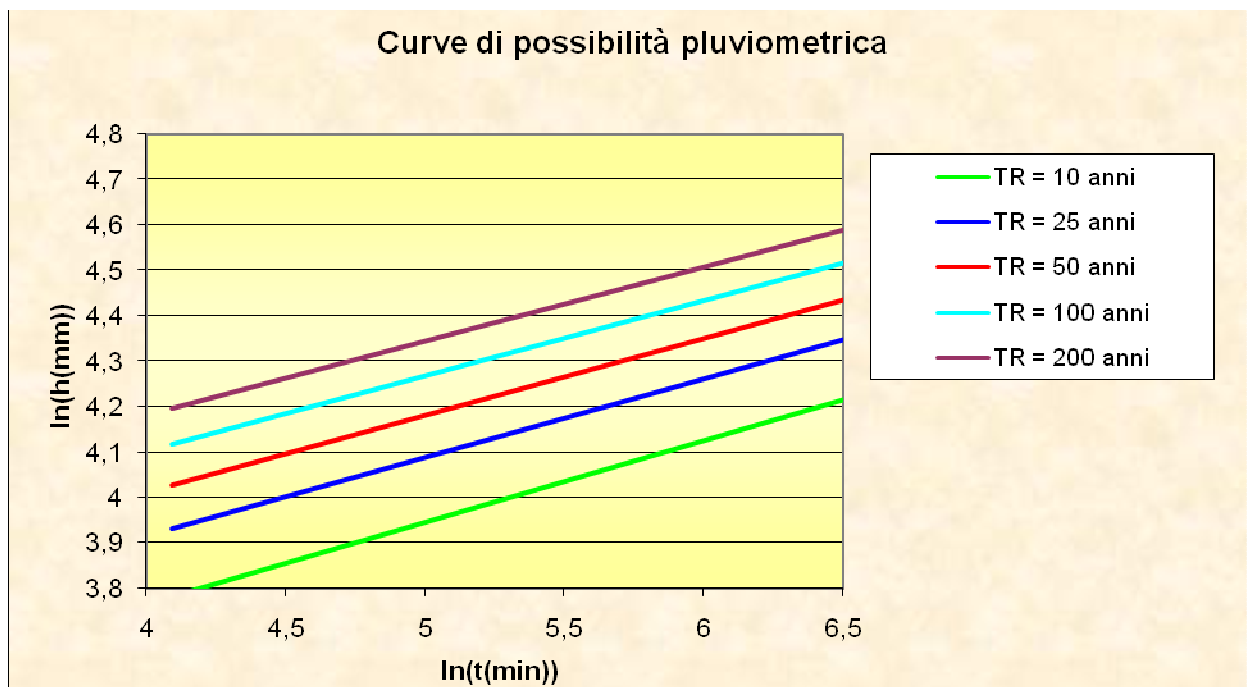


Figura 5: curve di possibilità pluviometrica relative alla stazione pluviometrica di Grezzana (VR).

Come esplicitamente previsto dal D.G.R.V. n° 2948 d del 6 ottobre 2009, nei successivi calcoli si fa riferimento ad un **tempo di ritorno di 50 anni**.

Nella seguente tabella sono riportate le precipitazioni massime al suolo per la suddetta curva di livello, per diverse durate di pioggia:

Durata [h]	Precipitazione [mm]
1	70,57
3	82,31
6	90,70
12	99,95
24	110,14

Il valore di precipitazione massima, utilizzato per le considerazioni tecniche è pari a **70,57 mm/h**, corrispondente alla precipitazione più critica, di durata un'ora, per un **tempo di ritorno di 50 anni**.

3 CALCOLO DELLE PORTATE

3.1 FATTORE RIDUTTIVO

Il calcolo della portata in uscita da un'area edificata è legato alle precipitazioni meteoriche e deve tener conto di alcuni elementi intrinseci del luogo, denominati “**impermeabilità**”, “**ritardo**”, “**ritenuta**” e “**distribuzione della pioggia**”, che complessivamente contribuiscono a ridurre tale valore.

Secondo il D.G.R. n°2948 del 6 ottobre 2009, il fattore riduttivo da utilizzare nei calcoli è dato dal prodotto dei soli primi due coefficienti:

- coefficiente di **deflusso** ϕ_1 , 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,...);
- coefficiente di **ritardo** ψ , funzione della pendenza media e dell'estensione del bacino di alimentazione, preso pari a 1,0.

Il fattore riduttivo ϕ risulta quindi pari a:

zone agricole	zone verdi
$\phi_1 \times \psi = 0,10 \times 1,0 = \mathbf{0,10}$	$\phi_1 \times \psi = 0,20 \times 1,0 = \mathbf{0,20}$
zone semipermeabili	zone impermeabili
$\phi_1 \times \psi = 0,60 \times 1,0 = \mathbf{0,60}$	$\phi_1 \times \psi = 0,90 \times 1,0 = \mathbf{0,90}$

3.2 PORTATA ORARIA DELLE ACQUE METEORICHE

La quantità d'acqua meteorica in uscita da una determinata area, viene calcolata con la formula seguente:

$$Q = \phi \cdot S \cdot j$$

Se S è in $[m^2]$ e j in $[m/ora]$ la portata Q in $[m^3/h]$ è data dalla:

$$Q = \phi \cdot S \cdot j \text{ [m}^3/\text{h]}$$

in cui, come in parte già visto, si ha:

ϕ	fattore riduttivo	<i>variabile</i>
j	intensità oraria	0,07057/h
S	superficie	variabile (m^2)

3.3 MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate. Pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte a mantenere costante il regime idraulico secondo il principio dell'invarianza idraulica, così come definito dalla D.G.R. n°2948 del 6 ottobre 2009.

Il citato D.G.R. n°2948 del 6 ottobre 2009, nell'allegato A al capoverso "indicazioni operative" riporta testualmente: "...**omissis**... Per quanto riguarda il principio dell'invarianza idraulica in linea

generale le misure compensative sono da individuare nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene...**omissis**...Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni. I coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,.....)**omissis**...Il volume da destinare a laminazione delle piene sarà quello necessario a garantire che la portata di efflusso rimanga costante. Andranno pertanto predisposti nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti man mano che si verifica deflusso dalle aree stesse fornendo un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione...**omissis**...Appare opportuno inoltre introdurre una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente tabella:

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 $Imp > 0,3$

3.4 CALCOLO STATO ATTUALE

Allo stato attuale la portata in uscita dall'area in esame è data da:

$$Q = \varphi * j * S$$

Per l'**attuale** destinazione d'uso i dati utilizzati sono:

FUTURO LOTTO

TIPOLOGIA DELL'AREA	φ	SUPERFICIE (m ²)	PORTATA (m ³ /h)
SUPERFICIE AD USO AGRICOLO	0,2	11.036,97	155,77

che forniscono un valore di portata attuale complessiva pari a **155,77 m³/h** che rimane in parte sulla superficie del sito ed in parte dispersa naturalmente per infiltrazione nel suolo.

3.5 CALCOLO STATO DI PROGETTO

Ci si soffermerà sia sulle aree pubbliche adibite a strade, marciapiedi,...definite “Opere di urbanizzazione primaria”, sia sulle aree private destinate alle varie opere di lottizzazione. Per ciascun lotto, e conseguentemente per l'area a destinazione pubblica, si valuterà il volume da destinare alla laminazione ed in seguito da disperdere nel terreno.

Lo smaltimento delle acque meteoriche avverrà mediante infiltrazione nel terreno, poiché il sottosuolo è caratterizzato da ghiaia con percentuale di frazione limosa minore al 5%.

Per questo motivo, come indicato nell'allegato A del D.G.R.V. n° 2948/2009, si provvederà alla laminazione del 50% ed a disperdere nel terreno il restante 50% nel breve periodo.

Metà il volume che si genererà a seguito della realizzazione del progetto sarà quindi laminato.

PROGETTO

TIPOLOGIA DELL'AREA	ϕ	SUPERFICIE (m ²)	PORTATA (m ³ /h)
AREE PARCHEGGIO DRENANTI	0,6	1.940,50	82,16
MARCIAPIEDI – STRADE PARCHEGGI NON DRENANTI ED EDIFICIO	0,9	8.431,95	535,53
AREA VERDE	0,2	664,52	9,37
TOTALE		11.036,97	627,06

L'incremento di portata oraria dovuto alla futura realizzazione delle opere di urbanizzazione è quindi pari a:

$$Q_{\text{da gestire}} = Q_{\text{progetto}} - Q_{\text{attuale}} = 627,06 - 155,77 = 471,29 \text{ m}^3/\text{h}.$$

In accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (D.G.R.V. n° 2948 del 6 Ottobre 2009) si prevede di smaltire mediante infiltrazione nel terreno il 50% dell'incremento di portata conseguente alla realizzazione delle opere da progetto e creare un analogo volume di invaso da destinare alla laminazione della restante aliquota di portata.

Il volume da destinare alla laminazione risulta perciò pari a:

$$V_{\text{laminazione}} = V_{\text{da gestire}} / 2 = 235,64 \text{ m}^3.$$

Il progetto quindi prevede la realizzazione di un sistema di pozzi perdenti tutti collegati tra loro nelle varie zone, aventi diametro pari a 1,5 metri e profondità 5 metri per un totale di 11 pozzi, i quali garantiranno un volume di invaso pari a 97,2 m³, mentre per il rimanente volume da garantire come laminazione si è deciso di realizzare una rete principale di raccolta delle acque meteoriche verso i pozzi perdenti con uno scatolare di dimensioni 100x100 cm e sviluppo lineare pari a 173 m. Complessivamente quindi sommando il volume garantito dai pozzi e dallo scatolare si realizzerà un **volume complessivo pari a 270,20 m³** superiore pertanto al minimo richiesto da normativa.

Quando i pozzi perdenti non saranno più in grado di smaltire la portata in arrivo, inizieranno ad invasarsi e allo stesso modo anche lo scatolare. I pozzi continueranno ad infiltrare nel terreno una portata costante, passato il picco di piena, smaltiranno il volume d'acqua accumulatosi nello scatolare e in loro stessi, tornando alla condizione iniziale, pronti per ricevere e smaltire ulteriore portata di pioggia.

4 CONCLUSIONI

Dalle indagini geologiche preliminari svolte, si è potuto osservare che il sottosuolo dell'area in oggetto è caratterizzato dall'avere un coefficiente di filtrazione superiore a 10^{-3} m/s e comunque la situazione descritta rende applicabile lo smaltimento delle acque meteoriche tramite infiltrazione nel suolo.

Alla luce di quanto detto si opta per eseguire quanto sopra descritto ovvero:

- le acque meteoriche raccolte dalle varie superfici impermeabili saranno smaltite attraverso un sistema di pozzi perdenti.

Per garantire la laminazione dell'aliquota di pioggia che non si infiltra nel breve periodo nel terreno si è deciso di realizzare la linea di raccolta principale con uno scatolare di dimensioni 100x100 con uno sviluppo lineare di 173 metri; questa linea sarà collegata al sistema di 11 pozzi perdenti aventi diametro pari a 1,5 metri e profondità di 5 metri. Il volume complessivo per la laminazione è pari pertanto a **270,20 m³**, ben superiore ai 235,64 m³ minimi richiesti.

Con questa soluzione si garantisce il volume di laminazione e la capacità di smaltire efficacemente la portata di acqua meteorica in accordo alle norme regionali vigenti (D.G.R.V. n° 2948 del 6 Ottobre 2009).